

Gebruik van watermolens in relatie tot de aquatische ecologie

Toetsingskader voor het stroomgebied van de Geul

In opdracht van:

provincie limburg



Provincie Limburg
Postbus 5700
NL 6202 MA Maastricht



Waterschap Roer en Overmaas
Postbus 185
NL 6130 AD Sittard

Opgesteld door:

 Ingenieurbüro Floecksmühle
wasser umwelt energie

Dipl.-Phys. Pia Anderer
Dipl.-Ing. Ulrich Dumont
Dipl.-Ing. Edith Massmann

In samenwerking met:

Büro für Landschaftsplanung, Anne Reitz en
Dr. Sigrid Lenz

Adressen van de uitvoerende bureaus

Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH

Dipl.-Phys. Pia Anderer
Bachstr. 62-64
D-52066 Aachen
Tel.: +49 241 94986-0
Fax: +49 241 94986-13
ib@floecksmuehle.com
www.floecksmuehle.com

Büro für Landschaftsplanung

Anne Reitz
Friedrich-Ebert-Str. 20
D-56299 Ochtendung

In samenwerking met

Dr. Sigrid Lenz
Am Wallgraben 8
D-56751 Polch

Inhoud

1 Inleiding.....	7
2 Doelstellingen voor het Geuldal uit Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water	10
2.1 Uitgangspunten Natura 2000 in de EU	10
2.2 Verband tussen Habitatrichtlijn en Kaderrichtlijn Water	11
2.3 Basisinformatie Natura 2000-gebied "Geuldal"	11
2.4 Doelstellingen Natura 2000	12
2.4.1 Habitattypen en -soorten van het onderzochte gebied	12
2.4.2 Doelstellingen Natura 2000.....	13
2.5 Europese Kaderrichtlijn Water	14
2.6 Actuele en potentiële habitats.....	16
3 Uitgebreide inventarisatie van het huidige waterkrachtgebruik en de stuwwerken	20
3.1 Inventarisatie van de bekenbeken	20
3.2 Inventarisatie molens en stuwen	21
3.2.1 Molens	21
3.2.2 Stuwen	26
4 Aquatisch ecologische effecten van stuwen en watermolens.....	31
4.1 Algemene beschrijving van mogelijke effecten	32
4.1.1 Stroomopwaarts gerichte migraties	32
4.1.2 Stroomafwaarts gerichte migraties	34
4.1.3 Effecten van opstuwing op levensgemeenschappen in en bij stromende wateren.....	36
4.1.4 Effecten van aftakkingstrajecten op de aquatische leefgemeenschappen	39
4.2 Passeerbaarheid van de beken in het onderzoeksgebied Geuldal.....	42
4.2.1 Stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid bij migratie-obstakels.....	42
4.2.2 Bereikbaarheid van het Geuldal vanaf de Maas.....	46
4.2.3 Stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid.....	47
4.3 Leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking (bypasses) van beken in het Geuldal.....	50

4.3.1 Aandeel van het veranderde leefgebied in de totale lengte van de beek.....	54
4.3.2 Aandeel van de leefgebiedsverandering tussen twee watermolens	55
4.3.3 Degraderatie van opstuwingstrajecten.....	56
5 Inventarisatie van de ecologische basisinformatie	59
5.1 Waterchemie en waterkwaliteit	59
5.2 Toestand van de visfauna	63
5.2.1 Bevissing door NATUURBALANS.....	63
5.2.2 Onderzoek visfauna nabij watermolens Geul (HOP, 2010).....	64
5.2.3 Perioden van vismigratie in de Selzerbeek	64
5.3 Structuur van de beken	65
5.4 Beoordeling van de aangewezen habitattypen en -soorten	70
5.4.1 Beoordeling van de ecologische toestand	70
5.4.2 Beoordeling van de leefgebiedsomvang.....	75
6 Toetsingsschema voor de beoordeling van de ecologische effecten van watermolens op de Geul.....	79
6.1 Basisgegevens voor de opstelling van het toetsingsschema	80
6.2 Toetsingscriteria.....	80
6.3 Opbouw van het toetsingsschema.....	81
6.4 Ecologische eisen aan het toekomstige molengebruik	82
6.5 De beoordeling in het toetsingsschema	86
6.5.1 Passeerbaarheid stroomopwaarts	86
6.5.2 Passeerbaarheid stroomafwaarts	87
6.5.3 Degraderatie van opstuwingstrajecten.....	87
6.5.4 Grootte van het leefgebied voor Beekdonderpad en Beekprik	89
6.5.5 Aandeel van niet door opstuwings of bypass aangetast leefgebied.....	89
6.5.6 Tot nu toe niet meegewogen beoordelingscriterium: aftakkingstraject als migratie-obstakel	90
6.6 Toelichting bij de beoordeling van molens en Geul-trajecten.....	91
6.7 Resultaat van de toetsing van de ingebruikname van extra molens aan de Geul	108
6.7.1 Actuele toestand	108
6.7.2 Hypothetische toestand bij permanent bedrijf van alle molens.....	109
7 Samenvatting	111

8 Literatuur	114
9 Afbeeldingenregister	119
10 Tabellenindex	122
11 Formuleregister	124
12 Bijlage: Uitvergroete kaartweergaven	125

1

Inleiding

Het stroomgebied van de Geul (hierna ook Geuldal genoemd) is in ecologisch opzicht een van de meest waardevolle beeksystemen van Nederland, omdat het bijzondere, beekgebonden soorten en biotopen herbergt. De beken stromen hier met een relatief hoge snelheid. Daarom zijn op basis van de internationaal geldende richtlijnen Natura 2000 en de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) speciale ecologische doelstellingen vastgelegd voor het Geuldal.

In het Geuldal staan ook watermolens die als belangrijk cultuurhistorisch erfgoed gelden. Een aantal van deze watermolens is in functie. Andere worden gerestaureerd om weer in bedrijf genomen te worden. Voorts bestaan er plannen om op de locaties van momenteel niet functionerende molens waterkrachtinstallaties voor stroomopwekking te installeren. (Met waterkrachtinstallaties worden in dit rapport alle installaties - dus ook molens met waterrad - aangeduid die de kracht van het water bijvoorbeeld voor de opwekking van stroom, maar ook voor het malen van graan enz. gebruiken.)

Het gebruik van dergelijke installaties heeft gevolgen voor de aquatische ecologie. De invloed op de voor de waterlopen gestelde doelen wordt in dit rapport onderzocht.

Provincie Limburg en Waterschap Roer en Overmaas (WRO) hebben opdracht gegeven een onafhankelijke analyse te verrichten die de ecologische effecten en de daaruit resulterende mogelijke conflictpunten in kaart moet brengen, waarbij met de diverse belangen rekening is gehouden.

Het onderzoek is erop gericht een praktisch hulpmiddel te ontwerpen voor de besluitvorming over de toelating van extra waterkrachtbenutting. Daarbij moet rekening worden gehouden met de Kaderrichtlijn Water en de in de Natuurbeschermingswet 1998 (Natura 2000) vermelde eisen aan de natuurbescherming.

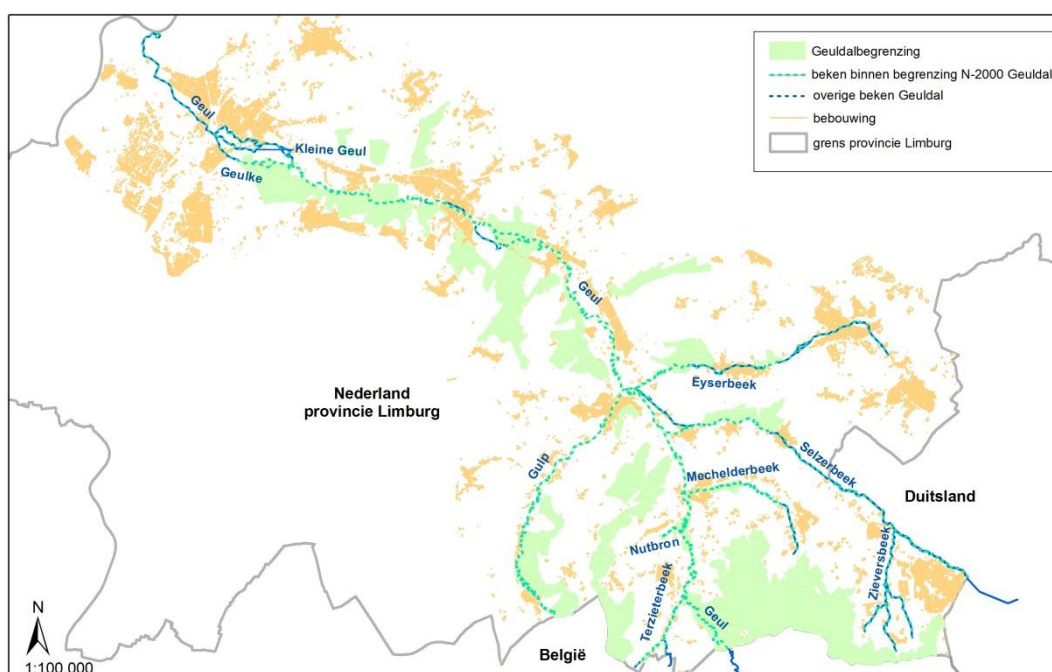
De gekozen werkwijze dient bovendien zodanig te worden beschreven dat deze als blauwdruk voor andere Limburgse stroomgebieden kan worden gebruikt.

Deze studie is uitgevoerd in de volgende stappen:

1. Uitgebreide inventarisatie van het huidige waterkrachtgebruik en de stuwwerken.
2. Inventarisatie van de ecologische informatie in relatie tot de doelstellingen van Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water.
3. Vaststelling van de aquatisch-ecologische invloeden van het bestaande molengebruik.
4. Opstelling van een toetsingsschema waarin de invloed van het huidige waterkrachtgebruik en veranderd gebruik op de ecologische doelen is weergegeven.

De bevindingen worden in dit rapport gepresenteerd in combinatie met het bijbehorende kaartmateriaal.

Het onderzoeksgebied is weergegeven in Afbeelding 1.1. Het omvat het Natura 2000-gebied Geuldal en daarbuiten gelegen beken die voor de Kaderrichtlijn Water relevant zijn. In dit onderzoeksgebied moeten voor de beken, waarin relatief veel molens aanwezig zijn, naast de doelstellingen van Natura 2000 ook de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water worden gerealiseerd. De Natura 2000 beken uit het "concept-beheerplan Geuldal" (tot nu toe niet gepubliceerd) zijn nadrukkelijk weergegeven.



Afbeelding 1.1: Onderzoeksgebied Geuldal met Habitatrictlijn-gebieden, beken en bebouwing; uitvergroete kaart in bijlage

Gegevensbronnen

De studie is in eerste instantie gebaseerd op bestaande documentatie over het Natura 2000-gebied en informatie met betrekking tot de Kaderrichtlijn Water. Deze documentatie en verdere gegevens zijn beschikbaar gesteld door de provincie Limburg en Waterschap Roer en Overmaas.

In hoofdstuk 2 worden de doelstellingen voor het Geuldal beschreven zoals die resulteren uit het ontwerp-aanwijzingsbesluit van het Natura 2000-gebied Geuldal en de Kaderrichtlijn Water.

Door het Büro für Landschaftsplanung A. Reitz is in samenwerking met Dr. S. Lenz een "Gewässerökologische Betrachtung zur Flussgebietsstrategie Göhl/Geul" (Aquatisch ecologische beschouwing voor de stroomgebiedstrategie Göhl/Geul) uitgewerkt (REITZ & LENZ, 2014), waarvan de hoofdzaken in het voorliggende rapport opgenomen zijn. De uit de Habitatrichtlijn resulterende aquatisch ecologische uitgangspunten zijn beschreven en geanalyseerd. In het bijzonder is de invloed van het menselijk medegebruik van de beken op de actuele habitats van de in het Geuldal te beschouwen doelsoorten Beekdonderpad (*Cottus rhenanus*), Beekprik (*Lampetra planeri*) en Vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) in beeld gebracht. De uitwerking is onderbouwd door een aquatisch ecologische inventarisatie en een veldbezoek aan het gebied.

Hoofdstuk 3 omvat een uitgebreide inventarisatie van de watermolens en stuwwerken die gebaseerd is op de door de provincie Limburg en Waterschap Roer en Overmaas ter beschikking gestelde gegevens.

De effecten van de watermolens en stuwwerken op de aquatische ecologie worden beschreven in hoofdstuk 4. Daarbij omvat paragraaf 4.1 een algemene beschrijving van deze effecten die als blauwdruk voor de toepassing in andere stroomgebieden in Limburg kan dienen. Specifiek voor het Geuldal wordt de invloed van molens en stuwwerken in relatie tot de continuïteit, samenhang en verandering van habitats gepresenteerd in de paragrafen 4.2 en 4.3.

In hoofdstuk 5 worden de resultaten van de aquatisch ecologische inventarisatie en de evaluatie van de geschiktheid van de habitats in het Geuldal gepresenteerd.

In hoofdstuk 6 is een toetsingsschema opgenomen, om het actuele en eventuele toekomstige gebruik van molens te kunnen toetsen aan ecologische criteria.

In hoofdstuk 7 zijn de resultaten van het onderzoek samengevat.

In de bijlage zijn alle kaarten uit het voorliggende rapport vergroot afgebeeld voor een betere leesbaarheid.

2

Doelstellingen voor het Geuldal uit Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water

2.1

Uitgangspunten Natura 2000 in de EU

Natura 2000 is een Europees netwerk van met elkaar verbonden beschermde natuurgebieden dat erop gericht is de biologische diversiteit in Europa te behouden. Het is daarbij de bedoeling geselecteerde leefgebieden van Europese betekenis uit verschillende bio-geografische regio's met elkaar te verbinden. Het systeem bestaat uit twee componenten: de Vogelrichtlijn (RL 2009/147/EG) en de Habitatrichtlijn (RL 92/43/EEG). De eerstgenoemde richtlijn werd reeds in 1979 opgesteld, de Habitatrichtlijn volgde in 1992. Iedere lidstaat is verplicht beide richtlijnen in nationale wetgeving te implementeren.

Het is volgens de Habitatrichtlijn de bedoeling om een netwerk van natuurlijke en vrijwel natuurlijke leefgebieden en gebieden met bedreigde dier- en plantensoorten op te bouwen om het Europese natuurvergoed te behouden voor toekomstige generaties.

De EU-lidstaten moeten veiligstellen dat in Natura-2000 gebieden de gestelde doelen voor natuurbehoud en -ontwikkeling worden gehaald. Het is hun taak om leefgebieden met de daarin voorkomende soorten die bijzondere bescherming waard zijn en voldoende groot zijn, te behouden of te herstellen. Tegelijkertijd dient men voor omstandigheden te zorgen die het behoud ten goede komen (Art. 2 lid 2 HRL).

Kernelement van de Habitatrichtlijn is artikel 6 dat de voorwaarden voor het behoud en het beheer van de beschermde gebieden van Natura 2000 inhoudt. Vanuit deze optiek behoort artikel 6 tot de belangrijkste van de in totaal 24 artikelen van de richtlijn, omdat het de verhouding tussen het behoud en het gebruik van de gebieden het duidelijkste beïnvloedt.

Volgens art. 6 lid 1 van de Habitatrichtlijn moeten de lidstaten de voor bijzondere beschermde gebieden noodzakelijke instandhoudingsmaatregelen vastleggen, "die eventueel geschikte, specifiek voor de gebieden opgestelde of in andere ontwikkelingsplannen geïntegreerde exploitatie- en gebruiksplannen en geschikte maatregelen van juridische, administratieve of contractuele aard omvatten die aan de ecologische eisen van deze gebieden voorkomende natuurlijke habitattypes volgens bijlage I en soorten volgens bijlage II" (art. 6 lid 1 HRL) voldoen.

2.2

Verband tussen Habitatrichtlijn en Kaderrichtlijn Water

Met de afkondiging van de beide richtlijnen Kaderrichtlijn Water (RL 2000/60/EG) en Habitatrichtlijn (RL 92/43/EEG) zet de Europese Unie zich in voor het behoud resp. het tot stand brengen van een goede ecologische en chemische toestand van oppervlaktebeken, het behoud resp. het tot stand brengen van een goede chemische toestand en een goed peil van het grondwater alsmede een toekomstgerichte bescherming en toestandsverbetering van beschermde gebieden en soorten.

De raakvlakken tussen de Kaderrichtlijn Water en de natuurbescherming komen o.a. in de volgende punten tot uitdrukking:

- Het bereiken van een "goede ecologische toestand" van de oppervlaktebeken (Art. 4 lid 1a Kaderrichtlijn Water);
- Het bereiken van een "goed grondwaterpeil" (Art. 4 lid 1b Kaderrichtlijn Water); vrijwaring van de van het grondwater afhankelijke oppervlaktebeken en land-ecosystemen van schadelijke invloeden;
- Naleving van alle normen en doelen voor beschermde gebieden (Art. 4 lid 1c Kaderrichtlijn Water) (waaronder Natura 2000-gebieden);
- Opname van de Natura 2000-gebieden in het register van beschermde gebieden (Art. 6 bijlage IV Kaderrichtlijn Water);
- Voorkomen van een verdere verslechtering en de bescherming en verbetering van de toestand van de aquatische ecosystemen en de direct daarvan afhankelijke ecosystemen en vochtige gebieden met betrekking tot hun waterhuishouding (Art. 1a Kaderrichtlijn Water) (KÖHLER 2003).

2.3

Basisinformatie Natura 2000-gebied "Geuldal"

Het Natura 2000-gebied "Geuldal" onder het nummer NL 980 1041 is een van de grotere Natura 2000-gebieden in Nederland. Het is samengesteld uit een groot aantal deeloppervlakken en heeft een totale omvang van bijna 2.500 hectare.

Het onderzoeksgebied omvat de rivier de Geul over een lengte van in totaal ca. 38 km, met de linker zijbeken Gulp, Terzieterbeek en Nutbron en de rechter zijbeken Mechelderbeek, Eyserbeek, Selzerbeek en Zieversbeek (inclusief Vaalsbroekermolenbeek en Molenbroekerbeek). De Geul ontspringt op Belgisch gebied, overschrijdt na ca. 20 km de Nederlandse grens en mondt noordelijk van Maastricht in de Maas uit. Het hoogteverschil tussen bron en monding bedraagt ca. 250 meter.

Het heuvellandschap waar de Geul en haar zijbeken door heen stromen, wordt gekenmerkt door verschillende typen hellingbossen, soortenrijke graslanden en beekbegeleidende bossen. Bossen, graslanden, (kalktuf-)bronnen en beken zijn de belangrijkste natuurlijke structuurelementen in het Geuldal. Aan dit gevarieerde landschap aangepaste dieren zoals de Havik, Sperwer, Wespandief, Vroedmeesterpad, Geelbuikvuurpad, libellen, vleermuizen en vissen zoals de Beekprik en de Beekdonderpad zijn aanwezig in het te onderzoeken gebied.

2.4

Doelstellingen Natura 2000

Volgens de Natuurbeschermingswet 1998 moet voor een Natura 2000-gebied een beheerplan worden opgesteld. In het beheerplan wordt vastgelegd hoe en wanneer de natuurdoelen voor een gebied gehaald worden. Het beschrijft de te bereiken resultaten en de noodzakelijke maatregelen die het behoud en het herstel van natuurlijke habitats en soorten mogelijk maken. Het beheerplan omvat bovendien informatie over een toegelaten (mate van) gebruik die de doelstellingen niet in gevaar brengt.

2.4.1

Habitattypen en -soorten van het onderzochte gebied

Het te onderzoeken gebied in het kader van dit rapport - de beschouwing van de watermolens in het Geuldal en mogelijke heractivering van stilgelegde watermolens - omvat uitsluitend de beken en hun oeverzones en beemden. Dit betekent dat alleen de rivier-/beekafhankelijke habitattypen en -soorten relevant zijn bij de toetsing van een plan of project op ecologische effecten.

In dat kader moeten voor het Natura 2000-gebied "Geuldal" de volgende habitattypen in een ecologische effectentoetsing worden meegenomen:

- H3260: Beken en rivieren met waterplanten
 - o Subtype A: Waterranonkels (Stromende beken met drijvende en ondergedoken waterplanten)
- H91E0: Vochtige alluviale bossen
 - o Subtype C: Beekbegeleidende bossen (oeverbossen met zwarte els en es)

Voor de beoordeling van mogelijke effecten van watermolens in het stroomgebied van de Geul zijn de volgende soorten relevant:

- H1096: Beekprik (*Lampetra planeri*)
- H1163: Beekdonderpad (*Cottus rhenanus*).

Voor het habitattype H3260, subtype A, en voor de Beekprik en de Beekdonderpad zijn in REITZ & LENZ (2014) beknopte beschrijvingen opgenomen die de belangrijkste eisen en eigenschappen bevatten.

In het onderzoeksgebied komen drie door de Habitatrichtlijn "streng beschermde" vissoorten voor, de Beekprik, de Beekdonderpad (*Cottus rhenanus*) en de Rivierdonderpad (*Cottus perifretum*). Aan de beide donderpad-soorten is na de laatste amendering van de bijlagen een eigen aanvraag (soortopsplitsing van *Cottus gobio*) toegewezen (FREYHOF et al., 2005). Volgens de bestaande praktijk vallen zij daarom beide onder de bepalingen van de Habitatrichtlijn. De exacte verspreidingsgebieden van beide soorten en de eventueel aanwezige verschillen in de ecologie zijn tot op heden nog niet geheel duidelijk. De afbakening vindt hoofdzakelijk plaats op basis van genetische kenmerken (o.a. KRAU, 2012). Het is echter bekend dat de beide soorten hybridiseren. De hybride variant wordt als "invasief" aangeduid (o.a. STEMSHORN, 2007). Daarom wordt tot nu toe de entree van de Rivierdonderpad in het Geuldal verhinderd door niet passeerbare stuwwerken in de benedenloop van de Geul.

De voor het hele Geuldal gemelde amfibieën zijn weliswaar ook waterafhankelijk, maar de populaties bevinden zich niet in de rivierbedding, aan de oevers of in de beemden (ca. 20 m aan beide zijden). Volgens de analyse van de verspreidingskaarten (RAVON, 2001 en CREEMERS & DELFT, 2009) zijn de amfibieënpopulaties te vinden in de stilstaande beken van het Beschermde natuurgebied "De Dellen" resp. "Mertensgroeve". De aldaar gelegen stilstaande beken zijn ontstaan door de mergelwinning.

2.4.2

Doelstellingen Natura 2000

De doelstellingen voor de watergebonden habitattypen en soorten van het Natura 2000-gebied Geuldal zijn samengevat in Tabel 2.1. Voor alle habitattypen en leefgebieden van soorten geldt dat een verbetering van de kwaliteit moet worden bereikt. Vergroting van het areaal geldt voor alle bossen, behalve voor de beekbegeleidende bossen, waarvan het areaal gehandhaafd dient te worden. Voor de vissoorten geldt als doelstelling: uitbreiding verspreiding, omvang en verbetering kwaliteit van het leefgebied voor uitbreiding van de populatie.

Tabel 2.1: Doelstellingen Natura 2000, instandhoudingsdoelen worden weergegeven met een "=" uitbreiding- of verbeterdoelen met een ">"(NATURA 2000 GEULDAL, 2009)

Habitatype of habitatsoort	Doelstelling		
	Oppervlakte	Kwaliteit	Populatie
H3260A Beken en rivieren met waterplanten (waterranonkels)	>	>	
H91EOC Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	=	>	
H1096 Beekprik (<i>Lampetra planeri</i>)	>	>	>
H1163 Beekdonderpad (<i>Cottus rhenanus</i>)	>	>	>

Deze doelstellingen gelden alleen binnen het Natura 2000-gebied. Daarbij dient er rekening mee te worden gehouden dat projecten of handelingen buiten het gebied ook tot verstoringen binnen het gebied kunnen leiden. Dit wordt met de term externe werking aangeduid.

Het voorkomen van de habitattypen, alsmede de actueel bezette en potentieel beschikbare leefgebieden, zijn in hoofdstuk 2.6 op kaarten weergegeven.

2.5

Europese Kaderrichtlijn Water

Het doel van de Kaderrichtlijn Water voor de beken in het stroomgebied van de Geul luidt om in 2015 een "goede ecologische toestand" (GET) resp. een "goed ecologisch potentieel" (GEP) te bereiken.

Voor beken met de aanwijzing "natuurlijk" moet de kwaliteitsklasse "goede ecologische toestand" worden bereikt. Bij beken met de aanwijzing "aanzienlijk veranderd", zoals bijv. de Geul, zijn de eisen naar beneden bijgesteld tot het niveau "goed ecologisch potentieel".

De ecologische toestand wordt beoordeeld aan de hand van een reeks kwaliteitscriteria die gebaseerd zijn op de doelstellingen voor het betreffende beek-/riviertype (MOLEN, VAN DER et al., 2012). Voor de te onderzoeken beken betreft dit:

- Type R18: "Snel stromende middenloop/benedenloop op kalkhoudende bodem"

Tot dit type behoort de waterloop van de Geul.

- Type R17: "Snel stromende bovenloop op kalkhoudende bodem"

Alle overige te onderzoeken beken behoren tot dit type.

Bij de beoordeling van de ecologische toestand worden de volgende kwaliteitselementen betrokken:

- macrofauna
- waterflora (macrofyten en fytobenthos) en
- vissen.

De beoordeling vindt plaats aan de hand van de ecologische kwaliteitsratio (EKR), waarvoor in Tabel 2.2 de ondergrenzen voor de doelwaarden voor het watertype R18 en R17 zijn opgenomen. De waarden van de EKR zijn gelijk voor de "goede ecologische toestand" (GET) en het "goede ecologische potentieel (GEP), maar hebben een verschillende tijdhorizon. Bovendien worden bepaalde eisen gesteld aan de algemene fysisch-chemische parameters (ecologie ondersteunende stoffen).

De laagste ecologische beoordeling van een kwaliteitselement is maatgevend voor de uiteindelijke beoordeling (*one-out-all-out*).

Er zijn nieuwe fysisch-chemische grenswaarden in voorbereiding die naar verwachting in 2015 ingevoerd zullen worden (BKMW 2015), waarbij voor N en P de grenswaarden verlaagd worden ($<0,11$ mg P/l, $< 2,3$ mg N/l).

Tabel 2.2: Doeldefinitie voor de "goede ecologische toestand" (GET) en het "goede ecologische potentieel" (GEP) voor de rivier-/beektypes R17 (zijbeken Geul) en R18 (Geul)

Kwaliteitscomponenten	Onderste limieten van de doelwaarden voor type R17 en R18
Macrofauna	GET / GEP: $EKR \geq 0,6$
Waterflora	$EKR \geq 0,58$
Vissen	GET / GEP: $EKR \geq 0,6$
Fysisch-chemisch	
Chloride (mg/L)	< 150
Temperatuur (°C)	< 25
Totaal fosfaat (mg/L)	$< 0,14$
Totaal stikstof (mg/L)	< 4
pH-waarde	6,5-8,5
Zuurstofverzadiging (%)	80-120

2.6

Actuele en potentiële habitats

Naast de actuele, door populaties gebruikte leefgebieden zijn er gedeelten van de beken die door hun hydromorfologische en hydrologische eigenschappen in principe als leefgebied geschikt zijn. Deze secties worden als potentiële leefgebieden aangeduid.

Voor de aangewezen vissoorten van het Geuldal zijn deze actuele en potentiële leefgebieden bepaald. Om de uitbreidingsdoelstellingen te kunnen realiseren zullen de potentiële, tot nu toe niet door populaties bezette leefgebieden zo goed mogelijk ontwikkeld moeten worden en zo nodig voor de doelsoorten toegankelijk gemaakt moeten worden.

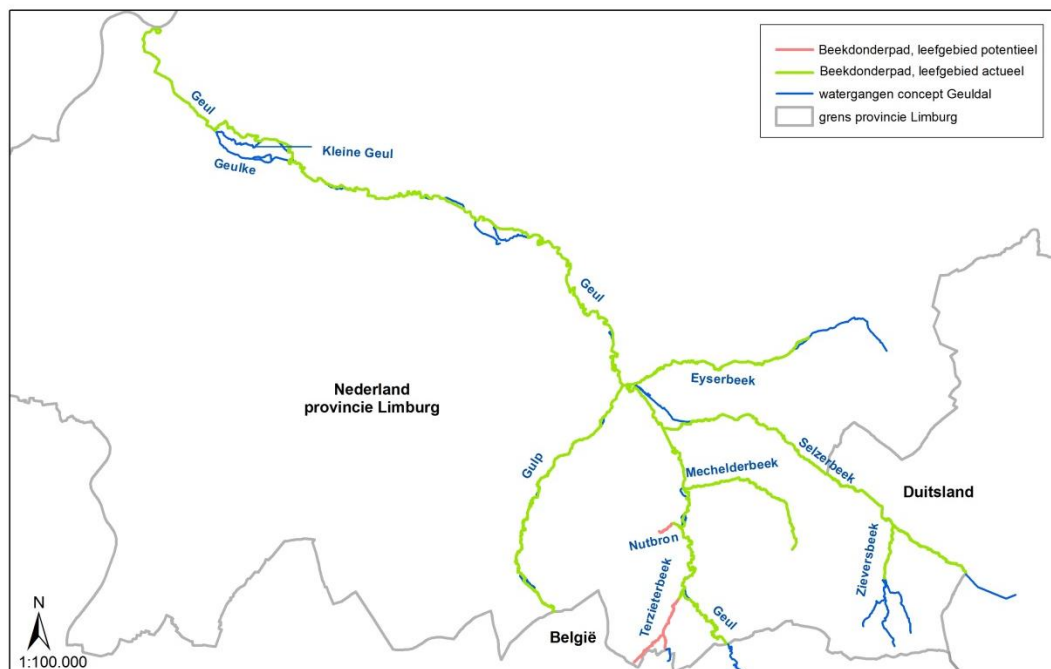
Afbeelding 2.1 en Afbeelding 2.2 toonen het potentiële leefgebied van de Beekdonderpad en de Beekprik dat vanaf de monding van de Geul in de Maas stroomopwaarts de volledige waterlopen van Geul, Gulp, Selzerbeek, Mechelderbeek en Terzieterbeek omvat en tot in de benedenlopen van Eyserbeek en Zieversbeek reikt.

Uit visonderzoek door WRO blijkt dat de Beekdonderpad momenteel in vrijwel alle secties van de potentiële leefgebieden voorkomt (Afbeelding 2.1) (gegevens Waterschap Roer en Overmaas).

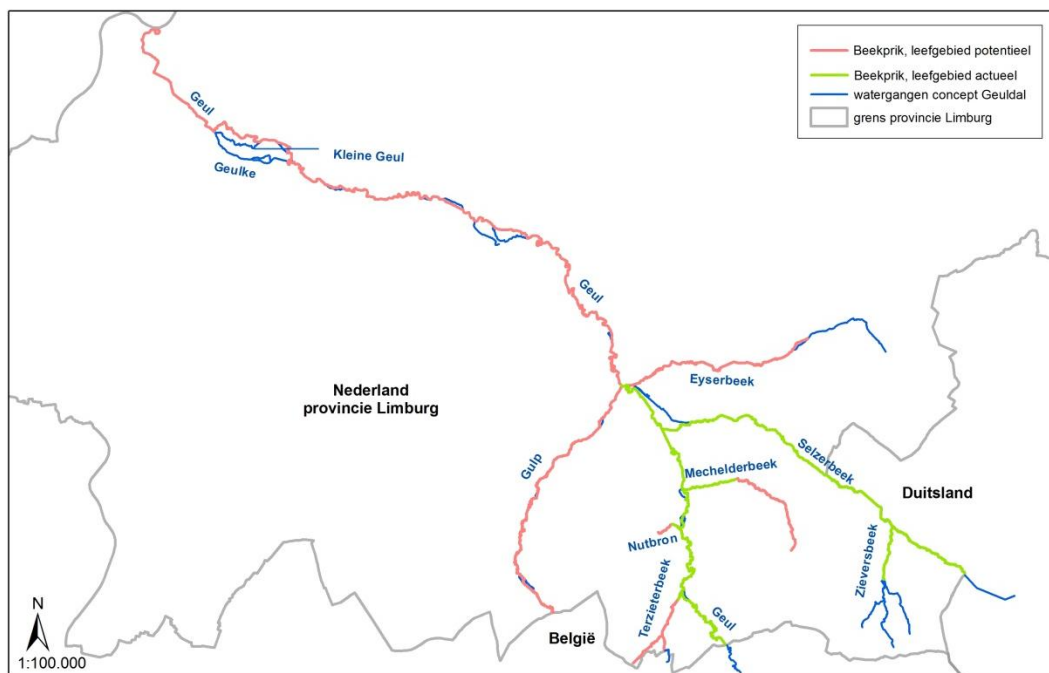
Het actuele leefgebied van de Beekprik bevindt zich hoofdzakelijk in de boven-Geuldal: bovenloop Geul, Selzerbeek, Zieversbeek, Mechelderbeek en Terzieterbeek (Afbeelding 2.2). Daarbuiten zijn ook al individuen in de Geul stroomafwaarts vanaf Valkenburg tot in de monding in de Maas aangetroffen alsmede boven de monding van de Gulp. Daarbij geldt het gedeelte van de Geul stroomafwaarts van de monding van de Gulp op dit moment niet als optimale leefgebied voor de Beekprik, omdat de waterdiepte daar relatief groot is (zie hoofdstuk 5.4.1). Waterschap Roer en Overmaas verwacht dat het vrije meanderen in de benedenloop van de Geul door verwijdering van oeververstevingen op lange termijn zal toenemen. Hierdoor zal een verlenging resp. verbreding van de rivierbedding optreden. Op die manier zullen in dit gedeelte in de toekomst extra habitats voor de Beekprik ontstaan.

Het verspreidingsgebied van de Vlottende waterranonkel als indicator voor het habitatype H3260A lag in de afgelopen jaren vooral stroomafwaarts van de molen Otten en in het bovenste deel van de Geul aan de Nederlandse zijde van de grens met België (Afbeelding 2.3). In 2013 konden deze verspreidingsgebieden door een nieuwe kartering door de Provincie Limburg worden bevestigd.

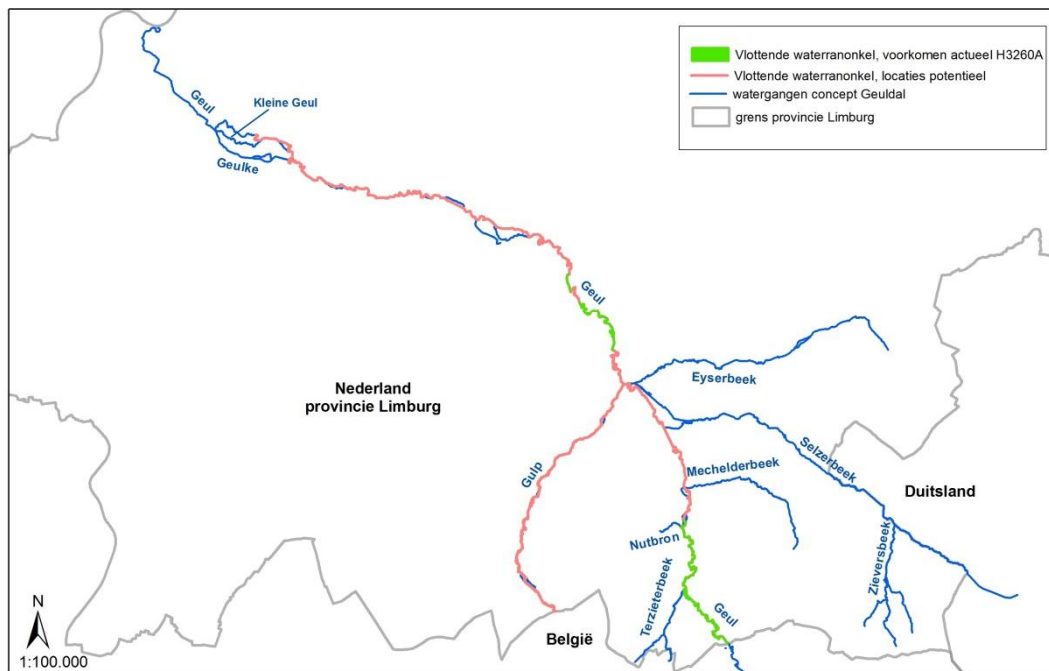
Afbeelding 2.4 toont de spreiding van de Vochtige alluviale bossen, subtype C (H91E0). In potentie kunnen door natuurlijke verschuivingen van de waterlopen en door oeverdalingen extra bosoppervlakken ontstaan.



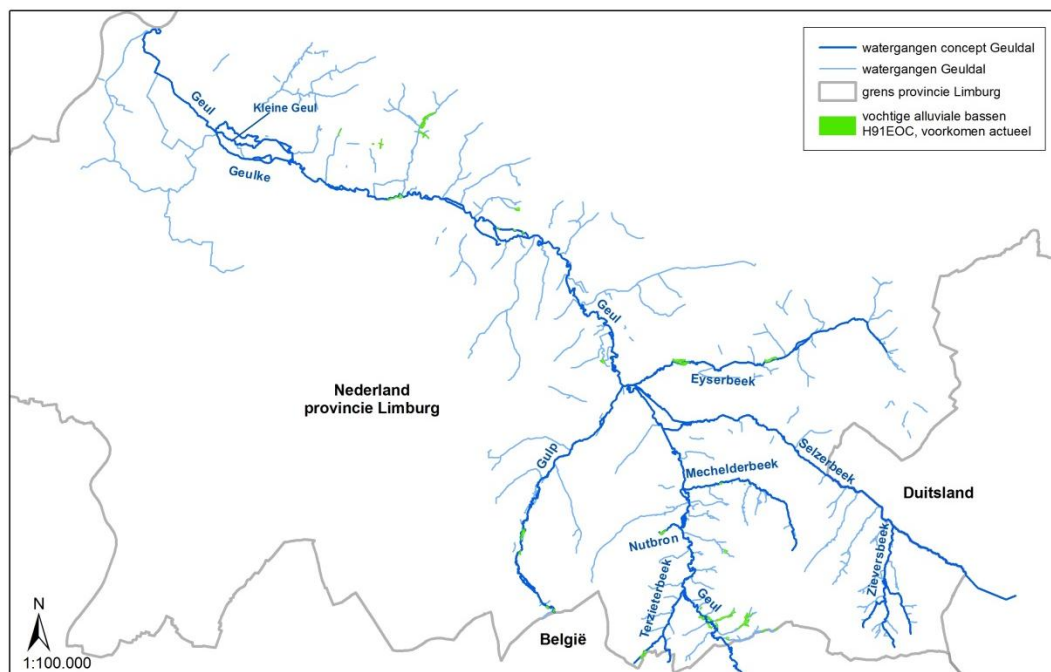
Afbeelding 2.1: Beekdonderpad - actuele verspreiding en potentieel habitat [bron: uitwerking op basis van informatie van Provincie Limburg en WRO]; uitvergroete kaart in bijlage



Afbeelding 2.2: Beekprik - actuele verspreiding en potentieel habitat [bron: uitwerking op basis van informatie van Provincie Limburg en WRO]; uitvergroete kaart in bijlage



Afbeelding 2.3: Actueel voorkomen van habitattype H3260A en potentieel habitat "Vlottende Waterranonkel" binnen het Natura 2000-gebied Geuldal [Bron: shape-files van Provincie Limburg]; uitvergroete kaart in bijlage



Afbeelding 2.4: Actueel voorkomen van vochtige alluviale bossen, subtype C binnen het Natura 2000-gebied Geuldal [Bron: shape-files van Provincie Limburg]; uitvergroete kaart in bijlage

3

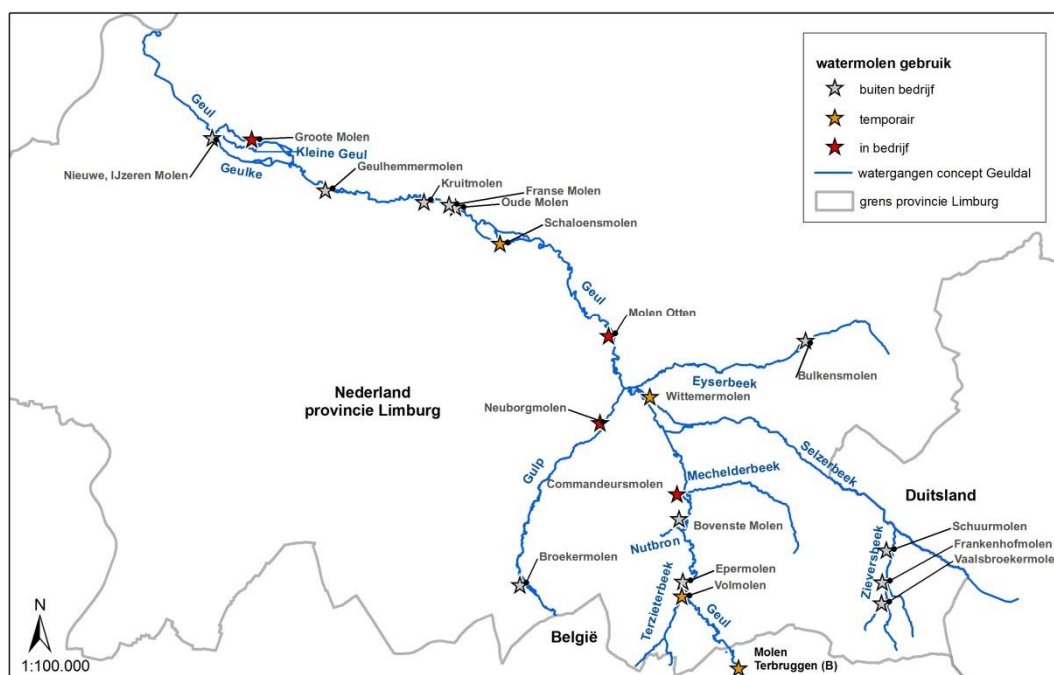
Uitgebreide inventarisatie van het huidige waterkrachtgebruik en de stuwwerken

3.1

Inventarisatie van de bekenbeken

De Geul ontspringt bij Raeren in België en mondt bij Maastricht-Bunde in de Maas uit. Zij heeft een lengte van 56 km. Het grootste deel daarvan - 38 kilometer - ligt in Nederland. Het hoogteverschil tussen bron en monding bedraagt ca. 250 meter.

Dit onderzoek omvat naast de Geul ook haar grotere zijbeken en enkele andere beken (Afbeelding 3.1). De waternummers en de lengtes van de beken zijn vermeld in Tabel 3.1. Daar is ook aangegeven welke waterlopen relevant zijn in relatie tot Natura 2000.



Afbeelding 3.1: Te onderzoeken beken en watermolens in het stroomgebied van de Geul; [bron: opgesteld aan de hand van shape-files van Provincie Limburg, WRO en gegevens WRO]; uitvergroete kaart in bijlage

Tabel 3.1: Te onderzoeken beken in het stroomgebied van de Geul

	Waternummer	Aanduiding	Totale lengte in NL (m)	Begrensd in kader van Natura 2000*
1	1001	Geul	37.750	ja
2	1054	Geulhem Molentak	670	ja
3	1059	Geulke	2.452	deels
4	1060	Kleine Geul	1.666	nee
5	1301	Gulp	10.103	ja
6	1101	Eyserbeek	9.557	boven monding tot Piepert
7	1201	Selzerbeek	12.235	boven monding tot Nijswiller
8	1215	Afslagtak Selzerbeek	2.099	nee
9	1202	Zieversbeek	3.727	nee
10	1204	Vaalsbroekermolenbeek	1.894	nee
11		Molenbroekerbeek	1.593	nee
12	1024	Mechelderbeek	5.467	deels
13		Nutbron	848	ja
14	1005	Terzieterbeek	2.049	deels
15		Zijtak Terzieterbeek	1.208	ja

* N.B. vanwege externe werking: op grond van de Natuurbeschermingswet 1998 kunnen buiten de begrenzing gelegen (delen van) waterlopen toch relevant zijn voor de instandhoudingsdoelen zoals beekprik en beekdonderpad

3.2

Inventarisatie molens en stuwen

3.2.1

Molens

In het stroomgebied van de Geul wordt rekening gehouden met 19 locaties van voormalige watermolens en actueel gebruikte watermolens (Afbeelding 3.1). Bovendien is het eerste migratie-obstakel in de Geul stroomopwaarts van de Belgische grens in beschouwing genomen. In de buurt van de grens bevinden zich volgens de Belgische molendatabase (www.molendatabase.nl) de Oude Molen (B) en de Molen Terbruggen (B) die beide als niet

in bedrijf zijnde molens vermeld zijn. Bij een bezichtiging van deze locaties werd vastgesteld dat de stuw bij de Oude Molen volledig verwijderd was en het molentak drooggelegd is, zodat bij de Oude Molen de waterecologie niet meer beïnvloed wordt. De Molen Terbruggen is op tempore basis in bedrijf (Tabel 3.2).

Gebruik van de Nederlandse molens

Momenteel worden 3 molens in de Geul en 1 molen in de Gulp permanent voor stroomopwekking gebruikt (Tabel 3.2):

- Geul
 - o Commandeursmolen (Onderste Molen),
 - o Molen Otten,
 - o Groote Molen (ook Banmolen of Oude Molen genoemd);
- Gulp
 - o Neuborgmolen (Molen van Roux).

Drie andere molens worden slechts temporair gebruikt:

- Geul
 - o Volmolen: een of twee keer per maand wordt graan gemalen voor toeristische doeleinden,
 - o Schaloensmolen
- Selzerbeek
 - o Wittemermolen: educatieve doeleinden.

Die Nieuwe / IJzerenmolen (Geulke) is gerestaureerd. De passeerbaarheid van deze locatie is daarbij niet hersteld. Het is onduidelijk of en hoe vaak de molen in bedrijf is.

De Frankenhofmolen (Zieversbeek) wordt momenteel gerestaureerd en zal volgens de plannen in 2016 op tempore basis in gebruik genomen te worden.

Bij het klooster Redemptoristen (Selzerbeek) is alleen nog een waterpomp aanwezig.

Tabel 3.2: De molens in het Geul-stroomgebied en hun bedrijfstoestand; Vmb = Vaalbroeker-Molenbeek, Mb = Molenbroekerbeek [samenstelling volgens info van het WRO en bezichtiging van de molen Terbruggen]; zie voor gegevens over opstuwung Tabel 3.4

	Naam	Plaats	Beek	In bedrijf	Gebruik	Opstuwung	Aftakking/ bypass
	Molen Terbruggen (B)	Terbruggen	Geul	temporair	Waterrad is vernieuwd	ja	temporair
1	Volmolen	Epen	Geul (Molentak)	temporair	elektriciteit + malen graan (1 - 2 keer per maand een hele of halve dag); toeristische doelen	ja	temporair
2	Eper-, Wingbergmolen	Epen	Geul (Molentak)	nee	restaurant	ja	nee
3	Bovenste Molen	Mechelen	Geul (Molentak)	nee	malen graan, ideeën om electriciteit op te wekken, molen inwendig niet compleet	ja	nee
4	Commandeurs-molen, Onderste Molen	Mechelen	Geul (Molentak)	ja	Stroomopwekking (24 h) + malen graan bij behoefte, elektrisch aangedreven	ja	ja
5	Molen Otten	Wijlre	Geul (Molentak)	ja	malen graan, stroomopwekking (24 h)	ja	ja
6	(S)chaloensmolen	Valkenburg	Geul (Molentak)	temporair	malen graan expositie-ruimte, maalvaardig, niet in gebruik	ja	temporair
7	Franse Molen	Valkenburg	Geul (Molentak)	nee	Restaurantbedrijf, maalwerk is wel compleet, er wordt een waterrad geïnstalleerd	ja	nee
8	Oude molen	Valkenburg	Geul (Molentak)	nee	evt maalactiviteit niet op waterkracht		
9	Kruitmolen	Valkenburg	Geul	nee	Ideeën voor temporair bedrijf voor toeristische doeleinden	nee	nee

	Naam	Plaats	Beek	In bedrijf	Gebruik	Opstuwing	Aftakking/ bypass
10	Geulhemmermolen	Geulhem	Geul (Molentak)	nee	restaurant	ja	nee
11	Groote Molen	Meerssen	Geul	ja	Stroom-opwekking (24 h)	ja	nee
12	Nieuwe, IJzeren Molen	Rothem	Geulke	nee	Is gerestaureerd	ja	nee
13	Broekermolen	Slenaken	Gulp (Molentak)	nee	Vroeger graanmolen, woonhuis	ja	nee
14	Neuborgmolen, Molen van Roux	Gulpen	Gulp (Molentak)	ja	malen graan, stroom-opwekking (24 h)	ja	ja
15	Klooster Redemptoristen	Wittem	Selzerbeek (Molentak)	nee	waterpomp, in restauratie	ja	temporair
16	Wittemermolen	Wittem	Selzerbeek (Molentak)	temporair	malen graan, vakantiewoning		
17	Vaalsbroekermolen	Vaals	Vmb, toevoer uit Mb mogelijk	nee	Restaurant, maalinrichting aanwezig	ja	nee
18	Frankenhofmolen	Vaals	Zieversbeek (Molentak)	nee	Wordt gerestaureerd; dec. 2011: rad geplaatst	nee	nee
19	Bulkemsmolen	Simpelveld	Eyserbeek (Molentak)	nee		ja	nee

Tabel 3.2 laat bovendien zien bij welke molenlocaties door opstuwing of aftakking een leefgebiedsverandering wordt veroorzaakt. Gegevens over de betreffende trajectlengtes zijn vermeld in Tabel 4.4 en Tabel 4.7. De opstuwing in de hoofdbedding ontstaat bij de stuwen, waar in de regel een molentak wordt afgetakt naar de betreffende waterkrachtinstallatie/molen. Alle molens behalve de Groote Molen liggen aan molentakken, zodat voor hun exploitatie water uit de beek moet worden afgevoerd. Daardoor kan ook sprake zijn van opstuwing, wanneer de molen niet in bedrijf is.

Monumentenzorg, landschappelijke en toeristische betekenis

De meeste molens zijn volgens Tabel 3.3 van relatief groot belang vanuit het oogpunt van de monumentenzorg. Veertien van de opgevoerde molens zijn in een of meerdere opzichten van groot of zeer groot belang (BUSSEL, 1991).

De Broekermolen en de Frankenhofmolen omvatten volgens BUSSEL alleen nog resten van de oorspronkelijke watermolens, waarbij bij de Frankenhofmolen het waterrad en de stuw gerestaureerd zijn (volgens bezichtiging april 2013).

Tabel 3.3: Inschatting van betekenis en belang van de molens volgens BUSSEL (1991) Vmb = Vaalsbroeker-molenbeek, Mb = Molenbroekerbeek

	Naam	Beek	Betekenis		
			landschappelijk	historisch	toeristisch
1	Volmolen	Geul (Molentak)	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk
2	Eper-, Wingbergmolen	Geul (Molentak)	belangrijk	gering	belangrijk
3	Bovenste Molen	Geul (Molentak)	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk
4	Commandeurs-, Onderste M.	Geul (Molentak)	matig	belangrijk	zeer belangrijk
5	Molen Otten	Geul (Molentak)	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk
6	(S)chaloensmolen	Geul (Molentak)	belangrijk	zeer belangrijk	belangrijk
7	Franse Molen	Geul (Molentak)	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk
8	Oude molen	Geul (Molentak)	geen	belangrijk	gering
9	Kruitmolen	Geul (Molentak)	geen	belangrijk	geen
10	Geulhemermolen	Geul (Molentak)	belangrijk	zeer belangrijk	belangrijk
11	Groote Molen	Geul	matig	matig	matig
12	Nieuwe, IJzeren Molen	Geulke	zeer belangrijk	zeer belangrijk	belangrijk
13	Broekermolen	Gulp (Molentak)	-	-	-
14	Neuborgmolen	Gulp (Molentak)	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk
15	Klooster Redemptoristen	Selzerbeek (Molentak)	-	-	-
16	Wittermolen	Selzerbeek (Molentak)	belangrijk	belangrijk	belangrijk
17	Vaalsbroekermolen	Vmb, en aftakking uit Mb	belangrijk	belangrijk	zeer belangrijk
18	Frankenhofmolen	Zieversbeek (Molentak)	-	-	-
19	Bulkemsmolen	Eyserbeek (Molentak)	-	-	-

zeer belangrijk	belangrijk	matig belangrijk	van gering belang	van geen belang	- geen info
-----------------	------------	------------------	-------------------	-----------------	-------------

3.2.2 Stuwen

Als basisinformatie voor de stuwwerken in het Geuldal werden door WRO de Shape-file "Stuwen" voor het hele Geuldal en voor de kleinere kunstwerken/stuwen de Shape-file "Bodemval" ter beschikking gesteld. Samen met alle andere informatie zijn de relevante stuwen/kunstwerken geselecteerd die in de te onderzoeken beken liggen.

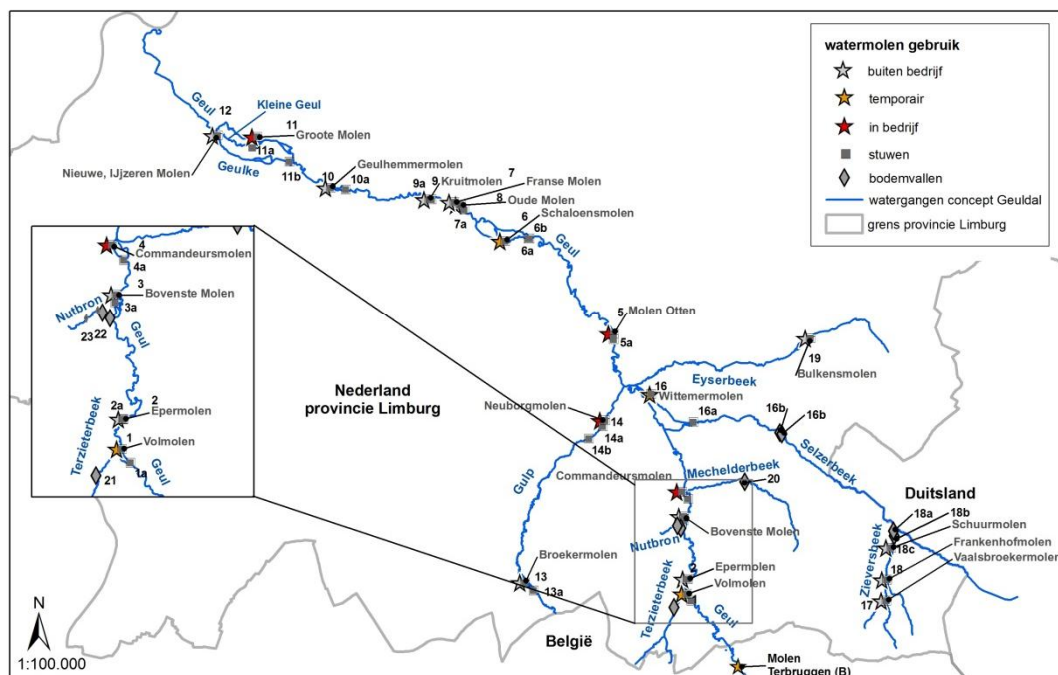
Dit leverde 43 bouwwerken op (Afbeelding 3.2), die naar verwachting de passeerbaarheid van de beken belemmeren en die onderzocht zijn op hun verdere invloed op de waterecologie zoals bijv. door de opstuwing van het water in de bedding.

Om de aard en hoogte van de stuwen te bepalen, zijn de gegevens van WRO en de structuurkartering met betrekking tot de bouwwerktypes geanalyseerd. Hierbij dient rekening te worden gehouden dat meerdere bouwwerken van hetzelfde type die zich in één 100 m-sectie bevinden, volgens de bestaande karteringsinstructie niet gescheiden in kaart gebracht zijn en dus ook niet als zodanig herkenbaar zijn. De molentakken zijn bij de structuurkartering slechts ten dele meegenomen.

Bij het bouwwerk van de watermolen zelf ligt gewoonlijk een stuw en vaak een bodemval. Uit de analyse blijkt het verval hoog tot zeer hoog te zijn (Tabel 3.4). Bovendien zijn er stuwwerken aanwezig om het water naar de molen te geleiden via de molentak (zie ook Afbeelding 4.1). Daarnaast zijn in beken op diverse locaties bodemvallen aanwezig met relatief kleine waterspiegelverschillen (een bodemval is een kunstwerk dat een verschil in beekbodemhoogte overbrugt).

In Tabel 3.4 zijn bovendien de stuwlengthen uit de waterstructuurkartering uit 1999/2000 opgenomen. Deze gegevens hebben betrekking op de opstuwing in de beek.

Het eerste migratie-obstakel dat zich stroomopwaarts in de Geul over de Nederlandse grens in België bevindt, is de molen Terbruggen. Omdat er voor deze locatie geen documentatie beschikbaar was, is deze bezichtigd. Bij de stuw bevindt zich een vispassage. De molen met gerestaureerd waterrad is temporair in bedrijf.



Afbeelding 3.2: Stuwen en watermolens in het te onderzoeken gebied; uitvergroete kaart in bijlage.

Tabel 3.4: Ligging van de watermolens en het verval bij stuwen in het stroomgebied van de Geul; * volgens GUBBELS (2007); **gegevens uit terreinbezoek; GSK: waterstructuurkartering; gegevens opstuwung volgens Tabel 4.7

	Naam	Beek	Water-km vanaf monding	Valhoogte waterkracht-installatie [m]	Informatie uit GSK 1999/2000 g.i.: geen informatie	
					Bouwwerkttype	Lengte opstuwings-gedeelte [m]
	Molen Terbruggen (B)	Geul	Ca. 39	Ca. 1,4**	**Zeer hoge val > 1 m	** Opstuwung aanwezig
	Meetgoot Cottessen	Geul	37,55		g.i.	g.i.
1	Volmolen	Geul (Molentak)		2,1	g.i.	500
1a	Afslag Volmolen	Geul	35,01	2,0	Zeer hoge val > 1 m	
2	Eper-, Wingbergmolen	Geul (Molentak)		1,35	g.i.	400
2a	Afslagstuw Epermolen	Geul	34,15	1,1	Hoge val 0,3 tot 1 m	
3	Bovenste Molen	Geul (Molentak)		g.i.	g.i.	400
3a	Verdeelwerk Bovenste Molen	Geul	31,24	g.i.	Val met gedeeltelijk schuin vlak°	
4	Commandeursmolen, Onderste Molen	Geul (Molentak)		Ca. 3	g.i.	400
4a	Afslagstuw Onderste Molen	Geul	30,46	2,25	Stuw met vistrap	
5	Molen Otten	Geul (Molentak)		> 1,5*	g.i.	900
5a	Afslagsluis Molen Otten, Wijlre	Geul	23,37	> 1,5*	Zeer hoge val > 1 m	
6	(S)chaloensmolen	Geul (Molentak)		> 1,5*	g.i.	300
6a	Verdeelwerk molentak Schaloensmolen	Geul	17,17	> 1,5*	Stuw met vistrap	
7	Franse Molen	Geul (Molentak)		0,9	g.i.	1.000
7a	Afslag molentak, Walramstuw	Geul	14,79	1,6	Zeer hoge val > 1 m	
8	Oude Molen	Geul (Molentak)		Ca. 3	g.i.	
9	Kruit-, Polfermolen	Geul (Molentak)			g.i.	0
9a	Afslag Kruitmolen	Geul	13,76	mom. 0		

	Naam	Beek	Water-km vanaf monding	Valhoogte waterkracht- installatie [m]	Informatie uit GSK 1999/2000 g.i.: geen informatie	
					Bouwwerktype	Lengte opstuwings- gedeelte [m]
10	Geulhemmermolen	Geul (Molentak)		ca. 1,5*	Zeer hoge val > 1 m glad glijoppervlak	500
10a	Afslag Geulhemmermolen	Geul	10,46		Gladde helling	
11	Groote Molen	Geul	6,10	> 1,5*	Zeer hoge val > 1 m	1.200
11a	Verdeelwerk Geul - Kleine Geul	Kleine Geul	6,45	> 1,5*	Zeer hoge val > 1 m	66
11b	Verdeelwerk Geulke	Geul	8,00	> 0,5*	Hoge val 0,3 tot 1 m	900
	Samenkomst Geul, Kleine Geul, Geulke	Geul	4,44			-
12	Nieuwe, Ijzeren Molen	Geulke	0,085	g.i.	Glad aflopend vlak	400
13	Broekermolen	Gulp (Molentak)				0
13a	Afslagstuw Broekermolen	Gulp	8,86	2,5*	Zeer hoge val > 1 m	
14	Neuborgmolen	Gulp (Molentak)			g.i.	300
14a	Afslagstuw Neuborgmolen	Gulp	1,40	> 2,0*	Zeer hoge val > 1 m	
14b	Vijverstuw Kasteel Neuborg	Gulp	1,89	0,3*	Hoge val 0,3 tot 1 m	0
15	Klooster Redemptoristen	Selzerbeek (Afslagtak)				100
16	Wittemermolen	Selzerbeek (Afslagtak)		Ca. 2,5		
16a	Afslagstuw Selzerbeek	Selzerbeek	0,99	0,45	Grote valhoogte 0,3 tot 1 m	
16b	2 Bodemvallen Nijswiller	Selzerbeek	4,11 en 4,19	0,15 en 0,25	Kleine valhoogtes	0
17	Vaalsbroekermolen	Vmb, toevoer uit Mb mogelijk	0,77	> 1,5**	Zeer hoge val**	ja**
18	Frankenhofmolen	Zieversbeek (Molentak)				tijd.
18e	Afslagstuw Frankenhofmolen	Zieversbeek	1,81	1,5	Zeer hoge val > 1 m	
18a	Verdeelwerk benedenloop	Zieversbeek	0,30	> 1,5*	Zeer hoge val > 1 m	GSK: 0, WRO: opstuwning ja
18b	Bodemval duiker Provinciale Weg	Zieversbeek	0,50	> 0,25*	Hoge val 0,3 tot 1 m	0
18c	Bodemval 1 Schuurmolen	Zieversbeek	0,91	-	Kleine valhoogte 0,1 tot 0,3 m	0 (geërodeerd)

	Naam	Beek	Water-km vanaf monding	Valhoogte waterkracht- installatie [m]	Informatie uit GSK 1999/2000 g.i.: geen informatie	
					Bouwwerkttype	Lengte opstuwings- gedeelte [m]
19	Afslag Bulkemsmolen	Eyserbeek	6,72	> 1,5*	Grote valhoogte 0,3 tot 1 m	200
20	Duiker buffer Voortweg	Mechelder- beek	1,85	Ca. 0,25*	Doorlaat	0
21	Bodemval Plaat	Terzieterbeek	0,28	> 0,25*	Grote valhoogte 0,3 tot 1 m	0
22	Duiker (Schweiberg)	Nutbron	Ca. 0,01	0,05	Duiker	g.i.
23	Duiker 2 (Schweiberg)	Nutbron	0,28	0,6		g.i.

Aquatisch ecologische effecten van stuwen en watermolens

De morfologie van de beken werd in de loop van de geschiedenis antropogeen beïnvloed. In de loop der eeuwen is ten behoeve van energiewinnig, landbouw en hoogwaterveiligheid ingegrepen in de hydromorfologie.

Daarbij werden in essentie de volgende maatregelen genomen:

- Beken werden genormaliseerd en gekanaliseerd. Dit had diepte-erosie tot gevolg.
- Verdediging van oevers .
- Aanleg van stuwwerken.

Door de aanleg van stuwen en watermolens, maar ook door kanalisering van de beken, kan de aquatische ecologie in meerdere opzichten negatief beïnvloed worden.

- Door de bouw van een stuw ontstaat een opstuwingszone met lage stroomsnelheid. De aquatische ecologie in dergelijke opstuwingszones kan sterk veranderen.
- Als de stuwhoogte een bepaalde waarde overschrijdt, kan de stroomopwaarts of stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid belemmerd worden voor bepaalde soorten die op migratie aangewezen zijn. De opdeling van de beken door stuwen in individuele trajecten kan gevolgen hebben voor de lineaire of laterale ecologische verbindingen.
- Bij de stroomafwaartse migratie kunnen vissen in de watermolens en bij hogere stuwen verwond of gedood worden.
- De noodzakelijke vastlegging van oevers en beddingen op de molenlocatie leidt tot een verandering van het bodemsubstraat en van het beekprofiel.
- Als het water vanuit de beek naar een op afstand gelegen molen moet worden geleid (Afbeelding 4.1), dan kan de afslagtak een geringe afvoer en diepte hebben of zelfs droogvallen. Opstuwning en aftakkingen kunnen het grondwaterpeil en de vegetatie bij de beek beïnvloeden.

De aantastingen en bedreigingen van beken in het Zuid-Limburgse heuvelland worden gedetailleerd beschreven in het PREADVIES BEEKDALEN (2009).

De bovengenoemde effecten op de aquatische ecologie zijn niet specifiek voor beken in het Geuldal, maar zijn relevant voor alle beken en worden besproken in hoofdstuk 4.1.

In het kader van het voorliggende onderzoek zijn de effecten van de stuwen en molens op de aquatische ecologie in het Geuldal geanalyseerd.

- Als resultaat van deze inventarisatie is de passeerbaarheid van beken beschreven in hoofdstuk 4.2.

- In hoofdstuk 4.3 is de beïnvloeding van beken door opstuwing en aftakking naar molens beschreven.

Bovendien is het van belang op te merken dat aquatische levensgemeenschappen beïnvloed worden door noodzakelijke (preventieve) maatregelen bij stuwen en waterkrachtinstallaties in geval van storingen, reparaties en stuwpanspoelingen of door incidenten bij hoog water. Deze kunnen tot plotselinge veranderingen in de waterafvoer of sedimentbewegingen leiden of bijvoorbeeld een drooglegging van de bedding noodzakelijk maken.

Historische context

Vroeger lag er een wezenlijk hoger aantal molens aan de beken dan tegenwoordig. In de 16e eeuw bereikte het aantal watermolens in het Nederlandse heuvelland een piek onder invloed van de industriële activiteiten in Aken (PREADVIES BEEKDALEN, 2009). Rond 1900 hadden de meeste molens hun activiteiten alweer beëindigd. In de meeste gevallen was een waterrad geïnstalleerd. Deze hielden meestal een relatief grote afstand tot de beekbodem aan, zodat de passeerbaarheid voor bodemmateriaal en vissen in minder mate belemmerd werd, dan heden ten dage. Bovendien verschilde de exploitatie van de molens ten opzichte van het huidige gebruik. De molens werden meer periodiek gebruikt (seizoensafhankelijk).

Dat de belemmering van de passeerbaarheid door stuwen ook in die tijd tot een teruggang van visbestanden leidde, wordt bijv. duidelijk uit de volgende publicatie:

P.P.C. Hoek publiceerde onderzoeken uit het jaar 1900 over het bestand van zalmen in de bovenloop van het Moezelgebied (Zeitschrift der Fischerei und deren Hilfswissenschaften, uitgever: Deutscher Fischerei-Verein, IX. Band, 1901-1902). Er wordt gemeld dat de zalm vanwege de migratie-obstakels in bepaalde zijrivieren en -beken van de Moezel hun paaigebieden niet meer kunnen bereiken. Het uitzetten van gekweekte zalm was in die tijd zonder meer gebruikelijk, hoewel zalm vroeger in het stroomgebied van de Rijn zoveel voorkwam dat hij als voedsel voor arme mensen gold.

4.1

Algemene beschrijving van mogelijke effecten

4.1.1

Stroomopwaarts gerichte migraties

Stuwen en kunstwerken kunnen de stroomopwaartse migratie van vissen en aquatische ongewervelden belemmeren of verhinderen.. De volgende parameters zijn doorslaggevend voor de passeerbaarheid van stuwen en andere hindernissen.

- De vissen moeten in overeenstemming met hun natuurlijke gedrag kunnen migreren.

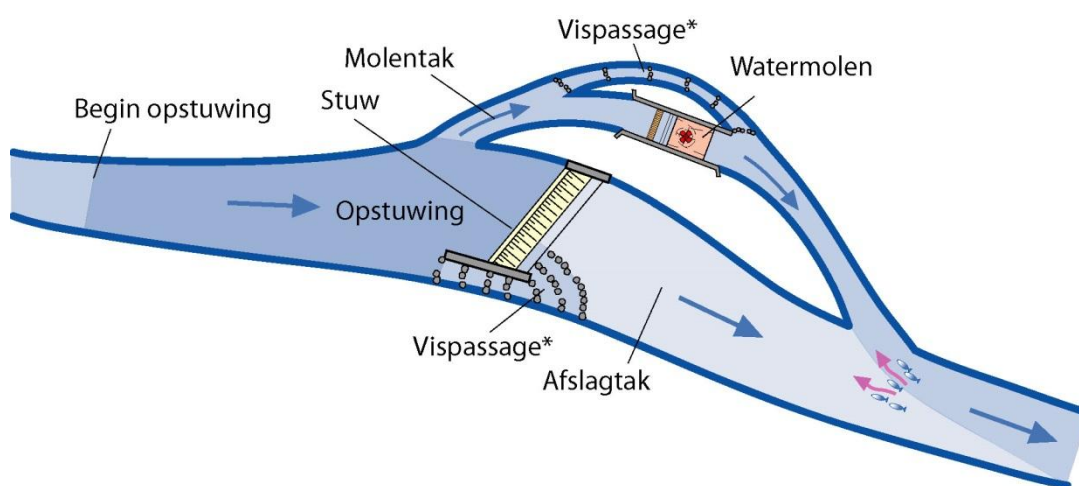
- Verval en stroomsnelheid mogen de soortspecifieke grenswaarden niet overschrijden.
- Vissen en ongewervelden hebben een voldoende gestructureerde, doorlopende ruwe beekbodem nodig.

Een dam of stuw kan reeds bij een zeer gering verval (ca. 0,1 tot 0,2 m bij basisafvoer) en een gladde beekbodem als migratie-obstakel werken.

Watertrajecten die in vergelijking met niet beïnvloede gedeelten en in relatie tot de fysiologische eisen van de relevante visfauna een te geringe stromingsdiepte en te lage stroomsnelheden vertonen, zijn niet of onvoldoende passeerbaar voor migrerende vissen. Dat geldt typisch voor aftakkingstrajecten, wanneer die over te lange periode een te geringe afvoer vertonen doordat het grootste deel van de afvoer via de molentak wordt geleid (Afbeelding 4.1).

De stroomopwaartse migratie wordt eveneens belemmerd, wanneer een vispassage niet of alleen met aanzienlijk tijd- of energieverlies kan worden gevonden. De vindbaarheid van vistrappen kan bemoeilijkt worden door concurrerende stromingen of door te krappe of fout geplaatste toegangen. Bijvoorbeeld bij samenkomst van een molentak en een afslagtak (Afbeelding 4.1).

In 2014 werd door de Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) het informatieblad "Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke" (vistrappen en door vissen passeerbare kunstwerken) gepubliceerd (DWA-M 509), waarin voor de aanleg van vispassages de grenswaarden voor het geometrische en hydraulische ontwerp zijn aangegeven. Bovendien is in dit informatieblad omvangrijke basisinformatie over het migratie gerelateerde gedrag van vissen en macrofauna opgenomen.



Afbeelding 4.1: Locatie met aftakking voor een watermolen. De aangelegde molentak leidt water vanuit de oorspronkelijke beek naar de watermolen. De oorspronkelijke beek wordt dan afslagtak genoemd. De paarse pijlen illustreren het gevolg van concurrerende stroming, waarbij vissen naar beide takken gestuurd worden. *) In de regel wordt slechts één vispassage geïnstalleerd.

Diadrome soorten, zoals Rivierprik *Lampetra fluviatilis*, worden in bijzondere mate getroffen door beperkingen in de stroomopwaartse migratiemogelijkheden, omdat al één enkel stroomopwaarts gelegen onpasseerbaar bouwwerk het uitsterven van de populatie tot gevolg kan hebben. Deze soorten behoren voor het Natura 2000-gebied Geuldal niet tot de te beschouwen doelsoorten, maar zijn van betekenis voor de Kaderrichtlijn Water.

Ook voor potamodrome soorten kunnen stroomopwaarts onpasseerbare kunstwerken negatieve effecten hebben. Dit is voor soorten als Kopvoorn, Serpeling en Riviergrondel aangetoond voor zijrivieren van een Duitse middengebergterivier (de Hessische Lahn) (SCHWEVERS & ADAM, 1997). Wanneer in een bovenstrooms van een stuw gelegen traject soorten uitsterven, kunnen zij het traject niet herkoloniseren. Vergelijkbare effecten zijn ook bekend bij andere soorten en in andere watersystemen en komen tot uitdrukking in een stroomopwaarts voortschrijdende verarming in de soortenrijkdom.

Voor ongewervelde aquatische organismen kon het effect van migratiebelemmeringen niet worden gekwantificeerd. Uit onderzoek is gebleken dat omvangrijke stroomopwaarts gerichte migraties plaatsvinden (DWA-M 509, 2014). Ook het driftfenomeen vereist een zekere mate van passeerbaarheid van kunstwerken (DWA-M 509 2014, ADAM 1996).

4.1.2

Stroomafwaarts gerichte migraties

De stroomafwaarts gerichte migratie van aquatische organismen wordt door stuwen of watermolens niet volledig onmogelijk gemaakt en is in tegenstelling tot stroomopwaartse migratie ook mogelijk zonder speciale vispassages. Daarom gaat het in dit geval vooral om de vraag of en in welke omvang afdalende individuen gewond raken of gedood worden. Verwondingsrisico's worden bepaald door de afmetingen en uitvoering van het te passeren kunstwerk (turbine of waterrad).

Vissen kunnen een stuw, waar water overheen stroomt in de waterlaag stroomafwaarts passeren. Er bestaat dan een risico op verwondingen - afhankelijk van de vissoort - wanneer de vis in te ondiep water terechtkomt (minder dan 1/4 van het verval, DUMONT et al. 2005) en/of met harde structuren onder water in aanraking komt, zoals bijv. stoorstenen in een woelbekken. Bij enkele stuwen in het Geuldal is sprake van verwondingsrisico's bij de stroomafwaartse passage vanwege de ontoereikende waterdiepte achter de stuw en de geringe waterafvoer bij de kunstwerken.

Als de waterafvoer van de beek voor een aanzienlijk deel door een watermolen wordt geleid, dan volgt een groot gedeelte van de passerende vissen deze hoofdstroming en komt dan bij het vuilrooster van de molen terecht. Daarbij kunnen zich diverse negatieve resp. schadelijke gevolgen voordoen:

- Afhankelijk van de ruimte tussen de spijlen van het rooster en de stroomsnelheid worden vissen tegen het hek aangedrukt.

- Vissen die het hek passeren, kunnen in de het waterrad/turbine terechtkomen en daar gewond raken. De kans op verwondingen is afhankelijk van de bouw van de turbine en de bedrijfstoestand (LUWG 2008).
- Bij een waterrad werd altijd aangenomen dat de stroomafwaartse migratie van vis relatief schadevrij plaatsvindt. Kwantitatief onderzoek door de Landesfischereiverband Bayern (LFV-BY 2008) toont echter aan dat ook waterraderen dodelijke verwondingen kunnen toebrengen die bij bepaalde soorten tot een verwondingsfrequentie van meer dan 50% kan leiden. Daarbij komen stroomafwaarts passerende vissen vaak met de vinnen terecht tussen de schoepen en de omvatting (bijv. de zijwanden en de bodem). Dat geldt zowel voor raderen met wateraanvoer van boven als van onderen.

Een ongevaarlijke stroomafwaartse migratie van vissen bij watermolens is alleen mogelijk, wanneer sprake is van niet passeerbare roosters die de vissen niet beschadigen én waar de vissen een geschikte bypass kunnen vinden naar het lager gelegen gedeelte.

De omvang van de verwondingen resp. de sterftcijfers is o.a. afhankelijk van de vorm en omvang van de betreffende watermolen, het rooster- en het type waterrad of turbine, de actuele bedrijfsvoering en de aard en grootte van de relevante soorten.

Een extra sterfterisico voor passerende vissen vormt de predatie stroomafwaarts van de molen. Na de passage van de turbine/waterrad zijn ook niet gewonde vissen gedesoriënteerd. Daardoor zijn ze een gemakkelijke prooi voor roofdieren, dus zowel roofvissen als visetende vogels.

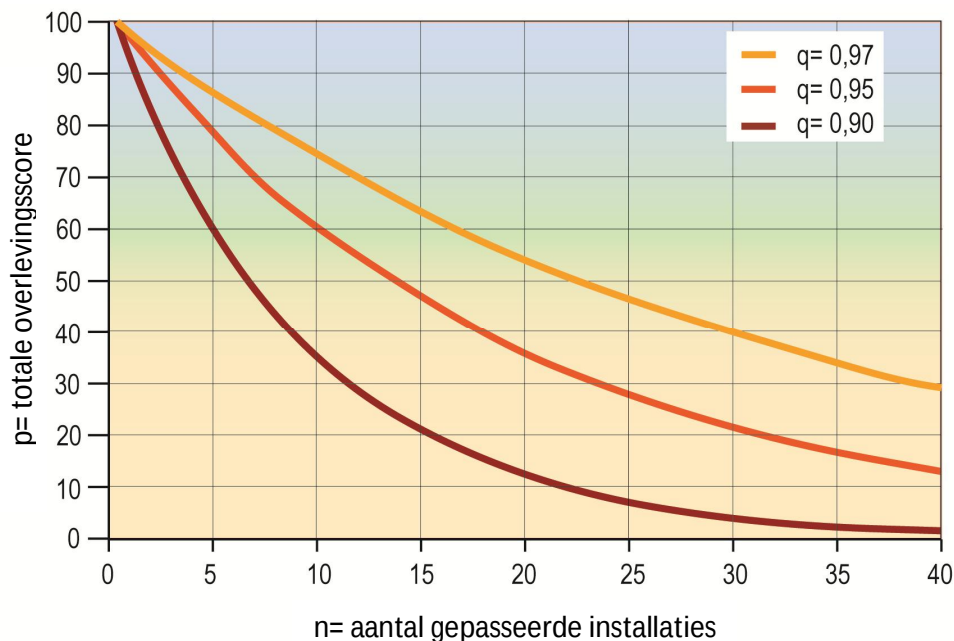
Ook in de opgestuwde trajecten moet rekening worden gehouden met een verhoogde predatiedruk door de veranderde getalsmatige verhoudingen tussen de soorten.

De verwondingsfrequentie heeft een cumulatief karakter voor stroomafwaarts passerende vissen die grote afstanden afleggen in veelvuldig opgestuwde beken met waterkrachtbenutting, omdat de overlevingsscores bij de individuele locaties over de gehele keten van stuwen vermenigvuldigd moeten worden. Daardoor neemt de totale overlevingsscore over de totale lengte van de beek af (Afbeelding 4.2). Dit kan worden verduidelijkt, wanneer men dezelfde overlevingskans q aanneemt bij elke van n stuwen. Dan resulteert de totale overlevingskans p uit de vergelijking (Formule 4.1):

$$p = q^n$$

Formule 4.1: Berekening van de totale overlevingsscore uit individuele score bij gelijke q

De stroomafwaarts gerichte migratie van verschillende vissoorten vindt plaats in verschillende perioden van het jaar. Alhoewel geringe stijgingen van het debiet stroomafwaarts gerichte migratiebewegingen van diadrome soorten op gang kunnen brengen (HOLZNER 1999), vindt deze migratie bij voorkeur niet bij hoogwater plaats.



Afbeelding 4.2: Totale overlevingsscore p van afdalende vissen in meervoudig opgestuwde beken.

4.1.3

Effecten van opstuwing op levensgemeenschappen in en bij stromende wateren

In gestuwde trajecten verandert het stromende water met betrekking tot een groot aantal parameters. De omvang van deze veranderingen is afhankelijk van de stuwhoogte en het verhang, alsmede van de hydromorfologie van de beek.

4.1.3.1

Hydromorfologische veranderingen

- Een groter doorstroomprofiel van het opgestuwde gedeelte leidt tot een verlaging van de stroomsnelheid en daarmee tot een afname van de transportkracht van de stroming. Daardoor vindt een successievelijke afzetting van fijner gesteente, zand en slib plaats. Op die manier wordt het kleinschalige mozaïek van verschillende substraten verminderd en daarmee de habitatdiversiteit.
- Het veranderde sedimenttransport in de beek kan tot veranderingen van de beekbodem benedenstrooms van de stuw leiden (bijv. erosie).

- Bij sedimentrijke beken zijn regelmatige spoelingen van de opstuwingstrajecten noodzakelijk om het afgezette slibaf te voeren.
- Grote opstuwingsen hebben een regulerende uitwerking op de afvoer in de stroomafwaarts gelegen gedeelten van de beek. De gereduceerde afvoerdynamiek kan - ook in combinatie met het geringere sedimenttransport - aan een veranderde vorm van de waterloop bijdragen.

4.1.3.2

Fysisch-chemische veranderingen

- In grote stuwtrajecten loopt de temperatuur van het water op. Rhitrale soorten die aan lage watertemperaturen gebonden zijn, verliezen leefgebied.
- In eutrofe beken kunnen in stuwtrajecten sterke pH -fluctuaties en zuurstoffluctuaties optreden als gevolg van fytoplanktonontwikkeling.
- De fysisch-chemische veranderingen in het opgestuwde traject hebben ook invloed op het benedenstroomse traject, waar deze parameters zich pas geleidelijk normaliseren.
- De door de opstuwings veroorzaakte verminderde turbulentiegraad verlaagt de gasuitwisseling tussen de atmosfeer en het waterlichaam. In combinatie met het zuurstofverbruik door de afbraak van bezonken slib kunnen in belaste beken situaties met acuut zuurstofgebrek optreden. In extreme gevallen is de stuwzone niet meer geschikt als leefgebied en treedt acute of sluipende vissterfte op.
- Ook de mobilisering van zuurstofverbruikend slib bij hoog water kan vooral in sterk belaste beken acute zuurstoftekorten in de hand werken die in extreme gevallen het sterven van de aquatische fauna veroorzaken.

4.1.3.3

Effecten op de aquatische fauna en flora

De beschreven verlaging van de stroomsnelheid, het verlaagde zuurstofgehalte, de verminderde dynamiek van het water en de daardoor veroorzaakte gereduceerde verplaatsing van het substraat, alsmede de bedekking met fijne sedimenten, resulteren in aanzienlijke veranderingen van de aquatische habitat bij opstuwings:

- Leefgebieden voor ongewervelde organismen en op de bodem levende vissen alsmede de voortplantingslocaties voor vissen die in kiezel kuit schieten, worden aangetast of gaan verloren.
- Rheofiele vissen waarvoor in de stroomdraad stroomsnelheden van minimaal 0,2 m/s vereist zijn, vermijden zwak stromende stuwzones. Alhoewel juvenielen juist baat kunnen hebben bij trajecten waarin lagere stroomsnelheden voorkomen.

- In lange stuwtrajecten met fijne sedimentafzettingen en evt. zelfs zuurstoftekorten dicht bij de bodem wordt stroomopwaartse migratie van ongewervelde soorten en vissen sterk belemmerd.
- Dat heeft tot gevolg dat het aantal soorten en de dichtheid van de populaties kunnen teruglopen.
- Afhankelijk van de mate van aantasting worden ook leefgebieden in de benedenstrooms gelegen trajecten aangetast.

Ook de waterplantengemeenschap van de submerse, emerse en amfibische leefgebieden in en langs opstuwingen vertoont een karakteristieke verandering in vergelijking met niet opgestuwde beken. Enerzijds wordt door de geringe stroming en de afzetting van fijne substraten de verspreiding en groei van waterplanten bevorderd, maar anderzijds zijn de condities op dergelijke locaties meestal zeer instabiel, omdat de planten niet bestand zijn tegen de bij hoogwater optredende stroomsnelheden en beddingverschuivingen. Zij worden uit de ondergrond getrokken en drijven dan af. Sterke verslibbing kan leiden tot giftige bodemomstandigheden voor in de bodem wortelende planten. Bovendien neemt bij toenemende waterdiepte de lichtinval op de beek- of rivierbodem af. Dit reduceert de plantengroei op de bodem die vooral uit lagere plantensoorten, zoals bijv. draadalg, bestaat. In de voedselketen is dit een belangrijke voedselbasis voor ongewervelde organismen, maar ook bijv. voor de sloop, een gespecialiseerde vissoort die leeft van deze planten.

4.1.3.4

Effecten op de passeerbaarheid

Ook langere, gestuwde beektrajecten zelf kunnen een migratiebarrière vormen. De lage stromingssnelheid, bodemsamenstelling en de chemische veranderingen in de opgestuwde delen kunnen ertoe leiden dat bepaalde soorten deze zones vermijden.

4.1.3.5

Effecten op de beemden

In het opgestuwde gedeelte wordt het waterpeil van de beek en het grondwaterpeil verhoogd. Afhankelijk van het stuwpeil en de gebruikswijze van de stuw worden peilfluctuaties in aanzienlijke mate of volledig ingeperkt. Daardoor worden erosie- en verplaatsingsprocessen gereduceerd. Vaak zijn er geen door hoog water veroorzaakte overstromingen van de oevers, omdat bij hoog water de stuwen worden gestreken om een vlotte afvoer te garanderen en een overstroming van de watermolen te voorkomen. In laagwaterperioden treden geen droogvallende gedeelten zoals kiezel- of zandbanken op.

Dit kan gepaard gaan met grote gevolgen voor de samenstelling van soorten, dominantieverhoudingen in oever- en beemdvegetatie, terrestrische fauna en oevergebonden macrofauna.

4.1.3.6

Verdere effecten in de opstuwingszone

Hieronder worden positieve effecten genoemd die zich kunnen voordoen door het opstuwen van een beek, of door de aanwezigheid van een molenvijver. Deze effecten kunnen voornamelijk bij een korte stuwlengthe als voordelig worden beschouwd, omdat bij langere stuwpannen nadelige effecten de overhand krijgen:

- Uitbreiding van leefgebied voor watervogels die de voorkeur geven aan beken met een lage stromingssnelheid.
- Vergroting van diversiteit aan biotopen (geldt vooral voor algemene, niet voor verstoring gevoelige soorten met een groot tolerantiebereik). Door de kanalisatie van de beken werden oude armen of bij hoog water overstroomde gedeelten die vroeger als biotopen met geringe stromingssnelheid of als stilstaand water beschikbaar waren, van het stromende water afgesneden. Opstuwingsgedeelten kunnen in beperkte mate een vergelijkbare functie vervullen. In beperkte mate, omdat het stuwband vaak te maken heeft met onvoorspelbare, hoge dynamiek (strijken stuwen, schoonspoelen) en voortdurende influx van meer of minder vervuild beekwater en substraten.
- Het ontstaan van terugtrekkingsgebieden voor vissen bij lage afvoeren. De waterdiepte blijft in het opstuwingsgedeelte in vergaande mate behouden, zodat vis hier langer voldoende waterdiepte vindt.
- Eventueel gebruiksmogelijkheid als toevluchtsoord bij hoge afvoeren.
- In het opgestuwde gedeelte wordt de waterspiegel van de beek en het grondwaterpeil verhoogd. Dat heeft een invloed op de vochtafhankelijke habitats in de beemd. In theorie kan daaruit een positieve invloed op het habitatype H91E0C worden afgeleid.

Ondanks de genoemde positieve effecten dienen stuwtrajecten over lange afstanden te worden vermeden, omdat deze een negatieve uitwerking kunnen hebben op de potentiële natuurlijke flora en fauna.

4.1.4

Effecten van aftakkingstrajecten op de aquatische leefgemeenschappen

Aftakkingen voor watermolens worden gekenmerkt door een sterk veranderd stromingsregime. In de periodes waarin het water in de beek vooral wordt gebruikt voor de energiewinning, resteert in de afslagtak slechts de minimale afvoer, voor zover deze überhaupt al overeengekomen is of afgegeven wordt. Het aftakkingstraject kan zelfs gedeeltelijk droogvallen. Er is dan geen migratiecorridor voor organismen die stroomopwaarts willen migreren.

Eisen aan de passeerbaarheid van aftakkingen zijn gedefinieerd en bijbehorende maatregelen zijn beschreven in DUMONT et al. (2005). Omdat waterkrachtinrichtingen vaak op een gemiddelde afvoer afgestemd zijn, zijn deze gereduceerde afvoercondities

afhankelijk van het hydrologische karakter van de watergang op ca. 250 tot 280 dagen per jaar aanwezig. Dit is echter geen aaneengesloten periode, omdat er telkens weer afvoerpieken optreden waarbij het aftakkingstraject sterker doorstroomd wordt. In ieder geval resulteert dit in een aanzienlijk grotere spreiding van de afvoerhoeveelheden dan bij het natuurlijke patroon het geval zou zijn. De effecten van aftakkingen (bypasses) op de leefgebieden in de afslagtak zijn sterk afhankelijk van hun absolute en tijdsgebonden omvang resp. van de resterende minimale afvoer, van de structuur van de afslagtak en van het watertype en het stroomgebied.

4.1.4.1

Hydromorfologische veranderingen

- Een reductie van de totale afvoer leidt tot een verlaging van de stroomsnelheid en de transportkracht. Er bestaat een tendens tot afzetting van fijne sedimenten in tijden van geringe waterafvoer.
- Bij een minimale afvoer is ook de waterdiepte beperkt, waardoor ook de stromingsdiversiteit verandert. Dit kan tot het droogvallen van grote delen van de bedding leiden.
- Omdat het permanent onder water staande dwarsprofiel afneemt, treedt een kwantitatieve verkleining van het leefgebied op en daarmee een afname van de veelzijdigheid aan habitatvormen.

4.1.4.2

Fysisch-chemische veranderingen

- Temperatuurverhogingen in de zomer en versterkte ijsvorming in de winter maken afgetakte waterlopen tot extreme leefgebieden.
- Wanneer een vrij afstromende waterloop belast wordt met afvalwater en/of grote hoeveelheden voedingsstoffen, treden in de aftakkingstrajecten in versterkte mate eutrofieverschijnselen op bij afname van de stroomsnelheid. Overdag treedt zuurstofverzadiging op door primaire plantaardige producenten en 's nachts doen zich zuurstoftekorten voor. Deze verandering van de fysisch-chemische verhoudingen leidt tot een kwantitatieve afname van de macrofauna en een afname van het aantal soorten en de diversiteit.

4.1.4.3

Effecten op de aquatische fauna en flora

Over het algemeen moet rekening worden gehouden met een verarming van de aquatische flora en fauna. De mate waarin dit optreedt is afhankelijk van de waterverdeling en de omvang en frequenties van de fluctuaties hierin. Bij een zorgvuldige waterverdeling tussen molentak en aftakking, waarin rekening wordt gehouden met de ecologie, zullen de hieronder beschreven effecten meer binnen acceptabele grenzen blijven.

- De geringe waterdiepte en de gereduceerde snelheden beperken de geschiktheid van afslagtakken als leefgebied voor grotere vissen. De leeftijds- en populatieopbouw van de visfauna raakt telkens opnieuw verstoord.
- Vooral rheofiele organismen zijn vaak niet in staat zich aan dergelijke veranderingen van het leefgebied aan te passen.
- Door de uiteenlopende veranderingen van de leefomstandigheden in de afslagtak neemt het aanbod van prooidieren (macrofauna) in de aftakkingstrajecten af, waardoor ook het visbestand afneemt.
- Bij de uitmonding van het molentak in de afslagtak treedt het probleem van concurrerende stromingen op: vissen volgen de hoofdstroming en worden daardoor tijdens beperkte waterafvoer in de afslagtak naar de watermolen geleid. Wanneer de vispassage in de afslagtak ligt (Afbeelding 4.1), is dit een doodlopend traject. Dit resulteert minstens in tijd- en energieverlies bij de passage van de betreffende watermolen. Hoelang de vis in dit doodlopende spoor blijft hangen, hangt af van het afvoergedrag van het water, de waterverdeling en de minimale afvoer
- Het lage waterpeil in de afslagtak resulteert vaak ook in onpasseerbaarheid van daarop uitmondende zijbeken. Daardoor wordt de laterale aansluiting tussen hoofdstroom en zijbeken verhinderd.
- De grondwaterspiegel bij de beek daalt mogelijk door het lage waterniveau in de bypasstrajecten.
- Door de geringe waterafvoer in de afslagtak kunnen droogvallende delen begroeid raken door kruidachtige vegetaties en struweel.

4.2

Passeerbaarheid van de beken in het onderzoeksgebied Geuldal

De passeerbaarheid van een watermolenlocatie in zijn geheel hangt af van de passeerbaarheid van de aanwezige migratieroutes en van hun vindbaarheid.

4.2.1

Stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid bij migratie-obstakels

Om een locatie passeerbaar te maken, hoeft op die locatie niet elk individueel kunstwerk passeerbaar te zijn. Afbeelding 4.3 maakt dit aan de hand van de locatie Volmolen duidelijk. Hier bestaan twee mogelijke migratieroutes voor stroomopwaarts migrerende vissen: de afslagtak van de Geul en de molentak. Om een dergelijke locatie passeerbaar te maken, hoeft slechts één migratieroute passeerbaar te zijn. Daarbij moet deze tak dan wel het grootste deel van het jaar goed te vinden zijn, vanwege de opsplitsing van de afvoer.

Omdat de molens in het Geuldal in de regel aan een molentak liggen, is daar in de meeste gevallen sprake van een situatie die vergelijkbaar is met die in Afbeelding 4.3.

In totaal werden 19 molens in het Geuldal op hun passeerbaarheid onderzocht. Deze molens horen bij 17 stuwlocaties, omdat op twee stuwlocaties sprake is van elk twee molens die van dezelfde stuw gebruik maken: in de afslagtak Selzerbeek bevinden zich de Wittertermolen en het Klooster Redemptoristen en bij de Walramstuw in Valkenburg voert de molentak naar de Oude molen en de Franse molen.

Aanvullend werd de Belgische molen Terbruggen (B) bezichtigd en beoordeeld. Daar is een vispassage aanwezig. Deze is echter beperkt vindbaar, omdat de toegang relatief ver benedenstrooms van de stuw vandaan ligt en bovendien haaks op de stroomrichting van de Geul uitmondt. Het waterniveauverschil tussen de bekkens is te groot, zodat de vispassage als "niet passeerbaar" wordt beoordeeld.

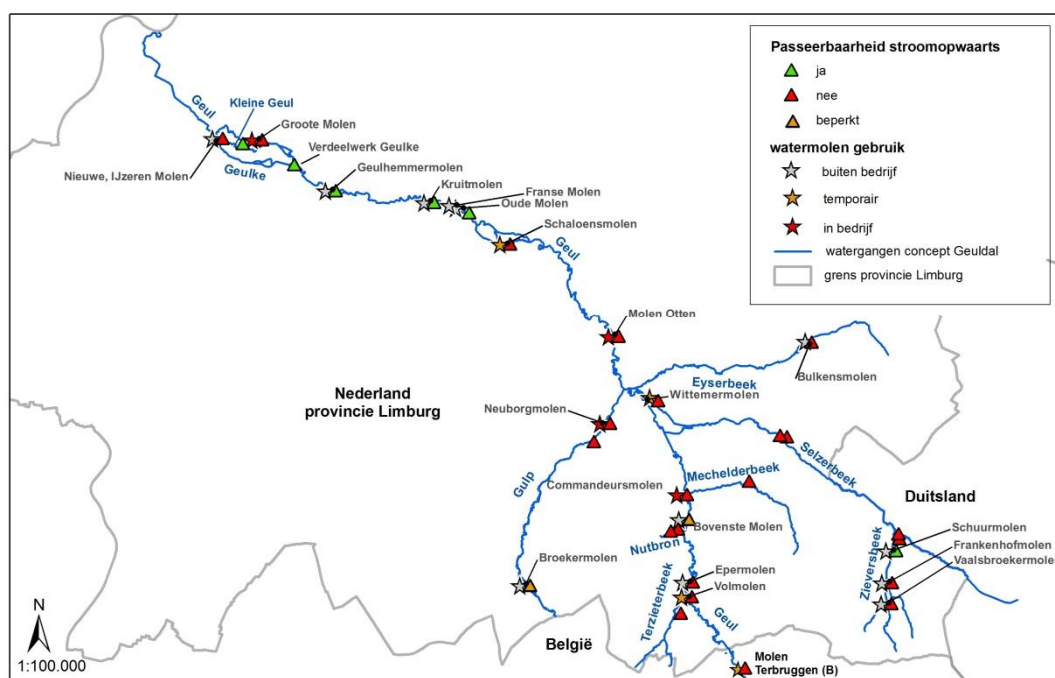
De beoordeling van de stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid van de locaties van molens en stuwen in het onderzoeksgebied Geuldal is in Tabel 4.1 aangegeven en is in Afbeelding 4.4 in een kaart aangegeven. De beoordeling is geënt op DUMONT et al. (2005). Hieruit wordt duidelijk dat talrijke locaties in het Geuldal voor de doelsoorten niet passeerbaar zijn. De passeerbaarheid is gebaseerd op:

- de aanwezigheid van een vistrap
- het functioneren van de vistrap in de praktijk
- de vindbaarheid van de vispassage

De vindbaarheid is beoordeeld aan de hand van de geleidende stroming naar de vispassage en of de toegang naar de vispassage te ver van de stuw ligt.



Afbeelding 4.3: Locatie van de Volmolen. Noch de waterkrachtinstallatie, noch de aftakingsstuw zijn stroomopwaarts passeerbaar. Daarom is deze locatie als niet passeerbaar beoordeeld.



Afbeelding 4.4: Stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid van de locaties van bodemvallen en watermolens in het Geul-stroomgebied (analyse van gegevens van het WRO), uitvergroete kaart in bijlage.

Tabel 4.1: Stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid van de molenlocaties; Vmb = Vaalbroeker-Molenbeek, Mb = Molenbroekerbeek. De beoordeling heeft betrekking op de gehele locatie incl. aftakking.

	Naam molenlocatie/ migratie-obstakel	Beek/rivier locatie	Vistrap stuw*	Passeerbaarheid locatie stroomopw.	Opmerking **Opmerking WRO
	Molen Terbruggen (B)	Geul	ja	nee	volgens bezichtiging IBFM: Vistrap vanwege te groot verval tussen de bekkens niet passeerbaar
1	Volmolen	Geul	nee	nee	**er zijn wel voornemens, maar geen concrete plannen voor vispasseerbaar maken.
2	Eper-, Wingbergmolen	Geul	ja	nee	** niet functionerende vistrap
3	Bovenste Molen	Geul	ja	beperkt	Bypass is passeerbaar, maar is slechts beperkt te vinden
4	Commandeursmolen, Onderste Molen	Geul	ja	nee	** niet functionerende vistrap, nieuwe vispassage voorzien
5	Molen Otten	Geul	nee	nee	
6	(S)chaloensmolen	Geul	nee	nee	** geen vispassage aanwezig
7	Franse Molen	Geul (Molentak)	nee	ja	** vispassage via Geultak, Vistrap Walramstuw
8	Oude molen	Geul (Molentak)	nee		** vispassage via Geultak, Vistrap Walramstuw
7, 8	Walramstuw	Geul	ja		
9	Kruitmolen	Geul	nee	ja	** schuif staat helemaal open
10	Geulhemermolen	Geul	ja	ja	Bypass
11	Groote Molen	Geul	nee	nee	** huidige situatie (geen doorgang) is gewenst, zodat de scheldedonderpad niet naar het Geuldal kan migreren
11b	Verdeelwerk Geulke	Geul	ja	ja	Bypass
12	Nieuwe, IJzeren Molen	Geulke	nee	nee	** huidige situatie (geen doorgang) is gewenst, zodat de scheldedonderpad niet naar het Geuldal kan migreren
13	Broekermolen	Gulp	ja	beperkt	Bypass is passeerbaar, maar is slechts beperkt te vinden
14	Neuborgmolen	Gulp	ja	nee	** niet functionerende vistrap
14b	Vijverstuw Kasteel Neuborg	Gulp	nee	ja	** Vijverstuw vervallen

* Vistrap stuw:

Cel groen = passeerbaarheid vistrap "goed"; cel wit: vistrap aanwezig, maar passeerbaarheid niet "goed"

	Naam molenlocatie/ migratie-obstakel	Beek/rivier locatie	Vistrap stuw *	Passeerbaarheid locatie stroomopw.	Opmerking
15	Klooster Redemptoristen	Selzerbeek (Afslagtak)	nee	nee	bouw van een bypass bij de afslagstuw gepland
16	Wittermolen	Selzerbeek (Afslagtak)	nee		
16a	Afslagstuw Selzerbeek	Selzerbeek	nee		
16b	Bodemvallen Nijswiller	Selzerbeek	nee	nee	aanpassing gepland
17	Vaalsbroekermolen	Vmb, Mb	nee	nee	bypass via Mb mogelijk
18	Frankenhofmolen	Zieversbeek	nee	nee	
18a	Verdeelwerk benedenloop	Zieversbeek	nee	nee	
18b	Bodemval duiker Provinciale Weg	Zieversbeek	nee	nee	
18c	Bodemval Schuurmolen 1	Zieversbeek	nee	ja	geërodeerd
19	Bulkemsbroekmolen	Eyserbeek	nee	nee	
20	Duiker buffer Voortweg	Mechelder- beek	nee	nee	
21	Bodemval Plaat	Terzieter- beek	nee	nee	
22	Duiker 2	Nutbron	nee	nee	
23	Duiker 3	Nutbron	nee	nee	

* Vistrap stuw:

Cel groen = passeerbaarheid vistrap "goed"; cel wit: vistrap aanwezig, maar passeerbaarheid niet "goed"

In de afgelopen jaren werd door de verwijdering van individuele bodemvallen en de bouw van meerdere vispassages de passeerbaarheid van de beken in het Geuldal verbeterd. Vooral in de benedenloop van de Geul werden bij de drie eerste aftakingsstuwen boven de samenloop van Geul en Geulke maatregelen genomen om de stroomopwaartse migratie te garanderen:

- Bij de stuw voor de Geulhemmermolen bestaat een bypass.
- De schuif van de stuw van de Kruitmolen is permanent open.
- De Walramstuw die als aftakingsstuw voor de molentak van de Oude molen en de Franse molen fungeert, is door de bouw van een vispassage passeerbaar gemaakt.

Bij drie andere locaties bevinden zich vispassages die niet of niet goed functioneren: Epermolen, Commandeursmolen en Neuborgmolen. Deze meestal oudere vispassages voldoen niet aan de actuele eisen zoals die in het informatieblad DWA-M 509 (2014) zijn beschreven. Daarin worden voor goed functionerende vispassages (vistrappen) in de regel grotere bekkenafmetingen en kleinere valhoogtes tussen de treden van de vispassage geëist dan bij deze drie passages gerealiseerd zijn.

Bovendien moet rekening worden gehouden met de passeerbaarheid van diverse kleine bodemvallen in de beken, waarbij vooral het te overbruggen verschil in waterniveau relevant is.

Als resultaat kan worden aangehouden dat van de 17 Nederlandse molenlocaties er tegenwoordig drie stroomopwaarts passeerbaar zijn: molens Valkenburg (Walramstuw), Kruitmolen en Geulhemmermolen. Twee molens beschikken over een beperkte passeerbaarheid: Bovenste molen en Broekermolen. De locatie van molen Terbruggen (B) wordt als niet passeerbaar beoordeeld. Bovendien liggen in het onderzoeksgebied 10 stuwwerken zonder aangesloten molens, waarvan er slechts twee passeerbaar zijn.

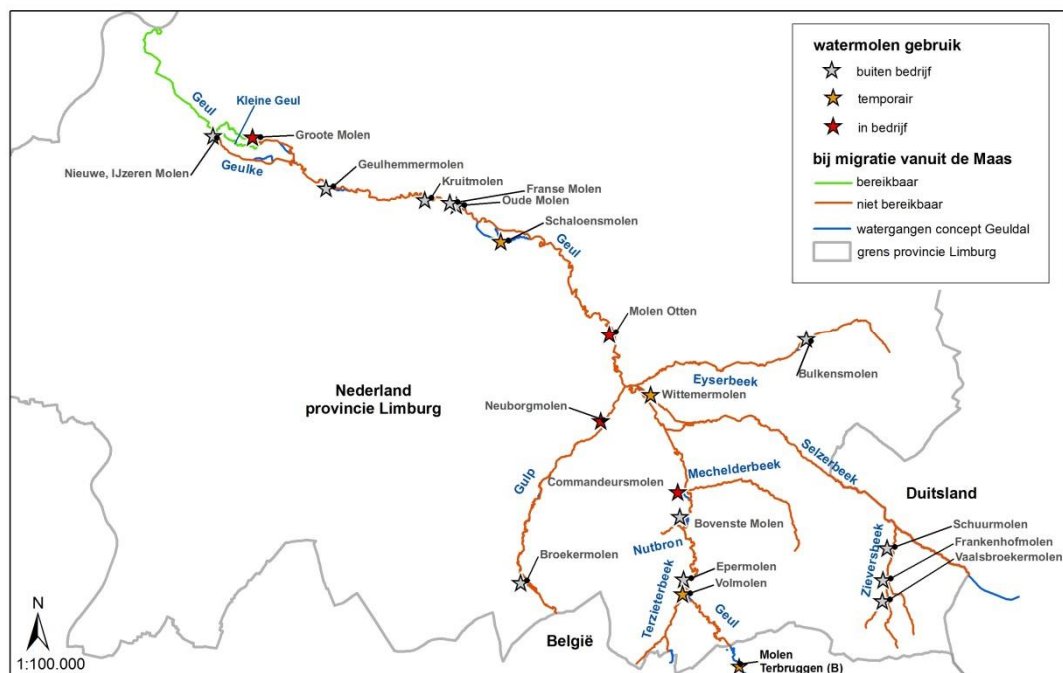
4.2.2

Bereikbaarheid van het Geuldal vanaf de Maas

De aquatische fauna die vanaf de Maas stroomopwaarts de Geul wil binnentrekken, bereikt de eerste onpasseerbare migratie-obstakels in de drie takken van de benedenloop van de Geul:

- IJzeren Molen (Geulke),
- Groote Molen (Geul) en
- Verdeelwerk Kleine Geul - Geul (zie Afbeelding 4.5).

Deze obstakels voor de stroomopwaartse migratie naar het stroomgebied van het Geuldal moeten volgens de huidige inzichten voorlopig gehandhaafd worden om te verhinderen dat de invasieve Rivierdonderpad het gebied intrekt (besluit Waterschap Roer en Overmaas). Door dit besluit wordt een vermenging met het in het Geuldal aanwezige, waardevolle bestand van de Beekdonderpad vermeden.



Afbeelding 4.5: Watermolens en stroomopwaarts gerichte bereikbaarheid van het Geulstroomgebied vanuit de Maas; uitvergroete kaart in bijlage.

4.2.3

Stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid

Voor het Geuldal is de stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid voor de aangewezen doelsoorten Beekdonderpad en Beekprik onderzocht.

Daarbij dient rekening te worden gehouden met het gegeven dat de Beekdonderpad op de beekbodem leeft en slechts in beperkte mate migreert, waardoor deze soort slechts zelden via een watermolen of over een stuw naar het benedenstroomse traject zal afdalen. Larven kunnen echter wel in vrij afstromend water afdrijven.

Bij de Beekprik zijn het eveneens alleen de larven die over grotere afstanden stroomafwaarts afdrijven en zo eventueel een watermolen passeren.

Bij bodemvallen en andere barrières kunnen verwondingen optreden door een te geringe waterdiepte op en onder de migratie-obstakels. Ook kunnen de vissen gewond raken door stoorstenen die obstakels vormen.

Het is bekend dat kleine vissen zoals bijv. jonge zalm (smolt) door een turbine in geringere mate verwond of gedood worden dan grotere soorten of stadia. De berekeningsmethodes voor verschillende turbintypes worden in KEUNEKE&DUMONT 2010 met elkaar vergeleken.

Omdat tot nu toe nog geen uitgebreid onderzoek werd verricht naar de verwonding van vissen door de relatief langzaam draaiende waterraderen (hoofdstuk 4.1.2), is de verwondingsfrequentie bij de stroomafwaartse migratie bij waterraderen in het Geuldal als "matig" ingeschaald (Tabel 4.2).

In hoeverre relatief kleine larven in turbines gewond kunnen raken, is onduidelijk.

Tabel 4.3 laat voor de locaties van stuwen en waterkrachtinstallaties in het Geuldal de betreffende beoordeling voor de stroomafwaarts gerichte migratie zien. De beoordeling vindt plaats op basis van een combinatie van factoren:

- De waterverdeling tussen molentak en afslagtak
- Het in bedrijf zijn van de molen
- Dominante migratieroute (via afslagtakstuw of via rad/turbine)
- Het functioneren van de afslagtak als migratieroute (watervoerendheid)
- De aanwezige waterkrachtinstallatie (turbine/waterrad)
- Het verwondingsrisico (zoals in tabel 4.2)

Drie locaties worden met betrekking tot de stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid als "slecht" beoordeeld, zeven locaties beschikken over "beperkte" stroomafwaartse passeerbaarheid en bij acht locaties wordt de stroomafwaartse passeerbaarheid als "goed" beoordeeld.

Tabel 4.2: Beoordeling stroomafwaartse passeerbaarheid voor vissen en macrofauna

Passeerbaarheid stroomafwaarts			
Inschaling verwondingsrisico bij bouwwerk of waterkracht-installatie	- geen waterkracht-installatie en - val zonder verwondingsrisico en - voldoende waterdiepte op het migratie-obstakel resp. onder	- waterrad en - val met beperkt verwondingsrisico door stoorstenen onderwater of - geringe waterdiepte op het migratie-obstakel resp. onder	- Francisturbine of - val met hoog verwondingsrisico door stoorstenen onderwater of - een te geringe waterdiepte op resp. onder het migratie-obstakel
Beoordeling vissen beekprik, beekdonderpad en KRW vis	goed	beperkt	slecht
Beoordeling Macrofauna	goed	goed	beperkt

Tabel 4.3: Beoordeling stroomafwaartse migratie door vis per locatie, actueel. Het verwondingsrisico is gebaseerd op de criteria in tabel 4.2.

	Naam	Beek	In bedrijf	Dominante migratie-route	Type waterkracht-installatie	Afslagtak ongeschikt?	Plaats met verwondingsrisico afdaling	Beoordeling afdaling vissen voor locatie, actueel
	Molen Terbruggen (B)	Geul	nee	afslagstuw	Waterrad	temporair	afslagstuw	beperkt
1	Volmolen	Geul (Molentak)	temporair	afslagstuw, waterrad	Waterrad	temporair	afslagstuw, waterrad	beperkt
2	Eper-, Wingbergmolen	Geul (Molentak)	nee	afslagstuw	geen waterkracht-installatie aanwezig, vroeger Francisturbine	nee	afslagstuw	beperkt
3	Bovenste Molen	Geul (Molentak)	nee	afslagstuw	Waterrad	nee	-	goed
4	Commandeursmolen, Onderste Molen	Geul (Molentak)	ja	turbine	Francisturbine	ja	afslagstuw, turbine	slecht
5	Molen Otten	Geul (Molentak)	ja	waterrad	Waterrad	ja	afslagstuw, waterrad	slecht
6	(S)chaloensmolen	Geul (Molentak)	temporair	afslagstuw	Waterrad	temporair	-	goed
7	Franse Molen	Geul (Molentak)	nee	Walramstuw	Waterrad	nee	-	goed
8	Oude molen	Geul (Molentak)	nee		Waterrad		-	
9	Kruitmolen	Geul	nee	geen obstakel	Waterrad	nee	-	goed
10	Geulhemermolen	Geul (Molentak)	nee	afslagstuw	Waterrad	nee	-	goed
11	Groote Molen	Geul	ja	turbine	Francisturbine	nee	turbine	slecht
12	Nieuwe, IJzeren Molen	Geulke	nee	afslagstuw	Waterrad	nee	-	goed
13	Broekermolen	Gulp (Molentak)	nee	afslagstuw	Waterrad	nee	afslagstuw	beperkt
14	Neuborgmolen, Molen van Roux	Gulp (Molentak)	ja	waterrad	Waterrad	ja	afslagtak, waterrad	beperkt
15	Klooster Redemptoristen	Selzerbeek (Molentak)	nee	afslagstuw	geen waterkracht-installatie aanwezig	temporair	-	goed
16	Wittermolen	Selzerbeek (Molentak)	temporair		Waterrad	temporair	-	
17	Vaalsbroekermolen	Vmb, toevoer uit Mb mogelijk	nee	afslagstuw	Waterrad	nee	afslagstuw	beperkt
18	Frankenhofmolen	Zieversbeek (Molentak)	nee	afslagstuw	Waterrad	temporair	-	goed
19	Bulkemsmolen	Eyserbeek (Molentak)	nee	afslagstuw	Waterrad	nee	afslagstuw	beperkt

4.3

Leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking (bypasses) van beken in het Geuldal

In hoofdstuk 4.1.3 wordt toegelicht in welke mate opstuwing en aftakking de leefgebieden van de aquatische fauna veranderen in vergelijking met de potentieel natuurlijke toestand. Daarbij dient opgemerkt te worden dat opstuwing zowel

- optreedt bij stuwwerken waarbij geen waterkrachtinstallatie geïnstalleerd is, alsook
- bij stuwen waarbij de waterkrachtbenutting niet of slechts tijdelijk in bedrijf is en waarbij de stuw niet neergelaten kan worden, wanneer de watermolen niet in gebruik is.

Om deze veranderde leefomgevingen te inventariseren, werden de gegevens over de opstuwingstrajecten uit de structuurkartering geanalyseerd. Bij de kartering werd elk 100m-segment op basis van het stromingsbeeld ingeschaald in de categorie "sterke", "gematigde", "geringe" of "geen opstuwing". In Tabel 4.7 zijn de opstuwingstrajecten bij stuwwerken incl. hun categorie en de som over alle categorieën vermeld.

Bij watermolens is ook de molentak opgestuwd. Omdat dit gedeelte niet tot de oorspronkelijke natuurlijke waterloop behoort, wordt dit opgestuwde gedeelte niet als veranderd leefgebied van de beek/rivier beschouwd en wordt er geen rekening mee gehouden in de betreffende getalswaarden, bijv. in Tabel 4.7 en Tabel 4.5.

Een leefgebiedsverandering door aftakking vindt momenteel bij drie van de vier permanent in bedrijf zijnde molens plaats (Tabel 4.4):

- in de Geul bij de Commandeursmolen en bij de Molen Otten en
- in de Gulp bij de Neuborgmolen.

Bovendien vindt in de aftakkingstrajecten van temporair gebruikte molens een tijdelijke verandering van het leefgebied plaats:

- in de Geul bij de Volmolen, Bovenste Molen en Schaloensmolen en
- in de Selzerbeek bij de Wittemermolen.

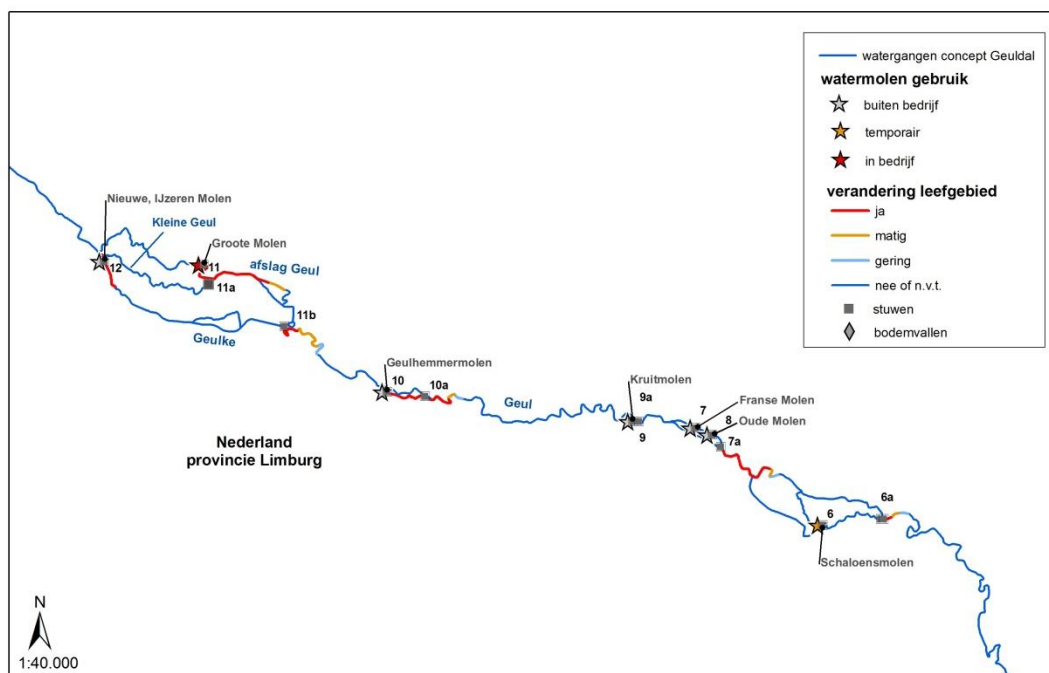
De gedeelten waar sprake is van een leefgebiedsverandering door opstuwing of bypass, zijn in Afbeelding 4.6 tot en met Afbeelding 4.9 in kleur gemarkeerd. De bijbehorende gegevens zijn vermeld in Tabel 4.7 en Tabel 4.6.

Alle aftakkingen/bypasses bij molens die permanent in bedrijf zijn, zijn in de afbeeldingen als "sterk veranderd" (rood) weergegeven. Aftakkingen voor temporair geëxploiteerde molens zijn voorlopig als niet veranderd leefgebied weergegeven.

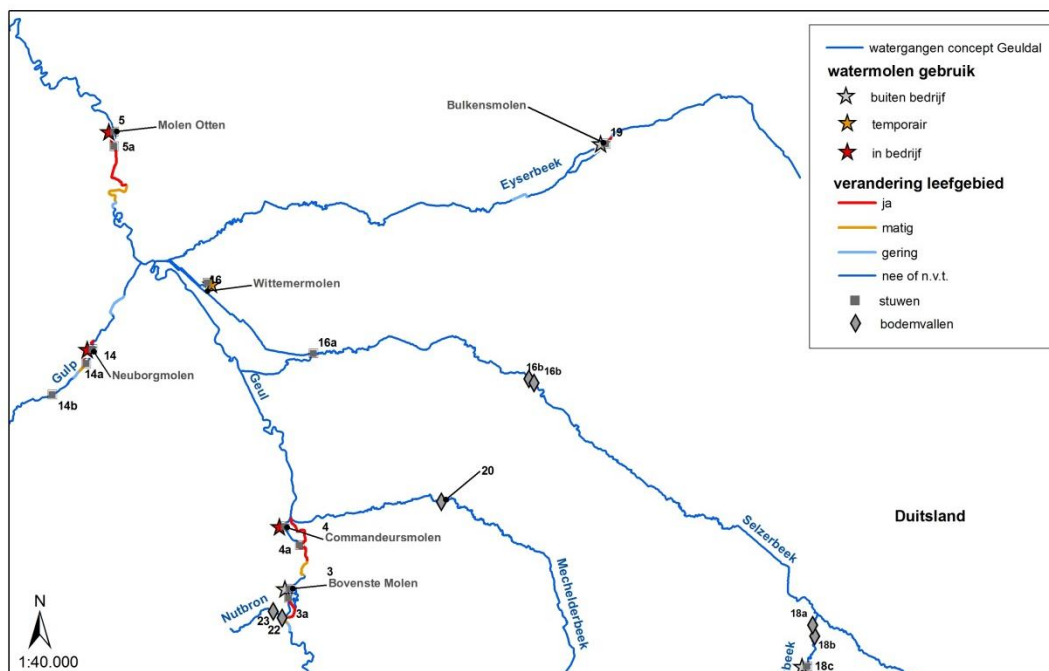
Bij de analyse van de mate van opstuwing zijn de Terzieterbeek, Mechelderbeek en Nutbron buiten beschouwing gelaten. In deze beken zijn volgens de gegevens van de structuurkartering geen noemenswaardige opgestuwde trajecten aanwezig.

Tabel 4.4: Lengte van de aftakkingstrajecten voor de actuele toestand en voor de hypothetische toestand waarin alle molens zich in permanent bedrijf bevinden.

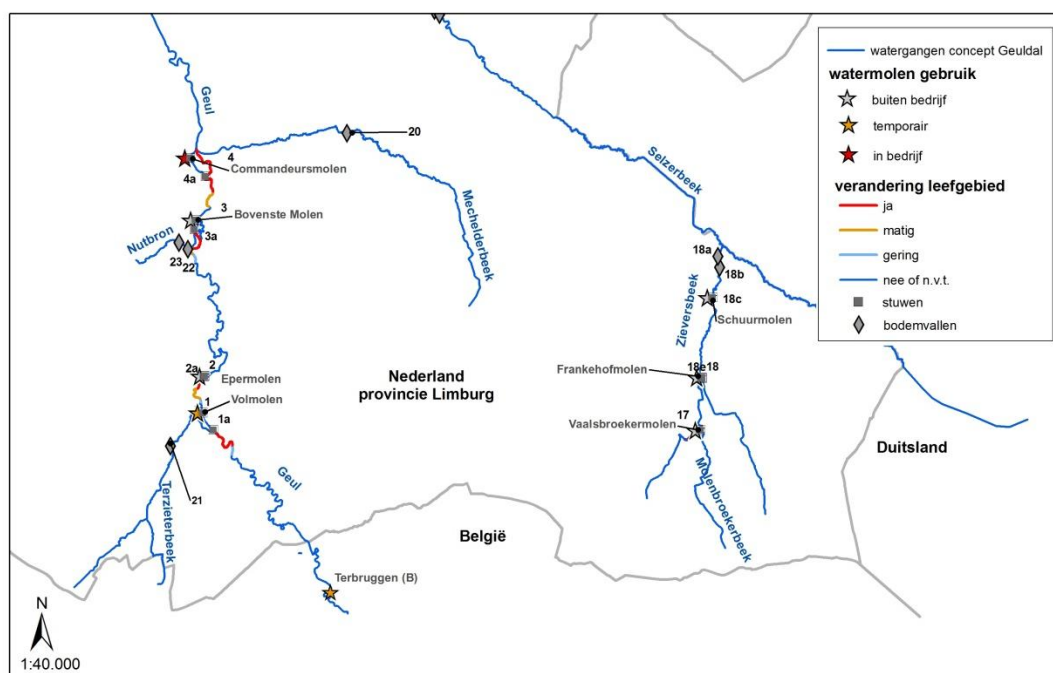
Molen	Beek	Lengte aftakkingstraject [m]	
		Bij actueel gebruik (alleen bij permanent bedrijf)	Bij permanent bedrijf van alle molens
Molen Terbruggen (B)	Geul	-	ca. 300
Volmolen	Geul	-	470
Eper-, Wingbergmolen	Geul	-	139
Bovenste Molen	Geul	-	167
Commandeursmolen	Geul	468	468
Molen Otten	Geul	207	207
Schaloensmolen	Geul	-	1.048
Franse Molen	Geul	-	644
Kruitmolen	Geul	-	278
Geulhemmermolen	Geul	-	657
Totaal		675	4.077
Broekermolen	Gulp	-	434
Neuborgmolen	Gulp	322	322
Totaal		322	756
Afslag Wittemermolen	Selzerbeek	-	993
Totaal		-	993
Afslag Frankenhofmolen	Zieversbeek	-	254
Totaal			254



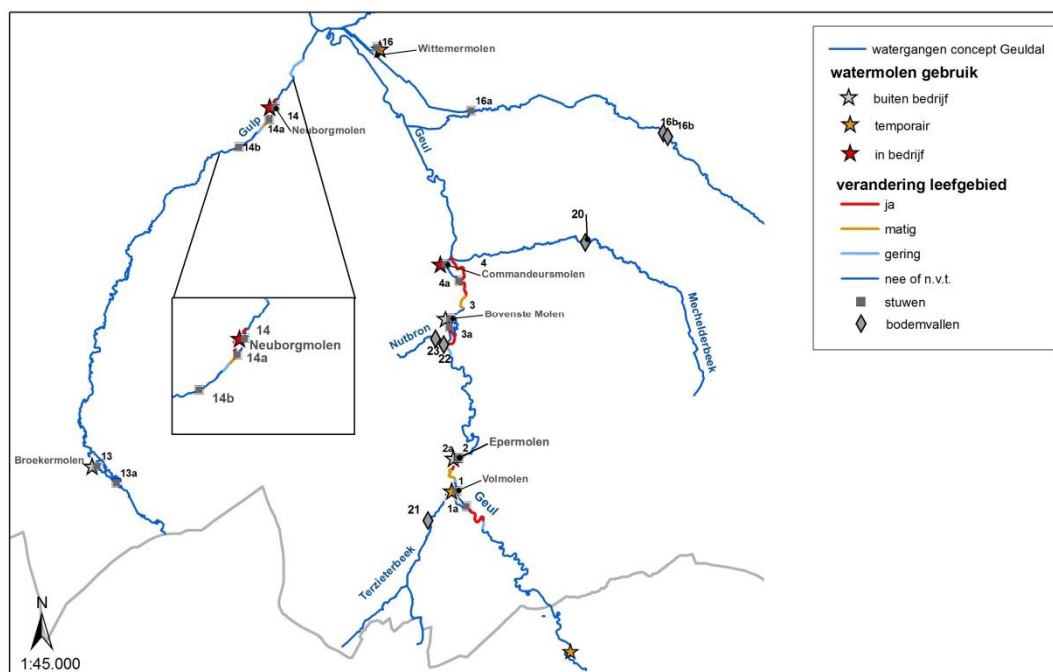
Afbeelding 4.6: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing in de benedenloop van de Geul (opstuwingsgedeelten volgens GSK); momenteel vindt in dit gedeelte geen permanente aftakking plaats; uitvergroete kaart in bijlage.



Afbeelding 4.7: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking voor de middenloop van de Geul met zijbeken (opstuwingen volgens GSK); momenteel zijn bij Molen Otten, de Neuborgmolen en de Commandeursmolen permanente aftakkingen aanwezig; uitvergroete kaart in bijlage.



Afbeelding 4.8: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking voor de bovenloop van de Geul met zijbeken (opstuwingen volgens GSK); permanente aftakking bij de Commandeursmolen; uitvergroete kaart in bijlage.



Afbeelding 4.9: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking in de Gulp en de Geul (opstuwingen volgens GSK); permanente aftakking bij de Neuborgmolen en bij de Commandeursmolen; uitvergroete kaart in bijlage.

4.3.1

Aandeel van het veranderde leefgebied in de totale lengte van de beek

De Kaderrichtlijn Water definieert de goede ecologische toestand zodanig dat geringe afwijkingen van de biologische kwaliteitscomponenten door antropogene invloeden toelaatbaar zijn. Het begrip 'gering' is daarbij niet exact gedefinieerd. Toepassing van deze definitie op het leefgebied van de potentieel natuurlijke waterflora en -fauna, kan zo worden uitgelegd dat het leefgebied in een water of stroomgebied slechts in geringe mate veranderd mag zijn.

Uit de taalkundige interpretatie van het begrip 'geringe verandering' in de Kaderrichtlijn Water is in besprekingen met visbiologen voor Nordrhein-Westfalen (NRW) en vervolgens voor Rheinland-Pfalz (MUNLV 2005, LUWG 2008) en Thüringen (TLUG 2009, ANDERER et al. 2014) een maximaal toegelaten waarde voor leefgebiedsverandering van 25% afgeleid. Op basis daarvan zou minstens 75% van de lengte van elke zone van een beek of rivier vrij afstromend moeten zijn. Dit 75%-criterium is gebaseerd op de kennis van experts en wordt algemeen geaccepteerd binnen het vakgebied. Omdat het Geuldal in zijn karakter overeenkomt met beken in het nabije middengebergte in het buurland Duitsland, wordt dit criterium ook bij het Geuldal toegepast.

Het aandeel van het door opstuwing en aftakking veranderde leefgebied in het stroomgebied van de Geul is bepaald door de lengten van de opstuwings- en aftakkingstrajecten voor elke beek op te tellen. De resultaten staan vermeld in Tabel 4.5.

Opstuwingen van temporair of helemaal niet in gebruik zijnde molens zijn in de totalen meegerekend, omdat die opstuwing ook aanwezig is, wanneer de molens buiten bedrijf zijn. In de analyses zijn tot nu toe de aftakkingstrajecten van temporair gebruikte molens niet als veranderd leefgebied beschouwd.

Het blijkt dat in de onderzochte beken het aandeel van het veranderde leefgebied in relatie tot de totale lengte van de beken actueel relatief klein is. Bij de Geul is dit aandeel het grootst en bedraagt daar 18%. Het totale aandeel van de veranderde zones in de Geul is dus kleiner dan de aangegeven richtwaarde van 25%.

Ter vergelijking wordt in Tabel 4.6 bij wijze van voorbeeld aangegeven hoe het aandeel van de veranderde leefgebieden hoger wordt door extra aftakkingstrajecten. Daarbij is een hypothetische situatie bekeken waarin alle molens aan de Geul en zijbeken, allemaal weer op permanente basis (24 uur) in gebruik zullen worden genomen. Naar verwachting neemt daarmee het aandeel van de leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakkingskanalen toe; in de Geul zal het aandeel van 25% overschreden worden.

De lengteaandelen in Tabel 4.6 kunnen nog groter worden, wanneer de molens hun stuwhoogte tot het maximaal toegelaten niveau zouden verhogen, omdat daardoor ook de opstuwingstrajecten langer zouden worden. Bij ingebruikname van de Kruitmolen zal een

extra opstuwing tot aan de samenloop van de molentak van de Franse Molen/ Oude Molen en de Geul (tot nu toe geen opstuwing, omdat de schuif open is) en eventueel een aftakkingstraject ontstaan. Alleen met deze extra opstuwing is in Tabel 4.6 rekening gehouden.

Tabel 4.5: Actuele leefgebiedsverandering (LV) door opstuwing en aftakkingen

Beek	Lengte opstuwing (m)	Lengte aftakking (m)	Som LV (m)	Aandeel LV aan waterlengte in NL
Geul	6.500	675	7.175	18%
Geulke	400	0	400	16%
Gulp	300	322	622	6%
Eyserbeek	200	0	200	2%
Selzerbeek	100	0	100	1%
Zieversbeek	100	0	100	3%
Vaalsbroekermolen beek	200	0	200	11%
Molenbroekerbeek	0	0	0	0%
Mechelderbeek	0	0	0	0%
Nutbron	0	0	0	0%
Terzieterbeek	0	0	0	0%
Zijtak Terzieterbeek	0	0	0	0%

Tabel 4.6: Leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakkingsskanalen, wanneer hypothetisch alle molens gereactiveerd zijn en alle aftakkingsskanalen in Geul, Gulp, Selzerbeek en Zieversbeek worden meegerekend.

Beek	Lengte opstuwing (m)	Lengte aftakking (m)	Som LV (m)	Aandeel LV aan waterlengte in NL
Geul	6.895	4.077	10.972	28%
Gulp	300	756	1.056	10%
Selzerbeek	100	993	1.093	9%
Zieversbeek	100	254	354	9%

4.3.2

Aandeel van de leefgebiedsverandering tussen twee watermolens

Naast de beschouwing van een beek als geheel dienen ook de effecten op het leefgebied per traject tussen twee watermolens te worden beoordeeld (75%-criterium). Door de geïsoleerde ligging van deze beektrajecten is een goede habitatkwaliteit in die trajecten van belang. Bij het bepalen van het aandeel leefgebiedsverandering, zijn de opstuwingen van

de temporair of helemaal niet geëxploiteerde molens meegerekend, evenals de aftakkingskanalen van de permanent geëxploiteerde molens (zie ook hoofdstuk 4.3.1).

Wordt voor het maximaal toelaatbare veranderde aandeel hier ook een waarde van 25% gehanteerd, dan geeft Afbeelding 4.9 voor het bovenstroomse Nederlandse deel van de Geul weer dat dit percentage voor het traject bovenstrooms van de Commandeursmolen, evenals bij de Epermolen wordt overschreden. Dit wordt bijzonder duidelijk in het toetsingsschema (hoofdstuk 6.5), waarin de door molens en stuwen veroorzaakte veranderde trajectgedeelten weergegeven en beoordeeld worden.

4.3.3

Degradatie van opstuwingstrajecten

Bij natuurlijk beken doen zich ruimtelijke fluctuaties in de waterdiepte en waterbreedte, alsmede in de stroomsnelheid voor. Waterlopen vertonen vernauwingen en verwijdingen; gedeelten met een grotere waterdiepte en een lage stroomsnelheid (*pools*) worden afgewisseld door gedeelten met een kleinere waterdiepte en een relatief hoge stroomsnelheid (*riffles*). De gemiddelde afstand tussen *pools* en *riffles* blijkt gewoonlijk een range te hebben van 5 tot 7 keer de waterbreedte (O'Neill & Abrahams, 1984).

In stuwtrajecten voor watermolenstuwen blijft er vaak weinig over van deze natuurlijke afwisseling. In de meestal uitgestrekte opstuwingsgedeelten vinden extreme veranderingen van de natuurlijke hydraulische verhoudingen plaats. Het stuwgebied is daardoor eigenlijk te beschouwen als een grote *pool*.

Vanwege de veranderde leefomstandigheden ondervinden aquatische organismen negatieve gevolgen, die uitgebreid worden beschreven in hoofdstuk 4.1.3. Aanvullend daarop wordt er in DWA-M 509 (2014) op gewezen dat de lagere stroomsnelheden in opstuwingen het oriëntatievermogen van migrerende soorten negatief beïnvloeden. Dat heeft ook negatieve gevolgen voor de voor migratie benodigde tijd. Er kan vanuit worden gegaan dat de verstoring ernstiger wordt, naarmate de opstuwing langer wordt. In het bijzonder omdat de afstand tussen de aangrenzende, niet aangetaste beektrajecten daarmee groter wordt. Gebaseerd op de hierboven genoemde natuurlijk *riffle-pool*-afwisseling speelt dit opstuwingseffect sterker bij smallere waterlopen.

Uit het voorstaande volgt dat het voor het behalen van de ecologische doelen nodig is om een maximum te stellen aan de opstuwingsslengte. Hierbij kan worden aangesloten bij het *pools-riffles*-concept, waarbij de waterbreedte als basis wordt genomen. Omdat natuurlijke fluctuaties in de lengte van *pools* heel normaal zijn, is het redelijk om hierbij uit te gaan van een ruime marge. Verwacht mag worden dat bij een factor 8-10 boven de natuurlijke afstand de nadelige ecologische effecten de overhand gaan krijgen. De marginale toestand ertussen wordt als ecologisch overbrugbaar beschouwd, tenminste als er aangrenzend niet aangetaste trajecten als leefgebied beschikbaar zijn. Daarmee wordt 50 keer de waterbreedte als criterium gehanteerd voor ecologisch toegelaten stuwslengte.

Daarnaast is voor het bepalen van ecologisch acceptabele stuwlengthen gekeken naar het *Strahlwirkungskonzept* (LANUV 2011). Aangetaste beektrajecten (*Durchgangsstrahlwege*) die door vis of macrofauna overbrugd moeten worden, mogen volgens dit concept respectievelijk maximaal 900 m en 600 m lang zijn. Wanneer deze lengte overschreden wordt, treden vanuit het gestuwde deel ook negatieve effecten op in aangrenzende, niet aangetaste trajecten, die een belangrijke functie hebben als leefgebied. Dit houdt in dat deze lengtegrenzen als maximaal toelaatbaar worden gehanteerd.

De beoordeling van de ecologisch maximaal toelaatbare stuwlengthe, moet daarom gebaseerd zijn op een combinatie van deze beide criteria: de maximale stuwlengthe bedraagt maximaal 50 keer de waterbreedte, met een maximum van 600 m.

Voor de Geul werden de lengten van de opstuwingen bepaald (Tabel 4.7).

Tabel 4.7: Opstuwingslengten uit de waterstructuurkartering GSK 1999/2000 met inschaling van de opstuwingen volgens de GSK-categorieën

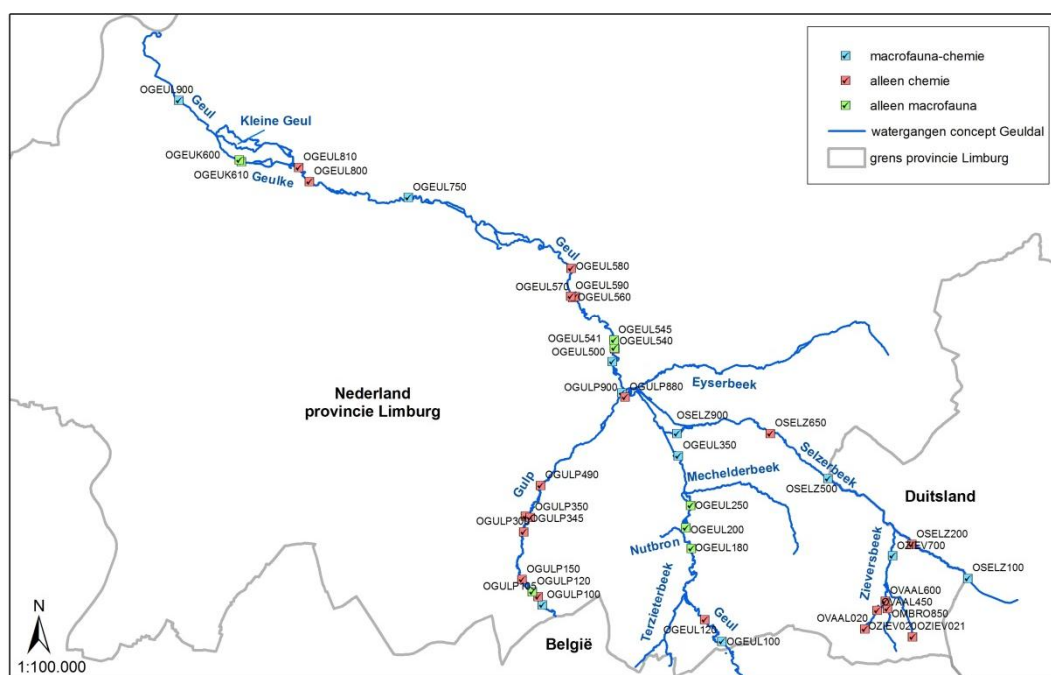
	Positie stuw in GIS afstand van monding [km]	Opstuwing, categorie volgens GSK [m]			Opstuwing totaal [m]
		sterk	matig	gering	
Geul					
Afslag Molen Terbruggen (B)	39,00				
Afslag Volmolen	35,01	400	0	100	500
Afslag Epermolen	34,15	100	200	100	400
Verdeelwerk Bovenste Molen	31,24	200	100	100	400
Afslag Commandeursmolen	30,46	100	300	0	400
Afslag Molen Otten	23,37	400	400	100	900
Verdeelwerk Schaloensmolen	17,17	100	100	100	300
Walramstuw	14,79	800	100	100	1.000
Afslag Kruitmolen	13,76				0
Afslag Geulhemmermolen	10,46	300	100	100	500
Verdeelwerk Geulke	8,00	300	400	200	900
Groote Molen	6,10	1.000	200	0	1.200
Gulp					
Afslag Neuborgmolen	1,40	100	100	100	300
Eyserbeek					
Afslag Bulkermolen	6,72	100	0	100	200
Selzerbeek					
Afslag Wittemermolen	0,99	0	0	100	100
Vaalsbroekermolenbeek					
Afslag Frankenhofmolen					0
Afslag Vaalsbroekermolen	0,77	200	0	0	200
Zieversbeek					
Opstuwing zonder bouwwerk	0,100			100	100
Mecheldererbeek					
					0
Nutbron					
					0
Terzieterbeek, Zijtak Terzieterb.					
					0

Inventarisatie van de ecologische basisinformatie

5.1

Waterchemie en waterkwaliteit

Gegevens over de chemische aspecten en de kwaliteit van het water in het Geuldal zijn op meerdere meetpunten verzameld (Afbeelding 5.1). Volgens Waterschap Roer en Overmaas is de waterchemie in de afgelopen jaren gestaag verbeterd. Voor de Gulp konden met betrekking tot ammonium, fosfaat en zuurstof vergelijkbare waarden als in de Geul worden bepaald. Alleen de waarden voor nitraat waren in de Gulp iets hoger dan in de Geul. Dit kon worden bevestigd door metingen tijdens een veldbezoek door het Büro für Landschaftsplanung Anne Reitz und Dr. Sigrid Lenz.



Afbeelding 5.1: Posities van de meetpunten voor analyse van de waterchemie en macrofauna (weergave vlg. gegevens van WRO); uitvergroete kaart in bijlage.

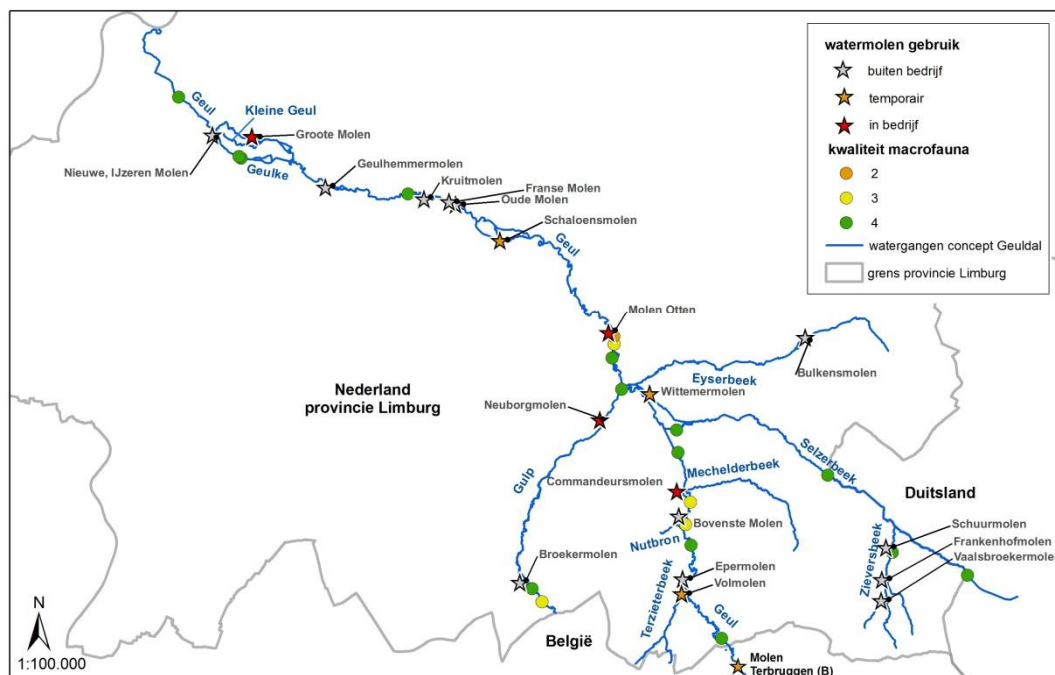
Afbeelding 5.2 en Tabel 5.2 tonen de meetpunten waar gegevens over de toestand van de macrofauna werden verzameld en de inschaling van de ecologische kwaliteitsratio (EKR) als gemiddelde waarde over meerdere jaren.

De Kaderrichtlijn Water eist voor alle beken het bereiken van een "ecologisch goede toestand" als doel respectievelijk het bereiken van een "goed ecologisch potentieel" voor beken die in significante mate veranderd zijn. De beoogde gewenste toestanden voor de "goede ecologische toestand" worden vastgelegd aan de hand van referentiebeken van hetzelfde watertype die zich in een natuurlijke toestand bevinden.

Bij de meeste meetpunten werd een "goede" of "matige" waarde voor de EKR van de macrofauna vastgesteld. Bij meetpunten in de opstuwingszones van de Molen Otten, Broekermolen, Commandeurs- en Bovenste Molen werd de EKR als "matig" ingeschaald. In de stuwzone van de Molen Otten werd ook een "ontoereikende" EKR bepaald. Daaruit kan de conclusie worden getrokken dat bij alle opstuwingszones met een degradatie rekening moet worden gehouden.

Tabel 5.1: Inschaling van de ecologische kwaliteitsratio EKR

classificering EKR	EKR	klasse
zeer goed	0,8 - 1,0	5
goed	0,6 - 0,8	4
matig	0,4 – 0,6	3
slecht	0,2 – 0,4	2
zeer slecht	0 – 0,2	1



Afbeelding 5.2: Ecologische kwaliteitsratio (EKR) voor macrofauna op de diverse meetpunten (weergave volgens gegevens van WRO); uitvergroete kaart in bijlage.

Tabel 5.2: Kwaliteitsratio EKR macrofauna voor diverse meetpunten volgens Tabel 5.1 (weergave volgens gegevens WRO)

Meetpunt	EKR macrofauna		Locatie	
	Gemiddelde	Klasse		
Geulke				
OGEUK600	0,621	4	Geulke 40m voor lozingspunt WML	
OGEUK610	0,615	4	Geulke 40m na lozingspunt WML	
Geul				
OGEUL100	0,645	4	Geul Grens	
OGEUL180	0,650	4	Geul Bommerig na Paulusbron	
OGEUL200	0,569	3	Geul Hurpesch	Opstuwings- gedeelte
OGEUL250	0,597	3	Geul Mechelen na Spetsensweidebeek	Opstuwings- gedeelte
OGEUL350	0,691	4	Geul bovenstrooms Partij	
OGEUL500	0,677	4	Geul Voor rwz Wijlre	
OGEUL541	0,420	3	Geul Wijlre na Gulpenerweg	Opstuwings- gedeelte
OGEUL545	0,380	2	Geul Wijlre voor Molen Otten	Opstuwings- gedeelte
OGEUL750	0,654	4	Geul Valkenburg	
OGEUL900	0,672	4	Geul Grens	
Gulp				
OGULP100	0,567	3	Gulp Grens	
OGULP120	0,599	4	Gulp vispassage Broekermolen Slenaken	
OGULP900	0,664	4	Gulp Gulpen	
Selzerbeek				
OSELZ100	0,715	4	Selzerbeek Grens	
OSELZ500	0,650	4	Selzerbeek Mamelis	
OSELZ900	0,720	4	Selzerbeek Partij	
Zieversbeek				
OZIEV700	0,699	4	Zieversbeek Schuurmolen	

Voor de macrofauna geven de meetwaarden bij 14 van de 19 meetpunten een "goede ecologische toestand" aan. Vier van de meetpunten in de Geul die met "matig" of "ontoereikend" werden beoordeeld, liggen in opstuwingszones. Omdat de opstuwingstrajecten in de Geul volgens Tabel 4.5 een relatief groot aandeel hebben, dient

er rekening mee te worden gehouden dat de ecologische toestand in deze gedeelten negatief beïnvloed wordt.

5.2

Toestand van de visfauna

In de Geul en de zijbeken hebben bevissingen plaatsgevonden om de toestand van de visfauna te kunnen beoordelen. De resultaten zijn hier samengevat.

5.2.1

Bevissing door NATUURBALANS

NATUURBALANS (2010) verrichte tussen 16.9.2010 en 22.9.2010 een onderzoek om de samenstelling en de toestand van het visbestand in de volgende beken te bepalen:

- Geul, Selzerbeek, Eijserbeek, Zieversbeek, Mechelderbeek, Terzieterbeek en Gulp.

De onderzochte secties hadden een lengte tussen 100 en 300 m.

De Vaalsbroekermolenbeek en de Molenbroekerbeek zijn niet onderzocht, omdat die vanwege de geringe waterafvoer voor de meeste vissoorten niet geschikt zijn als habitat.

Op basis van de veelzijdige structuur en het vergaand natuurlijke karakter werden de beviste gedeelten als "matig tot goed" beoordeeld.

Als indicator voor de toestand van de habitats werd aan de hand van het aantal soorten en de hoeveelheid vis per soort de ecologische kwaliteitsratio voor de visfauna bepaald (Tabel 5.3). De toestand van de visfauna wordt in de onderzochte beken als "goed" en "zeer goed" gekwalificeerd.

Tabel 5.3: Kwaliteitsratio EKR visfauna (weergave volgens gegevens NATUURBALANS (2010))

Beek	Type	EKR visfauna	EKR klasse
Geul	R18	0,8	4
Geul benedenloop		0,674	4
Geul middenloop		0,70	4
Geul bovenloop		0,77	4
Gulp	R17	0,745	4
Eyserbeek	R17	0,71	4
Selzerbeek	R17	0,86	5
Zieversbeek	R17	0,607	4
Mechelderbeek	R17	0,85	5
Terzieterbeek	R17	0,66	4

5.2.2

Onderzoek visfauna nabij watermolens Geul (HOP, 2010)

Op 2 en 16 februari 2010 vond bij de volgende molens aan de Geul een elektro-bevissing in het benedenstroomse gedeelte, in de opstuwingszone en het niet opgestuwde gedeelte boven de opstuwings plaats:

- Molen Otten,
- Commandeursmolen (daar geen bevissing in de opstuwingszone),
- Bovenste Molen.

Er werden negen vissoorten geregistreerd, waaronder 7 rheofiele soorten. In totaal werden echter relatief weinig exemplaren gevangen.

Uit de resultaten kon geen verband tussen de bevissingsresultaten en de ecologische toestand van de verschillende vangstlocaties worden vastgesteld.

5.2.3

Perioden van vismigratie in de Selzerbeek

De migratie van vissen vindt in bepaalde periodes plaats die voor de verschillende soorten anders kunnen zijn. Als voorbeeld voor de Selzerbeek zijn door Waterschap Roer en Overmaas exactere migratieperiodes bepaald (Tabel 5.4). De kennis van deze migratieperiodes kan ertoe leiden dat bijvoorbeeld maatregelen voor de stroomafwaartse vismigratie slechts tijdelijk toegepast hoeven te worden. Men zou bijvoorbeeld als eis kunnen stellen dat de watermolens tijdens de migratieperiode van de Kopvoorn in oktober en november 's nachts langzamer draaien of dat de bedrijfsvoering tijdelijk wordt gestaakt.

Tabel 5.4: Perioden van vismigratie in de Selzerbeek te Partij; g.i.: geen informatie (bron: WRO)

Vissoort	Stroomopwaartse migratie	Stroomafwaartse migratie	Dag	Nacht
Beekprik	maart – juni, september	juni – juli (larven)	-	x
Beekforel	oktober - december	oktober - december	x	x
Beekdonderpad	maart - april	g.i.	g.i.	x
Kopvoorn	april - juni	oktober - november	g.i.	x
Elrits	april - juli	g.i.	x	x
Riviergrondel	april - mei	g.i.	g.i.	g.i.

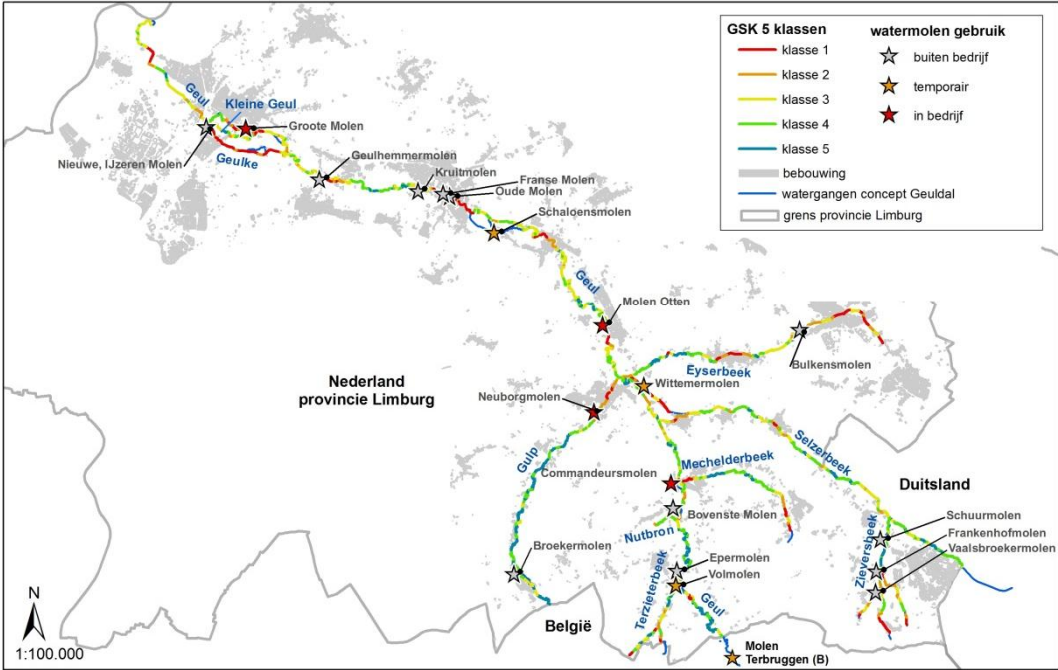
5.3

Structuur van de beken

De waterstructuurkartering (GSK) voor het Geuldal werd door Waterschap Roer en Overmaas verricht volgens de voor Nordrhein-Westfalen gepubliceerde karteringshandleiding (LUA-Merkblatt 26). De resultaten van de kartering van november 1999 t/m maart 2000 stonden voor dit onderzoek als database ter beschikking. Afbeelding 5.3 toont de daaruit gegenereerde analyse van de gehele structuur, ingedeeld in de klassen 1 t/m 5.

Uit Afbeelding 5.3 wordt duidelijk dat de structuur van de beken in het stroomgebied vooral door de opstuwingen en aftakingskanalen en de aanpassingen op de watermolenlocaties nadelig beïnvloed wordt.

In Tabel 5.5, Afbeelding 5.4 en Afbeelding 5.5 is de classificatie voor de beektrajecten op Nederlands gebied weergegeven.

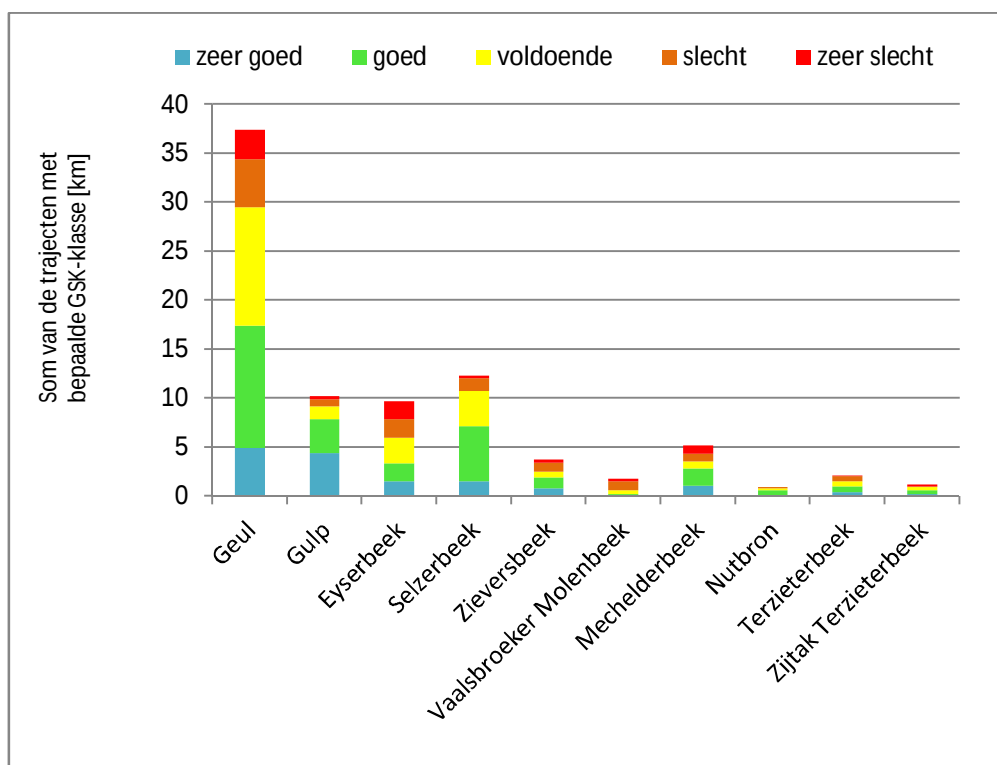


Afbeelding 5.3: Vijf structuurklassen voor de beken in het stroomgebied van de Geul (gegevensbron: Gewässer Strukturkartierung (waterstructuurkartering) GSK); uitvergroete kaart in bijlage.

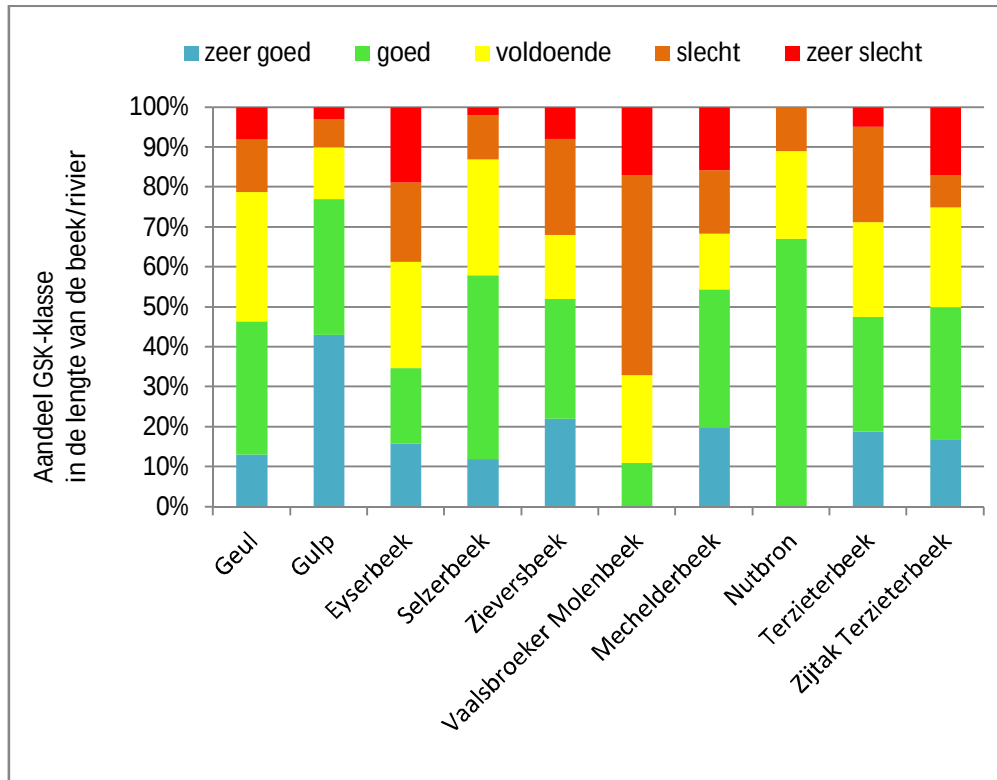
Tabel 5.5: Aandelen van de beken met verschillende inschalingen van de waterstructuur (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK); g.i: geen info

Toestand		zeer slecht	slecht	matig	goed	zeer goed
Inschaling volgens structuurparameters		> 6,3	3,6-6,2	2,7-3,5	1,8-2,6	1-1,7
Naam	Waterlengte in NL [km]	Aandeel GSK-klasse in de waterlengte in NL				
Geul	37,8	8%	13%	32%	33%	13%
Gulp	10,2	3%	7%	13%	34%	43%
Eyserbeek	9,6	19%	20%	27%	19%	16%
Selzerbeek	12,3	2%	11%	29%	46%	12%
Zieversbeek	3,7	8%	24%	16%	30%	22%
Vaalsbroeker Molenbeek	1,8	17%	50%	22%	11%	0
Molenbroekerbeek		g.i.	g.i.	g.i.	g.i.	g.i.
Mechelderbeek	5,1	16%	16%	14%	35%	20%
Nutbron	0,9	0	11%	22%	67%	0
Terzieterbeek	2,1	5%	24%	24%	29%	19%
Zijtak Terzieterbeek	1,2	17%	8%	25%	33%	17%

Afbeelding 5.4 en Afbeelding 5.5 toont de inschaling van de waterstructuur als lengteaandeel in de beek alsmede als procentueel aandeel in de totale waterlengte. Het wordt duidelijk dat weliswaar grote aandelen van de beken in een "goede" of "zeer goede toestand" verkeren, maar dat de waterstructuur in het Geuldal over vrijwel dezelfde lengte kan worden verbeterd. Terwijl de waterstructuur van de Gulp over 77% van de beeklengte in een "goede" of "zeer goede toestand" verkeert, geldt dit voor de Selzerbeek voor ca. 58%, voor de Zieversbeek voor 52% en voor de Geul voor 46% van de Nederlandse gedeelten.



Afbeelding 5.4: Waterstructuur - som van de trajectlengtes met gelijke waterstructuurklasse voor beken in het Geul-stroomgebied (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK).

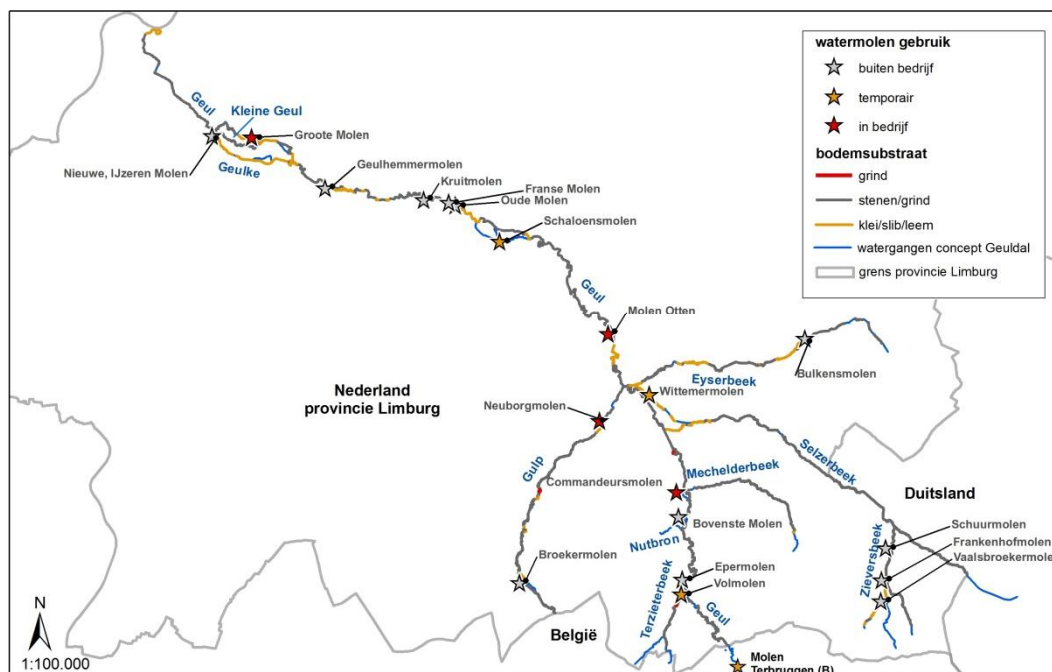


Afbeelding 5.5: Waterstructuur - aandelen in de beeklengtes in 5 klassen voor beken in het Geul-stroomgebied (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK).

De structuurparameter "Bodemsubstraat" werd apart geanalyseerd (Afbeelding 5.6), omdat de Beekdonderpad en de Beekprik en veel soorten van de macrofauna op een grindachtig bodemsubstraat aangewezen zijn. Voor de larven van de Beekprik zijn fijnkorrelige sedimenten zoals fijn zand en slib onmisbaar.

Het blijkt dat als bodemsubstraat in de meeste deeltrajecten een "stenen/grindmix" in kaart werd gebracht. In vier secties van 100 meter werd als beddingsubstraat alleen "grind" geregistreerd en in alle andere gedeelten werd "klei/slib/leem" geregistreerd. Hier is het verband tussen het beddingsubstraat en de opstuwingszones zichtbaar, vooral bij de Molen Otten, de Schaloensmolen, de Walramstuw, de Geulhemmermolen en de Groote Molen.

De analyse van verdere structuurparameters zoals opstuwingen en stuwen werd reeds in hoofdstuk 3.2 en hoofdstuk 4.3 toegelicht.



Afbeelding 5.6: Waterstructuurparameter bodemsubstraat (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK); uitvergroete kaart in bijlage.

5.4

Beoordeling van de aangewezen habitattypen en -soorten

5.4.1

Beoordeling van de ecologische toestand

In het Geuldal komen talrijke waardevolle leefgebieden en soorten voor. Voor dit rapport waarin de invloed van een (hernieuwde) inbedrijfstelling van watermolens op de waterecologie wordt onderzocht, is een beschouwing van de volgende habitattypen en -soorten noodzakelijk:

- habitattype H91E0 (Vochtige alluviale bossen, subtype C: Beekbegeleidende bossen,)
 - habitattype H3260 (Beken en rivieren met waterplanten, Subtype A: Waterranonkels)
- en
- habitatsoort H1096 (Beekprik) en
 - habitatsoort H1163 (Beekdonderpad).

De potentieel hoge ecologische waarde van de Geul en haar zijbeken is door de nog steeds aanzienlijke achtergrondbelastingen momenteel sterk verlaagd vanuit het oogpunt van de kwaliteitscomponenten van de Kaderrichtlijn Water. Deze belastingen bestaan vooral uit het bestaande gebruik van de beek en de naastgelegen terreinen:

- Intensief gebruik als weide of kleine akkers tot aan de beekoever; meststoffen (hoofdzakelijk gier en mest) die in het water terechtkomen; hoge nutriëntenbelasting.
- Aanvoer van (on)gezuiverd huishoudelijk afvalwater op verschillende plaatsen.
- Wegspoelen van bodem met als gevolg afzettingen in het water door het intensieve gebruik; verslechtering van de leefgebiedscondities voor vissen die op grindbodems paaen, en macrofauna - zoals steenvliegen en kokerjuffers - door het dichtslibben van ruimtes tussen grover gesteente.
- Opdeling van beken door bodemvallen en stuwen met of zonder waterkrachtbenutting en buizen/duikers, bijv. onder wegen; daardoor versnippering en verkleining van de leefgebieden in het water en belemmering of verhindering van paai-, voedsel-, uitbreidings- en compensatiemigraties.
- Verandering van de stromingscondities in de opstuwingszones bij stuwen en in de afslagtak (boven- en benedenstrooms).

Dit heeft de volgende gevolgen:

- o Veranderde temperatuurcondities en materiaalafzettingen.

- o Veranderingen van de leefgebiedscondities voor de aquatische fauna, deeltrajecten worden mogelijk ongeschikt als habitat.
- o Verandering van het soortenspectrum met een verslechtering van de leefgebiedscondities voor aan stromend water aangepaste soorten.

De actuele geschiktheid van de potentiële leefgebieden voor Beekdonderpad, Beekprik en Vlottende waterranonkel is op basis van de chemische waterkwaliteit (hoofdstuk 5.1), de resultaten van de bevissing (hoofdstuk 5.2), de hydromorfologie (hoofdstuk 5.3) en daarnaast ook door veldbezoek door het Büro für Landschaftsplanung Anne Reitz und Dr. Sigrid Lenz onderzocht. Beknopte beschrijvingen die de belangrijkste eigenschappen en eisen van de beoordeelde soorten omvatten en een uitgebreide beschrijving van de beoordeling zijn opgenomen in de bijlage. Bovendien worden daar de instandhoudingsdoelstellingen voor de habitatsoorten en -typen gepresenteerd.

Op basis van de beoordeling is voor de onderzochte beektrajecten een inschaling van de actuele geschiktheid als leefgebied in drie klassen verricht (Tabel 5.6, Afbeelding 5.7 t/m Afbeelding 5.9), te weten: slecht, matig en goed.

Beekdonderpad

Afbeelding 5.7 laat zien dat de Beekdonderpad ondanks de deels ontbrekende passeerbaarheid bij individuele locaties bijna in het gehele potentiële leefgebied te vinden is. De toestand van het leefgebied wordt als "matig" tot "goed" ingeschaald. Alleen in enkele aftakkingstrajecten en grotere opstuwingszones wordt de geschiktheid van het leefgebied als "slecht" beoordeeld.

Beekprik

De Beekprik is momenteel slechts in enkele gedeelten van zijn potentiële leefgebied te vinden (Afbeelding 5.8). De Gulp wordt vanwege de hoge nutriëntenbelasting als "slecht" geschikt leefgebied ingeschaald. De waterkwaliteit van de beek is in de afgelopen jaren verbeterd, zodat voor de toekomst op een kwaliteitsverbetering van het leefgebied kan worden gerekend. De geschiktheid van de Geul is momenteel stroomafwaarts van de monding van de Gulp in de opstuwingszones en in de aftakkingstrajecten als "slecht" ingeschaald. In de overige gedeelten is de geschiktheid "matig" tot "slecht". Omdat in deze gedeelten natuurlijke veranderingen in de bedding mogelijk zijn - zoals bijv. vrije meandering - kan de toestand op lange termijn beter worden.

Hoewel het leefgebied voor de Beekprik tussen Gulpen en Valkenburg (Walramstuw) als "matig" of "slecht" is beoordeeld, is daar in het kader van het haalbaarheidsonderzoek "Op weg naar een natuurlijke vislevensgemeenschap in de Geul" de aanwezigheid van Beekprikken aangetoond (Crombaghs *et al.*, 2015). Dat betekent dat de Beekprik net als andere vissen ook als deelpopulatie te vinden is in niet optimale leefgebieden. Deze beektrajecten zijn op dit moment niet geschikt als leefgebied voor een permanente populatie of voor een uitbreiding van de populaties. Daarom moet voor het behoud van

een populatie het leefgebied zoveel mogelijk aan de natuurlijke omstandigheden worden aangepast.

Vlottende waterranonkel

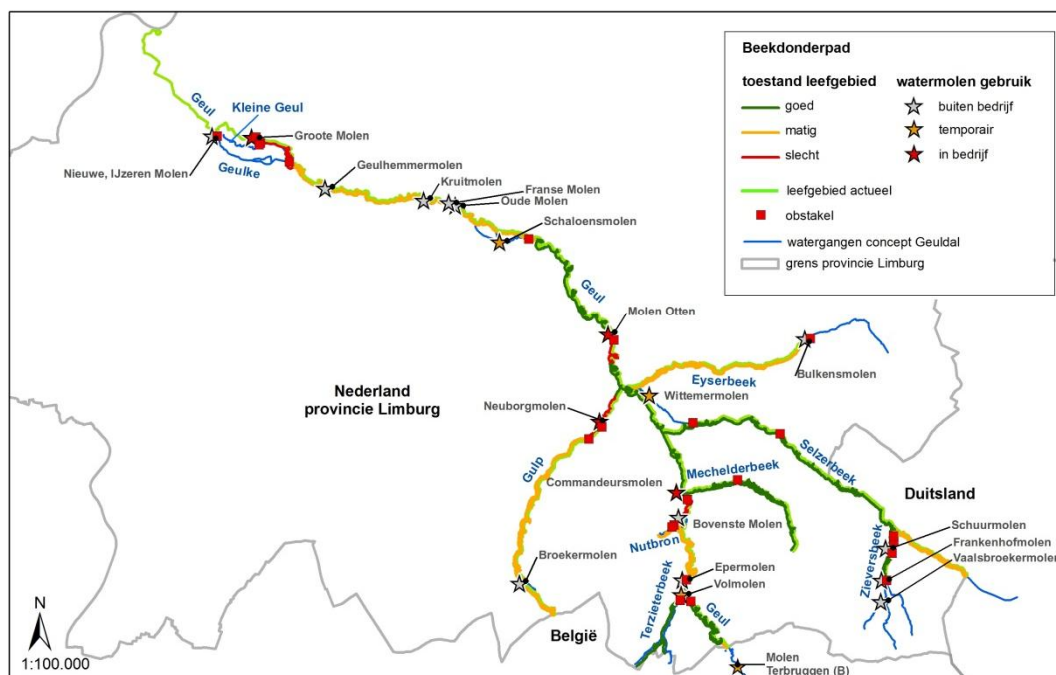
Momenteel komt de Vlottende waterranonkel in de Geul alleen stroomafwaarts van de Molen Otten voor en stroomopwaarts van de Bovenste Molen tot aan de Belgische grens (Afbeelding 5.9). Stroomafwaarts van de Schaloensmolen is de Geul slechts "matig" tot "slecht" geschikt als leefgebied. De Gulp is actueel geen geschikte leefgebied. De mogelijke oorzaken daarvoor kunnen in de schaduwligging van de Gulp en/of de relatief geringe waterdiepte liggen (VERSCHOOR & VAN VELTHUIJSEN (2012)).

Vochtige alluviale bossen

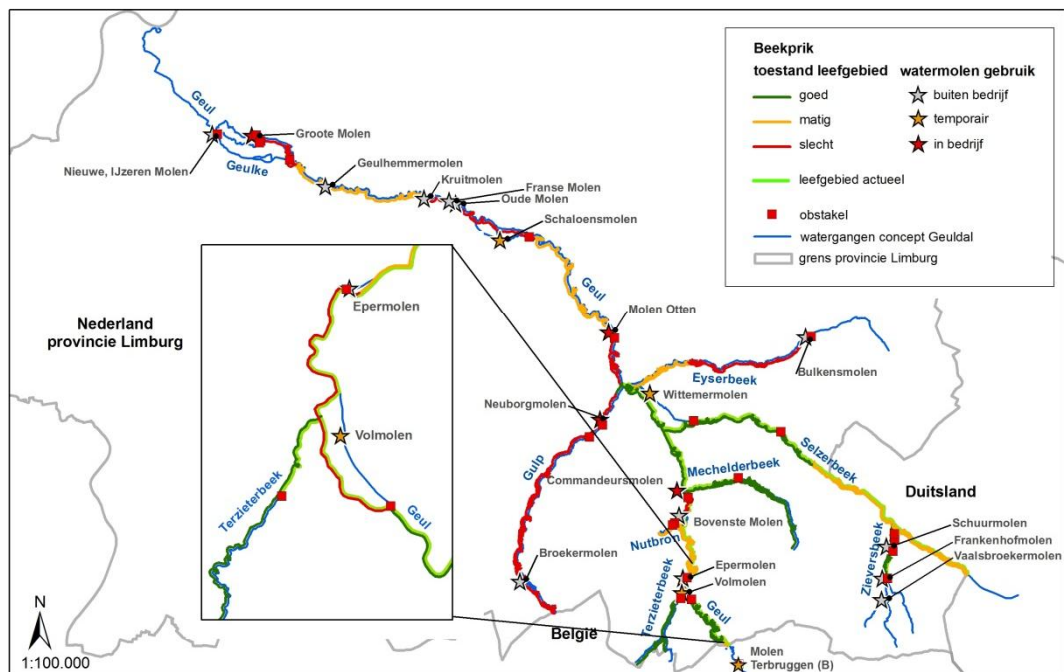
Vochtige alluviale bossen in het Geuldal omvatten zowel bronbossen als beekbegeleidende bossen en hebben een versnipperd voorkomen. Bij watermolens en stuwwerken in het Geuldal is meestal sprake van een stuwschaduw die per locatie zal verschillen. Hiermee wordt bedoeld tot hoever de opstuwing het grondwaterpeil beïnvloedt. De aanwezigheid van een dergelijke stuwschaduw kan, afhankelijk van de reikwijdte hiervan, van invloed zijn op dit habitatype. In het kader van het onderhavige onderzoeksrapport is dit aspect van beïnvloeding onvoldoende onderzocht om daar concrete uitspraken over te doen. Gezien het huidige voorkomen van het habitatype zou bijvoorbeeld uitgezocht moeten worden of het vochtige alluviale bos in de voormalige Geulmeander bij de Volmolen effecten ondervindt. Ook bij Beertsenhoven zouden dergelijke effecten kunnen spelen. In een lopend onderzoek naar de bepaling en waardering van de invloedssfeer van watermolens in beekdalen (kortweg Watermolenlandschappen genoemd) van Royal Haskoning DHV wordt onder meer per molenlocatie de stuwschaduw bepaald. De uitkomsten van dit onderzoek kunnen bijdragen aan het vaststellen of zich effecten op dit habitatype voordoen.

Tabel 5.6: Beoordeling van de ecologische toestand van de potentiële leefgebieden

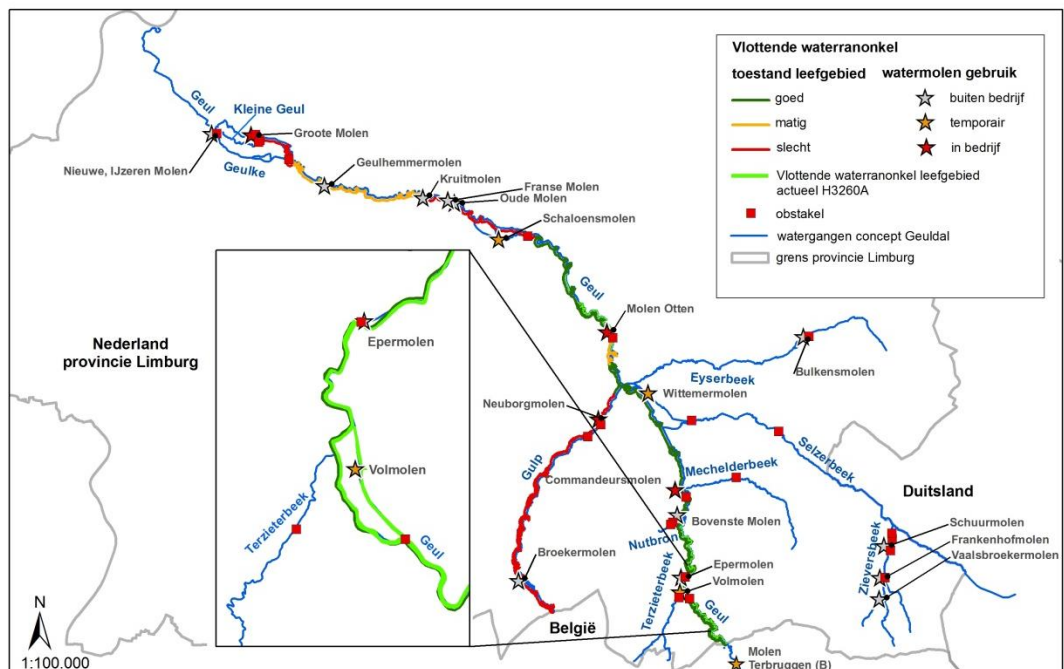
Toestand van het traject als leefgebied	Beschrijving (korte beschrijvingen in bijlage 2)
goed	Aan de in de beknopte beschrijvingen vermelde leefgebiedsvoorwaarden wordt in vergaande mate voldaan.
matig	De in de beknopte beschrijvingen vermelde leefgebiedsvoorwaarden wijken in enkele criteria af, bijv. - kiezelsubstraat in de bedding is in sommige trajectgedeelten met slib bedekt/vervuild; - in de beek hebben zich kleine, als een dam werkende structuren gevormd
slecht	De in de beknopte beschrijvingen vermelde leefgebiedsvoorwaarden wijken in aanzienlijke mate van de noodzakelijke voorwaarden af, bijv. - dwars geplaatst bouwwerk als migratie-obstakel; - veranderde locatie-omstandigheden door opstuwingsgedeelten, hogere temperatuur, voedingsstoffentoevoer, verandering van het beddingsubstraat.



Afbeelding 5.7: Beekdonderpad - Beoordeling van de geschiktheid van het potentiële leefgebied volgens REITZ & LENZ (2014) en actuele populatie volgens WRO; uitvergroete kaart in bijlage.



Afbeelding 5.8: Beekprik - Beoordeling van de geschiktheid van het potentiële leefgebied volgens REITZ & LENZ en actuele populatie volgens WRO; uitvergroete kaart in bijlage.



Afbeelding 5.9: Vlottende wateranankel - Beoordeling van de geschiktheid van de potentiële levensruimte volgens REITZ & LENZ (2014); uitvergroete kaart in bijlage.

5.4.2

Beoordeling van de leefgebiedsomvang

Voor de in hoofdstuk 5.4 genoemde aangewezen soorten is het potentiële leefgebied onderzocht. Voor de Vlottende waterranonkel lijkt - gezien het huidige voorkomen van de soort nabij enkele watermolens - de aanwezigheid van watermolens geen nadelige invloed te hebben op de instandhoudingsdoelen. Daarom wordt deze soort en bijbehorend habitatype niet verder in de beoordeling betrokken.

De Beekdonderpad en de Beekprik zijn aangewezen op migraties tussen deelhabitats die tijdens de verschillende levensfasen bereikbaar moeten zijn.

Beekdonderpad

De voor een duurzame vispopulatie noodzakelijke omvang van een toereikend leefgebied ligt in wetenschappelijk opzicht nog niet definitief vast. Literatuur en informatie uit wetenschappelijk onderzoek naar (aangetoonde) migratie van de soort is niet beschikbaar. Zoals in REITZ & LENZ (2014) is weergegeven, wordt de migratieafstand door STEINMANN & BLESS (2004b) gesteld op 100 m tot enkele kilometers. In Duitsland (BfN, 2009) wordt voor habitatrichtlijngebieden uitgegaan van een sterke achteruitgang van het visbestand, wanneer de beek is opgedeeld in afgesloten secties korter dan twee km.

In deze studie wordt ingeschat dat voor het behoud van de populatie een beektraject van minimaal 1 km zonder belemmeringen en obstakels noodzakelijk is. Dit criterium wordt mede afgeleid van de overwegend goede beekmorfologie binnen het potentiële leefgebied in de Geul en haar zijbeken, de sterke, actueel aanwezige populatie en de lokaal aangetroffen omstandigheden.

Beekprik

Beekprikken zijn voor de instandhouding van de populatie vooral aangewezen op specifieke condities van het paaihabitat en leefgebied. Zij stellen daarom hoge eisen aan de lineaire en laterale ecologische passeerbaarheid van de beken, zowel op lokale als regionale schaal. De informatie over de noodzakelijke habitatomvang in de zin van passeerbare, onbelemmerde watertrajecten is niet eenduidig in de literatuur omschreven.

Voor de paaimigratie wordt een migratie-afstand van enkele honderden meters tot enkele kilometers stroomopwaarts aangegeven. De larvenhabitats en paaiplaatsen liggen gewoonlijk relatief dicht bij elkaar (HARDISTY, 1996; BLOHM et al., 1994; KRAPPE 2004). De aanbevelingen van het Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Mecklenburg-Vorpommern (2012) gaan ervan uit dat een passeerbaar beektraject van 3 km zonder kunstwerken en onnatuurlijke aanpassingen noodzakelijk is. Dit criterium van 3 km wordt in dit rapport als maatgevend gehanteerd, mede gezien de gevoeligheid van de soort en de hoge habitateisen.

Hiermee is beoordeeld welke trajectlengte nodig is voor de instandhouding van een levensvatbare populatie van de aangewezen soorten. Deze moet vrij van obstakels en passeerbaar zijn en mogen niet beïnvloed zijn door opstuwing of aftakking van water. De volgende minimale lengten moeten beschikbaar zijn:

- Beekdonderpad 1.000 m
- Beekprik 3.000 m.

Nu al bestaan in het Geuldal meerdere trajecten van meer dan 1.000 of 3.000 m (Tabel 5.7), zodat de Beekdonderpad en de Beekprik in deze gedeelten naar verwachting een voldoende groot leefgebied zullen aantreffen. Deze trajecten zijn weliswaar niet aangetast door opstuwing of aftakking van water naar molentakken, maar hun ecologische kwaliteit moet deels, vooral in de Gulp, worden verbeterd.

Om nog andere onderling verbonden leefgebieden te creëren die dan in hun totaliteit van een toereikende omvang zijn, moeten extra locaties passeerbaar worden gemaakt, bijvoorbeeld door obstakels te verwijderen.

Tabel 5.7: Passeerbare watertrajecten zonder leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakkingstrajecten, gerefereerd in km afstand tot aan de monding in de Maas; achtergrond wit: < 1.000 m, groen: ≥ 1.000 m, blauw: ≥ 3.000 m

Beek	van km	tot km	aneengesloten traject zonder habitat- verandering [m]
Geulke	0,40 boven opstuwing Nieuwe, Ijzeren Molen	2,45 Verdeelwerk Geulke	2.050
Klein Geul	0,00	1,60 Gehele traject	1.600
Geul	0,00	6,10 Banmolen	6.100
	7,30 boven opstuwing Grote Molen	8,00 Verdeelwerk Geulke	700
	boven opstuwing verdeelwerk Geulke 8,90	10,46 afslag Geulhemmermolen	1.560
	10,96 boven opstuwing Geulhemmermolen	14,79 Walramstuw	3.830
	15,79 boven opstuwing Waramstuw	17,17 verdeelwerk Schaloensmolen	1.380
	17,47 boven opstuwing Schaloensmolen	23,16 mondning molentak Otten	5.693
	24,27 boven opstuwing Molen Otten	29,99 mondning molentak Commandeursmolen	5.722
	30,86 boven opstuwing Commandeursmolen	31,24 afslag Bovenste Molen	380
	31,64 boven opstuwing Bovenste Molen	34,15 afslag Epermolen	2.507
	34,55 boven opstuwing Epermolen	35,01 afslag Volmolen	463
	35,50 boven opstuwing Volmolen	39,00 afslag Molen Terbruggen	3.490
Gulp	0,00	0,40 mondning molentak Neuborgmolen	400
	1,70 boven opstuwing Neuborgmolen	1,89 Vijverstuw Kasteel Neuborg	190
	1,89 Vijverstuw Kasteel Neuborg	8,86 afslag Broekermolen	6.970
	8,86 boven Broekermolen	10,10 Grens B	1.237
Afslagtak Gulp	0,00	0,75	748

Beek	van km	tot km	aaneengesloten traject zonder habitat-verandering [m]
Eyserbeek	0,00	6,72 Bulkemsmolen	6.723
	6,92 boven opstuwing Bulkemsmolen	9,56 Bron	2.634
Selzerbeek	0,00	0,99 afslag Witterermolen	993
	0,99 boven opstuwing Witterermolen	4,11 2 Bodemvallen Nijswiller	3.017
	4,19 2 Bodemvallen Nijswiller	12,24 Grens D	8.045
Zieversbeek	0,00	0,30 Verdeelwerk benedenloop	300
	0,30 Verdeelwerk benedenloop	0,50 Bodemval provinciale weg	203
	0,50 Bodemval duiker provinciale weg	0,91 Bodemval 1 Schuurmolen	409
	0,91 Bodemval 1 Schuurmolen	1,80 afslag Frankenhofmolen	889
	1,80 afslag Frankenhofmolen	3,73 Bron	3.527
Vaalsbroe- kermolen- beek	0,00	0,77 Vaalsbroekermolen	770
	0,90 boven opstuwing Vaalsbroekermolen	1,89 Bron Vmb	994
Molenbroek erbeek	0,00	1,59 Bron Mbb	1.593
Mechelder- beek	0,00	1,80 Duiker buffer Voortweg	1.800
	1,80 Duiker buffer Voortweg	5,47 Bron	3.667
Nutbron	0,00	0,28 Duiker 2	280
	0,28 Duiker 2	0,53 Duiker 3	250
	0,53 Duiker 3	0,85 Bron	320
Terzieter- beek	0,00	0,28 Bodemval Plaat	280
	0,28 Bodemval Plaat	2,05 Bron	1.769
Zijtak Terzieter- beek	0,00	1,21 Bron	1.208

Toetsingsschema voor de beoordeling van de ecologische effecten van watermolens op de Geul

Worden additionele, momenteel niet geëxploiteerde molens opnieuw in gebruik genomen, dan kan dit effecten op de betreffende locatie hebben en op de beek als geheel. Naar aanleiding hiervan is een toetsingsschema ontwikkeld dat een op feiten gebaseerde inschatting mogelijk moet maken van de mate waarin het bestaande of extra gebruik van molens in het Geuldal invloed uitoefent op het behalen van de doelstellingen van de kaderrichtlijn water en de voor het Natura 2000-gebied vastgelegde doelstellingen. Met behulp van het toetsingsschema worden de effecten op de molenlocatie en de aangrenzend trajecten in beeld gebracht voor de actuele toestand en voor een hypothetische toestand (hier: ingebruikname van alle molens).

Na verwerking en analyse van de voor het Geuldal beschikbare gegevens zijn in samenwerking met de provincie Limburg en het Waterschap Roer en Overmaas (WRO) de in het toetsingsschema te hanteren criteria uitgewerkt.

In principe moet voor een permanent behoud van de soorten in het onderzochte gebied het volgende gegarandeerd zijn:

- Een toereikende omvang en geschiktheid van de leefgebieden om het overleven van (deel)populaties te garanderen.
- Uitwisselingsmogelijkheden tussen (deel)populaties om een genetische verarming tegen te gaan en om bijvoorbeeld herkolonisatie mogelijk te maken na rampscenario's. Om de leefgebieden onderling te verbinden, moeten migratie-obstakels voor de betreffende soorten passeerbaar zijn.

Niet alleen het handhaven van de omvang van bestaand leefgebied is van belang, maar ook de passeerbaarheid van alle trajecten en locaties.

Het toetsingsschema is bij wijze van voorbeeld voor de waterloop van de Geul ontwikkeld. Bij voldoende kennis van de basisgegevens kan dit ook voor andere beken en waterlopen worden uitgewerkt.

Naast de actuele toestand geeft het schema ook de hypothetische toestand aan die ontstaat bij een permanente ingebruikname van alle molens.

6.1

Basisgegevens voor de opstelling van het toetsingsschema

De inschatting van de toestand van een beek voor en na de inbedrijfstelling van een molen respectievelijk van de invloed van een veranderd gebruik op de waterecologie vereist kennis van talrijke parameters en gegevens. Deze zijn voor het Geuldal bepaald of samengesteld en voor gebruik in het toetsingsschema bewerkt.

De volgende voorbereidende stappen waren noodzakelijk bij het opstellen van het toetsingsschema:

- Inventarisatie van de watergebonden doelsoorten en relevante habitattypen.
- Inventariseren van de doelen voor deze soorten en typen volgens de Kaderrichtlijn Water en Natura 2000.
- Bepaling en beoordeling van de potentiële en actuele leefgebieden van deze soorten.
- Bepaling van de benodigde omvang van het leefgebied voor de relevante soorten.
- Inventarisatie van de migratie-obstakels met de bijbehorende gegevens.
- Inventarisatie van het actuele (en potentiële) gebruik van watermolens en stuwwerken.
- Beoordeling van de passeerbaarheid van de migratie-obstakels (stroomopwaarts en stroomafwaarts).
- Bepaling van de leefgebiedsveranderingen in de beek op basis van
 - o structuurkwaliteit
 - o omvang van de opstuwingstrajecten en aftakkingstrajecten.

6.2

Toetsingscriteria

In het toetsingsschema worden volgens de in hoofdstuk 4 en 5 toegelichte uitgangspunten en criteria de volgende parameters beoordeeld:

- Stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid voor vissen en macrofauna (vindbaarheid en passeerbaarheid van migratie-obstakels, hoofdstuk 4.2.1, Tabel 4.1).
- Stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid voor vissen en macrofauna (visbescherming en -afdaling bij stuwen en molens, hoofdstuk 4.2.3, Tabel 4.3).
- Passeerbaarheid van opstuwingstrajecten op basis van leefgebiedsveranderingen (lengte van de opstuwingszone in verhouding tot de waterbreedte, hoofdstuk 4.3.3, Tabel 4.7).

- De minimaal vereiste omvang van de leefgebieden voor Beekdonderpad en Beekprik (minimale leefgebiedsomvang respectievelijk 1.000 m en 3.000 m, hoofdstuk 5.4.2).
- Vereiste grootte van onaangetast leefgebied voor vissen en macrofauna (75%-criterium, minimaal vereist aandeel van vrij afstromende trajecten tussen migratie-obstakels, hoofdstuk 4.3.2).

6.3

Opbouw van het toetsingsschema

Het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) toont schematisch het verloop van de Geul vanaf de grens met België (onderaan) tot aan de Groote Molen die 6,1 km voor de monding van de Geul in de Maas ligt (bovenaan). Daarbij worden de kunstwerken en watermolens, de beektrajecten daartussen (secties T1 t/m T13) en de zijbeken van de Geul gepresenteerd. Voor de zijbeken zijn alleen de vanuit de Geul gezien eerste migratie-obstakels ingetekend. De weergegeven trajectlengten zijn niet exact op schaal getekend, maar komen ongeveer overeen met de relatieve lengteverhoudingen.

Het schema is ingedeeld in twee helften. In de linker helft wordt in 7 strengen de actuele toestand weergegeven en in de rechter helft in overeenkomstige strengen de toestand die zou kunnen ontstaan bij inbedrijfstelling van alle molens.

Bovendien is er een opdeling in strengen die informatie over de Ausgangssituatie omvatten (streng 1, 2 en 8, 9) en strengen die een beoordeling van de ecologische effecten van stuwen en molens weergeven (strengen 3 t/m 7 en 10 t/m 14)

Informatie over de Ausgangssituatie

De watermolens zijn in de linker strengen (streng 1 en 8) telkens als ster weergegeven. De bedrijfstoestand is te zien aan de kleur. Voor de hypothetisch toekomstige toestand wordt van "in bedrijf" uitgegaan, het symbool is rood.

De migratie-obstakels, molens en kunstwerken zoals stuwen, zijn in de strengen 2 en 3 resp. 9 en 10 als grijze vierkanten ingetekend.

In de strengen 2 en 9 zijn voor zowel de actuele toestand als de hypothetisch toekomstige toestand de opstuwings- en aftakkingstrajecten als rode en oranje lijnen weergegeven. De groene lijnen geven de vrij afstromende gedeelten aan. Aftakkingstrajecten voor temporair geëxploiteerde molens zijn weergegeven als groen-oranje gestippelde lijnen. Zij worden niet meegenomen in de beoordeling van de passeerbaarheid van dat gedeelte, omdat de situatie slechts tijdelijk aanwezig is. Na permanente ingebruikname van de molens zijn deze aftakkingstrajecten als permanent beïnvloed ingetekend. Zij zijn in de 9e streng weergegeven als ononderbroken oranje lijnen.

De lengte van de betreffende Geul-trajecten is aangegeven. Van de zijbeken zijn de vrij afstromende lengten van de monding tot aan het eerste migratie-obstakel vermeld. Het

plusteken voor het getal geeft aan dat het vrij afstromende gedeelte bij het vrij afstromende traject van de Geul opgeteld kan worden. Dit geldt alleen als de zijbeek niet uitmondt in een opstuwingstraject of aftakkingstraject.

Beoordeling van de ecologische effecten

De strengen 3 en 10 tonen het effect van de opstuwingslengte op de passeerbaarheid van het traject op basis van de mate van aantasting van het leefgebied, waarbij een opstuwingslengte van minder dan 50 maal de waterbreedte als acceptabel wordt beschouwd. Op basis van de beoordeling is het opstuwingstraject ingekleurd en staat het criterium erbij vermeld dat tot deze beoordeling leidde.

In de strengen 4 t/m 7 en 11 t/m 14 is de beoordeling van de passeerbaarheid van de migratie-obstakels voor vissen en macrofauna weergegeven door gedeelde ruitsymbolen. De bovenste driehoek toont de beoordeling van de stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid (punt in stromingsrichting) en de naar beneden wijzende driehoek toont de beoordeling van de stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid.

Tevens wordt in de strengen 4 en 5 resp. 11 en 12 voor de Natura 2000-doelstellingen aangegeven of de vrij afstromende gedeelten als leefgebied voldoende omvang hebben voor de Beekdonderpad (>1.000 m) respectievelijk de Beekprik (>3.000 m). De beoordeling vindt plaats per traject als geheel.

De strengen 6 en 7 resp. 13 en 14 geven voor de Kaderrichtlijn Water aan in hoeverre het oorspronkelijke leefgebied door opstuwing en aftakkingstrajecten veranderd is (75%-criterium). Deze beoordeling is voor de Kaderrichtlijn Water-doelstellingen voor vis en macrofauna gelijk. Ook hier geldt dat de beoordeling plaatsvindt per traject als geheel.

6.4

Ecologische eisen aan het toekomstige molengebruik

Bij ingebruikname van molens verandert in de regel de ecologische toestand van de aangrenzende beektrajecten. Instanties hebben dan de mogelijkheid om aan de toekomstige exploitant zodanige eisen te stellen, dat door geëigende maatregelen een verslechtering van de ecologische toestand voorkomen wordt.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende gevallen:

Nieuwbouw van een waterkrachtinstallatie bij een nieuwe stuw

Zowel de stroomopwaartse alsook de stroomafwaartse passeerbaarheid van de stuw moet tot stand worden gebracht. De lengte van de opstuwing moet korter zijn dan het 50-voudige van de beekbreedte.

Nieuwe kunstwerken worden alleen toegelaten in gedeelten waar na de ingebruikname nog

- o voldoende vrij afstromende gedeelten (75%-criterium) en
- o leefgebieden van voldoende omvang voor de potentiële natuurlijke aquatische fauna overblijven.

Permanente ingebruikname van temporair geëxploiteerde molens

Er wordt geëist dat door de molenexploitatie geen verslechtering van de actuele toestand optreedt. Voor de stroomopwaartse vismigratie kan dit bijvoorbeeld inhouden dat de vindbaarheid van een bestaande vistrap bij de stuw niet mag worden verslechterd.

Bij wijziging van het (bestaand) gebruik vindt een toetsing plaats in het kader van de natuurbeschermingswet 1998. Er moet getoetst worden of door de activiteit het behalen van de instandhoudingsdoelen niet in gevaar komt. Dit betekent dat op dat moment ook gekeken dient te worden naar doelen die een verbetering van de kwaliteit van het leefgebied inhouden en/of vergroting van de oppervlakte ervan. Los van de vergunningsplicht worden waar nodig maatregelen ter verbetering van de situatie opgenomen in het beheerplan voor Natura 2000-gebied Geuldal. In het stroomgebied van de Geul zullen de maatregelen die worden genomen in het kader van de Kaderrichtlijn Water een belangrijke bijdrage leveren aan het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor Natura 2000.

Een verslechtering van stroomafwaartse passage van vis kan bij (her-)inbedrijfstelling van de relatief kleine watermolens aan de Geul alleen door relatief ingrijpende maatregelen worden vermeden. Er zou bijvoorbeeld een geschikt, voldoende fijn visrooster geïnstalleerd moeten worden met een spijlafstand van maximaal 10 mm heeft (DWA 2005, DUMONT & HERMENS 2012). Bovendien is een bypass noodzakelijk die de stroomafwaartse migratie van de vis mogelijk maakt.

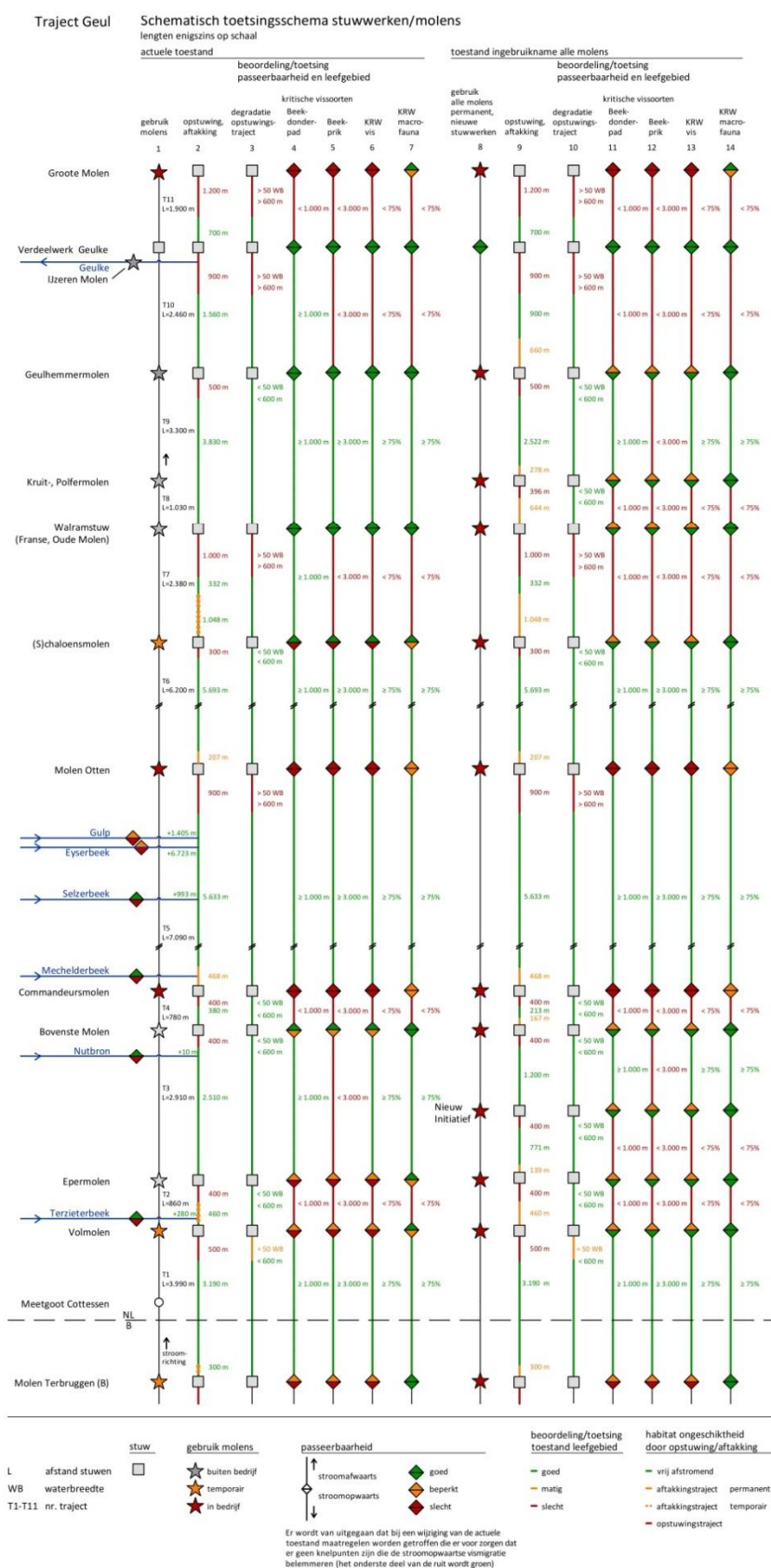
Opmerking: De stroomafwaartse passeerbaarheid kan voor soorten die op de beekbodem leven en migreren anders zijn dan voor soorten die aan het wateroppervlak migreren. Het gedrag van aal en jonge vis voor obstakels en bij stroomafwaartse migratie is in diverse studies onderzocht. Van het gedrag van potamodrome soorten bij stroomafwaartse migratie is weinig bekend. Deze kennishiaten betekenen dat in voorkomende situaties nader onderzoek gewenst is.

Nieuwbouw of opnieuw in bedrijf nemen van een watermolen bij een bestaande stuw

Omdat bij waterkrachtbenutting een risico voor de visfauna kan ontstaan, moeten adequate maatregelen worden genomen, bijvoorbeeld in de vorm van een toereikende visbescherming en een mogelijkheid om vrij van verwondingen stroomafwaarts te passeren (bypass). Voor de rest wordt verwezen naar hetgeen hierboven bij permanente ingebruikname van temporaire molens is beschreven.

In de regel kunnen op basis van bestaande, oude rechten geen eisen worden gesteld om tot langere, vrij afstromende trajecten te komen, bijvoorbeeld door een verlaging van stuwen. Vaak blijkt dat in overleg kan worden gekomen tot een aanvaardbaar niveau van beïnvloeding op het leefgebied.

Afbeelding 6.1: Toetsingsschema voor het waterverloop van de Geul; uitvergroot in bijlage



6.5

De beoordeling in het toetsingsschema

De beoordelingen van de molens of kunstwerken en de tussenliggende trajecten worden gepresenteerd in de hoofdstukken 4.2, 4.3 en 5.4.2. Hieronder wordt toegelicht hoe deze beoordelingen in het toetsingsschema zijn opgenomen.

De beoordeling van de molen Terbruggen (B) is voor de actuele toestand als permanent in bedrijf gepresenteerd, omdat geen informatie over de eisen en werkwijzen/procedures in België beschikbaar is (worst case).

6.5.1

Passeerbaarheid stroomopwaarts

De stroomopwaartse passeerbaarheid van de migratie-obstakels is voor de populaties van de aquatische fauna van wezenlijk belang, omdat deze de diverse leefgebieden bereikbaar maakt (hoofdstuk 4.1.1).

Vissen (Beekprik, Beekdonderpad en Kaderrichtlijn Water vis)

De beoordeling van de stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid is bij het individuele migratie-obstakel voor alle vissen gelijk (strengen 4 t/m 6 en 11 t/m 13). Dit geldt in de regel zowel voor de actuele toestand alsook voor een hypothetische toekomstige toestand. De toekomstige toestand wordt dan als verbeterd respectievelijk als "goed" weergegeven, omdat dat wordt vereist, wanneer

- waterkrachtinstallaties bij een nieuwe stuw worden geïnstalleerd (nieuw initiatief) en wanneer
- watermolens die voorheen temporair in bedrijf waren, een nieuwe vergunning voor permanent bedrijf nodig hebben.

Macrofauna

De beoordeling wordt altijd een klasse beter aangegeven dan voor vissen (strengen 7 en 14), omdat de passeerbaarheid voor macrofauna minder problematisch is dan voor vissen. Veel soorten kunnen vermoedelijk via openingen in de constructie van het kunstwerk migreren. Bovendien beschikken veel soorten over een stadium waarin zij obstakels vliegend kunnen passeren.

De stroomopwaartse passeerbaarheid bij een stuw kan door de bouw van een vistrap of vispassage, door het verwijderen van de stuw of door de ombouw naar een passeerbare bypass tot stand worden gebracht (DWA-M 509 2014).

6.5.2

Passeerbaarheid stroomafwaarts

Bij stroomafwaarts gerichte migraties kunnen vissen en macrofauna afdrijven (ook over kunstwerken), waarbij ze het risico lopen door een turbine, waterrad of stuw gewond te raken (hoofdstuk 4.1.2).

Vissen (Beekprik, Beekdonderpad en Kaderrichtlijn Water vis)

De beoordeling is voor de in het Geuldal aanwezige vissoorten gelijk (Tabel 5.6 en strengen 4 t/m 6 en 11 t/m 13).

De passeerbaarheid wordt bij temporair gebruikte molens als "goed" ingeschaald, wanneer bij de stuw geen risico op verwonding bestaat.

In het schema wordt bij inbedrijfstelling van een waterrad een "matig" risico op verwondingen voor vissen aangegeven, omdat ervan uitgegaan wordt dat maatregelen voor een "goede" visafdeling slechts moeilijk realiseerbaar of af te dwingen zijn.

Macrofauna

De beoordeling werd een klasse beter aangegeven dan voor vissen (strengen 7 en 14), omdat de passeerbaarheid voor macrofauna minder problematisch is dan voor vissen.

Bij de relatief kleine watermolens in het Geuldal kan door de bouw van mechanische visbeschermingen en de aanleg van vispassages de stroomafwaartse passage met een relatief laag risico op verwondingen plaatsvinden (DWA 2005). Bovendien dient onder aan de stuw in een adequate waterdiepte te worden voorzien. Elementen die verwondingen veroorzaken als ze geraakt worden bij een val, moeten hier worden verwijderd.

6.5.3

Degradatie van opstuwingstrajecten

In vrij afstromende beken worden opstuwingszones door de potentieel natuurlijke fauna niet als leefgebied gebruikt, vanwege de aantastingen zoals beschreven in hoofdstuk 4.1.3. Naarmate deze zones langer zijn, worden deze minder geschikt als leefgebied, wordt de migratie bemoeilijkt en kunnen aangrenzende trajecten negatief worden beïnvloed (toelichting zie hoofdstuk 4.3.3).

De lengte van de opstuwingszone (Tabel 6.2) is in de strengen 2 en 9 telkens als rood traject ingetekend. In de strengen 3 en 10 is de beoordeling van de opstuwingszone aangegeven (Tabel 6.1). Omdat in het schema alleen de opstuwingszone wordt beoordeeld, is ook alleen dit gedeelte in overeenstemming met de beoordeling ingekleurd.

Tabel 6.1: Beoordeling van de opstuwingszone als degradatietraject voor vissen en macrofauna. Het slechtst beoordeelde criterium is doorslaggevend voor het eindoordeel. Waterbreedte: WB

	Degradatietraject opstuwingstraject		
Lengte van de opstuwing (het slechtere criterium is bepalend voor de beoordeling)	< 600 m	= 600 m	> 600 m
	> 50 WB	= 50 WB	< 50 WB
Beoordeling	goed	beperkt	slecht

De invloed van opstuwingstrajecten kan worden verminderd door

- verlaging van de hoogte van de stuw, zodat de lengte van de opstuwing afneemt of door
- temporaire opstuwingen.

Tabel 6.2: Inschaling van de actuele opstuwing in relatie tot de passeerbaarheid en leefgebiedsverandering van de Geul, beoordeling volgens Tabel 6.1 in kleur weergegeven.

Geul	Positie stuwdam in de GIS, afstand tot monding	Opstuwingslengte totaal	Opstuwingslengte in relatie tot waterbreedte
	[km]	[m]	
Afslag Molen Terbruggen (B)	39,00	Geen info	Geen info
Afslag Volmolen	35,01	500	= 50 WB
Afslag Epermolen	34,15	400	< 50 WB
Verdeelwerk Bovenste Molen	31,24	400	< 50 WB
Afslag Commandeursmolen	30,46	400	< 50 WB
Afslag Molen Otten	23,37	900	> 50 WB
Verdeelwerk Schaloensmolen	17,17	300	< 50 WB
Walramstuw	14,79	1.000	> 50 WB
Afslag Kruitmolen	13,76	0	< 50 WB
Afslag Geulhemmermolen	10,46	500	< 50 WB
Verdeelwerk Geulke	8,00	900	> 50 WB
Groote Molen	6,10	1.200	> 50 WB

6.5.4

Grootte van het leefgebied voor Beekdonderpad en Beekprik

De Geul heeft een groot aantal vrij afstromende trajecten tussen migratie-obstakels die ten aanzien van hun lengte aan de eisen van het minimaal noodzakelijke leefgebied voor de Beekdonderpad en de Beekprik voldoen (hoofdstuk 5.4). Deze trajecten zijn in het beoordelingsschema in de strengen 4, 5 en 11, 12 volgens Tabel 6.3 als groene lijnen weergegeven. In contrast daarmee worden kleinere vrij afstromende trajecten die niet groot genoeg zijn als leefgebied, als rode lijnen weergegeven. Hierbij wordt het gestuwde deel van het traject niet als leefgebied meegerekend.

Tabel 6.3: Beoordeling van de grootte van de leefgebied voor Beekdonderpad en Beekprik (LF: lengte vrij afstromend traject)

	Omvang leefgebied			
	Beekdonderpad		Beekprik	
Criterium	LF > 1.000 m	LF < 1.000 m	LF > 3.000 m	LF < 3.000 m
Beoordeling	goed	onvoldoende	goed	onvoldoende

Een vergroting van de passeerbare, onbelemmerde vrij afstromende trajecten kan worden bereikt door

- de stuwen te verlagen (verbetering passeerbaarheid, verkorting van de lengte van opstuwingen) of door
- de passeerbaarheid van locaties door bouwtechnische maatregelen te realiseren, zodanig dat trajecten zonder migratiebelemmeringen op elkaar aansluiten.

6.5.5

Aandeel van niet door opstuwing of bypass aangetast leefgebied

Voldoende grote, vrij afstromende trajecten zijn onmisbaar als natuurlijk leefgebied voor de rheofiele soorten in de beek (hoofdstuk 4.1.3, 4.1.4).

De lengten van de vrij afstromende gedeelten tussen twee migratie-obstakels zijn aangegeven in de strengen 2 en 9. Daarbij wordt geen rekening gehouden met de lengte van tijdelijke aftakkingen/bypasses. Bij de vrij afstromende gedeelten kunnen de trajecten van de zijbeken van de monding tot aan het eerste, niet passeerbare migratie-obstakel opgeteld worden (vermelding met plusteken), indien die niet in een opstuwing of bypasstraject uitmonden.

In het toetsingsschema is in de strengen 6, 7 en 13, 14 volgens Tabel 6.4 beoordeeld of het aandeel van de vrij afstromende trajecten tussen twee migratie-obstakels groter of kleiner

dan 75% is (hoofdstuk 4.3.2). Dit betekent dat het door opstuwing of aftakking aangetaste deel niet groter mag zijn dan 25% van de trajectlengte.

Tabel 6.4: Beoordeling aandeel vrij afstromend leefgebied zonder opstuwing en zonder aftakking (LF: lengte vrij afstromend traject)

	Aandeel van het vrij stromende traject tussen twee migratie-obstakels			
	Vissen		Macrofauna	
Criterium	LF > 75 %	LF < 75 %	LF > 75 %	LF < 75 %
Beoordeling	goed	onvoldoende	goed	onvoldoende

Het aandeel van het vrij afstromende traject kan worden vergroot, door

- stuwhoogten te verlagen (korter maken opstuwingslengte)
- stuwen te verwijderen (opstuwing vervalt)

6.5.6

Tot nu toe niet meegewogen beoordelingscriterium: aftakkingstraject als migratie-obstakel

Het criterium van het passeerbare aftakkingstraject is tot nu toe niet in het toetsingsschema opgenomen, omdat de voor de beoordeling noodzakelijke gegevens voor de Geul niet beschikbaar zijn. Zijn voldoende gegevens beschikbaar, dan kan rekening worden gehouden met het criterium.

Om aftakkingen/bypasses passeerbaar te laten zijn, moet gezorgd worden voor een bepaalde minimale afvoer $Q_{\min}$ die garandeert dat in het aftakkingstraject een ononderbroken migratiecorridor met voldoende diepte ontstaat (hoofdstuk 4.1.4). Omdat de beekstructuur en de doelsoorten voor de verschillende trajecten verschillend kunnen zijn, dient $Q_{\min}$ eventueel per traject bepaald te worden.

Dit criterium wordt nader toegelicht in hoofdstuk 4.1.4, waar de situatie voor individuele locaties wordt beschreven.

Tabel 6.5: Voorbeeld van een beoordeling van de passeerbaarheid van het bypasstraject voor vissen en macrofauna ($Q_{\min}$: minimale afvoer)

Passeerbaarheid aftakkingstraject (bypass)			
Criterium	Beektraject 1	$Q_{\min} \geq 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\min} < 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$
	Beektraject 2	$Q_{\min} \geq 0,50 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\min} < 0,50 \text{ m}^3/\text{s}$
	...		
Beoordeling		goed	slecht

6.6

Toelichting bij de beoordeling van molens en Geul-trajecten

Hieronder worden de belangrijkste aspecten van de betreffende locaties en beektrajecten en de veranderingen door extra molenexploitatie beschreven.

Molen Terbruggen (B)

De molen Terbruggen is de laatste molen van het Belgische deel van de Geul. Daar wordt een waterrad geëxploiteerd op temporeaire basis. Bij de stuw bevindt zich een vistrap met een sterk beperkte vindbaarheid, die vanwege de relatief hoge treden tussen de bekkens als niet passeerbaar is beoordeeld (Afbeelding 6.2).

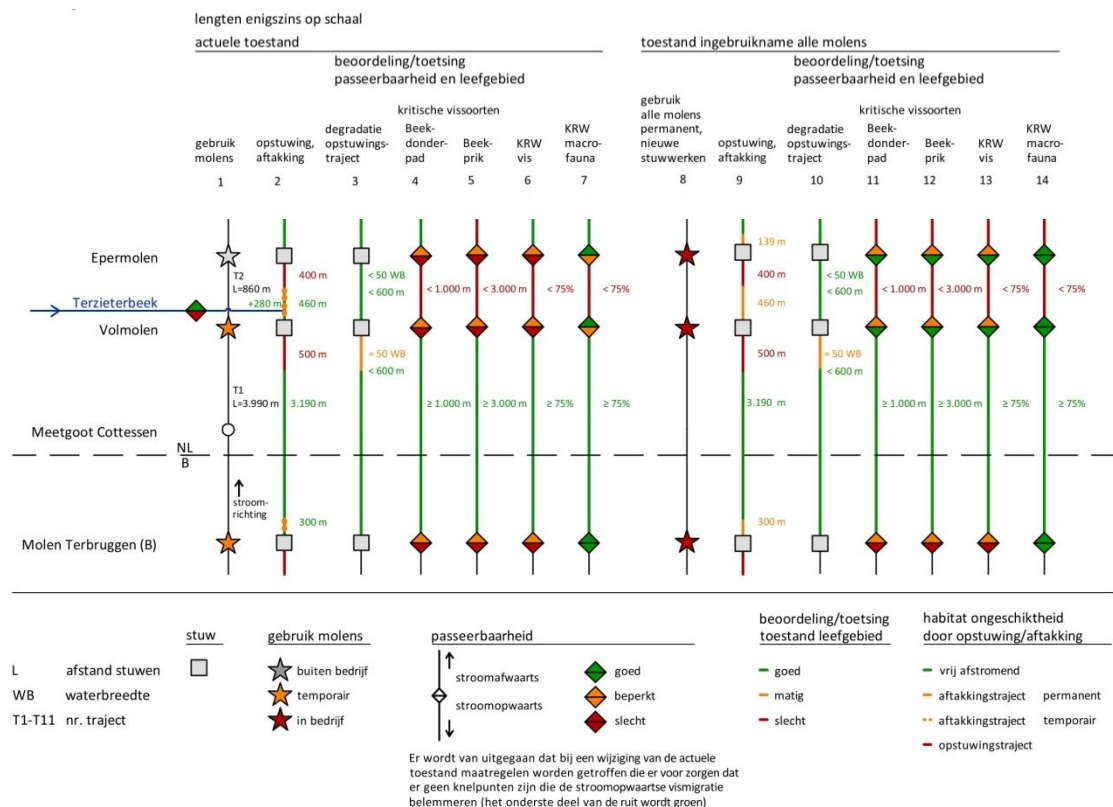
Molen Terbruggen (B)	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Locatie stroomopwaarts "slecht" passeerbaar voor vissen, stroomafwaarts "matig"; passeerbaarheid voor macrofauna "matig".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	De beoordeling werd niet voor een gewijzigd bedrijf aangepast, omdat de Belgische eisen of voorschriften niet bekend zijn.

Traject T1

Traject tussen de stuw Molen Terbruggen (B) en de stuw Volmolen

Dit deeltraject van de Geul loopt circa 1,1 km over Belgisch gebied. Circa 1,4 km na de Molen Terbruggen bevindt zich de meetgoot Cottessen. Het opstuwingstraject van de Volmolen ligt met 500 m op de grens voor maximaal toegelaten degradatietrajecten (Afbeelding 6.2).

T1	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Relatief lang vrij afstromend traject, beoordeling in alle gedeelten "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molens	Aftakkingstraject op Belgisch gebied niet meer temporair, maar permanent.
	Beoordeling: De beoordeling van het traject blijft in totaal "goed".



Afbeelding 6.2: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T1 en T2 van de Geul

Volmolen

Bij de Volmolen wordt het waterrad op temporaire basis ingezet. Bij deze locatie bevindt zich geen vispassage. Voor vissen die via de beek afdalen, bestaat een risico op verwondingen bij de stuw (Afbeelding 6.2).

Volmolen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Vispassage stroomopwaarts "slecht" op deze locatie, passeerbaarheid stroomafwaarts "matig" vanwege risico op verwonding aan de stuw; Macrofauna: passage stroomopwaarts "matig", stroomafwaarts "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	stroomopwaarts passeerbaarheid moet beter

Traject T2

Traject tussen stuw Volmolen en stuw Epermolen

De afstand tussen deze twee stuwen is met 900 m relatief klein. Over 400 m is dit traject opgestuwd voor de Epermolen. In het tijdelijke aftakkingstraject van de Volmolen mondt de Terzieterbeek uit, waarmee het leefgebied met 280 m Terzieterbeek wordt uitgebreid. De omvang van het onveranderde leefgebied is desondanks kleiner dan 1.000 m (Afbeelding 6.2). De tijdelijke aftakking wordt niet meegerekend als gedegrademd leefgebied. Bij het permanent in bedrijf nemen wordt de aftakking wel als gedegrademd beschouwd en verslechtert de situatie verder.

T2	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Omvang leefgebied voor indicatorsoorten (vissen) te gering, relatief kort vrij afstromend traject.
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Aftakkingstraject niet meer temporair, maar permanent. Beoordeling: De bestaande "slechte" toestand van het traject wordt nog slechter. De actuele toestand voldoet al niet aan de eisen.

Epermolen

Bij de Epermolen bevindt zich een vispassage bij de stuw, die echter niet functioneel is. De passeerbaarheid van deze locatie wordt daarom als "slecht" beoordeeld. Vanwege het risico op verwondingen bij de stuw wordt de stroomafwaartse passeerbaarheid in de bestaande situatie als "matig" beoordeeld (Afbeelding 6.2).

Momenteel is in de molen geen waterkrachtinstallatie aanwezig. Bij een hernieuwde inbedrijfstelling is te verwachten dat weer een Francis-turbine wordt ingebouwd.

Epermolen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Vispassage stroomopwaarts "slecht" op deze locatie, passeerbaarheid stroomafwaarts "matig" vanwege risico op verwonding aan de stuw; Macrofauna: passage stroomopwaarts "matig", stroomafwaarts "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Bij inbedrijfstelling van een Francisturbine: Verwondingsrisico voor alle vissen bij ontoereikende visbescherming.

Traject T3

Traject tussen stuw Epermolen en stuw Bovenste Molen

De Nutbron mondt voor het opstuwingstraject van de Bovenste Molen uit in de Geul. In de Nutbron bevindt zich enkele meters voor de monding een duiker die stroomopwaarts niet passeerbaar is. Daardoor wordt het vrij stromende traject slechts in geringe mate vergroot naar ca. 2.520 m. Daarmee voldoet dit niet aan de voor de Beekprik geëiste 3.000 m leefgebied (Afbeelding 6.3).

In dit traject is voor de hypothetisch toestand als voorbeeld een nieuwe stuw met een waterkrachtinstallatie ingetekend (Nieuw initiatief, Afbeelding 6.3). Omdat het leefgebied daardoor zou verslechteren (<75% vrij stromend traject boven de stuw en <3.000 m leefgebied voor de Beekprik), zou deze locatie volgens de ecologische eisen (hoofdstuk 6.4) niet toelaatbaar zijn. Als wel aan deze criteria voldaan zou worden, zou de stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid van de nieuwe locatie als voorwaarde moeten worden gesteld. Er moet dan nog wel rekening worden gehouden met een schaderisico bij stroomafwaartse migratie bij de watermolen.

T3	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Omvang leefgebied is voldoende voor Beekdonderpad, maar niet voor Beekprik. Aan 75%-criterium is voldaan.
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Hier wordt bij wijze van voorbeeld getoond, wat de uitwerking van de nieuwbouw van een stuw met molen kan zijn. Een vrij afstromend traject van 75% is boven de stuw niet meer gegarandeerd. Omvang leefgebied is niet voldoende voor Beekdonderpad noch voor Beekprik.
	Beoordeling: Door de nieuwe stuw wordt het vrij afstromende traject zodanig ingekort, dat aan geen van de criteria meer wordt voldaan.

Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH
December 2015

Bovenste Molen

Bij de Bovenste Molen is een waterrad geïnstalleerd dat momenteel niet in gebruik is. Er bestaat een bypass waarvan de vindbaarheid en passeerbaarheid als "matig" ingeschat moet worden. Bij deze locatie kan vis zonder risico's stroomafwaarts migreren (Afbeelding 6.3).

Bovenste Molen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Passeerbaarheid stroomopwaarts "matig" en stroomafwaarts "goed" Macrofauna: passeerbaarheid stroomopwaarts en stroomafwaarts "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Bij inbedrijfstelling van het waterrad: extra verwondingsrisico voor alle vissen.
	Beoordeling: Aan de stroomopwaartse migratie worden aanvullende eisen gesteld, waardoor deze "goed" wordt. Stroomafwaartse migratie door vissen verandert van "goed" naar "matig".

Traject T4

Traject tussen stuw Bovenste Molen en stuw Commandeursmolen

Dit traject verkeert in een slechte toestand. De afstand tussen de molens is met 780 m relatief gering en het traject wordt negatief beïnvloed door de 400 m lange opstuwing door de Commandeursmolen (Afbeelding 6.3). Er is onvoldoende leefgebied voor de Beekdonderpad en de Beekprik en er is slechts een relatief kort vrij afstromend gedeelte.

Zou de Bovenste Molen in bedrijf genomen worden, dan zou de permanente bypass tot een verdere aantasting van het leefgebied leiden. Reeds in de actuele toestand is behoefte aan maatregelen.

T4	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Omvang levensruimte voor indicatorsoorten (vissen) te gering, relatief kort vrij afstromend traject, voldoet niet aan 75%-criterium.
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Aftakkingstraject niet meer tijdelijk, maar permanent.
	Beoordeling: De bestaande "slechte" toestand van het traject wordt nog slechter. De actuele toestand voldoet al niet aan de eisen.

Commandeursmolen

Bij de Commandeursmolen is een Francis-turbine in permanent bedrijf. Daardoor bestaat daar een verhoogd risico op verwondingen voor stroomafwaarts migrerende vissen. Bij deze locatie bevindt zich een niet functionerende vispassage. De locatie is stroomopwaarts niet passeerbaar (Afbeelding 6.3).

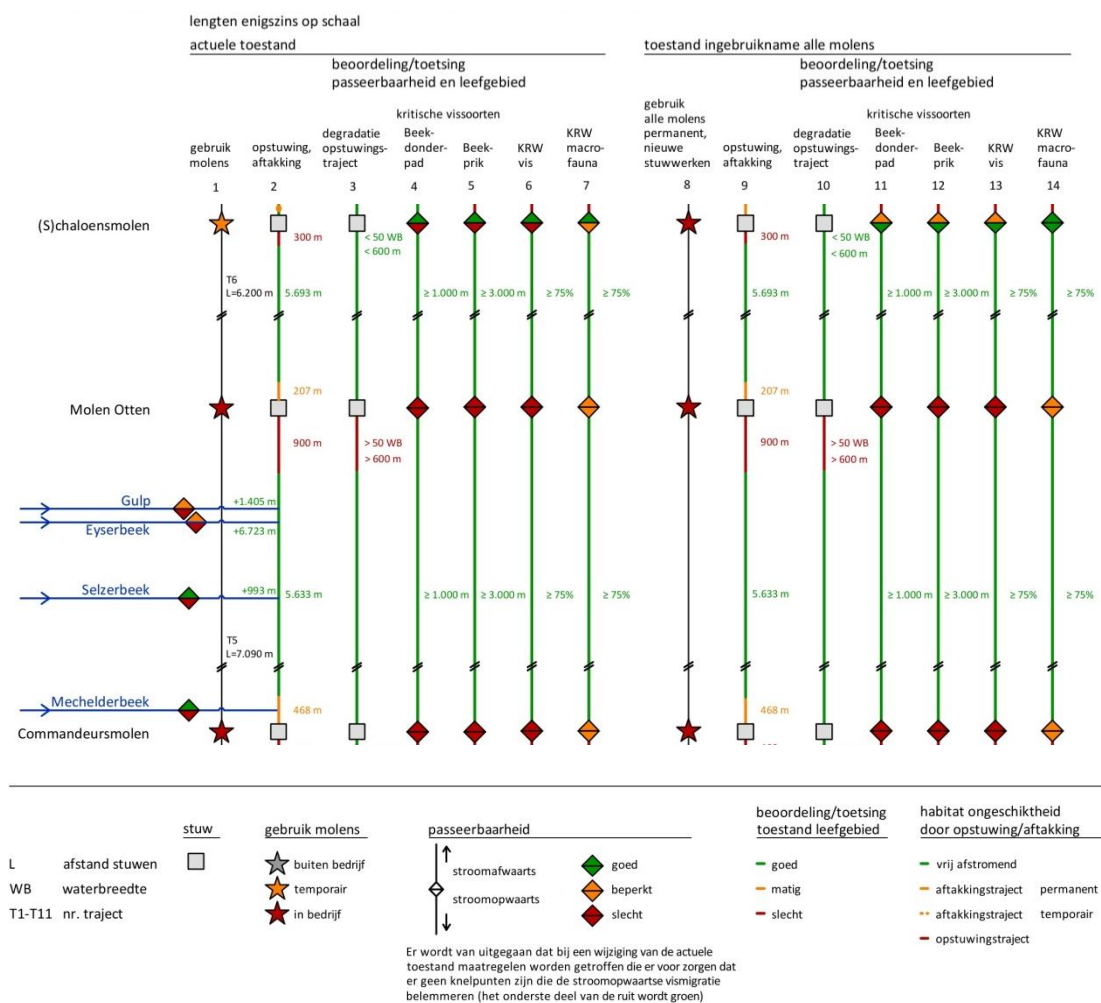
Commandeursmolen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand (Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen niet van toepassing i.v.m. permanent actueel gebruik)	Passeerbaarheid van de locatie stroomopwaarts en stroomafwaarts "slecht", Macrofauna: passeerbaarheid stroomopwaarts en stroomafwaarts "matig". Zonder extra maatregelen zal de passeerbaarheid niet veranderen.

Traject T5

Traject tussen stuw Commandeursmolen en stuw Molen Otten

Dit traject behoort met meer dan 5,5 km lengte en verschillende zijbeken (ca. 1,5 km extra lengte) tot de als "goed" aan te merken trajecten van de Nederlandse Geul (Afbeelding 6.4). Alleen het lange opstuwingstraject van 900 m van de Molen Otten wordt als degradatietraject negatief beoordeeld. De lengte van het opstuwingstraject zou door een verlaging van het stuwpeil ingekort kunnen worden. Bovendien heeft het effluent van de waterzuiveringsinstallatie een nadelige invloed op de waterkwaliteit in het stuwtraject.

T5	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand (Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen niet van toepassing i.v.m. permanent actueel gebruik)	Relatief lang vrij afstromend traject, beoordeling in alle gedeelten "goed", behalve bij degradatie van het leefgebied in het opstuwingstraject, daar oordeel "slecht". Zonder extra maatregelen, zoals het verlagen van de stuw van Molen Otten, zal de passeerbaarheid van opstuwingsgedeelte niet veranderen.



Afbeelding 6.4: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T5 en T6 van de Geul

Molen Otten

Op deze locatie is geen vispassage aanwezig. Het ene waterrad is permanent in bedrijf voor stroomopwekking, het andere wordt op temporaire basis voor het malen van graan gebruikt. De stroomopwaartse en -afwaartse migratie is beoordeeld als niet mogelijk en "slecht" (Afbeelding 6.4).

Molen Otten	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand (Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen niet van toepassing i.v.m. permanent actueel gebruik)	Passeerbaarheid stroomopwaarts "slecht" voor vissen, passeerbaarheid stroomafwaarts "slecht", macrofauna: passeerbaarheid stroomopwaarts en stroomafwaarts "matig"

Traject T6

Traject tussen de stuw Molen Otten en de stuw Schaloensmolen

Dit traject is het langste, passeerbare en vrij afstromende traject van de Nederlandse Geul. Het biedt voldoende leefgebied voor de te beschouwen aquatische fauna (Afbeelding 6.4).

T6	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Relatief lang vrij afstromend traject, beoordeling in alle gedeelten "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Geen veranderingen in de vrije afstroming. Beoordeling: zoals actuele toestand

Schaloensmolen

Bij de Schaloensmolen wordt op temporaire basis een waterrad in de molentak gebruikt. Hoewel deze locatie een vistrap heeft, is deze stroomopwaarts niet passeerbaar. Stroomafwaarts bestaat geen risico op verwondingen (Afbeelding 6.4).

Schaloensmolen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Passeerbaarheid stroomopwaarts "slecht" voor vissen, passeerbaarheid stroomafwaarts "goed", macrofauna: passage stroomopwaarts "matig", stroomafwaarts "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Extra verwondingsrisico voor alle vissen bij het waterrad.
	Beoordeling: Bij inbedrijfstelling van het waterrad verslechtert de beoordeling van de stroomafwaartse passeerbaarheid voor vissen naar "matig". Aan de stroomopwaartse migratie worden aanvullende eisen gesteld, waardoor deze "goed" wordt.

Traject T7 tot en met T11

De stuwen tussen deze trajecten zijn in de actuele toestand stroomopwaarts en stroomafwaarts passeerbaar, zodat men de trajecten als ononderbroken stromend traject zou kunnen samenvatten (Afbeelding 6.1). In de trajecten T7, T10 en T11 zijn echter bij de Walramstuw, bij het Verdeelwerk Geulke en de Grote Molen opstuwingstrajecten aanwezig die vanwege hun lengte als degradatietraject de beoordeling "slecht" krijgen.

De trajecten T9 en T10 zouden echter vanwege de onbelemmerde passeerbaarheid gezamenlijk beschouwd kunnen worden, waardoor de beoordeling van het leefgebied voor T10 in de actuele toestand hoger zou uitvallen.

Traject T7

Traject tussen de stuw Schaloensmolen en de Walramstuw

Dit traject wordt sterk negatief beïnvloed door het lange opstuwingsgedeelte bij de Walramstuw (Afbeelding 6.5). Door de inbedrijfstelling van de Schaloensmolen zou het leefgebied door het permanent worden van het aftakkingstraject nog verder worden aangetast.

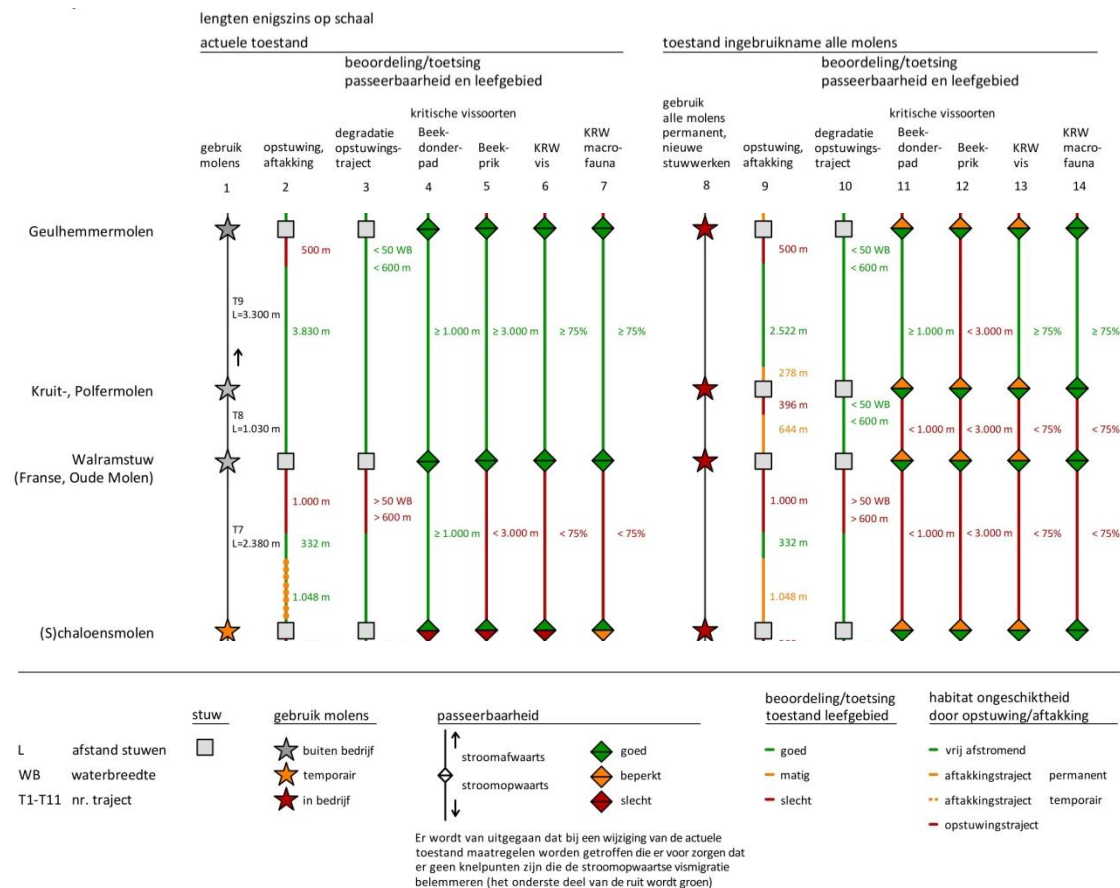
T7	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Beoordeling leefgebied en degradatie opstuwingstraject "slecht" behalve voor de omvang van het leefgebied voor Beekdonderpad.
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Door aftakkingstraject extra verandering van het leefgebied, verslechtering voor de omvang van het leefgebied voor Beekdonderpad.
	Beoordeling: De actuele toestand voldoet al niet aan de eisen, verslechtering door extra molenbedrijf.

Walramstuw

Bij de Walramstuw bevindt zich de aftakking naar de Oude en Franse Molen in Valkenburg (Afbeelding 6.5). Beide molens zijn gelegen aan dezelfde molentak en zijn momenteel buiten bedrijf. Bij de Franse Molen werd in 2013 een waterrad geïnstalleerd.

Bij de Walramstuw bevindt zich een goed functionerende vistrap die ook stroomafwaarts wordt gebruikt, wanneer voldoende water voor de afslagtak beschikbaar is.

Walramstuw (Franse, Oude Molen)	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Passeerbaarheid stroomopwaarts en stroomafwaarts voor vissen en macrofauna "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Bij inbedrijfstelling van de waterraderen: extra verwondingsrisico voor alle vissen. Bij extra watertoevoer naar de molentak verslechtert de vindbaarheid van de vistrap bij de Walramstuw.
	Beoordeling: Ook bij inbedrijfstelling van slechts 1 waterrad verslechtert de beoordeling van de stroomafwaartse passeerbaarheid voor vissen naar "matig". Ten behoeve van de stroomopwaartse migratie moet ervoor gezorgd worden dat de vindbaarheid van de afslagtak goed blijft.



Afbeelding 6.5: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T7 t/m T9 van de Geul

Traject T8

Traject tussen Walramstuw en stuw Kruitmolen

Bij de Kruitmolen is de schuif van de stuw geopend en er is dus effectief geen stuw meer die de passeerbaarheid belemmert, noch opstuwing veroorzaakt. In het toetsingsschema is daarom voor de actuele toestand het traject T8 en T9 als passeerbaar traject weergegeven, zodat een relatief lang vrij afstromend traject ontstaat (Afbeelding 6.5). Bij hernieuwde ingebruikname van de Kruitmolen moet het deeltraject T8 individueel worden beoordeeld. Dit traject zou bij de ingebruikname van de Franse of Oude molen en het daardoor ontstane aftakkingstraject veranderen. In combinatie met het opstuwingstraject van de Kruitmolen voldoet het traject niet langer als geschikt leefgebied.

T8	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Beoordeling leefgebied en passeerbaarheid opstuwingstraject "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Door ingebruikname van de Kruitmolen wordt het vrij afstromende traject tot aan de Geulhemmermolen opgedeeld. Het beschikbare leefgebied is hier relatief gering. Er ontstaat een extra opstuwingstraject. Het gehele traject wordt als leefgebied aangetast en voldoet ook niet meer aan het 75%-criterium.
	Beoordeling: De toestand verandert van "goed" naar "slecht"

Kruitmolen

Vroeger werd hier het water via een aftakking naar een waterrad gevoerd. De stuwschuif voor de opstuwing van de Geul is tegenwoordig geopend, zodat op deze locatie momenteel geen migratie-obstakel aanwezig is (Afbeelding 6.5).

Kruitmolen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Geen migratie-obstakel aanwezig. Passeerbaarheid stroomopwaarts en stroomafwaarts voor vissen en macrofauna is daarom "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Bij ingebruikname van een waterkrachtinstallatie in het kanaal (voorheen waterraderen): extra verwondingsrisico voor alle vissen.
	Beoordeling: Bij inbedrijfstelling van een waterrad verslechtert de beoordeling van de stroomafwaartse passeerbaarheid voor vissen naar "matig". Er moet een voorziening komen ten behoeve van onbelemmerde stroomopwaartse migratie, waardoor deze "goed" blijft.

Traject T9

Traject tussen stuw Kruitmolen en stuw Geulhemmermolen

Bij ingebruikname van de Kruitmolen wordt het vrij afstromende gedeelte van T9 kleiner dan 3.000 m (Afbeelding 6.5).

T9	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Beoordeling leefgebied en passeerbaarheid opstuwingstraject "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Door ingebruikname van de Kruitmolen wordt het vrij afstromende traject dat tot aan de Geulhemmermolen loopt, opgedeeld. Het beschikbare leefgebied is dan kleiner dan de voor de Beekprik vereiste 3.000 m.
	Beoordeling: De beoordeling van de omvang van het leefgebied voor de Beekprik verandert van "goed" naar "slecht".

Geulhemmermolen

De locatie is stroomopwaarts en stroomafwaarts passeerbaar (Afbeelding 6.5).

Geulhemmermolen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Passeerbaarheid stroomopwaarts en stroomafwaarts voor vissen en macrofauna „goed“.
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Bij ingebruikname van een waterrad in het kanaal: extra verwordingsrisico voor alle vissen.
	Beoordeling: Bij inbedrijfstelling van een waterrad verslechtert de beoordeling van de stroomafwaartse passeerbaarheid voor vissen naar „matig“. Ten behoeve van de stroomopwaartse migratie moet ervoor gezorgd worden dat de vindbaarheid van de afslagtak goed blijft.

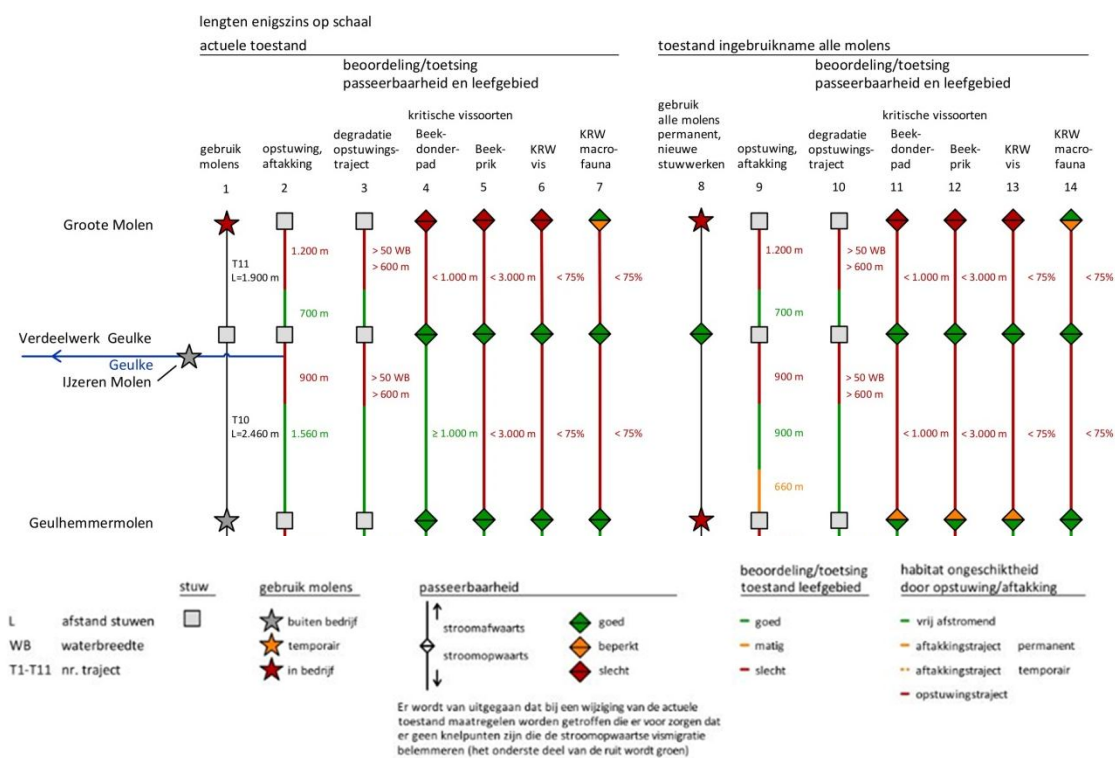
Traject T10

Traject tussen stuw Geulhemmermolen en verdeelwerk Geulke

Het traject wordt negatief beïnvloed door de relatief grote opstuwing bij het verdeelwerk Geulke. Het opgestuwde gedeelte wordt als degradatietraject beoordeeld met "slecht". Voor de Beekdonderpad is het leefgebied toereikend, maar dat is niet het geval voor de

Beekprik (Afbeelding 6.6). Aan het 75%-criterium voor een toereikend leefgebied wordt niet voldaan.

T10	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand	Beoordeling omvang leefgebied voor Beekprik "slecht" en voldoet ook niet aan het 75%-criterium. Omvang leefgebied Beekdonderpad "goed".
Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen	Door permanent worden aftakkingstraject voldoet het traject niet langer als leefgebied voor de Beekdonderpad. Beoordeling: De actuele toestand voldoet al niet aan de eisen, verslechtering door extra molenbedrijf.



Afbeelding 6.6: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T10 en T11 van de Geul

Verdeelwerk Geulke

Bij het verdeelwerk is een functionerende vispassage aanwezig. Op deze locatie staat geen watermolen en er is er ook geen voorzien. De locatie is passeerbaar (Afbeelding 6.6).

Verdeelwerk Geulke	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand	Passeerbaarheid van de stuw stroomopwaarts en stroomafwaarts voor vissen en macrofauna "goed". Passeerbaarheid van het opstuwingstraject "slecht".
Toekomstige toestand	Geen veranderingen voorzien

Traject T11

Traject tussen de verdeelwerk Geulke en de Groote Molen

Dit relatief korte traject tussen de kustwerken wordt negatief beïnvloed door het lange opstuwingstraject voor de Groote Molen (Afbeelding 6.6).

T11	Inschatting actuele toestand en toestand bij permanent molenbedrijf
Actuele toestand (Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen niet van toepassing i.v.m. permanent actueel gebruik)	Beoordeling degradatietraject opstuwing: "slecht". Relatief kort vrij afstromend traject, beoordeling van het leefgebied in alle opzichten "slecht".

Groote Molen

Bij de Groote Molen is een Francis-turbine in permanent bedrijf. Daardoor bestaat daar een verhoogd risico op verwondingen voor stroomafwaarts migrerende vissen. Bij deze locatie bevindt zich geen vispassage. De locatie is niet passeerbaar (Afbeelding 6.6).

Groote Molen	Inschatting passeerbaarheid
Actuele toestand (Veranderingen bij permanent bedrijf van de molen niet van toepassing i.v.m. permanent actueel gebruik)	Passeerbaarheid vissen van de locatie stroomop- en stroomafwaarts "niet passeerbaar", passeerbaarheid macrofauna stroomopwaarts matig, stroomafwaarts goed.

6.7

Resultaat van de toetsing van de ingebruikname van extra molens aan de Geul

Het toetsingsschema geeft aan de hand van het voorbeeld van de Geul en geselecteerde beoordelingscriteria de invloed van watermolens op de aquatische ecologie aan. Door de schematische uitwerking kunnen diverse aspecten in een overzichtelijke vorm worden gepresenteerd.

6.7.1

Actuele toestand

Het is duidelijk dat er reeds in de actuele situatie beektrajecten en stuwen bestaan die niet aan de gestelde eisen voldoen. Daarbij is geen rekening gehouden met de invloed van het temporaire bedrijf van molens bij de beoordeling van stroomafwaartse passeerbaarheid (passeerbaarheid aftakkingstraject) en bij de leefgebiedsverandering door aftakkingen naar molentakken.

De stroomopwaarts en stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid is slechts bij vier stuwen ongehinderd mogelijk: bij het verdeelwerk Geulke, de Geulhemmermolen, de Kruitmolen en de Walramstuw. Voor de resterende acht stuwen werd de stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid als "matig" of "slecht" beoordeeld.

De negatieve beoordeling als gevolg van de degradatie door de opstuwingen leidt er toe - ondanks de passeerbaarheid van de Walramstuw en het verdeelwerk Geulke - dat er bij de vrij afstromende trajecten van de Geul tussen de trajecten T7 en T11 geen sprake is van een adequaat samenhangend geheel.

Vooraf de toestand van de trajecten tussen de Volmolen en de Epermolen (T2) en tussen de Bovenste Molen en Commandeursmolen (T4) dient als leefgebied voor vissen en macrofauna volgens de vastgestelde criteria te worden beoordeeld als slecht. Vanwege de geringe afstanden tussen de molens hebben de opstuwingen een negatieve uitwerking op de beoordeling van het leefgebied voor vissen en macrofauna.

In het verdere verloop van de Geul zijn relatief lange opstuwingsgedeelten aanwezig. Daardoor is het aandeel van de vrij afstromende gedeelten in de trajecten T7, T10 en T11 kleiner dan 75%.

De vrij afstromende gedeelten in de trajecten T7 en T11 dienen als leefgebied voor de Beekprik als te gering te worden beschouwd. In het traject T11 boven de Groote Molen haalt de omvang van het leefgebied voor de Beekdonderpad niet de nagestreefde 1.000 m.

6.7.2

Hypothetische toestand bij permanent bedrijf van alle molens

Bij de inbedrijfstelling van nieuwe, ongebruikte of temporair gebruikte molens is bij de beoordeling en weergave in het toetsingsschema ervan uitgegaan (vereiste), dat bij een verandering in het gebruik maatregelen worden genomen om de stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid te garanderen.

Het in bedrijf nemen van extra molens bij bestaande stuwen resulteert niet - behalve bij de Kruitmolen - in veranderingen van de opstuwingszones, omdat deze al zonder molens bestaan.

Bij de Volmolen en de Schaloensmolen ontstaan extra permanente aftakkingstrajecten. De permanente aftakkingen in de trajecten T7, T8 en T10 leiden ertoe

- dat daar voor de Beekdonderpad de omvang van het leefgebied niet meer als toereikend beoordeeld wordt. Door de extra opstuwings bij de stuw van de Kruitmolen wordt in combinatie met het aftakkingstraject van de Walramstuw het leefgebied over het hele traject T8 negatief beïnvloed.
- Ook in het traject T9, waarvoor het leefgebied actueel als goed beoordeeld wordt, neemt door het aftakkingstraject van de Kruitmolen het leefgebied voor de Beekprik af tot minder dan de nagestreefde 3.000 m.

In traject T3 verslechteren vanwege de virtuele, nieuwe stuw (nieuw initiatief) en de daardoor veroorzaakte opstuwings de leefgebiedscondities bovenstrooms van het nieuwe bouwwerk, bij de gehanteerde hypothetische locatie, opstuwingslengte en aftakkinglengte. Een nieuwbouw binnen dit gedeelte zou niet toelaatbaar zijn met inachtneming van de eisen uit hoofdstuk 6.4.

Het voor de Geul ontwikkelde toetsingsschema is gebaseerd op gegevens die in de regel ook voor andere stroomgebieden kunnen worden bepaald. Daardoor kan het ondanks de veelal verschillende omstandigheden op de diverse locaties als algemeen geldend schema worden toegepast.

Samenvatting

In het kader van dit onderzoeksrapport zijn de effecten van watermolens op de aquatische ecologie in het Geuldal onderzocht, aan de hand van de doelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water en uit Natura 2000.

Daarbij werden de volgende elf beken bekeken: Geul, Gulp, Eyserbeek, Selzerbeek, Zieversbeek, Vaalsbroekermolenbeek, Molenbroekerbeek, Mechelderbeek, Nutbron, Terzieterbeek en zijtak Terzieterbeek.

In deze beken liggen vier watermolens die permanent in bedrijf zijn en drie andere die op tijdelijke basis draaien. Twaalf molens zijn niet in gebruik, maar beschikken in veel gevallen over functionerende stuwen. Een deel van de molens wordt gerestaureerd en enkele eigenaren hebben de wens om molens weer in gebruik te nemen.

De beïnvloeding van de ecologie door de watermolens wordt in essentie veroorzaakt door

- gebrekkige passeerbaarheid en
- leefgebiedsverslechtering door opstuwing en aftakkingstrajecten.

Er bestaan ook nog enkele kleinere bodemvallen die de stroomopwaartse passeerbaarheid belemmeren.

Voor Natura 2000 zijn in het Geuldal de Beekdonderpad en de Beekprik als doelsoorten aangewezen. Vanuit de Kaderrichtlijn Water wordt daarnaast naar de levensgemeenschappen van macrofauna en vis gekeken. De Vlottende waterranonkel geldt als indicatorsoort voor het habitatype "Beken en rivieren met waterplanten". Een ander watergebonden doelstelling binnen Natura 2000 is het habitatype "Vochtige alluviale bossen".

Op basis van gegevens over hydromorfologie en waterkwaliteit is het potentiële leefgebied voor de Beekdonderpad en de Beekprik bepaald en op kwaliteit beoordeeld. Vervolgens is voor de doelsoorten aan de hand van literatuuronderzoek en inschattingen van experts de minimale lengte van een vrij afstromend beektraject bepaald. Voor een toereikend leefgebied wordt voor de Beekdonderpad ongeveer 1.000 m en voor de Beekprik 3.000 m vrij afstromend beektraject aangehouden. Deze trajecten moeten passeerbaar zijn en mogen niet aangetast zijn door opstuwing of aftakking.

De passeerbaarheid van alle kunstwerken door vissen en macrofauna is bepaald en de invloed van de opstuwingstrajecten op de habitatomstandigheden is ingeschat.

Bovendien is telkens tussen twee kunst- of stuwwerken het aandeel bepaald van de vrij afstromende, natuurlijke beekgedeelten die als leefgebied niet aangetast zijn door de

aanwezigheid van opstuwingen en molentakken. Wanneer de lengte van de vrij afstromende trajecten minimaal 75% van de totale lengte bedraagt, wordt dit nog als een acceptabele verslechtering beschouwd.

De belangrijkste bevindingen kunnen als volgt worden samengevat:

- Opstuwingszones blijken een lagere ecologische kwaliteit te hebben dan vrij afstromende beektrajecten. Dit is de reden dat het aandeel van de trajecten die door opstuwing en aftakkingaangetast zijn, als maatstaf voor de degradatie van een beek is gehanteerd. In de Geul bedraagt het aangetaste deel momenteel 18% van de totale lengte op Nederlands gebied.
- Bij de meeste molens bestaan meer of minder grote opstuwingstrajecten. De daaruit resulterende leefgebiedsverslechtering is matig tot gering, wanneer deze gerelateerd wordt aan de totale lengte van de individuele beken: bij de Geul bedraagt deze aantasting 18%, bij het Geulke 16% en bij de Vaalsbroekermolenbeek 11%. Voor alle andere beken is de leefgebiedsverslechtering minder dan 5%. Worden de deeltrajecten echter op individuele basis bekeken, dan zijn er in de Geul problematische trajecten, waar de opstuwingslengte zeer groot is, de bedding zeer breed is en de stroomsnelheden relatief laag zijn (bijvoorbeeld bij Molen Otten). Daarbij vormen opstuwingen en/of aftakkingstrajecten die dicht achter elkaar liggen en daardoor het aandeel van 75% voor de vereiste vrij afstromende trajecten onderschrijven een probleem (bijvoorbeeld bij de Commandeursmolen, Bovenste Molen).
- Momenteel zijn slechts vier van de 17 molenlocaties stroomopwaarts passeerbaar voor vis. Bovendien bestaan er kleinere bodemvallen in de Selzerbeek, Zieversbeek, Mechelderbeek, Nutbron en Terzieterbeek die de stroomopwaartse passeerbaarheid verhinderen.
- De stroomafwaarts gerichte passeerbaarheid is op drie molenlocaties als "slecht" beoordeeld, zeven locaties beschikken over "beperkte" stroomafwaartse passeerbaarheid en bij acht locaties wordt de stroomafwaartse passeerbaarheid als "goed" beoordeeld.
- Bij bijna alle molens wordt uit de beken water afgeleid via een molentak. De oorspronkelijke beek wordt hierdoor een aftakkingstraject. De mate waarin hierin leefgebiedsverslechtering optreedt, is van meerdere factoren afhankelijk. Het al dan niet permanent in bedrijf zijn van molens speelt hierbij een belangrijke rol. Alleen de Groote Molen ligt als waterkrachtcentrale direct aan de beek.

Er is een toetsingsschema ontwikkeld dat de effecten van het huidige en hypothetisch additionele molengebruik op de aquatische ecologie aanschouwelijk maakt. De concrete uitwerking vindt plaats aan de hand van de Geul als voorbeeld.

De volgende criteria zijn gehanteerd bij de beoordelingen:

- o Stroomopwaartse en stroomafwaartse passeerbaarheid
- o Maximale lengte van opstuwingstrajecten, waarin sprake is van gedegradeerd leefgebied. Deze hangt af van de lengte van de opstuwing die maximaal 50 keer de beekbreedte mag bedragen, met een absoluut maximum van 600 m.
- o Vereiste omvang van het leefgebied voor de aangewezen vissoorten volgens Natura 2000. Voor het Geuldal zijn dit Beekdonderpad en Beekprik. Hiervoor wordt een absoluut criterium gehanteerd van respectievelijk 1000 en 3000m vrij afstromend beektraject.
- o Het aandeel met vrije afstroming tussen twee stuw- of molenlocaties. Voor de Kaderrichtlijn Water geldt als relatief criterium: minimaal 75% van het traject moet vrij afstromend zijn.

Het toetsingsschema laat zien dat reeds in de actuele toestand individuele trajecten te sterk aangetast zijn en daarom een relatief slechte beoordeling krijgen. Als molens opnieuw worden geactiveerd of nieuwe kunstwerken worden gerealiseerd, dan zal in meer trajecten van de Geul een verslechtering van de toestand ontstaan.

8

Literatuur

- ADAM, B. (1996): Zur Berücksichtigung von Wirbellosen beim Bau von Fischaufstiegsanlagen. - Österr. Fischerei 49, p. 186 - 190.
- ADAM, B. (1999): Aalabwanderung - Ergebnisse von Versuchen in Modellgerinnen. - Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes 70, 37 - 68.
- ADAM, B. (2000): MIGROMAT- ein Frühwarnsystem zur Erkennung der Aalabwanderung.- Berlin (Blackwell Wissenschafts-Verlag), Wasser & Boden, 52/4, 16-19
- ADAM, B. (2002): Durchgängigkeit bei Fließgewässern? - Tagungsband ATV-DVWK-Bundestagung 2002, 263 - 266.
- ADAM, B. (2004): Vermeidung der Schädigung abwandernder Fische durch Wasserkraft- und Wasserentnahmebauwerke. - Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 110/3 (in druk).
- ANDERER, P., CHR. BAUERFEIND, J. GÖRLACH (2014): Durchgängigkeitskonzept Unstrut, in WasserWirtschaft 7/8, 2014.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT GEWÄSSERSANIERUNG (1998): Gutachten zur Wiederherstellung der Durchwanderbarkeit an der Staustufe Wahnhausen/Fulda.- Ingenieurbüro Floecksmühle & Institut für angewandte Ökologie.
- BAINBRIDGE, R. (1960): Speed and stamina in three fish. - J. exp. Biol. 37, 129 - 153.
- BEEKDALEN HEUVELLAND (2009): "Preadvies Beekdalen Heuvellandschap", uitgever Directie Kennis Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Rapport DK nr. 2009/dk108-O
- BfN (2009): Bundesamt für Naturschutz; "Bewertungsschema für die FFH-Lebensraumtypen – Überarbeitung F+E, FFH-Monitoring"
- BKMW 2015: Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water, in voorbereiding, publicatie naar verwachting 2015
- BOLLRICH, G. & G. PREIßLER (uitgever) (1992): Technische Hydromechanik. Grundlagen. – 3. oplage, Verlag Bauwesen, Berlin, ISBN 3-345005-18-2, 465 pagina's.
- BRUIJS, M.C.M. et al. (2003): Management of silver eel: Human impact on downstream migrating silver eel in the river Meuse – Final Report Contract Q5RS-2000-31141, Arnhem (NL).
- BUSSEL, P.W.E.A. VAN (1991): "De molens van Limburg"

- CREEMERS & DELFT (2009): De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9. – Leiden (National Natuurhistorisch Museum Naturalis)
- CROMBAGHS, B., N. van KESSEL, M. KORSTEN, D. LEMMENS, R. GUBBELS & N. BREVÉ (2015). Op weg naar een natuurlijke vislevensgemeenschap in de Geul. Haalbaarheidsstudie naar het behoud en herstel van natuurlijke populaties beekdonderpad, beekprik, riverprik en zalmachtigen in het stroomgebied van de Geul. Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen.
- DUMONT, U., P. ANDERER, U. SCHWEVERS (2005): "Handbuch Querbauwerke", uitgever Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 213 pagina's.
- DUMONT, U., G. Hermens (2012): "Fischabstiegs- und Fischschutzanlagen an der Wasserkraftanlage ECI-Centrale in Roermond/NL", WasserWirtschaft 7/8 2012, p. 89 – 92.
- DURIF, C. (2003): La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla*: Caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. – Dissertatie, Universiteit Toulouse, 348 pag.
- DWA (2005): DWA-Themen: "Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle". – Hennef (DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.), 2. oplage, 256 pag.
- DWA-M 509 (2014): "Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung und Qualitätssicherung", DWA Merkblatt 509, uitgever: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef; publicatie naar verwachting in 2014
- FREYHOF et al. (2005); Freyhoff, J., Kottelat, M. & A. Nolte: Taxonomic diversity of European *Cottus* with description of eight new species. – Ichthyological Exploration of Freshwater, 16: 107
- GISECKE, J. & K. JORDE (1997): Ansätze zur ökologischen Optimierung von Mindestabflussregelungen in Ausleitungsstrecken. – Wasserwirtschaft 87, pag. 232 – 237.
- GUBBELS, R.E.M.B. (2007): Vismigratieknelpunten in stroomgebied Geul, stroomgebied Eijzerbeek, stroomgebied Slezerbeek, stroomgebied Gulp; Waterschap Roer en Overmaas, Sittard NL
- GUBBELS, R.E.M.B. (2010): Waterschap Roer en Overmaas, Sittard NL, persoonlijke mededeling
- HASSINGER, R. (2009): Energieeffiziente künstliche Erzeugung von Leitströmungen bei Fischwanderhilfen. – Zeitschrift Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Wenen, V. 61, Nr. 3-4, 32-34.
- HEILMEIER, TH., MAILER, W. (1994): Neue Ansätze zur Festsetzung von Mindestwasserführungen in Ausleitungsstrecken.- VDI Berichte Nr. 1127.

- HEILMEIER, T. (1997): Hydraulische und morphologische Kriterien bei der Beurteilung von Mindestabflüssen unter besonderer Berücksichtigung der sohnnahen Strömungsverhältnisse. Bericht Nr. 79 des Lehrstuhls für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft TU München und der Versuchsanstalt Obernach.
- HOP, J. (2010): "Onderzoek visfauna nabij watermolens Geul", rapportnummer 20091124/rapp.01, adviesbureau voor bodem, water en ecologie (atkb), opdrachtgever: Waterschap Roer en Overmaas, Sittard
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE (1999) Interner Bericht zum Betrieb des Feinstrechens an der Wasserkraftanlage Floecksmühle.
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2004): Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt - "Entwicklung und Erprobung eines Feinstrechens für Wasserkraftanlagen". AZ 16321. Uitgever: Deutsche Bundesstiftung Umwelt. 3 pag.
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2005): Genehmigungs- und Ausführungsplanung der WKA Sigambria, Aken, niet gepubliceerd.
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2006): Studie und Ausführungsplanung für den Standort Roermond, Aken, niet gepubliceerd.
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2007a): Fischaufstiegsanlage an der Onderste Molen/Commandeursmolen/Geul - Entwurfsplanung; in opdracht van het Waterschap Roer en Overmaas
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2007b): Fischaufstiegsanlage an der Epermolen/Geul - Entwurfsplanung; in opdracht van het Waterschap Roer en Overmaas
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2007c): Fischaufstiegsanlage an der Volmolen/Geul - Entwurfsplanung; in opdracht van het Waterschap Roer en Overmaas
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2010): Wasserkraftanlage Onderste Molen/Commandeursmolen - Überprüfung der Energie-Erzeugung; in opdracht van het Waterschap Roer en Overmaas
- JENS et. al. (1997): Fischwanderhilfen: Notwendigkeit, Gestaltung Rechtsgrundlagen. – SchrR. Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler 11, 11 pag.
- KEUNEKE&DUMONT (2010): "Vergleich von Prognosemodellen zur Berechnung der Turbinen bedingten Fischmortalität", in WasserWirtschaft 9/2010
- KÖHLER, R. (2003): Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg (Landesumweltamt)
- KRAU, F. (2012): Einfluss der Groppe (*Cottus rhenanus*) auf Überlebensrate und Wachstum juveniler Atlantischer Lachse (*Salmo salar*). – Masterscriptie
- LANUV (2011): Strahlwirkungs- und Trittssteinkonzept in der Planungspraxis; LANUV-Arbeitsblatt 16; Kandesamt für Natur, umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2001): Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungstrecken von Wasserkraftanlagen und Festsetzungen im wasserrechtlichen Vollzug. Schwerin.
- LFV-BY (2008): Untersuchung zur Effektivität alternativer Triebwerkstechniken und Schutzkonzepte für abwandernde Fische beim Betrieb von Kleinwasserkraftanlagen. Studie in opdracht van de Landesfischereiverband Bayern e.V.
- LUA_Merkblatt_26 (...): "Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Anleitung für die Kartierung mittelgroßer bis großer Fließgewässer". Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. Merkblatt Nr. 26
- LUNG-MV (2012): Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, "Fortschreibung des Prioritätenkonzeptes zur Planung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit in den Fließgewässern Mecklenburg-Vorpommerns".
- LUWG (2008): Durchgängigkeit und Wasserkraftnutzung in Rheinland-Pfalz, Bewertung der rheinland-pfälzischen Wanderfischgewässer hinsichtlich Durchgängigkeit und Eignung zur Wasserkraftnutzung - Phase 2, LUWG-rapport 2/2008; uitgever Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG), Mainz
- MADER, H. (1992): Festlegung einer Dotierwassermenge über Dotationsversuche, Wiener Mitteilungen, Band 106.
- MINISTERIE VAN DEFENSIE, ARCADIS (2009): "Deelbeheerplan Natura 2000, Oefenterrein De Dellen"
- MOLEN, D.T. VAN DER, R Pot, C.H.M EVERS & L.L.J. NIEUWERBURGH (2012): "Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021." Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer 2012-31: 1-378.
- MUNLV (2005): „Handbuch Querbauwerke“, uitgever Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, bewerking Ingenieurbüro Floecksmühle en Institut für angewandte Ökologie, 213 pagina's.
- NATURA 2000 GEULDAL (2009): "Concept-Beheerplan Geuldal", versie (95%), 9 augustus 2009, Provincie Limburg.
- NATUURBALANS - LIMES DIVERGENS BV (2010): "Visstandbemonstering en vorstandbeoordeling Geul 2010 - Een onderzoek naar de samenstelling van de visfauna in een achttal beken van het stroomgebied van de Geul", Nijmegen, in opdracht van Waterschap Roer en Overmaas.
- O'NEILL; M.P. & ABRAHAMS, A.D. (1984): Objective Identification of Pools and Riffles; in Water Resources Research, Vol. 20, No. 7, p. 921-926
- OVB (2003), Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij: Vismigratievoorzinigen in de Geul, Eyserbeek en Selzerbeek

- PASCH, M. (1997): Ökologische Auswirkungen der Durchflussreduktion an einem Flachlandfluss (Spree). – *Wasserwirtschaft* 87, p. 375 – 376.
- PAVLOV, D. S. (1989): Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR: – *FAO Fisheries Technical Paper* 308, pag. 1 – 97.
- RAVON (2001): Reptielen Amfibieën Vissen. – Nijmegen, 12, jaargang 4, nr. 3
- REITZ, A. & LENZ, S. (2014): „Gewässerökologische Betrachtung zur Flussgebietsstrategie Göhl/Geul“; Büro für Landschaftsplanung Anne Reitz, Ochtingung
- RHEINLAND-PFÄLZISCHER ARBEITSKREIS (1998): Entwurf – Leitfaden zur Ermittlung des ökologisch begründeten Mindestabflusses in Ausleitungsstrecken.
- SCHWEVERS, U. (2004): Anordnung, lichte Weite und Anströmung von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen. – Tagungsband Symposium „Lebensraum Fluss. – Hochwasserschutz, Wasserkraft, Ökologie“, 16 – 19 juni 2004, Wallau
- STATZNER, B., F. KOHMANN & U. SCHMEDTJE (1990): Eine Methode zur ökologischen Bewertung von Restabflüssen in Ausleitungsstrecken. – *Wasserwirtschaft* 80, p. 248 – 254.
- STATZNER, B., F. KOHMANN & A. G. HILDREW (1991): Calibration of FST - hemispheres against bottom shear stress in a laboratory flume. – *Freshwater Biology* 26, p. 227 – 231.
- STEINMANN, I. & R. BLESS (2004b): "Lampetra planeri (Laurenti 1758)". – in: Bundesamt für Naturschutz (uitgever): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000 – Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland, Band 2: Wirbeltiere, pag. 281-286
- STEMSHORN, K. (2007): The genomic make-up of a hybrid species – analysis of the invasive Cottus lineage (Pisces, Teleostei) in the river Rhine system. – Dissertatie Universiteit Keulen
- TLUG 2009 (Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, uitgever): „Fachliche Anforderungen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Thüringer Fließgewässern“
- UBA (2010): F + E Vorhaben: "Wasserkraftnutzung in Deutschland: Wasserrechtliche Aspekte, ökologisches Modernisierungspotenzial und Fördermöglichkeiten" (FKZ 3708 97 200) in opdracht van het Umweltbundesamt, UBA-teksten 22/2010.
- VERSCHOOR, G., O. VAN VELTHUIJSEN (2012): „De vlottende waterranonkel in de Geul - Onderzoek naar voorkomen en kansen voor uitbreiding“, Wateropleidingen Nieuwegein.
- WASHINGTON DEPARTMENT OF FISH (2000): Fish protection screen guidelines for Washington State.

Afbeeldingenregister

Afbeelding 1.1: Onderzoeksgebied Geuldal met Habitatrictlijn-gebieden, beken en bebouwing; uitvergroete kaart in bijlage.....	8
Afbeelding 2.1: Beekdonderpad - actuele verspreiding en potentieel habitat [bron: uitwerking op basis van informatie van Provincie Limburg en WRO]; uitvergroete kaart in bijlage.....	17
Afbeelding 2.2: Beekprik - actuele verspreiding en potentieel habitat [bron: uitwerking op basis van informatie van Provincie Limburg en WRO]; uitvergroete kaart in bijlage.....	18
Afbeelding 2.3: Actueel voorkomen van habitatype H3260A en potentieel habitat "Vlottende Waterranonkel" binnen het Natura 2000-gebied Geuldal [Bron: shape-files van Provincie Limburg]; uitvergroete kaart in bijlage.....	18
Afbeelding 2.4: Actueel voorkomen van vochtige alluviale bossen, subtype C binnen het Natura 2000-gebied Geuldal [Bron: shape-files van Provincie Limburg]; uitvergroete kaart in bijlage.....	19
Afbeelding 3.1: Te onderzoeken beken en watermolens in het stroomgebied van de Geul; [bron: opgesteld aan de hand van shape-files van Provincie Limburg, WRO en gegevens WRO]; uitvergroete kaart in bijlage.....	20
Afbeelding 3.2: Stuwen en watermolens in het te onderzoeken gebied; uitvergroete kaart in bijlage.....	27
Afbeelding 4.1: Locatie met aftakking voor een watermolen. De aangelegde molentak leidt water vanuit de oorspronkelijke beek naar de watermolen. De oorspronkelijke beek wordt dan afslagtak genoemd. De paarse pijlen illustreren het gevolg van concurrerende stroming, waarbij vissen naar beide takken gestuurd worden. *) In de regel wordt slechts één vispassage geïnstalleerd.....	33
Afbeelding 4.2: Totale overlevingsscore p van afdalende vissen in meervoudig opgestuwde beken.	36
Afbeelding 4.3: Locatie van de Volmolen. Noch de waterkrachtinstallatie, noch de aftakingsstuw zijn stroomopwaarts passeerbaar. Daarom is deze locatie als niet passeerbaar beoordeeld.	43
Afbeelding 4.4: Stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid van de locaties van bodemvallen en watermolens in het Geul-stroomgebied (analyse van gegevens van het WRO), uitvergroete kaart in bijlage.....	43
Afbeelding 4.5: Watermolens en stroomopwaarts gerichte bereikbaarheid van het Geulstroomgebied vanuit de Maas; uitvergroete kaart in bijlage.....	46

Afbeelding 4.6: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing in de benedenloop van de Geul (opstuwingsgedeelten volgens GSK); momenteel vindt in dit gedeelte geen permanente aftakking plaats; uitvergroete kaart in bijlage.....	52
Afbeelding 4.7: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking voor de middenloop van de Geul met zijbeken (opstuwingen volgens GSK); momenteel zijn bij Molen Otten, de Neuborgmolen en de Commandeursmolen permanente aftakkingen aanwezig; uitvergroete kaart in bijlage.....	52
Afbeelding 4.8: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking voor de bovenloop van de Geul met zijbeken (opstuwingen volgens GSK); permanente aftakking bij de Commandeursmolen; uitvergroete kaart in bijlage.....	53
Afbeelding 4.9: Mate van leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakking in de Gulp en de Geul (opstuwingen volgens GSK); permanente aftakking bij de Neuborgmolen en bij de Commandeursmolen; uitvergroete kaart in bijlage.....	53
Afbeelding 5.1: Posities van de meetpunten voor analyse van de waterchemie en macrofauna (weergave vlg. gegevens van WRO); uitvergroete kaart in bijlage.	59
Afbeelding 5.2: Ecologische kwaliteitsratio (EKR) voor macrofauna op de diverse meetpunten (weergave volgens gegevens van WRO); uitvergroete kaart in bijlage.	61
Afbeelding 5.3: Vijf structuurklassen voor de beken in het stroomgebied van de Geul (gegevensbron: Gewässer Strukturkartierung (waterstructuurkartering) GSK); uitvergroete kaart in bijlage.	66
Afbeelding 5.4: Waterstructuur - som van de trajectlengtes met gelijke waterstructuurklasse voor beken in het Geul-stroomgebied (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK).....	68
Afbeelding 5.5: Waterstructuur - aandelen in de beeklengtes in 5 klassen voor beken in het Geul-stroomgebied (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK).....	68
Afbeelding 5.6: Waterstructuurparameter bodemsubstraat (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK); uitvergroete kaart in bijlage.....	69
Afbeelding 5.7: Beekdonderpad - Beoordeling van de geschiktheid van het potentiële leefgebied volgens REITZ & LENZ (2014) en actuele populatie volgens WRO; uitvergroete kaart in bijlage.	73
Afbeelding 5.8: Beekprik - Beoordeling van de geschiktheid van het potentiële leefgebied volgens REITZ & LENZ en actuele populatie volgens WRO; uitvergroete kaart in bijlage.....	74
Afbeelding 5.9: Vlottende waterranonkel - Beoordeling van de geschiktheid van de potentiële levensruimte volgens REITZ & LENZ (2014); uitvergroete kaart in bijlage.	74
Afbeelding 6.1: Toetsingsschema voor het waterverloop van de Geul; uitvergroet in bijlage	85

Afbeelding 6.2: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T1 en T2 van de Geul	92
Afbeelding 6.3: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T3 en T4 van de Geul	96
Afbeelding 6.4: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T5 en T6 van de Geul	99
Afbeelding 6.5: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T7 t/m T9 van de Geul	103
Afbeelding 6.6: Uittreksel uit het toetsingsschema (Afbeelding 6.1) voor de trajecten T10 en T11 van de Geul	106

Tabellenindex

Tabel 2.1: Doelstellingen Natura 2000, instandhoudingsdoelen worden weergegeven met een "=" uitbreiding- of verbeterdoelen met een ">"(NATURA 2000 GEULDAL, 2009)	14
Tabel 2.2: Doeldefinitie voor de "goede ecologische toestand" (GET) en het "goede ecologische potentieel" (GEP) voor de rivier-/beektypes R17 (zijbeken Geul) en R18 (Geul)	16
Tabel 3.1: Te onderzoeken beken in het stroomgebied van de Geul	21
Tabel 3.2: De molens in het Geul-stroomgebied en hun bedrijfstoestand; Vmb = Vaalbroeker-Molenbeek, Mb = Molenbroekerbeek [samenstelling volgens info van het WRO en bezichtiging van de molen Terbruggen]; zie voor gegevens over opstuwing Tabel 3.4.....	23
Tabel 3.3: Inschatting van betekenis en belang van de molens volgens BUSSEL (1991) Vmb = Vaalsbroeker-molenbeek, Mb = Molenbroekerbeek.....	25
Tabel 3.4: Ligging van de watermolens en het verval bij stuwen in het stroomgebied van de Geul; * volgens GUBBELS (2007); **gegevens uit terreinbezoek; GSK: waterstructuurkartering; gegevens opstuwing volgens Tabel 4.7	28
Tabel 4.1: Stroomopwaarts gerichte passeerbaarheid van de molenlocaties; Vmb = Vaalbroeker-Molenbeek, Mb = Molenbroekerbeek. De beoordeling heeft betrekking op de gehele locatie incl. aftakking.	44
Tabel 4.2: Beoordeling stroomafwaartse passeerbaarheid voor vissen en macrofauna.....	48
Tabel 4.3: Beoordeling stroomafwaartse migratie door vis per locatie, actueel. Het verwondingsrisico is gebaseerd op de criteria in tabel 4.2.	49
Tabel 4.4: Lengte van de aftakkingstrajecten voor de actuele toestand en voor de hypothetische toestand waarin alle molens zich in permanent bedrijf bevinden.	51
Tabel 4.5: Actuele leefgebiedsverandering (LV) door opstuwing en aftakkingen.....	55
Tabel 4.6: Leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakkingskanalen, wanneer hypothetisch alle molens gereactiveerd zijn en alle aftakkingskanalen in Geul, Gulp, Selzerbeek en Zieversbeek worden meegerekend.	55
Tabel 4.7: Opstuwingslengten uit de waterstructuurkartering GSK 1999/2000 met inschaling van de opstuwingen volgens de GSK-categorieën.....	58
Tabel 5.1: Inschaling van de ecologische kwaliteitsratio EKR.....	60
Tabel 5.2: Kwaliteitsratio EKR macrofauna voor diverse meetpunten volgens Tabel 5.1 (weergave volgens gegevens WRO).....	62

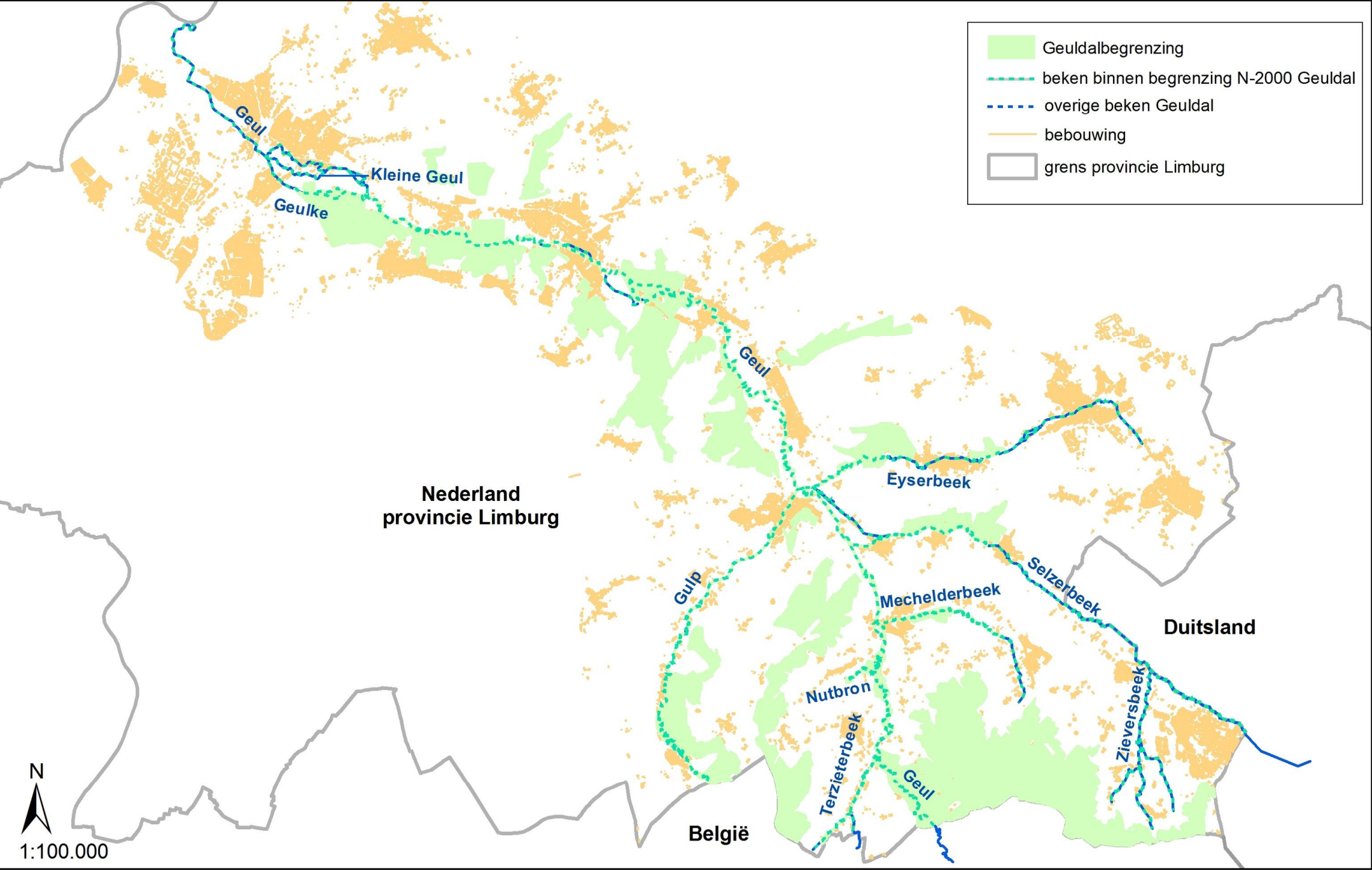
Tabel 5.3: Kwaliteitsratio EKR visfauna (weergave volgens gegevens NATUURBALANS (2010)).....	64
Tabel 5.4: Perioden van vismigratie in de Selzerbeek te Partij; g.i.: geen informatie (bron: WRO).....	65
Tabel 5.5: Aandelen van de beken met verschillende inschalingen van de waterstructuur (gegevensbron: waterstructuurkartering GSK); g.i: geen info	67
Tabel 5.6: Beoordeling van de ecologische toestand van de potentiële leefgebieden	73
Tabel 5.7: Passeerbare watertrajecten zonder leefgebiedsverandering door opstuwing en aftakkingstrajecten, gerefereerd in km afstand tot aan de monding in de Maas; achtergrond wit: < 1.000 m, groen: ≥ 1.000 m, blauw: ≥ 3.000 m	77
Tabel 6.1: Beoordeling van de opstuwingszone als degradatietraject voor vissen en macrofauna. Het slechtst beoordeelde criterium is doorslaggevend voor het eindoordeel. Waterbreedte: WB.....	88
Tabel 6.2: Inschaling van de actuele opstuwing in relatie tot de passeerbaarheid en leefgebiedsverandering van de Geul, beoordeling volgens Tabel 6.1 in kleur weergegeven.	88
Tabel 6.3: Beoordeling van de grootte van de leefgebied voor Beekdonderpad en Beekprik (LF: lengte vrij afstromend traject).....	89
Tabel 6.4: Beoordeling aandeel vrij afstromend leefgebied zonder opstuwing en zonder aftakking (LF: lengte vrij afstromend traject).....	90
Tabel 6.5: Voorbeeld van een beoordeling van de passeerbaarheid van het bypasstraject voor vissen en macrofauna ($Q_{\min}$: minimale afvoer).....	91

Formuleregister

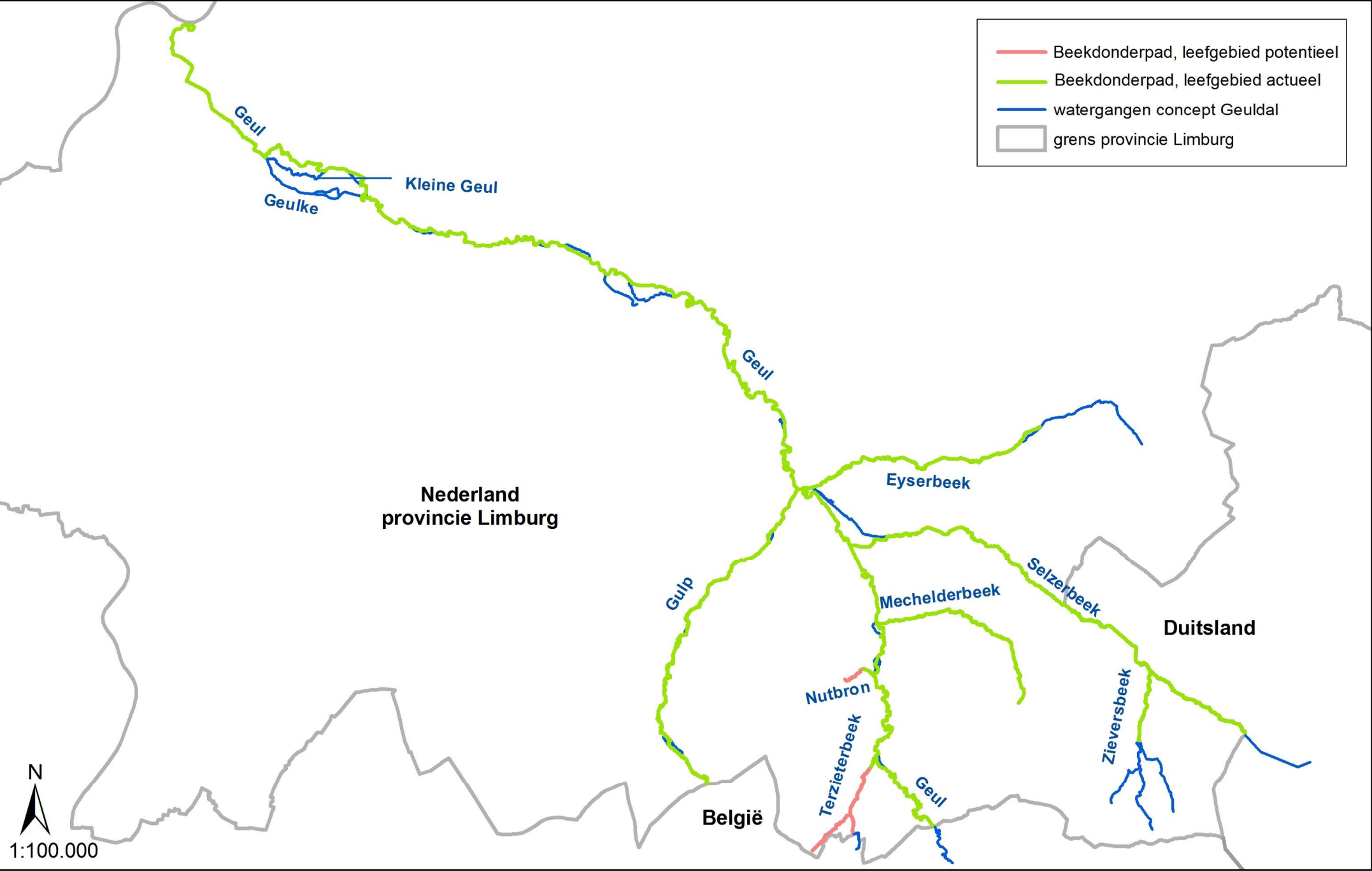
Formule 4.1: Berekening van de totale overlevingsscore uit individuele score bij gelijke $q_{..35}$

Bijlage: Uitvergrote kaartweergaven

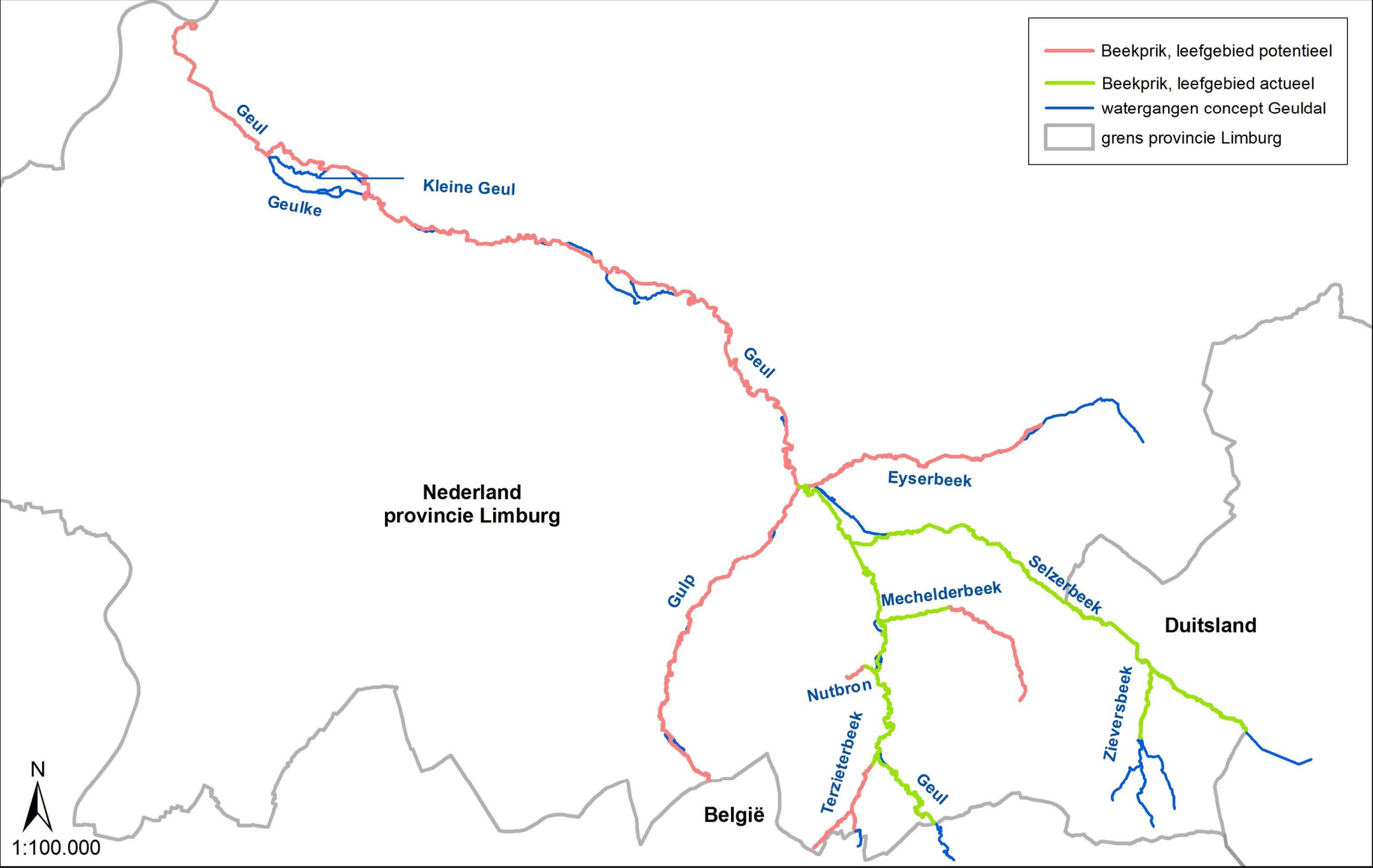
Afbeelding 1.1



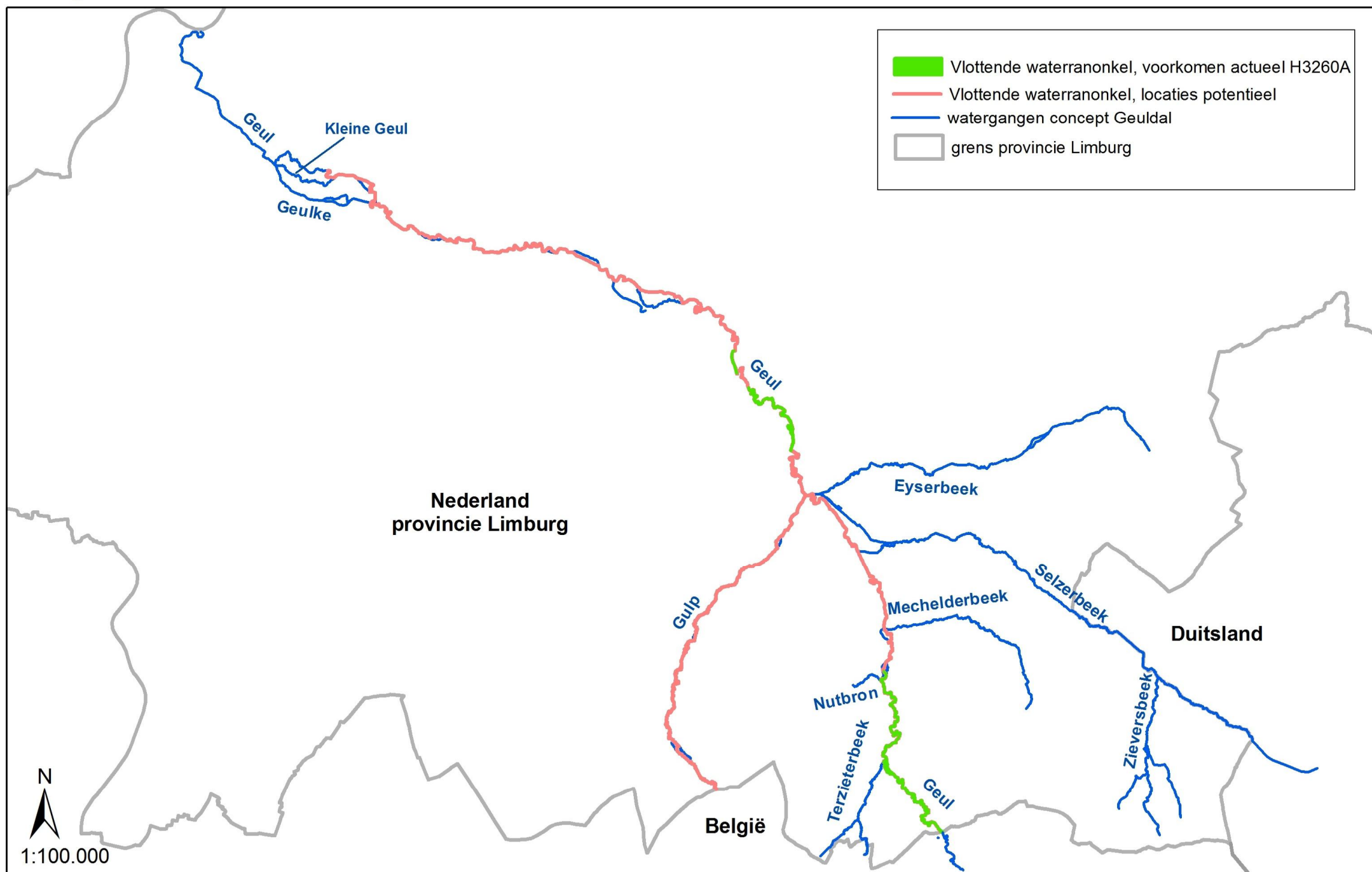
Afbeelding 2.1



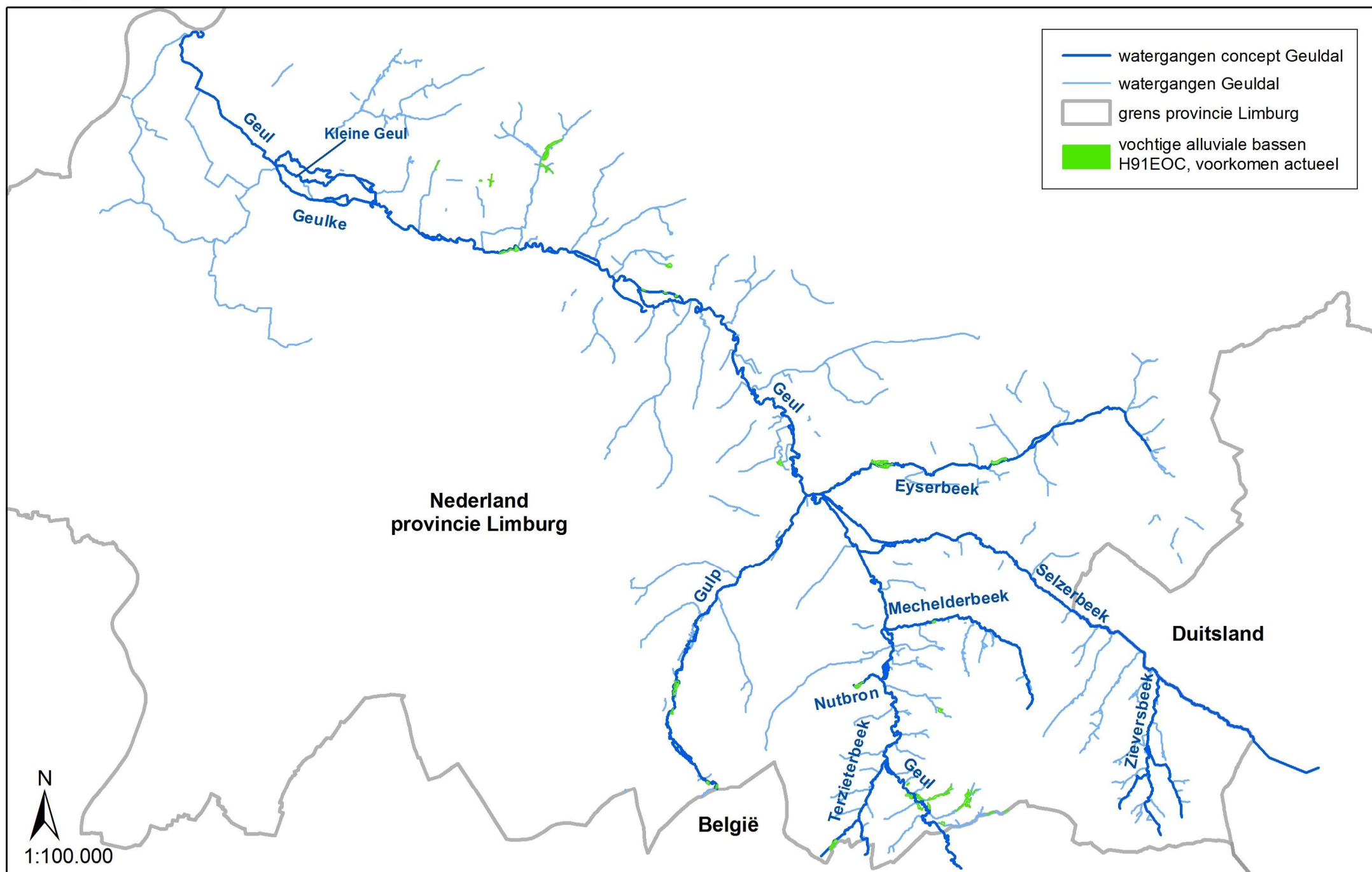
Afbeelding 2.2



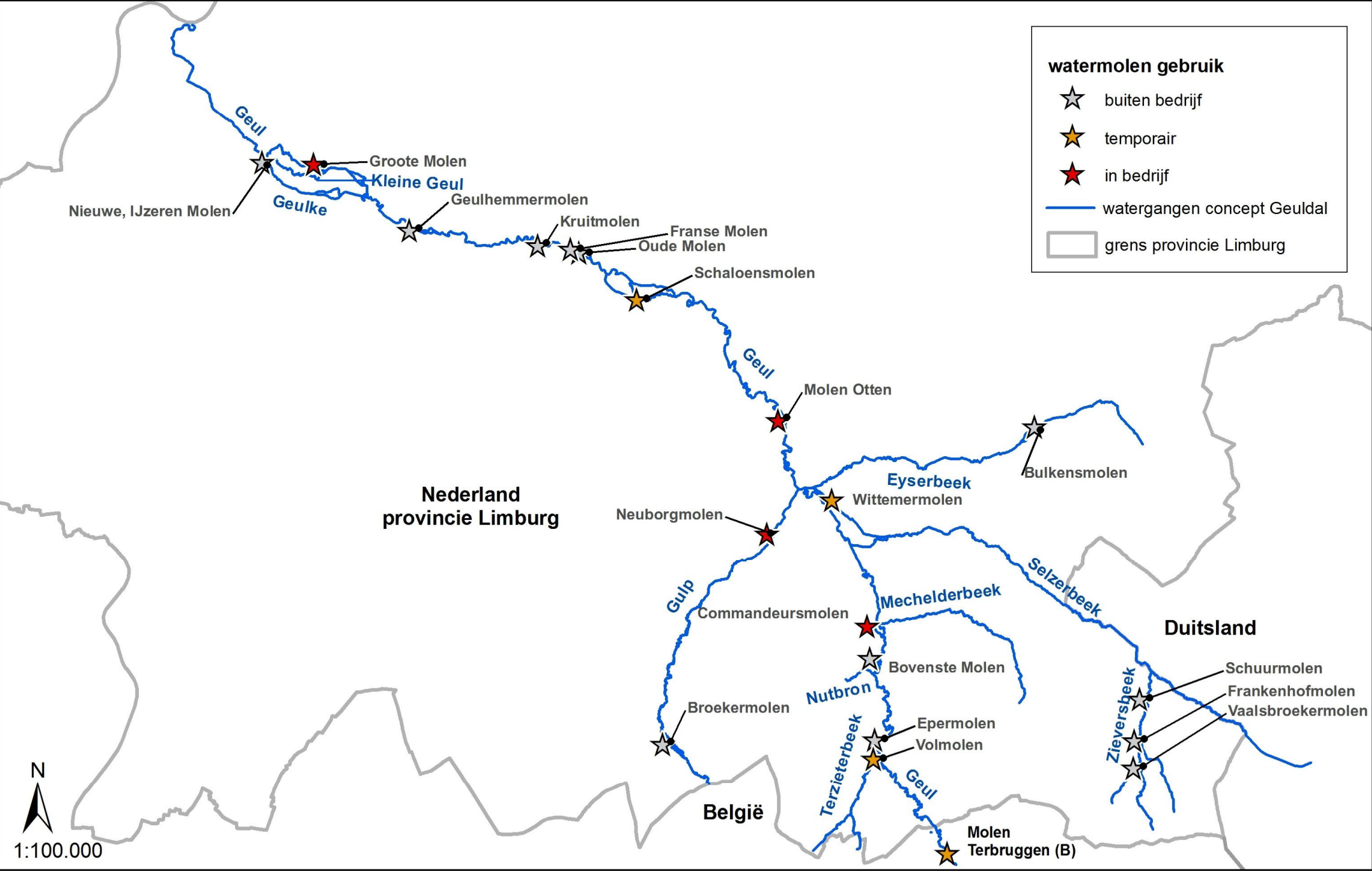
Afbeelding 2.3



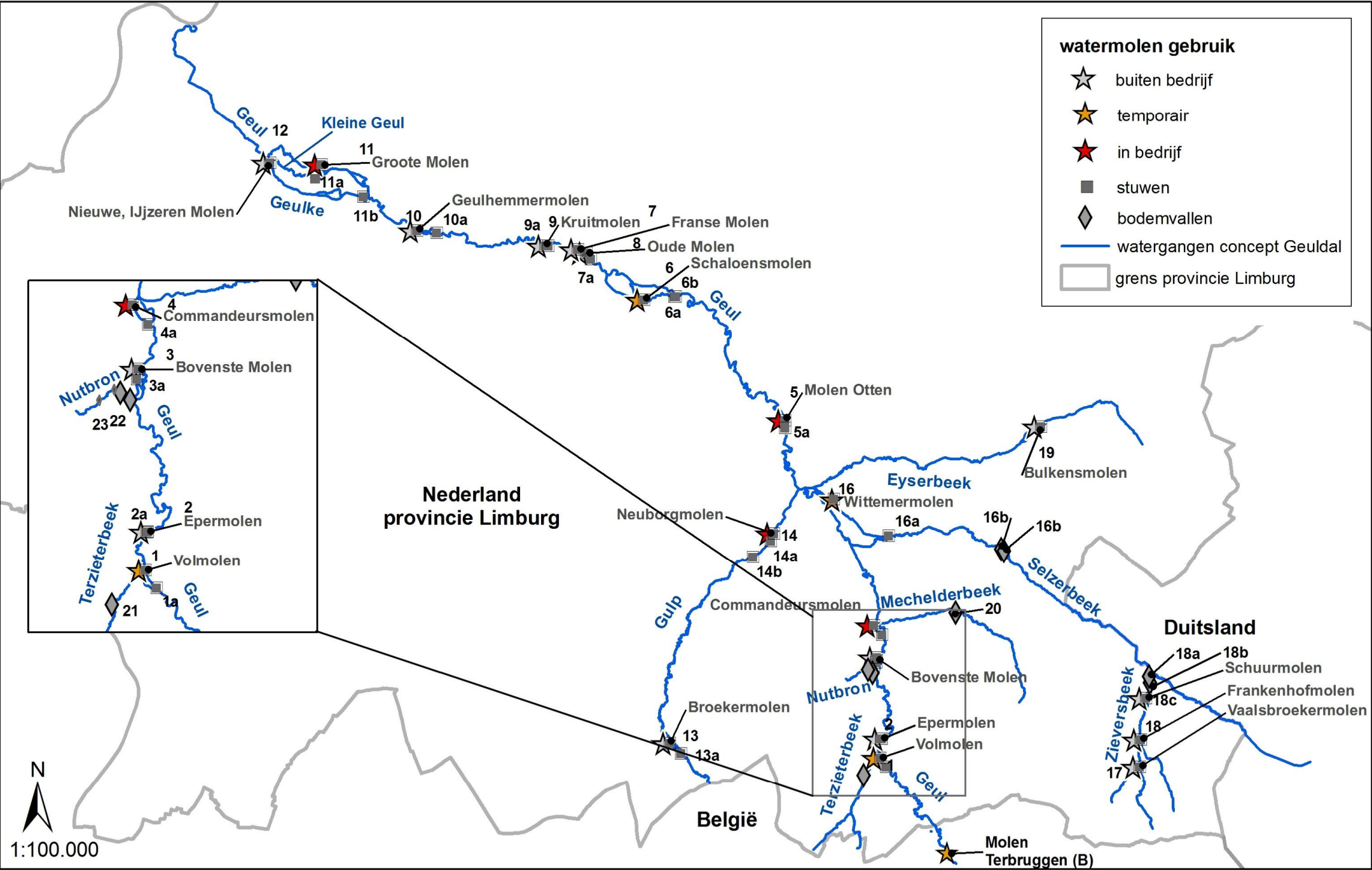
Afbeelding 2.4



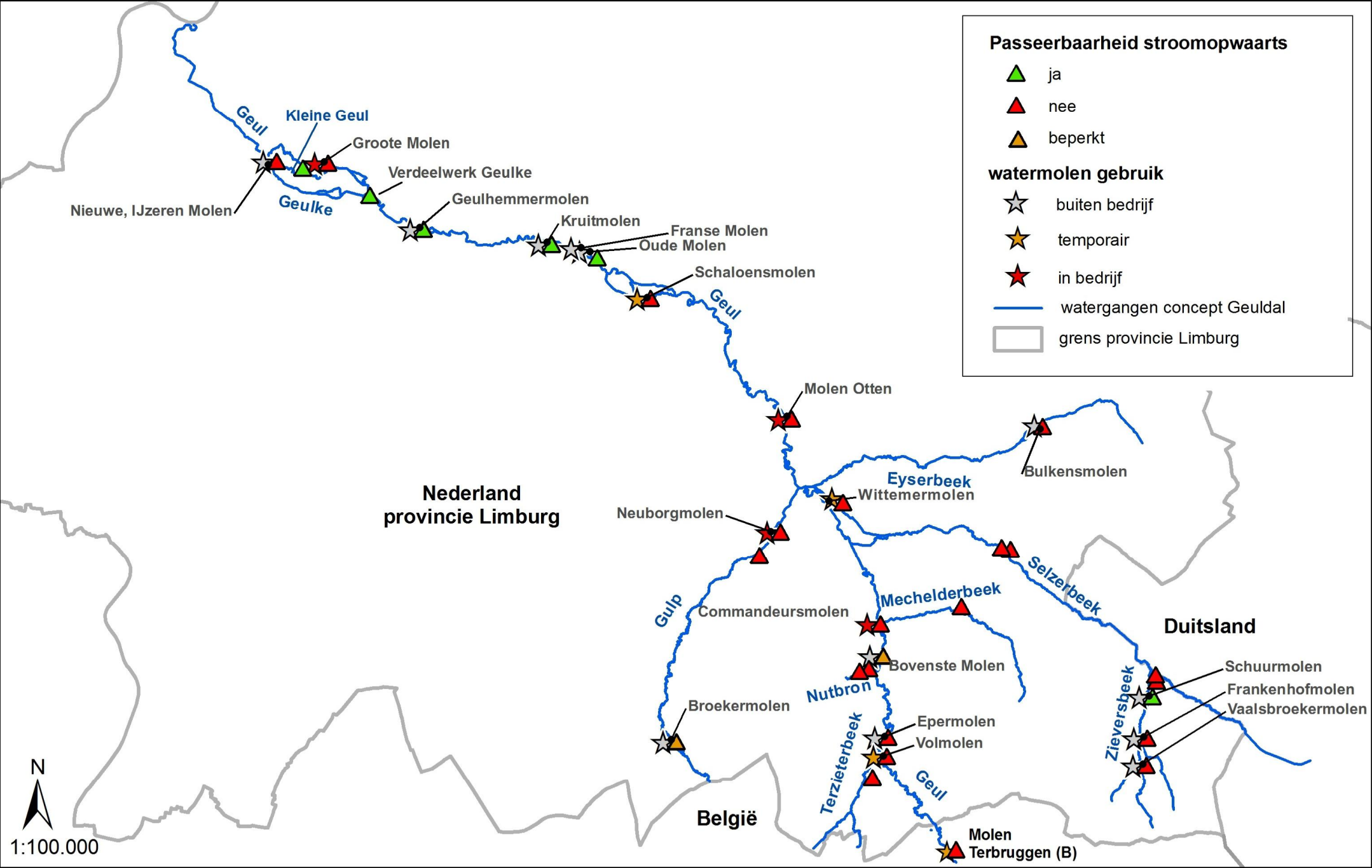
Afbeelding 3.1



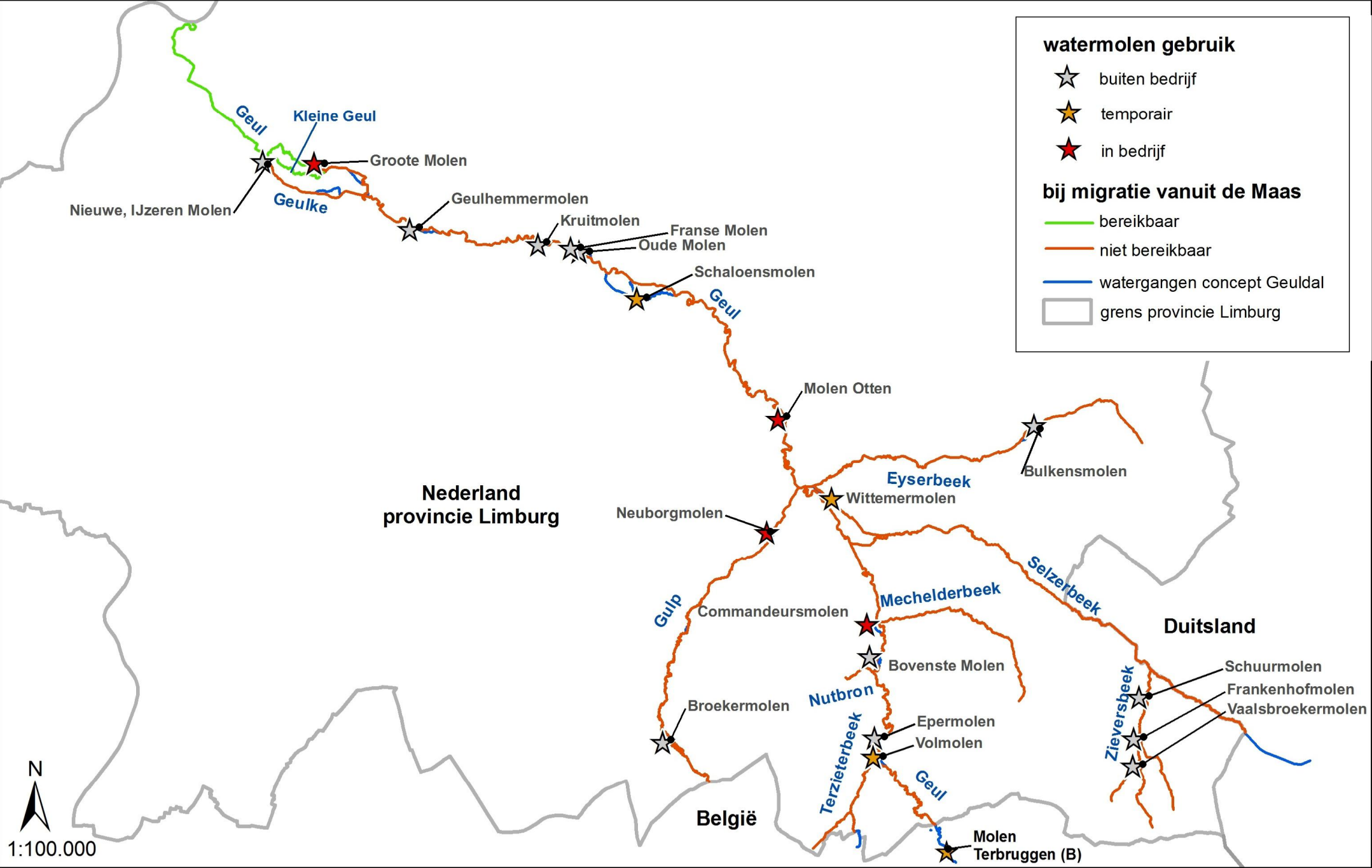
Afbeelding 3.2



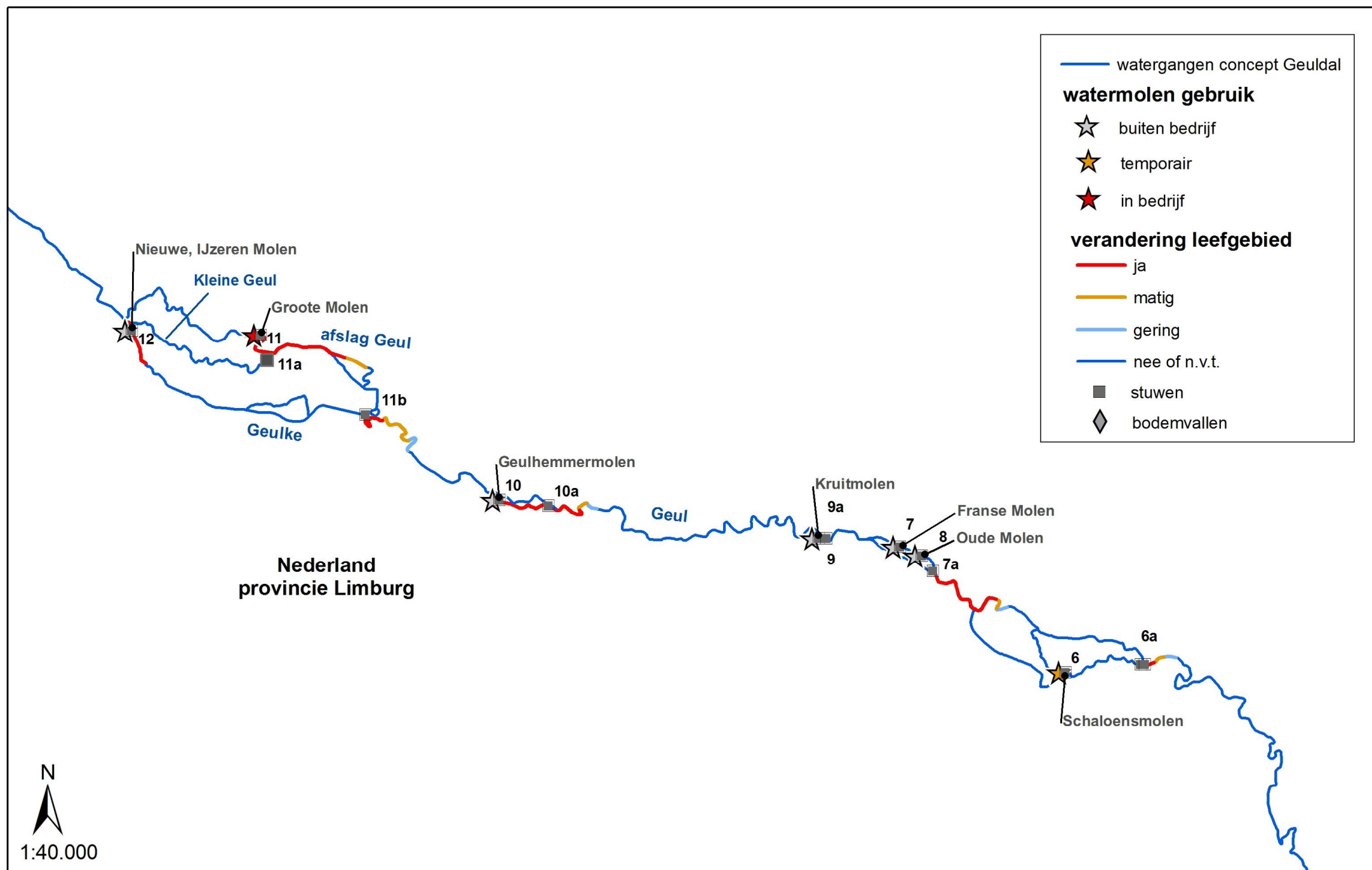
Afbeelding 4.4



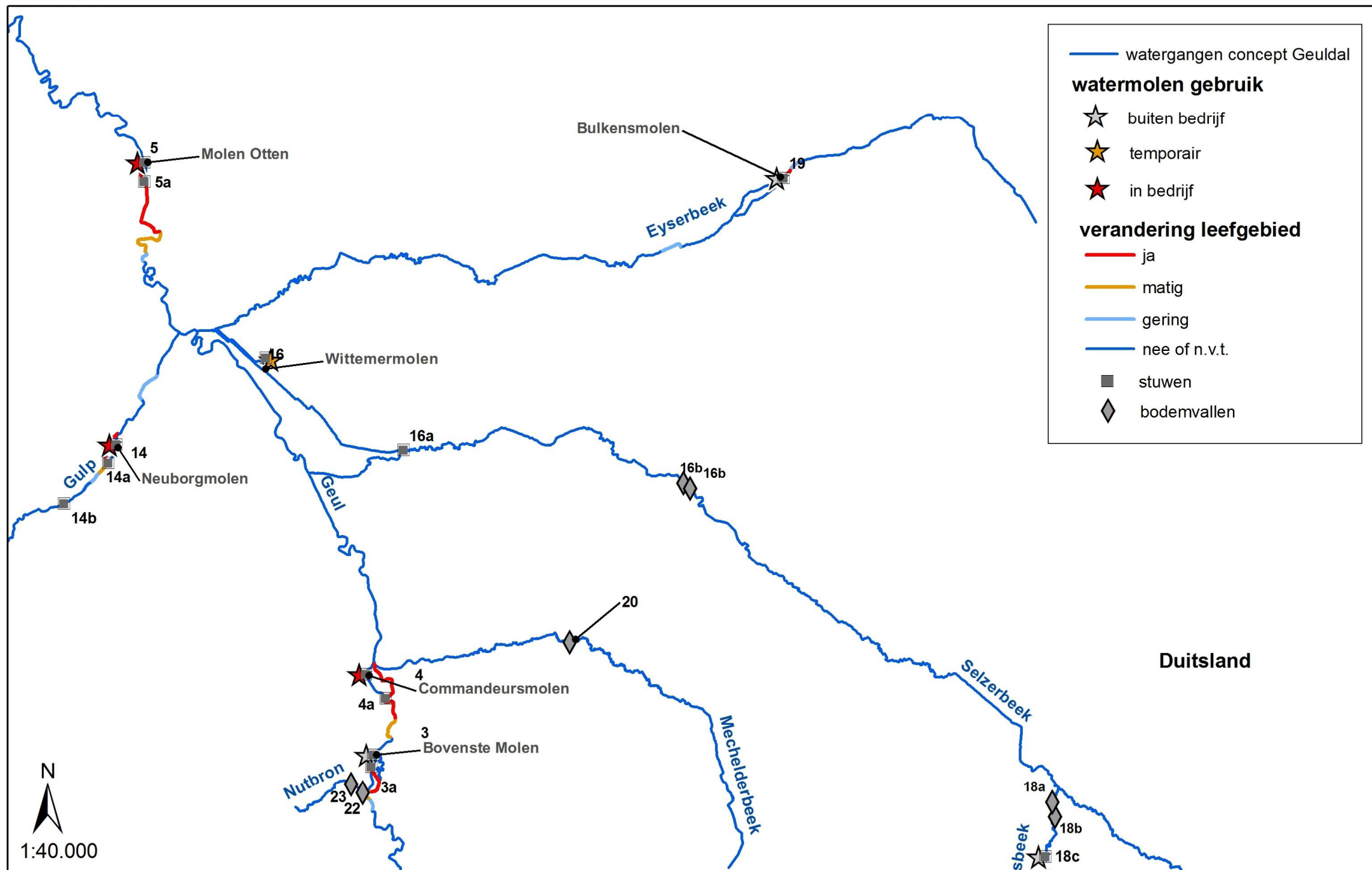
Afbeelding 4.5



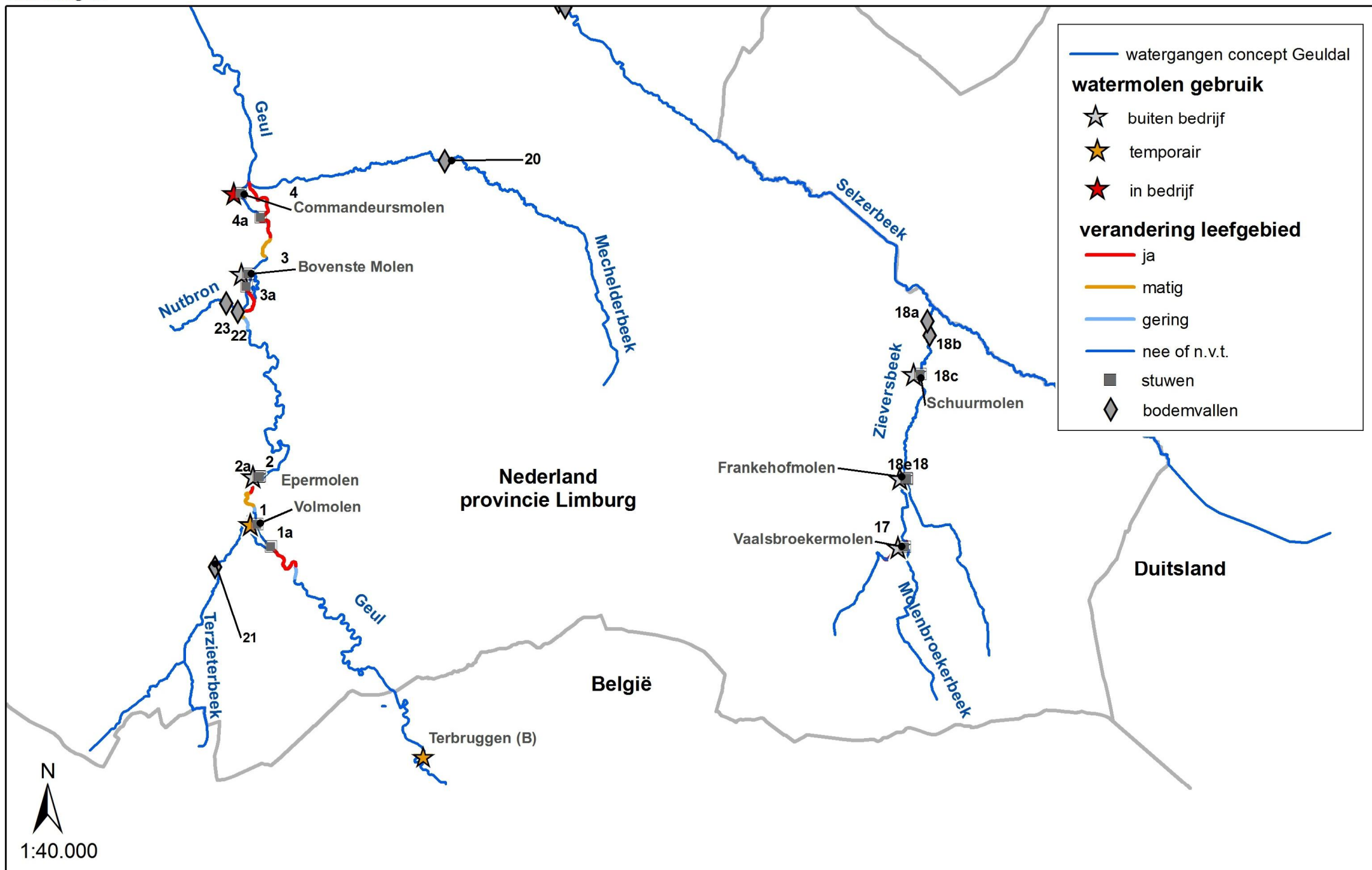
Afbeelding 4.6



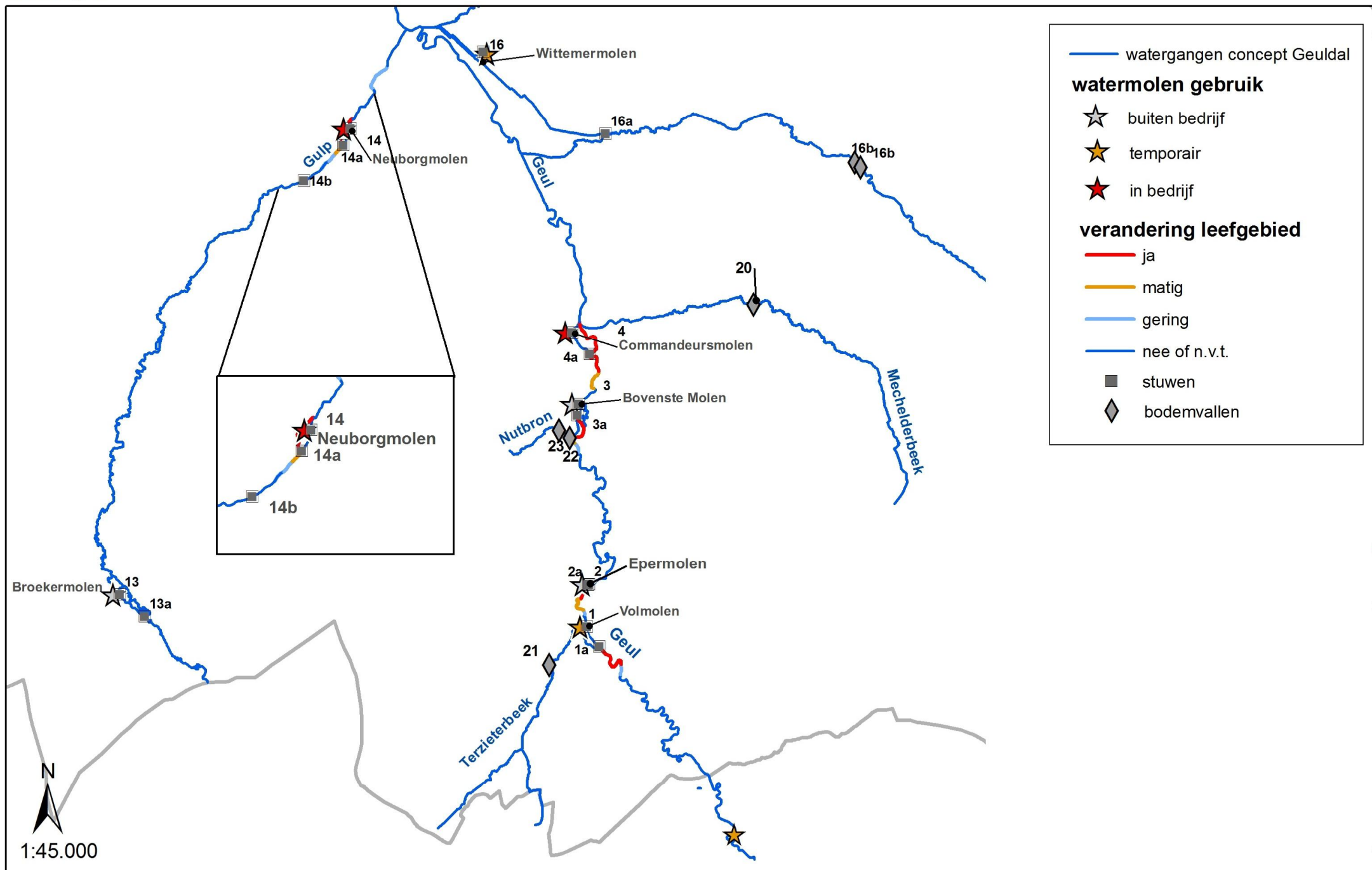
Afbeelding 4.7



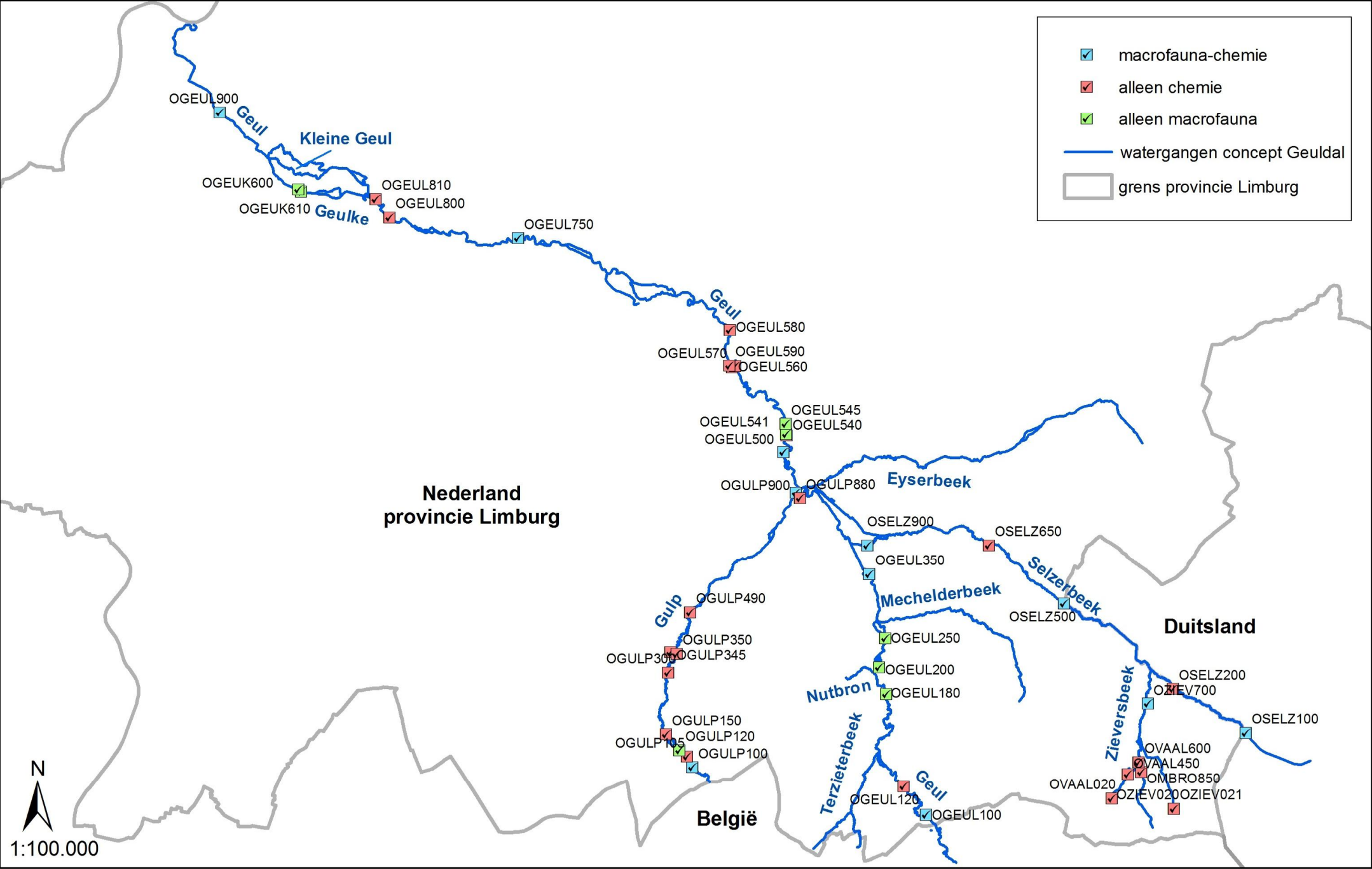
Afbeelding 4.8



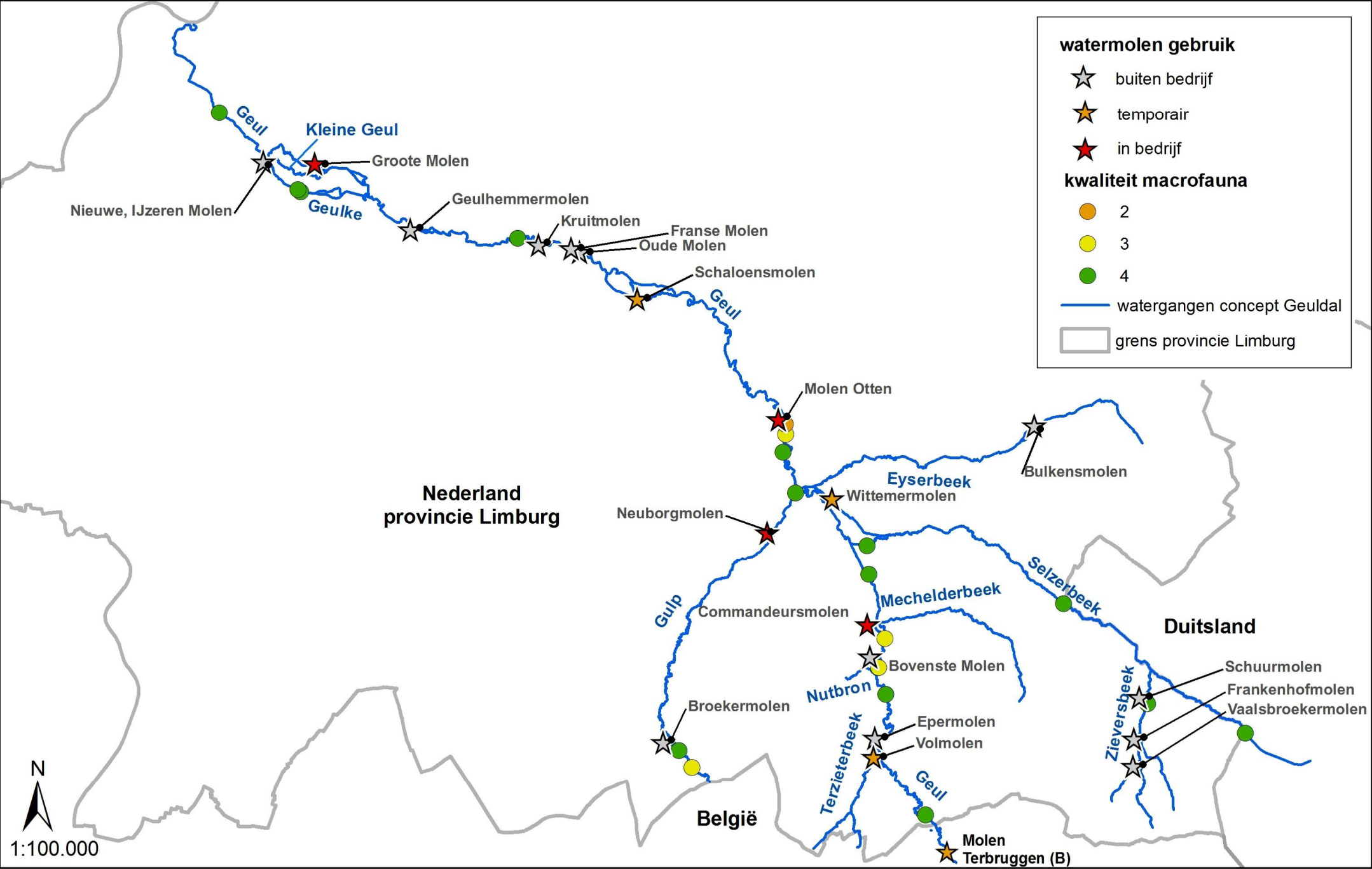
Afbeelding 4.9



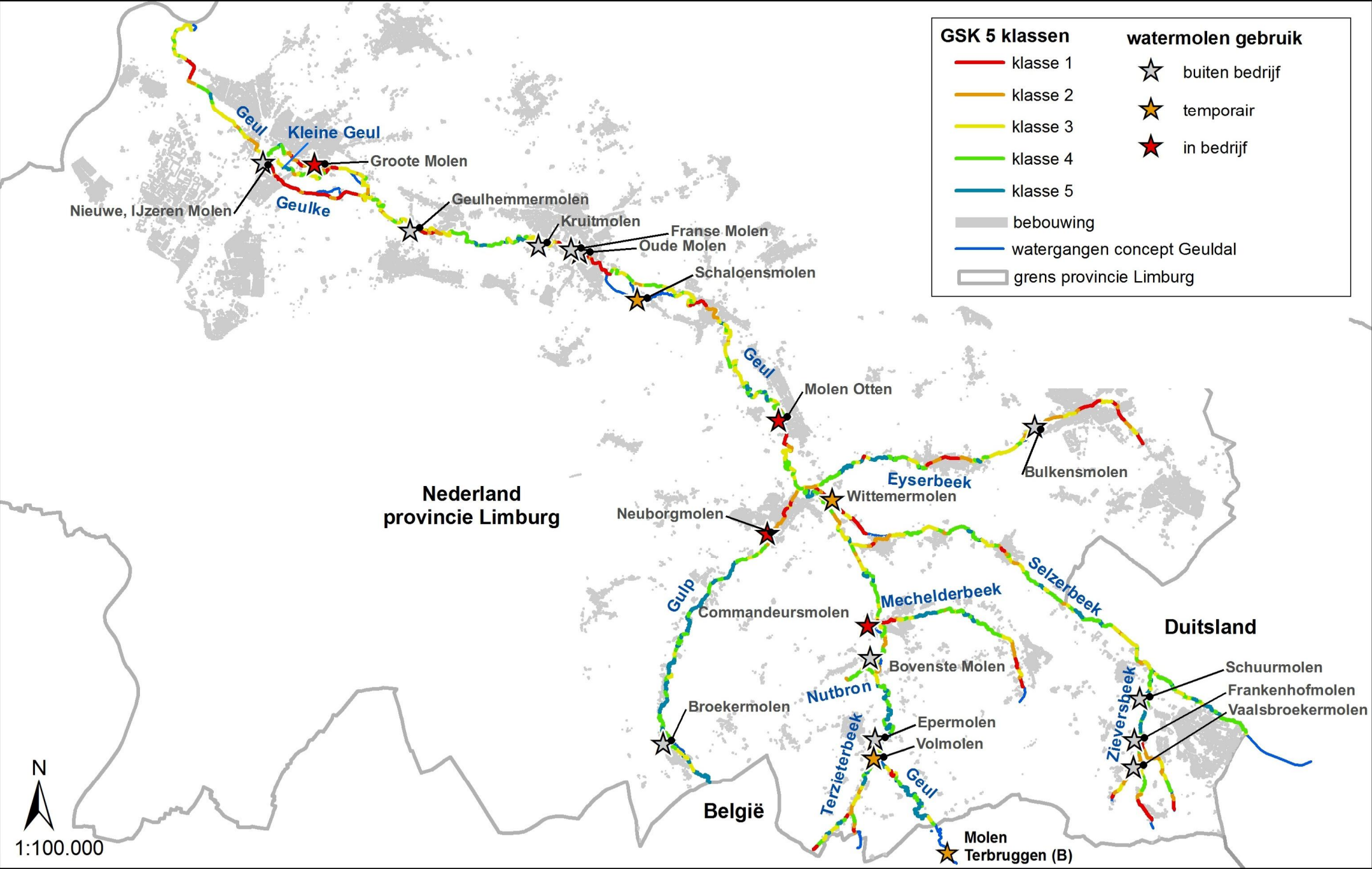
Afbeelding 5.1



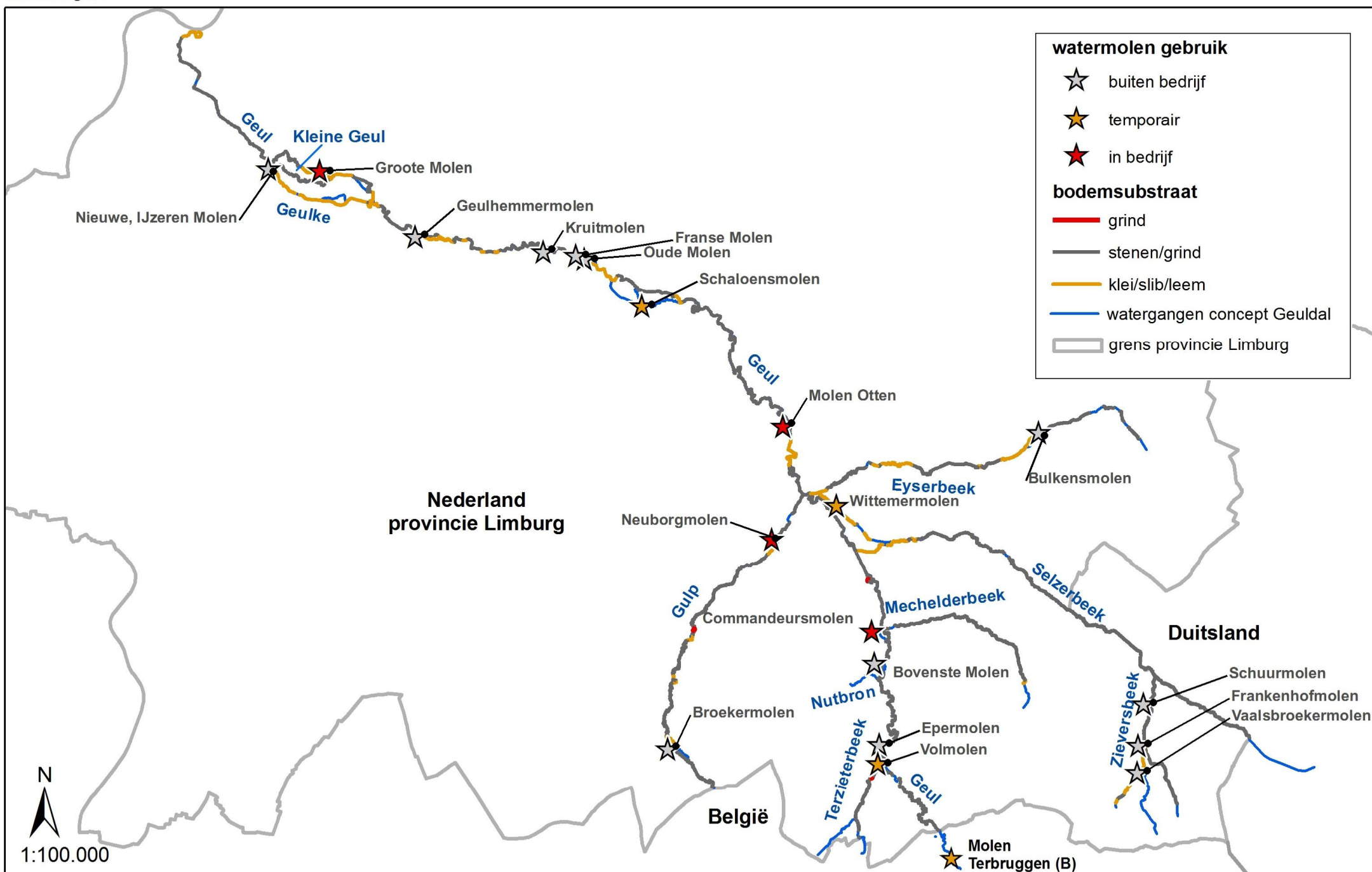
Afbeelding 5.2



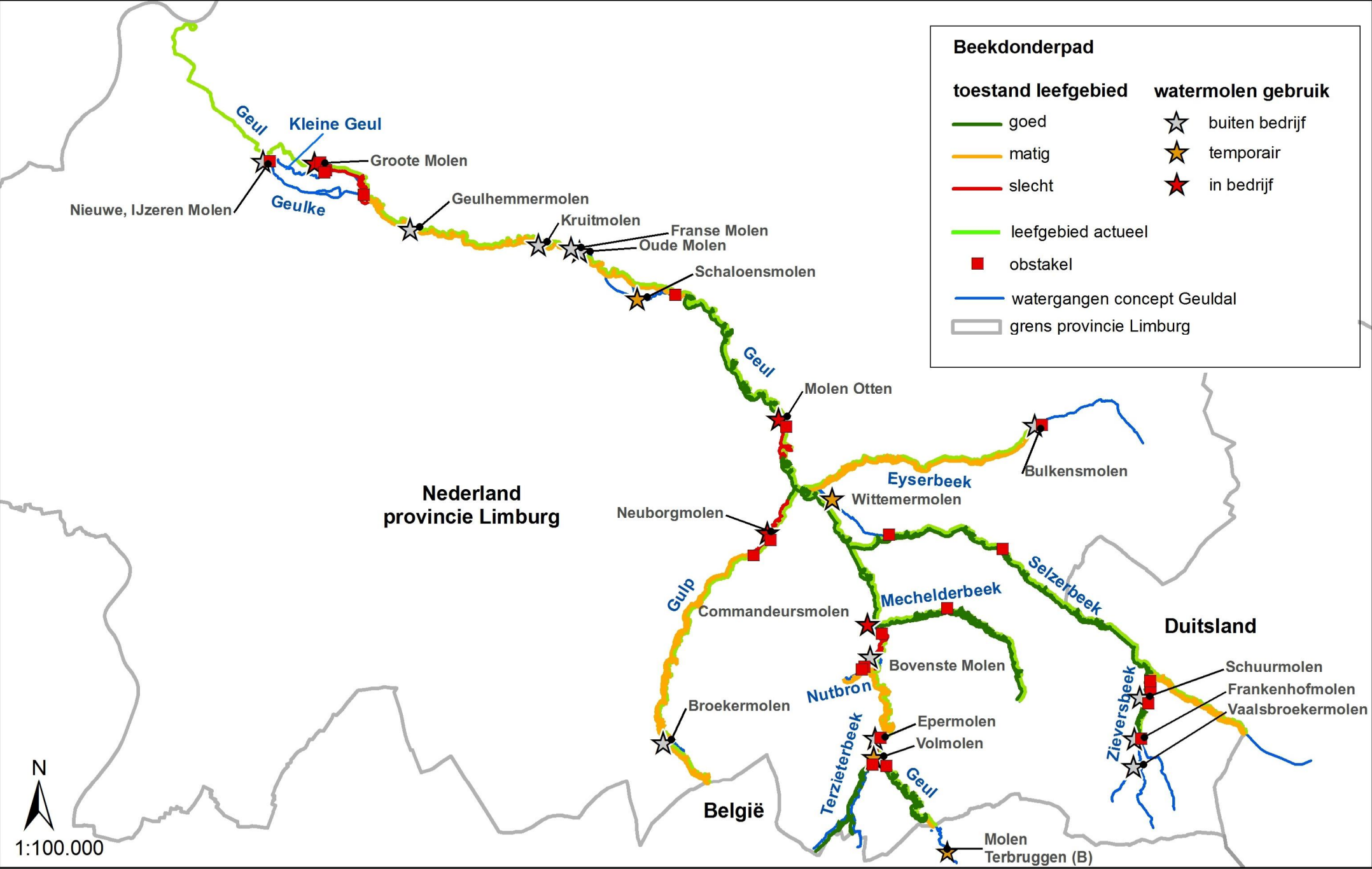
Afbeelding 5.3



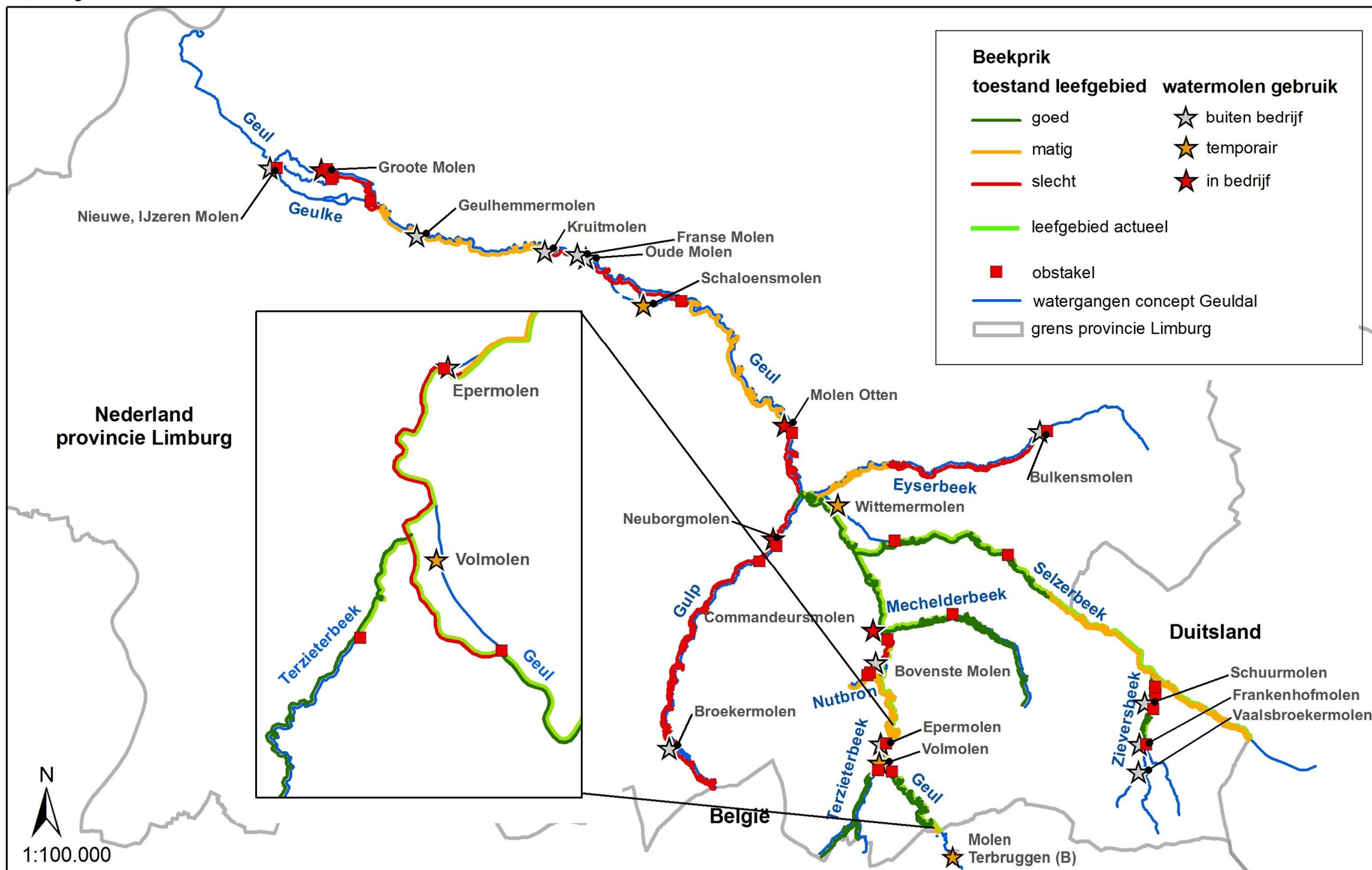
Afbeelding 5.6



Afbeelding 5.7



Afbeelding 5.8



Afbeelding 5.9

