

A6

**Systeemanalyse voor het beekdal van
de Tongelreep**

RAPPORT

Systeemanalyse voor het beekdal van de Tongelreep

Klant: Waterschap De Dommel

Referentie: BG2999_T&P_RP_1905150854

Status: 04/Concept

Datum: 15 mei 2019



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Larixplein 1
5616 VB EINDHOVEN
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 42 50 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: **Systeemanalyse voor het beekdal van de Tongelreep**

Ondertitel: **Systeemanalyse Tongelreep**
Referentie: **BG2999_T&P_RP_1905150854**
Status: **04/Concept**
Datum: **15 mei 2019**
Projectnaam: **Herinrichting Tongelreep**
Projectnummer: **BG2999-101-100**
Auteur(s): **dr. Ir. B.J.H.M. Possen**

Gecontroleerd door: **dr. H. de Mars**

Datum/Initialen: **1 april 2019**



Goedgekeurd door: **ir. D. Daris**

Datum/Initialen: **15-05-2019**




Foto voorblad **Bosbeekjuffer (*Calopteryx virgo*); B.J.H.M. Possen**

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Onderzoeksgebied en opzet van het onderzoek	7
2.1	Onderzoeksgebied	7
2.2	Landgebruik en eigendomssituatie	7
2.3	Vegetatie en natuurdoelen óf beleidsdoelen	7
2.4	Opzet van het onderzoek	9
3	Onderdelen van het systeem	11
3.1	Korte beschrijving van de ontstaansgeschiedenis	11
3.2	Geologie	14
3.3	Hoogteligging	17
3.4	Bodemopbouw en -chemie	18
3.4.1	Bodemopbouw	18
3.4.2	Bodemchemie	21
3.5	Hydrologie	21
3.5.1	Grondwater	21
3.5.1.1	Zuidelijke raai	23
3.5.1.2	Noordelijke raai	26
3.5.1.3	Grondwaterkwaliteit	27
3.5.2	Oppervlaktewater	28
4	Ecohydrologische interpretatie	31
4.1	Samenvatting van de bouwstenen	31
4.2	Ecohydrologische interpretatie	33
4.2.1	Zuidelijke dwarsdoorsnede (A-A')	34
4.2.2	Noordelijke dwarsdoorsnede (B-B')	35
4.3	Leemten in kennis	36
5	Knoppen waaraan gedraaid kan worden	37
5.1	Beekbegeleidende bossen	37
5.1.1	Noordelijke raai	37
5.1.2	Zuidelijke raai	38
5.2	Vennen	39
5.3	Aanbevelingen en kanttekeningen	40

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Tongelreep ontspringt in België ter hoogte van Kaulille als Warmbeek en stroomt, na het kanaal Bocholt-Herentals gepasseerd te zijn, bij klooster Achelse Kluis Nederland binnen. In Eindhoven mondt de Tongelreep uit in De Dommel; ze wordt dan ook tot het stroomgebied van De Dommel gerekend (Figuur 1-1).

Op Belgisch grondgebied is de Warmbeek onderdeel van Vogelrichtlijngebied “Hamonterheide, Hageven, Buitenheide, Stamprooierbroek en Mariahof (BE2221314)” en Habitatrichtlijngebied “Hageven met Dommelvallei, Beverbeekse Heide, Warmbeek en Wateringen (BE2200032)” (European Environment Agency 2019). Vanaf de landsgrens tot Aalst is de Tongelreep onderdeel van Natura 2000-gebied “Leenderbos, Grootte Heide & De Plateaux” (Ministerie van Economische Zaken 2013, 2015). Gezien Natura 2000 de hoeksteen van het Europese biodiversiteitsbeleid vormt, doet de aanwijzing van de Tongelreep in dat kader reeds op Europees niveau relevante natuurwaarden vermoeden.

Hoge natuurwaarden doet ook de aanwijzing op grond van de Kaderrichtlijn Water vermoeden, waar aan de Tongelreep de status “natuurlijk” is toegekend (Waterschap De Dommel 2018). Aan de Tongelreep is onder de Kaderrichtlijn Water verder zogenoemd type R5, toegekend (Waterschap De Dommel 2018), wat zoveel betekent als “Langzaamstromende middenloop/benedenloop op zand” (Siebelink 2005). Het beeld dat hierbij hoort is dat van een kronkelende beek met zandbanken, overhangende oevers en rustige plekken met bladpakketten, takken en boomstammen, waar bomen veel invloed op hebben (gehad) op de ontwikkeling en vorming van de waterloop (Siebelink 2005; STOWA 2018).

Uit verschillende bronnen blijkt, dat de beekdalen van Noord-Brabant in het verleden de fine fleur van de Nederlandse flora vertegenwoordigden (e.g. Westhoff et al. 1973; Iven en van Gerwen 1974). Echter, veel is verloren gegaan aan de vooruitgang, iets waar ook de Tongelreep en haar beekdal (inclusief intrekgebieden) niet aan heeft kunnen ontsnappen. Zo geeft Sloff (1935) te lezen:

“Als ge de provincie van West naar Oost doortrekt, zult ge voortdurend beken kruisen. En telkens vindt ge ze weer “verbeterd, genormaliseerd”. Dat is een enorme verarming van het natuurschoon. Ge moet maar eens den Dommel gaan zien tusschen de Belgische grens en Valkenswaard, hoe deze zich kronkelt langs een heele reeks vennetjes en stuifduinen en dat dan vergelijken met het troosteloze landschap van de genormaliseerde Tongelreep twee kilometer verder bij de Achelse Kluis, om er voorgoed den schrik in te krijgen.”

Toch is de Tongelreep uiteindelijk bewaard gebleven als een van de natuurlijkere Brabantse beken (Buskens et al. 2011), hetgeen heeft geleid tot beekherstel op verschillende trajecten (bijvoorbeeld in 1990 en 2008) en verdrogingsbestrijding in het kader van het beleid rond Natte Natuurparels, waar het beekdal van de Tongelreep er één van is.

Toch is er nog sprake van een restopgave, bijvoorbeeld vanwege het steeds vaker voorkomen van klimaatextremen zoals in 2016 (extreme zomerse piekbuien) of 2018 (extreem droge zomer, die ook in 2019 nog meetbare effecten op de grondwaterstanden heeft), maar ook op het gebied van beek- en systeemherstel ten bate van Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. Wat betreft deze laatste is depositie van stikstof een prangend probleem, dat naast het aanmerkelijk terugdringen van de emissie van stikstof vraagt om acuut hydrologisch herstel voor de aan grond- en beekwater gebonden waarden.

Waterschap de Dommel pakt samen met haar partners Provincie Noord-Brabant, Brabants Landschap, Staatsbosbeheer, de gemeenten Valkenswaard en Heeze-Leende, agrariërs en particulieren de handschoen op om te komen tot een robuust (water)systeem waarin de nagestreefde natuurwaarden zich thuis voelen, maar dat ook bijdraagt aan droge voeten in natte tijden én voldoende water in droge tijden. Dit is gegoten in het project “Tongelreep”, waarin voor wat betreft natuurontwikkeling het volgende wordt nagestreefd:

- het inrichten van 668 hectare Natte Natuurparel,
- het realiseren van 3 kilometer beek(dal)herstel,
- het realiseren van de PAS¹-herstelmaatregelen (Provincie Noord-Brabant 2017), en
- het inrichten van Natuurnetwerk Brabant, binnen het projectgebied (Figuur 1-1).

De Tongelreep heeft naast natuurwaarden ook cultuurhistorische, aardkundige en landschappelijke waarden, waar tegenwoordig een belangrijk deel van de natuurwaarden in het gebied aan gebonden zijn (bijvoorbeeld het Grevenschutven, een Brabants kerngebied voor onder meer moerasvogels). Uitgangspunt is dan ook het zo optimaal mogelijk behouden en versterken van deze waarden, afgezet tegen de (juridisch ecologische) doelen die volgen uit Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water. Hiertoe wordt door Waterschap De Dommel *vrijwillig* een m.e.r.-procedure doorlopen, waarbij minimaal de PAS-opgave en de doelen geformuleerd onder de Kaderrichtlijn Water worden gerealiseerd.

Van belang in dat licht is om inzicht te krijgen in de “knoppen waaraan gedraaid kan worden” om eerder genoemde doelen zo optimaal mogelijk te laten samen gaan en inrichtingsvarianten te optimaliseren, die tevens gebruikt kunnen worden om verschillende inrichtingsalternatieven te wegen. Een systeemanalyse is hiervoor een geschikt middel.

1.2 Doel

Doel van het onderzoek is het ecohydrologisch functioneren van het beekdal van de Tongelreep tussen globaal de Achelse Kluis en Valkenswaard in beeld brengen. Op basis hiervan kan in beeld worden gebracht aan welke knoppen het best gedraaid kan worden om duurzame instandhouding van die habitattypen die afhankelijk zijn van de Tongelreep, in de toekomst te garanderen. De nadruk ligt vanzelfsprekend op de habitattypen waaromheen de opgave is gesmeed, in het bijzonder Beekbegeleidende bossen (H91E0C). Daarnaast is ook hydrologisch herstel van de vennen in het projectgebied van belang, als ook de daar aanwezige Vochtige heide (H4010A) en zijn pionier-variant Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150).

In feite geeft deze ecohydrologische systeemanalyse antwoord op twee vragen:

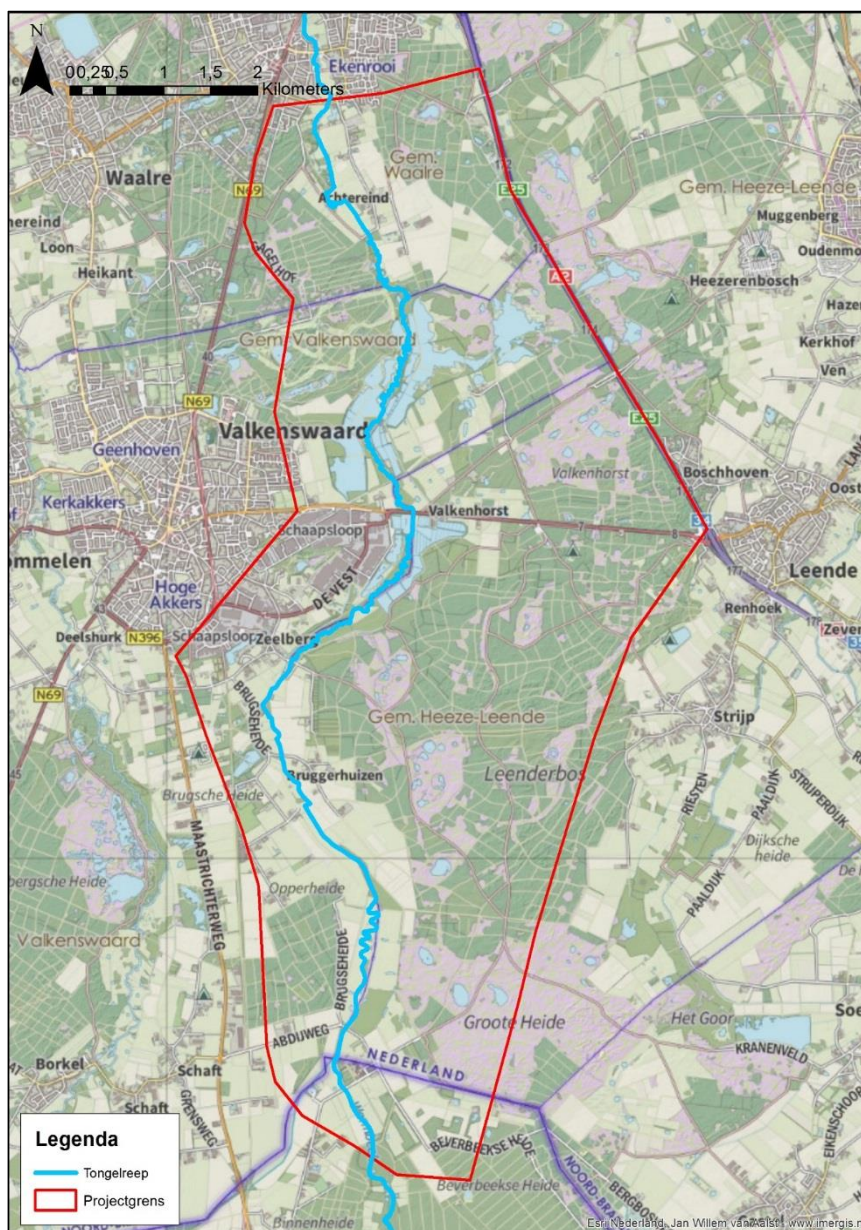
- Hoe functioneert het watersysteem en hoe werkt dit door in de standplaatscondities?
- Wat zijn in het systeem de belangrijkste knoppen om aan te draaien als het gaat om systeemherstel en in welke mate dragen zij bij? Dit laatste wordt, passend bij een systeemanalyse, kwalitatief in beeld gebracht.

Deze rapportage kan dan ook gebruikt worden als leidraad bij de weging van alternatieven in de op te starten m.e.r.-procedure, maar zeker ook bij het formuleren van de daarin met elkaar te wegen alternatieven.

¹ *Programma Aanpak Stikstof als integraal onderdeel van de Wet natuurbescherming, onderdeel Gebiedsbescherming, die ziet op Natura 2000 gebieden en daar geldende instandhoudingsdoelstellingen.*

1.3 Leeswijzer

Onderstaand wordt eerst de opzet van het onderzoek beschreven (hoofdstuk 2) en de resultaten daarvan weergegeven (hoofdstuk 3). In het vierde hoofdstuk worden de gegevens samengebracht tot een ecohydrologische interpretatie en wordt het systeem waarbinnen de Tongelreep functioneert beschreven, met nadruk op de versnipperd aanwezige Beekbegeleidende bossen. Dit vormt de basis voor hoofdstuk 5, waarin “de specifieke knoppen waaraan in dit gebied gedraaid kan worden” helder worden samengevat, met in het achterhoofd het duurzaam behalen van de voor Natura 2000-gebied “Leenderbos, Grote Heide & De Plateaux” geformuleerde instandhoudingsdoelstellingen.



Figuur 1-1 Overzicht van het studiegebied (projectgrens, aangegeven met behulp van een rode polygoon) en de Tongelreep (NL) of Warmbeek (B)(Blauwe lijn). De projectgrens is in feite de door Waterschap De Dommel aangehouden waterscheiding voor het beekdal van de Tongelreep. Westelijk daarvan begint dan ook het dal van De Dommel, oostelijk daarvan dat van de Strijper Aa.

2 Onderzoeksgebied en opzet van het onderzoek

2.1 Onderzoeksgebied

Het globale onderzoeksgebied (de projectgrens) is weergegeven in figuur 1-1. Globaal, omdat het onderzoeksgebied in feite bepaald wordt door het ecohydrologisch systeem waarbinnen de Tongelreep functioneert. Overigens zullen beide hier redelijk overeenkomen, gezien de oostelijke en westelijke begrenzing van het onderzoeksgebied vrijwel geheel gelegd zijn op de waterscheiding tussen het beekdal van de Tongelreep en de aangrenzende beekdalen van de Dommel (west) en de Strijper Aa (oost).

Het onderzoeksgebied ligt ten zuidoosten van Eindhoven en ten oosten van Valkenswaard, vrijwel geheel op grondgebied van provincie Noord-Brabant, uitgezonderd het meest zuidelijke deel, waar het om grondgebied van de Belgische provincie Limburg gaat. Op Nederlands grondgebied raakt het onderzoeksgebied een drietal gemeenten (Valkenswaard, Heeze-Leende en Waalre) op Belgisch grondgebied één (Hamont-Achel).

Zoals gezegd vormt de waterscheiding voor het beekdal van de Tongelreep zoals die door Waterschap De Dommel in haar hydrologische modellen gebruikt wordt globaal de grens van het onderzoeksgebied. In het noorden en zuiden is de begrenzing relatief arbitrair gekozen, waarbij de zuidelijke begrenzing zo is gedefinieerd, dat ook ontwikkelingen zoals die door Belgische overheden op termijn (vanaf 2021) aan de Warmbeek worden voorzien kunnen worden meegenomen. Concreet wordt het ontwerp voor de Warmbeek geïntegreerd in het ontwerp van de Tongelreep.

2.2 Landgebruik en eigendomssituatie

Het onderzoeksgebied bestaat, voor zover het de natuurgebieden betreft voornamelijk uit bos en droge heide, met daarin vennen omgeven door natte heide en haar pioniervariant met snavelbiezen. Het Leenderbos is niet al te ver voor de Tweede Wereldoorlog aangelegd in het kader van de werkverschaffing, waarbij onder meer bos werd aangeplant ten behoeve van de Limburgse mijnbouw. Andere bebossingen zijn van oudere datum. De heidegebieden zijn in feite van bebossing gespaard gebleven. Veel van de vennen in het gebied zijn op enig moment in gebruik geweest voor kweek van vis. Dit heeft in het onderzoeksgebied onder meer gerealiseerd in uitgebreide visvijvercomplexen, die tegenwoordig van grote cultuur- en natuurhistorische waarde zijn. Denk aan het Grevenschutven en haar verleden als onderdeel van een visvijvercomplex.

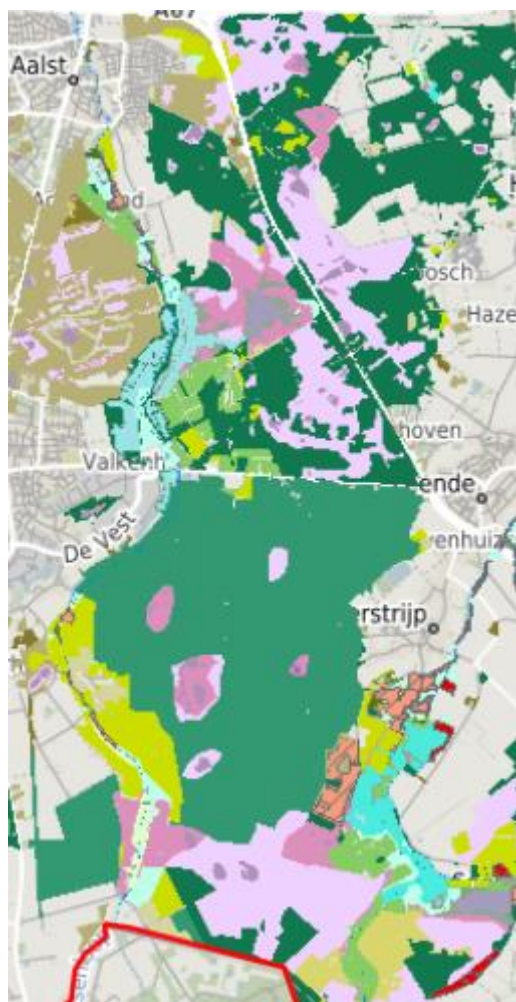
Verschillende terreinbeherende organisaties hebben eigendommen in het gebied, naast gemeenten, Waterschap De Dommel en particulieren. Buiten de natuurgebieden is regulier agrarisch gebruik, overwegend grasland en maïsteelt (Lizard 2019).

2.3 Vegetatie en natuurdoelen óf beleidsdoelen

De actuele stand van zaken binnen de grenzen van “Groote Heide, Leenderbos & De Plateaux”, is uitvoerig beschreven in het ontwerp-beheerplan en de PAS-gebiedsanalyse (Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer 2016; Provincie Noord-Brabant 2017). Nadeel is in feite, dat hier alléén aandacht is voor die natuurwaarden die op Europees niveau relevant worden geacht, waar instandhoudingsdoelstellingen voor zijn geformuleerd. Voor zover bekend ontbreken daarbuiten actuele vegetatiegegevens voor het onderzoeksgebied. Monitoring is vooralsnog niet Nederlands sterke kant, hoewel langjarige meetreeksen essentieel zijn om veranderingen in een gebied goed te kunnen duiden en niet (te veel) te reageren op incidenten (Lejeune en Verbeke 2018).

In voorliggend kader is het ontbreken van relevante gegevens buiten beschermde gebieden wellicht minder van belang, gezien de opgave volgt uit de opgaven vanuit Natura 2000, Kaderrichtlijn Water en Natuurnetwerk Brabant. Vanuit die invalshoek bezien, bestaat het onderzoeksgebied zoals gezegd voornamelijk uit (naald)bos, droge en natte heide, zure vennen en beekbegeleidende bossen. Al met al is een meer algemene beschrijving van de vegetatie in het onderzoeksgebied passend, ook bezien vanuit de beleidsdoelen en het doel van deze rapportage.

De Beekbegeleidende bossen in het onderzoeksgebied zijn kwalitatief veelal minder goed ontwikkeld. Ze bestaan uit gedegradeerde vormen (rompgemeenschappen) van het Elzenzegge-Elzenbroekbos (*Carici elongatae* – *Alnetum*) waar Grote brandnetel (*Urtica dioica*), Moerasspirea (*Filipendula ulmaria*), Brede stekelvaren (*Dryopteris dilatata*) en Hennegras (*Calamagrostis canescens*) domineren. Een omstandigheid die doorgaans duidt op verdroging.



Figuur 2-1 Overzicht van gebieden die onder Natuurnetwerk Brabant zijn gebracht (gevulde polygonen) en de bijbehorende ambitietypen. Voor zover bekend zijn geen bewerkbare gegevens beschikbaar, waardoor verwezen moet worden naar Provincie Noord-Brabant (2019) voor een meer gedetailleerd beeld, inclusief legenda.

Veel van de vennen hebben een vegetatie die wijst op relatief zure omstandigheden. Denk dan aan Veelstengelige waterbies (*Eleocharis multicaulis*), Knolrus (*Juncus bulbosus*) en Waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*). Zonder uitzondering soorten die passen in zure vennen met sterk fluctuerende waterpeilen. Daarnaast zijn Pitrus (*Juncus effusus*) en Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) algemeen; soorten die wijzen op meer voedselrijke omstandigheden, bijvoorbeeld door mineralisatie van organisch materiaal, maar zeker ook overmatige depositie van stikstof. Het Klein Hasselsven -nabij Bruggerhuizen- verdient apart genoemd te worden. In deze pingoruïne hebben zich hoogveenachtige vegetaties kunnen ontwikkelen. De vochtigere heideterreinen onderscheiden zich door aanwezigheid van Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*), Veenbies (*Trichophorum cespitosum*), Blauwe zegge (*Carex panicea*), Moerashertshooi (*Hypericum elodes*), Kleine zonnedauw (*Drosera intermedia*) en Bruine Snavelbies (*Rhynchospora fusca*).

In principe zijn de na te streven natuurdoelen vastgelegd in het licht van Natura 2000, de Kaderrichtlijn Water en Natuurnetwerk Brabant. Voor Natura 2000 zijn, zoals gezegd, de instandhoudingsdoelstellingen leidend (Ministerie van Economische Zaken 2013; Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit 2018). Hieruit volgt dat voor alle habitattypen die in het onderzoeksgebied voorkomen, uitgezonderd Pioniervegetaties met Snavelbiezen (H7150) en Actieve hoogvenen (H7110B) waarvoor een behoud doelstelling geldt, uitbreiding van oppervlakte en verbetering van kwaliteit zijn voorzien.

De doelen die onder Natuurnetwerk Brabant worden nagestreefd, zijn meer omvattend (maar binnen Natura 2000-gebieden overeenkomstig daar waar het om habitattypen gaat).

Ze gaan meer uit van natuurlijke gradiënten in de vegetatie en kijken ook buiten het Natura 2000-gebied. De nagestreefde waarden (ambitietypen) zijn terug te vinden in figuur 2-1 (Provincie Noord-Brabant 2019). Allereerst is duidelijk dat vrijwel het gehele onderzoeksgebied onderdeel is van Natuurnetwerk Brabant.

De vennen zijn geormerkt als Zuur ven en Hoogveen (N06.01; donker paars in figuur 2-1), omgeven door Vochtige heide (N06.04; Paars in figuur 2-1) en Droge heide (N07.01; Roze in figuur 2-1). In feite de natuurlijke gradiënt rond vennen. In het zuidelijk deel, waar herinrichting heeft plaatsgevonden, wordt vochtige heide ook laag op de gradiënt nagestreefd. Het Grevenschut ven staat op kaart als Zwakgebufferd ven (N06.05) te midden van Vochtige heide en Moeras (N05.01; bruin in figuur 2-1). De visvijvers hebben te gelden als Zoete plas (N04.02; blauw in figuur 2-1). Daartussen is Dennen- Eiken en Beukenbos (N15.02; Donkergroen in figuur 2-1) ingetekend. Indien het functioneren van de visvijvers dit toe laat, lijken Beekbegeleidende bossen die elders langs de Tongelreep zijn ingetekend (N14.01; lichtblauw in figuur 2-1) meer passend. Enkele stukken moeten nog worden ingericht (oranje in figuur 2-1). Hier wordt gezocht naar de ontwikkeling van Beekbegeleidende bossen, Ruigteveld (N12.06) en Kruiden- en Faunarijk grasland. De Tongelreep zelf, ten slotte, heeft het label Beek en bron (N03.02).

2.4 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek richt zich op het inzichtelijk maken van het ecohydrologisch functioneren van het beekdal van de Tongelreep tussen globaal Achelse Kluis en Valkenswaard, met nadruk op Beekbegeleidende bossen en vennen. Om invulling te geven aan bovengenoemde is een systeemanalyse uitgevoerd. Voorliggende rapportage is op verzoek tot stand gekomen uitsluitend gebruikmakend van bestaande informatie. Dat wil bijvoorbeeld zeggen dat geen gebruik gemaakt is van een specifiek voor dit onderzoek ingericht meetnet. Daarnaast is gebruik gemaakt van de gebiedskennis van de auteur en zijn collega's, aangevuld met de kennis van gebiedsspecialisten van onder meer Brabants Landschap, Staatsbosbeheer en Waterschap De Dommel.

De Tongelreep is al decennialang uitgebreid onderwerp van studie op tal van vlakken geweest, bijvoorbeeld in het kader van diverse beekherstel-projecten. Daarnaast mag ze zich vanwege haar hoge natuurwaarden verheugen op de nodige aandacht. Invulling van de systeemanalyse aan de hand van beschikbare informatie aangevuld met veldbezoeken hindert de duidingskracht in voorliggend geval dan ook niet.

Belangrijk onderdeel is dan ook een grondige review van bestaande literatuur- en onderzoeksgegevens. De aandacht bij de informatieverzameling spitst zich met name toe op het verzamelen van gegevens met betrekking tot de voor een systeemanalyse gebruikelijke onderdelen:

- Geomorfologie, geologische opbouw, hoogteligging en bodem (e.g. Stichting voor bodemkartering 1972, 1981; Dirkx en Kleijer 1988; Buitenhuis 1989; TAKEN Landschapsarchitectuur & Ecologie en Artesia 2007; Hunink et al. 2010; Tomassen et al. 2010; Strootman Landschapsarchitecten et al. 2011; AHN 2019; Dinoloket 2019; Lizard 2019).
- Bestaande hydrologische informatie (TAKEN Landschapsarchitectuur & Ecologie en Artesia 2007; Tomassen et al. 2010; Runhaar et al. 2017; van Schijndel 2018; Waterschap De Dommel 2018, 2019; Dinoloket 2019).
- Actuele eco(hydro)logische conditie (e.g. Loeb en Jalink 2004a; Segers en Buskens 2008; van de Haterd en van Dorst 2009; Hunink et al. 2010; de Mars et al. 2015; Possen en Engel 2015; Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer 2016; van Kleef et al. 2017).

- Historische geografische informatie en uit (grijze) literatuur beschikbare (e.g. Sloff 1935; Iven en van Gerwen 1974; Wolf 1992; Stortelder et al. 1998; Burny 1999; Buskens en Roelandse 2001; Nooren 2004; Baaijens et al. 2011; Buskens et al. 2011; Verdonk 2016; Voorn en Moeleker 2017), relevante onderzoeksresultaten (Boxman en Stortelder 2000; Lucassen et al. 2002; van den Munckhof 2002; Arts et al. 2015a, 2015b; Beije et al. 2015a, 2015b; van der Burg et al. 2016) en historische en waterstaatskaarten kaarten en bonnenbladen (e.g. Verhees 1794; Nationaal Archief 1837; Anoniem 2019; Kadaster 2019).

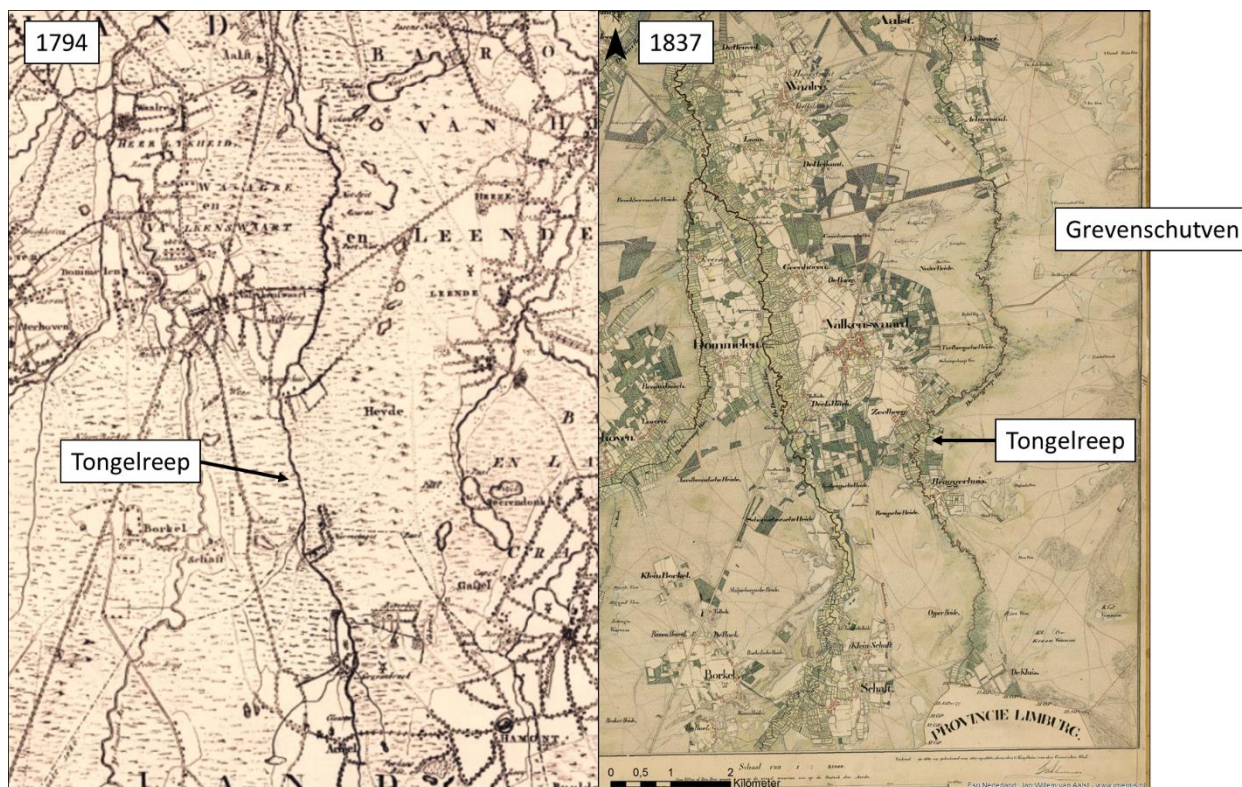
In voorliggende rapportage worden alle verzamelde gegevens in onderlinge samenhang beschouwd, waarbij stapsgewijs van grof (regionale schaal) naar fijn (standplaats) wordt ingezoomd en geïntegreerd. Daartoe wordt successievelijk relevante informatie toegevoegd en wordt aldus invulling gegeven aan de systeembeschrijving. Uit de zo vormgegeven systeemanalyse volgen kansen en knelpunten voor natuurontwikkeling en -behoud.

3 Onderdelen van het systeem

Onderstaand worden de aan hoogteligging, bodem en hydrologie gerelateerde aspecten besproken met betrekking tot het beekdal van de Tongelreep. Gestart wordt echter met een korte beschrijving van de ontstaansgeschiedenis van het beekdal, het startpunt van het systeem zoals we dat nu buiten herkennen.

3.1 Korte beschrijving van de ontstaansgeschiedenis

Veel (historische) informatie wat betreft het ontstaan en de geschiedenis van de Tongelreep is samengebracht in “*Lind dè is de sgonste plats*” (Iven en van Gerwen 1974) en “*De Dommel – Stroomt door tijd, natuur en landschap*” (Buskens et al. 2011). Naast standaardwerken als “*Wilde planten*” (Westhoff et al. 1973) en “*Beken in Noord-Brabant – Levensaders in het landschap*” (Voorn en Moeleker 2017) is onderstaande tekst met name gebaseerd op deze beide werken.



Figuur 3-1 De Tongelreep anno 1794 (links) (Verhees 1794) en 1837 (Nationaal Archief 1837).

De Tongelreep stroomt in het onderzoeksgebied door de Centrale of Roerdalslenk, tussen de Feldbißbreuk in het westen en de Peelrandbreuk in het oosten (Dinoloket 2019). Als gevolg van tektonische activiteit is de Centrale slenk gedaald, waardoor met het verstrijken van de millennia veel verschillende afzetting zijn achtergebleven, variërend van marien tot eolisch.

Het ontstaan van het dal van de Tongelreep zoals we dat nu in het landschap ervaren wortelt, zoals geldt voor vrijwel alle landschappen in Zuidoost Nederland, in het landschap en het klimaat tijdens en na de laatste IJstijd. Aan het eind van de laatste IJstijd, die ongeveer 10.000 jaar geleden eindigde, konden de afgezette dekzanden als gevolg van het warmer worden van het klimaat en het ontdooien van de bodem - waardoor het water steeds dieper weg kon zakken- vrijwel ongehinderd door vegetatie door de wind worden verplaatst. Hierdoor ontstaat het reliëf zoals we dat heden ten dage aantreffen in het onderzoeksgebied.

Voor de vennen geldt dat het proces van verstuing door ging tot op een stevigere, vaak voor water niet tot nauwelijks passeerbare laag, bijvoorbeeld een lemige laag. Het verwaaien van zand zorgt er tegelijkertijd ook voor dat de afwatering lokaal tot staan wordt gebracht, waardoor de uitgestoven laagten zich uiteindelijk vullen met water. De vennen in het onderzoeksgebied, bijvoorbeeld het Grevenschutven en de Kraanvennen (Figuur 3-1), vormen wat betreft ontstaansgeschiedenis geen uitzondering; het gaat om een uitgestoven laagten die met water gevuld zijn geraakt. Vermoedelijk heeft zich in vrijwel alle vennen gedurende het verstrijken van de millennia veen gevormd, dat later is gewonnen als brandstof. Voor de Klotvennen, net buiten het onderzoeksgebied in het stroomgebied van de Strijper Aa, volgt dit in ieder geval direct uit de naamgeving.

De oudst beschikbare, relatief gedetailleerde en goed gerefereerde kaarten laten zien dat de Tongelreep rond 1800 stroomde door natte, goeddeels onontgonnen gebieden te midden van hoge en droge heidegebieden. Met name rond de Achelse kluis, Bruggerhuizen-Zeelbergen en Achtereind is sprake van beemden op de oevers van de Tongelreep (Figuur 3-1). Hierin valt het kleinschalige verkaveling patroon van grasland en opgaande begroeiing op. Deze verkaveling ontstond door het graven van sloten en greppels loodrecht op de beek, om zo de percelen te ontwateren en beter bruikbaar te maken. Langs deze sloten kiemde vrijwel zonder uitzondering Zwarte elzen (*Alnus glutinosa*), die vervolgens werden gebruikt en onderhouden als geriefhout (Wolf 1992; Dirkmaat 2005; Verdonk 2016).

Buiten de gehuchten, stroomt de Tongelreep door moerassige laagten; een meanderende moerasbeek die zich een weg baande door Elzenbroekbossen. Dat het ging om een brede, ondiepe beek (circa 1 meter diep en 4 tot 5 meter breed) volgt uit herinrichtingswerkzaamheden, waarbij delen van de oude bedding "boven water" zijn gekomen.

Opvallend zijn ook de vloeivelden en visvijvers, die al in 1837 op kaart zijn gezet. Vloeivelden werden in die tijd gebruikt om de schrale gronden te voorzien van voedingsstoffen en mineralen, om de graslanden productiever te maken (Burny 1999; Baaijens et al. 2011). Visvijvers waren nodig voor de voedselvoorziening van bijvoorbeeld de kloosters. Het meest uitgebreide stelsel vinden we nabij de Achelse Kluis, waar de paters eeuwenlang hun stempel hebben gedrukt op het landschap. Kleinere visvijvers bevinden zich ten oosten van Valkenswaard (Figuur 3-1). De bevoeiingen zijn in ieder geval tot 1910 nog behoorlijk uitgebreid, getuige het grote areaal "irrigatiën" nabij de Belgische grens en noordelijk

van Bruggerhuizen (Figuur 3-2). De beek is dan ook al over grote delen rechtgetrokken, hoewel deze in de moeilijkst te ontwateren delen nog steeds door moerassig gebied meandert. Een voorbeeld hiervan vinden we net benedenstrooms Bruggerhuizen (Figuur 3-2).

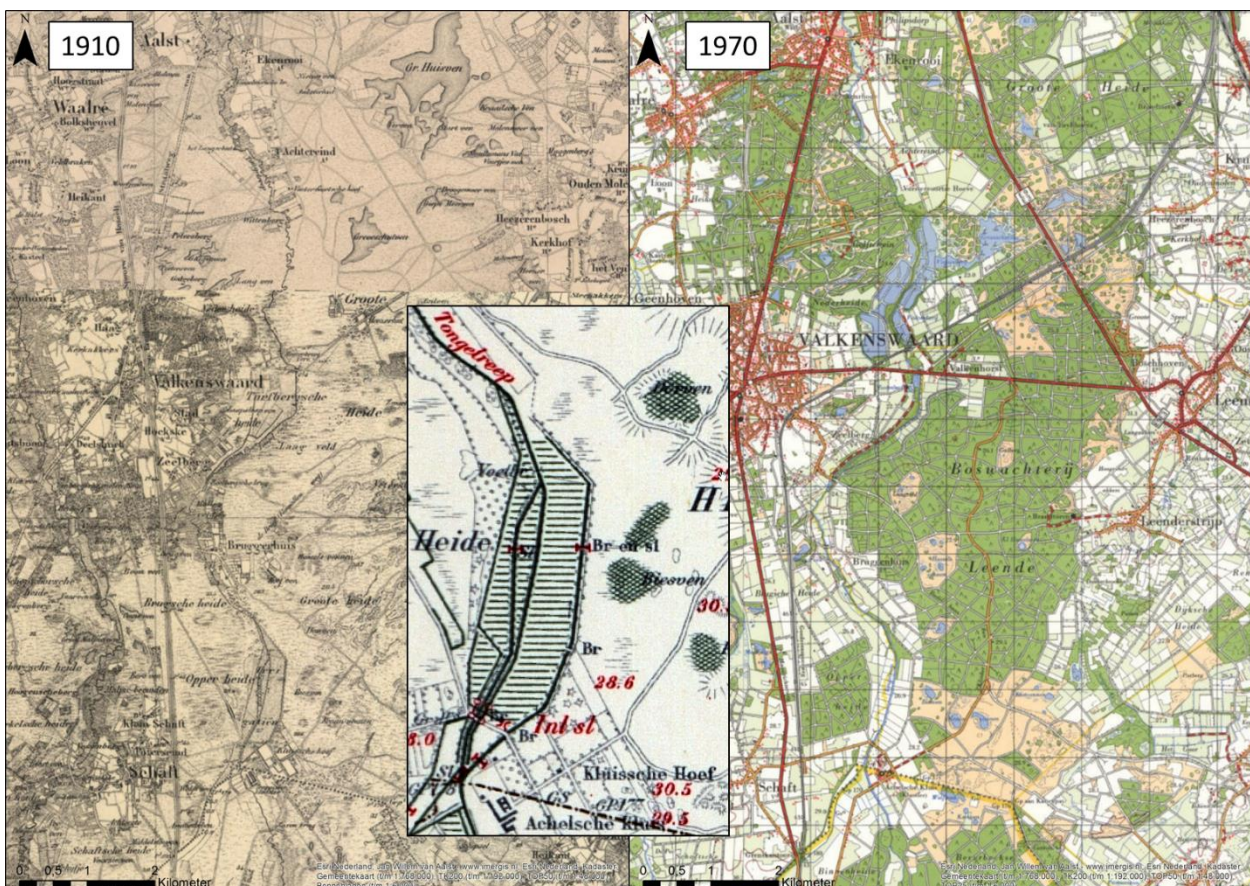


*Ontginningswerkzaamheden in de jaren 50.
Fotocollectie Nederlandse Heidemaatschappij*

De vloeivelden vormden rond 1900 als het ware de basis voor het zeer uitgebreide complex aan visvijvers, zoals dat tot op de dag van vandaag nog aanwezig is langs de Tongelreep. Van omstreeks die datum, 1890 om precies te zijn, dateert ook de enige stuw die de Tongelreep "rijk" is.

Vanaf ongeveer 1900 is de voornaamste functie van deze stuw inderdaad het regelen van de watervoorziening voor de visvijvercomplexen, waaronder het Grevenschutven dat omstreeks dezelfde periode “in productie wordt genomen”. De oostelijk aanvoerleiding is destijds in één moeite door aangelegd. Het kweken van vis is overigens in hoge mate vergelijkbaar met reguliere landbouwpraktijk. De vijvers werden stevig bemest en bekalkt. De effecten daarvan zijn nog steeds te meten in de waterbodem onder de visvijvers (van Kleef et al. 2017). Tegenwoordig vertegenwoordigen de visvijvers vooral cultuurhistorische en natuurwaarden. Het Grevenschutven, één van de cultuurhistorische dragers van het onderzoeksgebied naast de (voormalige) watermolen, de oude spoorlijn en de Achelse kluis, is hiervan een goed voorbeeld.

Zoals vrijwel alle Brabantse beekdal, is ook de Tongelreep niet ontkomen aan de vooruitgang. Zoals gezegd was rond 1910 al over grote delen sprake van een rechtgetrokken beek met waterwerken ten behoeve van visvijvers. Deze ontwikkeling heeft zich in de tijd voortgezet en zo rond de jaren zeventig was de gehele Tongelreep geoptimaliseerd en de beemden in regulier agrarisch gebruik (Figuur 3-2). In feite het schrikbeeld waar Sloff (1935; zie hoofdstuk 1) het al over heeft. Sinds die tijd zijn echter in de Tongelreep zelf én de aanliggende vennen, bijvoorbeeld het Grevenschutven, verschillende herstelprojecten uitgevoerd om de situatie van weleer weer zoveel mogelijk in oude glorie te herstellen. Een inspanning die tot op de dag van vandaag voort gaat (e.g. van Kleef et al. 2017). In feite is vrijwel de hele Tongelreep hersteld, op een klein deel benedenstrooms van Bruggerhuizen uitgezonderd. Zoals in hoofdstuk 1 al gezegd geeft het beleid rond Natura 2000, de Kaderrichtlijn Water en Natuurnetwerk Brabant een nieuwe impuls aan natuurherstel in het onderzoeksgebied, met respect voor de andere gebruiksfuncties.



Figuur 3-2 De Tongelreep anno 1910 (links) en 1970. Inzet: Vloevelden nabij de Achelse kluis (Departement van Waterstaat 1925)

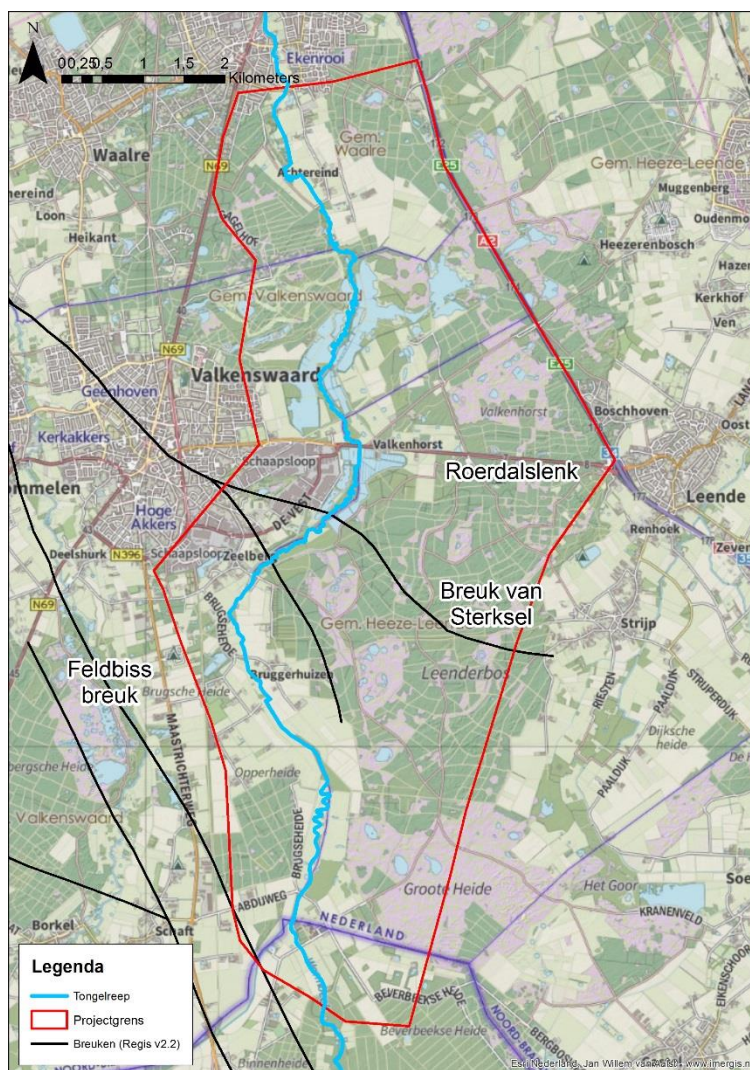
Ten slotte: een belangrijke gebeurtenis in de geschiedenis van de Tongelreep is de ingebruikname van riolering in Achel. Omdat een zuiveringsinstallatie ontbrak, werd het rioolwater ongezuiverd op Warmbeek en Tongelreep geloosd. Dit leidde tot zuurstofloosheid in de beek en een grote stap achterwaarts voor wat betreft waterkwaliteit. Deze situatie duurde tot ongeveer 1996, toen een zuiveringsinstallatie in gebruik werd genomen. Sindsdien is de situatie zeker verbeterd (van Schijndel 2018), maar veel kwaad was al geschied.

3.2 Geologie

De Feldbißbreuk, een van de belangrijke breuken in de Nederlandse ondergrond, vormt ter plaatse van het onderzoeksgebied de grens tussen het Kempisch Plateau (westelijke van de breuk) en de Roerdal- of Centrale slenk (oostelijk van de breuk). De Feldbißbreuk passeert het onderzoeksgebied ten zuidwesten. Daarmee ligt het onderzoeksgebied in de Centrale slenk (Figuur 3-3), een zone waar tektonische daling plaats vindt.

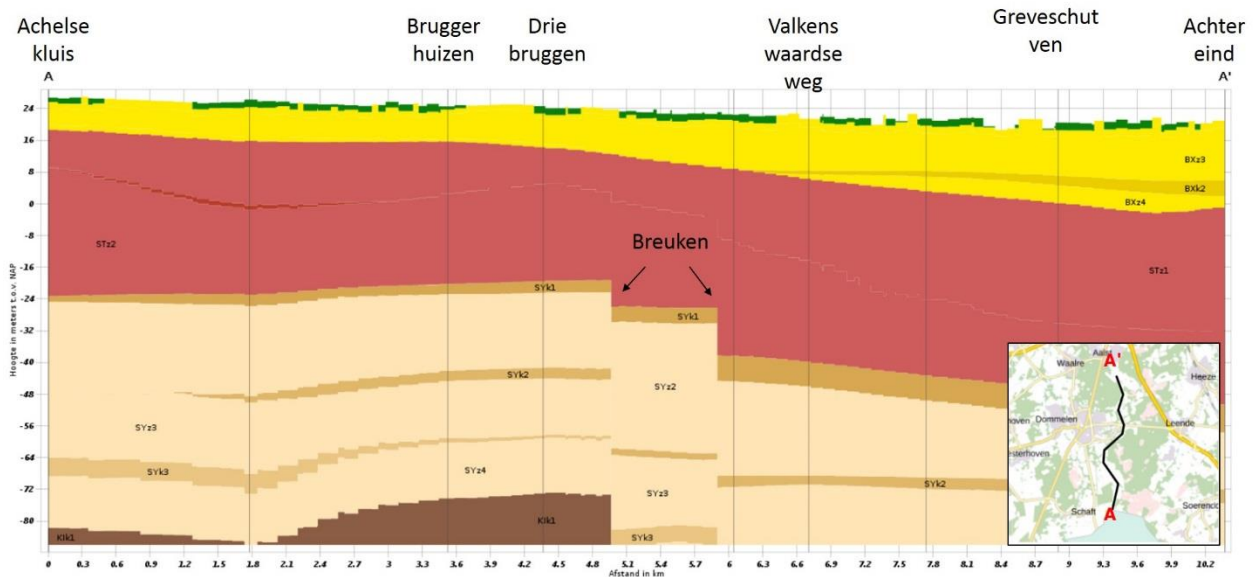
Naast de Feldbißbreuk is in het onderzoeksgebied nog een tweetal kleinere breuken aanwezig: de breuk van Sterksel en een breuk die van Gastel richting Valkenswaard loopt.

De breuken in het onderzoeksgebied hebben gemeen, dat ze met name terug te vinden zijn in de diepere ondergrond (> 50 meter), in figuur 3-4 te herkennen aan de “verspringing” in de gelaagtheid. Oppervlakkig zijn ze niet waar te nemen, waardoor invloed op het hier relevante ecohydrologisch systeem verwaarloosbaar is.



Figuur 3-3 Breuken in en rond het onderzoeksgebied, zoals beschikbaar in REGIS II v2.2.

De geologische opbouw ter plaatse van het onderzoeksgebied is weergegeven in figuur 3-4. In het freatisch pakket, dat aan de onderzijde begrensd wordt door de eerste kleiige eenheid van de formatie van Stramproy (SYK1, beige in figuur 3-4), zijn twee verschillende formaties te herkennen, namelijk de formatie van Sterksel (ST, rode tinten in figuur 3-4) en de formatie van Boxtel (BX, gele tinten in figuur 3-4). Deze beide formaties zijn het meest relevant in het licht van voorliggende rapportage.

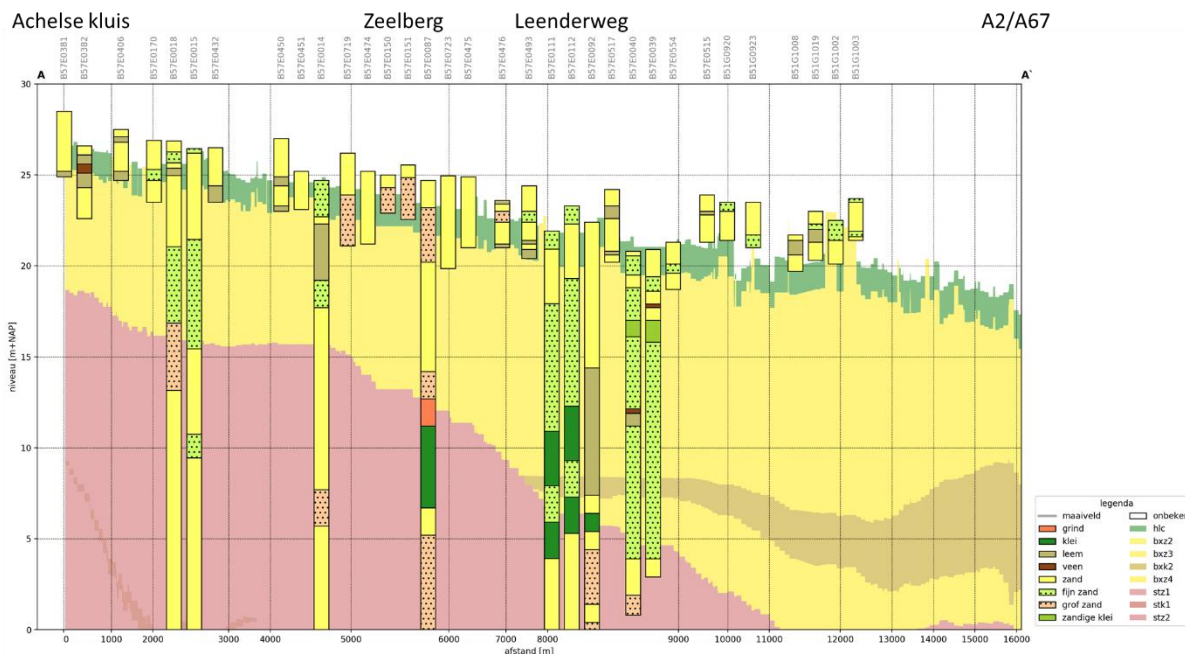


Figuur 3-4 Bodemopbouw voor het onderzoeksgebied zoals weergegeven in Regis II V2.2 (Dinoloket 2019), met enkele toponiemen ter oriëntatie. Omdat de opbouw in oost-west richting nagenoeg gelijk is aan de hier weergegeven opbouw in zuid-noord richting, wordt volstaan met deze laatste.

De formatie van Sterksel is ontstaan in het vroege Pleistoceen onder invloed van de Rijn en de Maas; het zijn rivierafzetting, die bestaan uit grove tot zeer grove zanden die sterk grindhoudend zijn (TNO 2003 en figuur 3-5). Niettemin kunnen kleilaagjes in de zandpakket aanwezig zijn, zoals ook onder het onderzoeksgebied (Donkerrode bandje tussen STz1 en STz2 in figuur 3-4 en figuur 3-5).

De formatie van Boxtel is geen fluviaatiele, maar overwegend een eolische afzetting ontstaan tijdens het Pleistoceen (tevens de periode waarin veel vennen zijn ontstaan). In feite is het een verzameling van afzettingen, die samengaan met de destijds afwisselende zeer koude en warmere periodes. De formatie van Boxtel bestaat in het onderzoeksgebied overwegend uit fijne zanden (BXz1, geel in figuur 3-4), waarin met name vanaf ongeveer de Valkenswaardseweg ook leem (BXk2, grijs in figuur 3-4) aanwezig is (TNO 2003). Deze leemlaagjes (Figuur 3-5), die de ondergrens van het verstuvende zand vormden en zo komen in het landschap vormden, zijn bepalend voor het voorkomen van vennen in het onderzoeksgebied (Buskens en Roelandse 2001; Loeb en Jalink 2004a; Segers en Buskens 2008).

Boven de formatie van Boxtel, zijn in het beekdal van de Tongelreep zogenoemde Holocene afzettingen aanwezig (groen in figuur 3-4). Dit zijn in feite de beekafzettingen van de Tongelreep zoals we die nu kennen en vertegenwoordigen de ondiepe bodemopbouw, die in paragraaf 3.4 uitgebreid aan bod komt.



Figuur 3-5 Boringen zoals beschikbaar via het dinoloket (Dinoloket 2019) binnen een zone van 500 meter aan weerszijde van de Tongelreep. Gezien het beekdal op punten vrij steil is, liggen enkele boringen daardoor boven het aan NAP gereferende maaiveld. Deze liggen feitelijk iets verder van de beek, het laagste punt. De ondergrond geeft de geologische opbouw, zoals deze eerder is weergegeven in figuur 3-4 en beschreven in paragraaf 3.2 (zie aldaar voor verklaring van de legenda).

Resumé Geologie

- Het onderzoeksgebied ligt in de Centrale of Roerdalslenk, ten oosten van de Feldbißbreuk.
- De fluviatiele formatie van Sterksel en de overwegend eolische formatie van Boxel zijn het meest relevant voor het functioneren van het onderzoeksgebied. Ze bestaan uit respectievelijk grove, grindhoudende en fijne zanden, waarin in klei en leemlaagjes zijn afgezet.
- De leemlaagjes zijn bepalend voor het voorkomen van vennen in het onderzoeksgebied.

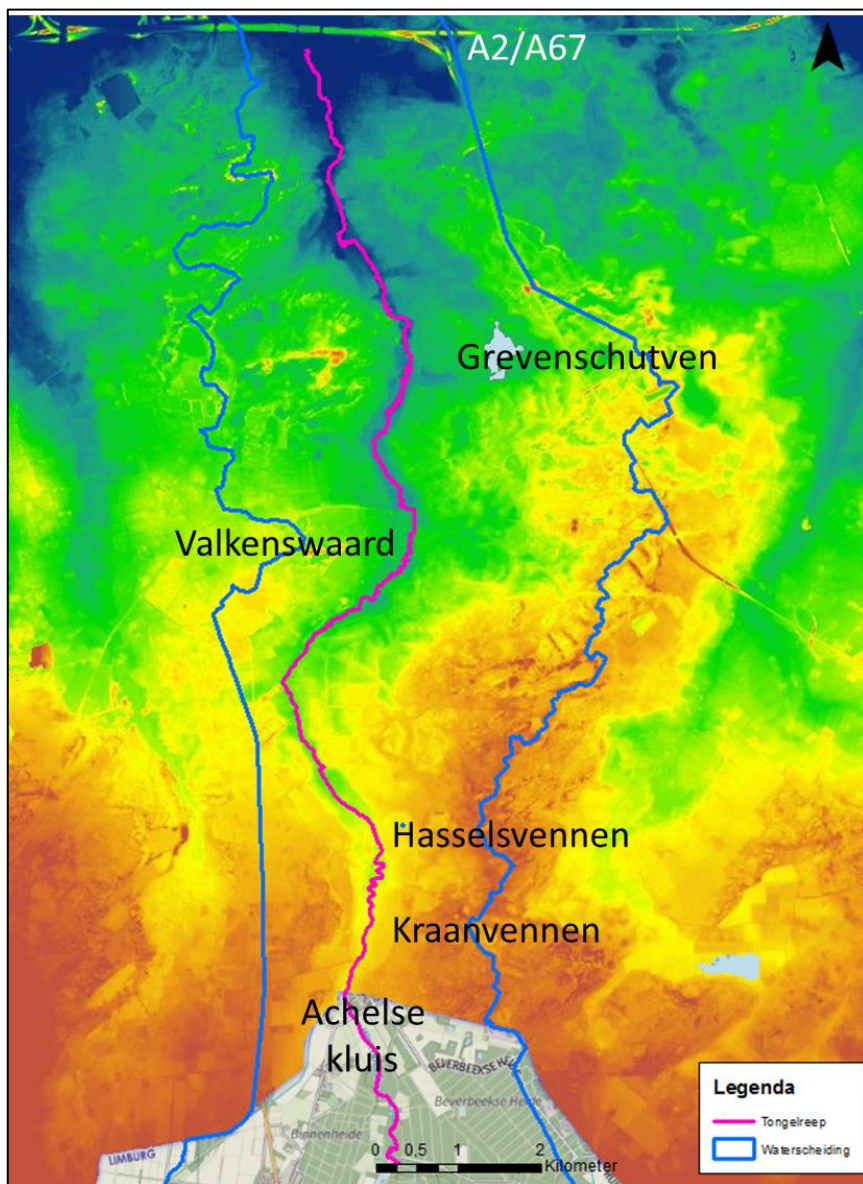
3.3 Hoogteligging

Het maaiveldverloop in het onderzoeksgebied (weergegeven met behulp van de waterscheiding) zoals recent gemeten (AHN3) is weergegeven in figuur 3-6. Van zuid naar noord verloopt het maaiveld van globaal 30 m +NAP tot circa 20 m +NAP. Naast de zuid-noord oriëntatie van het maaiveld en de beken, laat figuur 3-6 ook duidelijk de oost-west gerichte structuren zien; de beekdalen begrensd door dekzandruggen, waaronder dat van de Tongelreep. De Tongelreep vormt, evenals de andere beken in de omgeving, het laagste punt in het beekdal.

In feite is sprake van een in noordelijke richting uitwiggende aaneenschakeling van dekzandruggen vanaf het Kempens Plateau. Dergelijke dekzandruggen - ontstaan als gevolg van windwerking - zijn kenmerkend voor het landschap van de Grote Heide (e.g. Segers en Buskens 2008; Strootman Landschapsarchitecten et al. 2011).

Resumé Hoogteligging

- Het maaiveld loopt van zuid naar noord af, waarbij de beekdalen als oost-west gerichte structuur dit patroon als het ware doorsnijden.
- Het maaiveld in het onderzoeksgebied varieert tussen globaal 20 en 30 m +NAP.



Figuur 3-6 Hoogtekaart voor het onderzoeksgebied (AHN 2019) met enkele toponiemen. De schaal is relatief: rode kleuren geven hoge gebieden, blauwe lage. Globaal varieert het maaiveld tussen 20 en 30 m + NAP.

3.4 Bodemopbouw en -chemie

3.4.1 Bodemopbouw

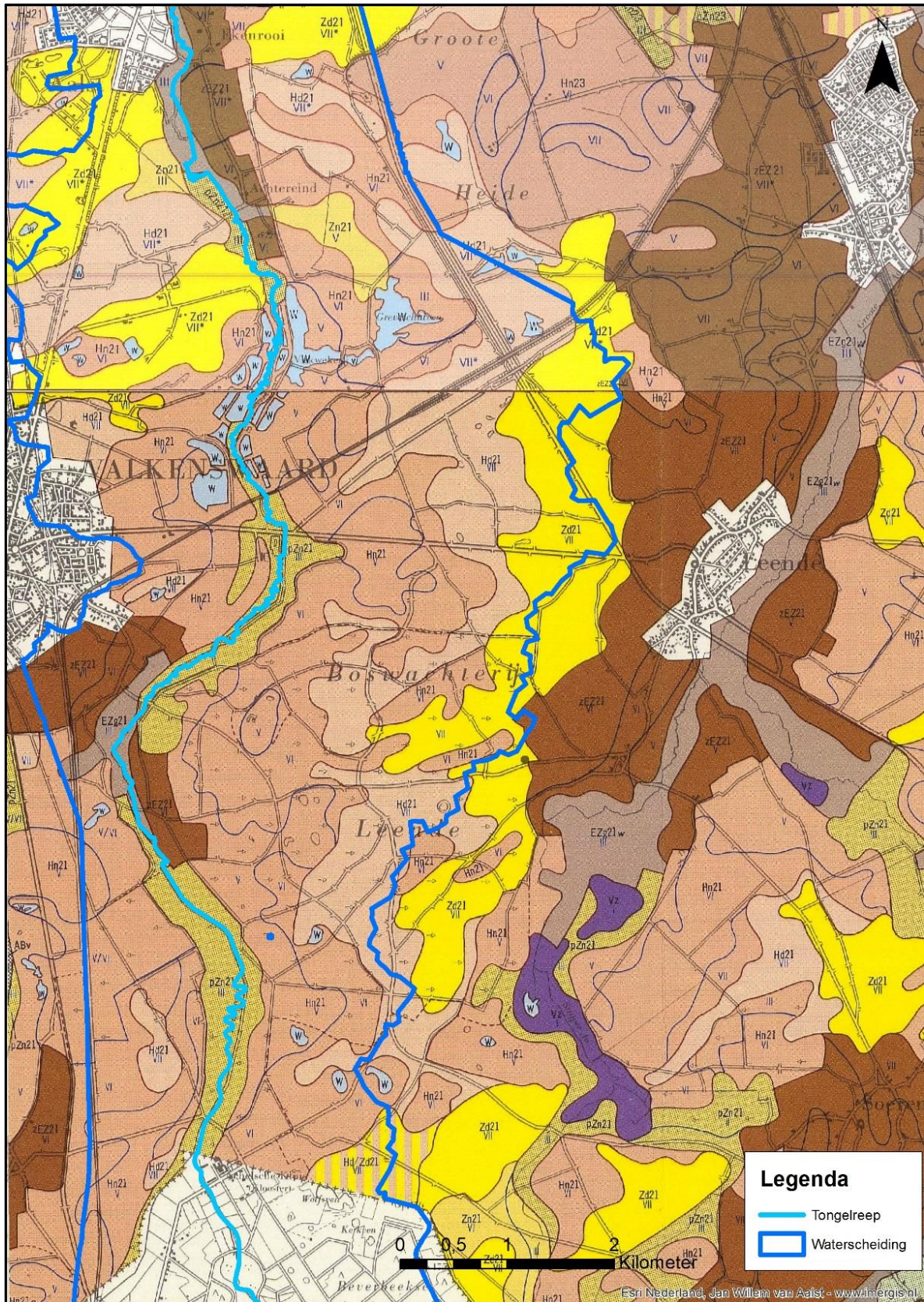
De bodemopbouw voor het onderzoeksgebied is weergegeven in figuur 3-7 (Stichting voor bodemkartering 1972, 1981). Direct valt op dat de dominante kleur in het onderzoeksgebied roze is, de gronden direct langs de beek uitgezonderd. Dit vertaalt naar zwak lemige Veld- (Hn21 in figuur 3-7) en Haarpodzolen (Hd21 in figuur 3-7). Podzolen in algemene zin, zijn uitlogingsprofielen (ontstaan door uitloging van humuszuren) die daarmee dan ook duiden op langdurige infiltratie van regenwater.

Langs de beek, waar de Beekbegeleidende bossen gevonden worden, domineren eerdgronden; moerige gronden met een humusrijke bovengrond die is ontstaan als gevolg van bemesting (ophoging) van deze gronden met heideplaggen. In het onderzoeksgebied zijn lemige Gooreerdgronden (pZn21 in figuur 3-7), Lage (EZg21 in figuur 3-7) en Hoge enkeerdgronden (zEZ21 in figuur 3-7) aanwezig. De Gooreerdgronden duiden op dan wel stagnatie van niet of nauwelijks aangerijkt water dan wel op plaatsen waar lokale kwel maaiveld bereikt. Een deel van het op de hogere gronden geïnfiltreerde water, komt hier (in potentie) als kwel aan maaiveld.

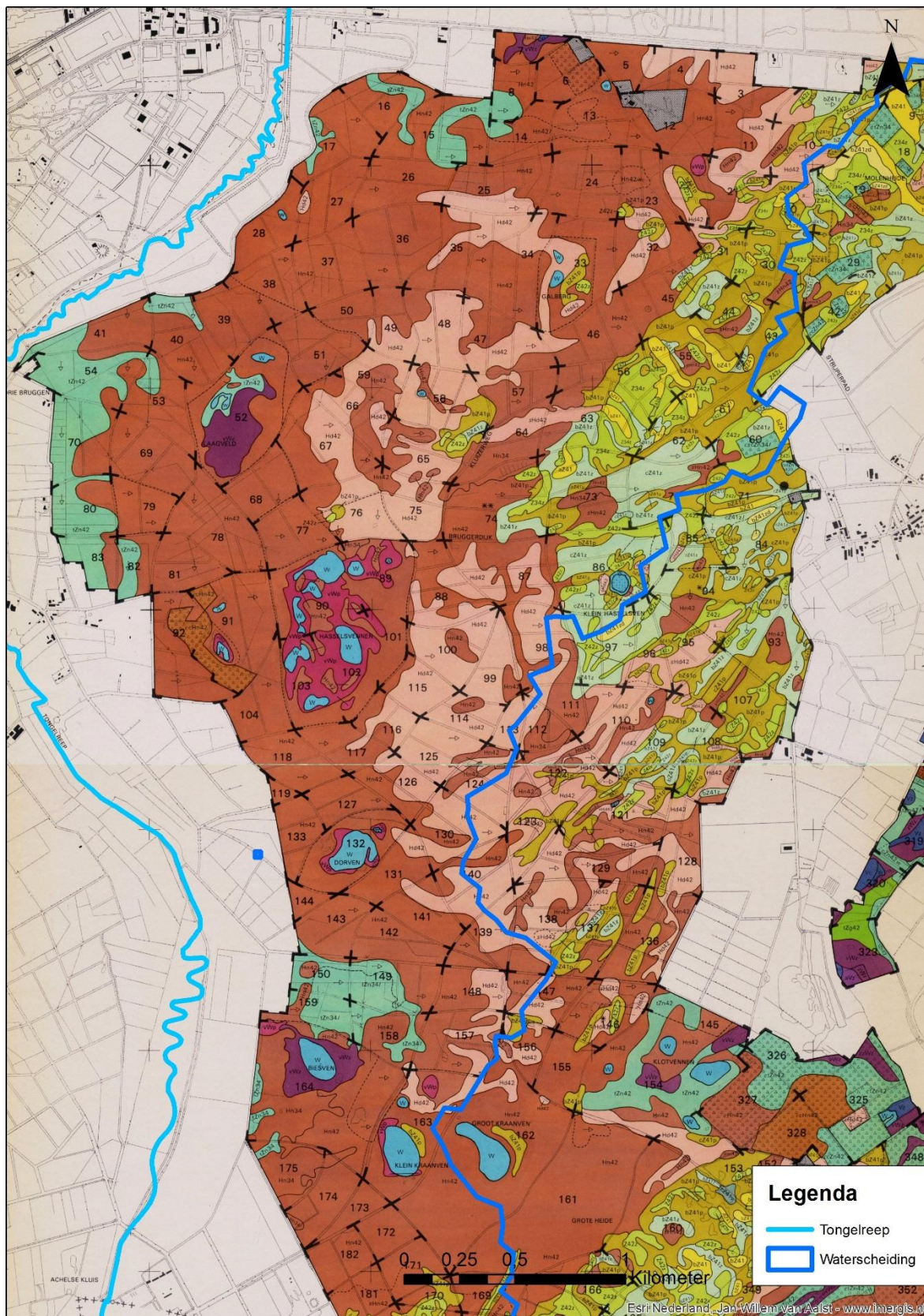
Vrijwel het gehele onderzoeksgebied staat te boek als vergraven of geëgaliseerd (→ of ← in figuur 3-7).

Ten slotte valt uit de bodemkaarten op te maken dat de grondwatertrap in het onderzoeksgebied varieert van III (GHG <40 cm -mv, GLG 80-120 cm -mv) voor de eerdgronden direct langs de beek, tot V-VII (GHG <40 - >80 cm -mv, GLG >180 cm -mv) voor de podzolen op grotere afstand van de beek (Figuur 3-7). Dirx en Kleijer (1988) laten zien dat rond de vennen eind jaren tachtig in ieder geval sprak was van grondwatertrap III.

Voor de Groote Heide, het deel van Natura 2000-gebied "Leenderbos Groote Heide & De Plateaux" waar de vennen en daarmee samenhangende natuurwaarden worden gevonden, is een meer gedetailleerde bodemkaart beschikbaar (Figuur 3-8). Deze laat zien dat alle vennen te midden van bodemtypes gevonden worden, die duiden op permanent natte omstandigheden; moerige gronden, meer specifiek moerige podzolgronden (vWp, paars in figuur 3-8) en Broekeerdgronden (vWz, fel roze in figuur 3-8). Deze laatste komen voor rond het Biesven. Ten noorden van het Biesven, zijn ook Gooreerdgronden aanwezig (tZn42, petrol in figuur 3-8). Beide duiden ze op permanent hoge waterstanden en (vaak) op de aanwezigheid van scheidende lagen. Specifiek voor de Hasselsvennen, is in de ondiepe ondergrond (50 cm -mv) een harde, voor water moeilijk doorlatende laag (mogelijk een oerbank) aanwezig, waarvan de verbreiding onzeker is (Loeb en Jalink 2004b). Ten noordoosten van het Klein en Groot kraanven, ten slotte, zijn opgestoven paraboolduintjes aanwezig, in figuur 3-8 te herkennen als Vaaggronden (bZ41p, geel in figuur 3-8). Voor de hand ligt, dat deze water leveren voor deze vennen.



Figuur 3-7 Bodemkaart (1:50.000) voor het onderzoeksgebied (weergegeven aan de hand van de waterscheiding, blauwe polygoon), naar Stichting voor bodemkartering (1972, 1981).



Figuur 3-8 Bodemkaart (1:10.000) voor Groote Heide, naar Dirkx en Kleijer (1988)

3.4.2 Bodemchemie

Onderzoek voor wat betreft bodemchemie heeft plaatsgevonden tussen globaal de Belgische grens en Drie bruggen, ofwel een groot deel van het studiegebied (Tomassen et al. 2010). Hieruit komt naar voren dat de voor planten beschikbare hoeveelheid fosfor (Olsen-P) tot ten minste 30 cm -mv zeer hoog is ($> 1000 \mu\text{mol l}^{-1}$), maar daarna relatief snel af neemt. Voor de totale hoeveelheid fosfor, is het beeld vergelijkbaar. Overwegend vanaf 30 cm -mv daalt de concentratie beneden de $8 \mu\text{mol l}^{-1}$. Verder zijn de bodems arm aan sulfaat (SO_4), maar ook arm aan calcium (Ca) en ijzer (Fe) met een gemiddelde concentratie van respectievelijk 36 en 21 mmol l^{-1} .

Hoewel niet het gehele onderzoeksgebied is onderzocht op bodemchemische kenmerken, bestaat weinig reden om aan te nemen dat de situatie in de niet onderzochte delen met vergelijkbaar landgebruik anders zouden zijn. Voor de natuurgebieden geldt juist dat een lage voedselbeschikbaarheid, maar ook lage concentraties aan calcium en ijzer in de lijn der verwachting liggen.

Resumé Bodemopbouw

- In het onderzoeksgebied domineren de inspoelingsprofielen van de Veld- en Haarpodzolen de hogere delen, die duiden op infiltratie van regenwater.
- Dichter langs de beek domineren eerdgronden, die duiden op natte omstandigheden en eeuwenlang menselijk gebruik in de vorm van het opbrengen van heideplaggen.
- Rond de vennen domineren ook eerdgronden, die vaak een ruimere verspreiding kennen dan de vennen zelf. Hier worden tegenwoordig de vochtige heides en hun pionievorm gevonden.
- Ten noordoosten van het Klein en Groot kraanven, zijn paraboolduintjes bestaand uit fijn stuifzand opgestoven.
- Daar waar bodemchemisch onderzoek is verricht, ontstaat een beeld van een bijzonder voedselrijke bovenlaag (30cm), waar een overmaat aan fosfor aanwezig is, terwijl calcium en ijzer in lage concentraties aanwezig zijn.

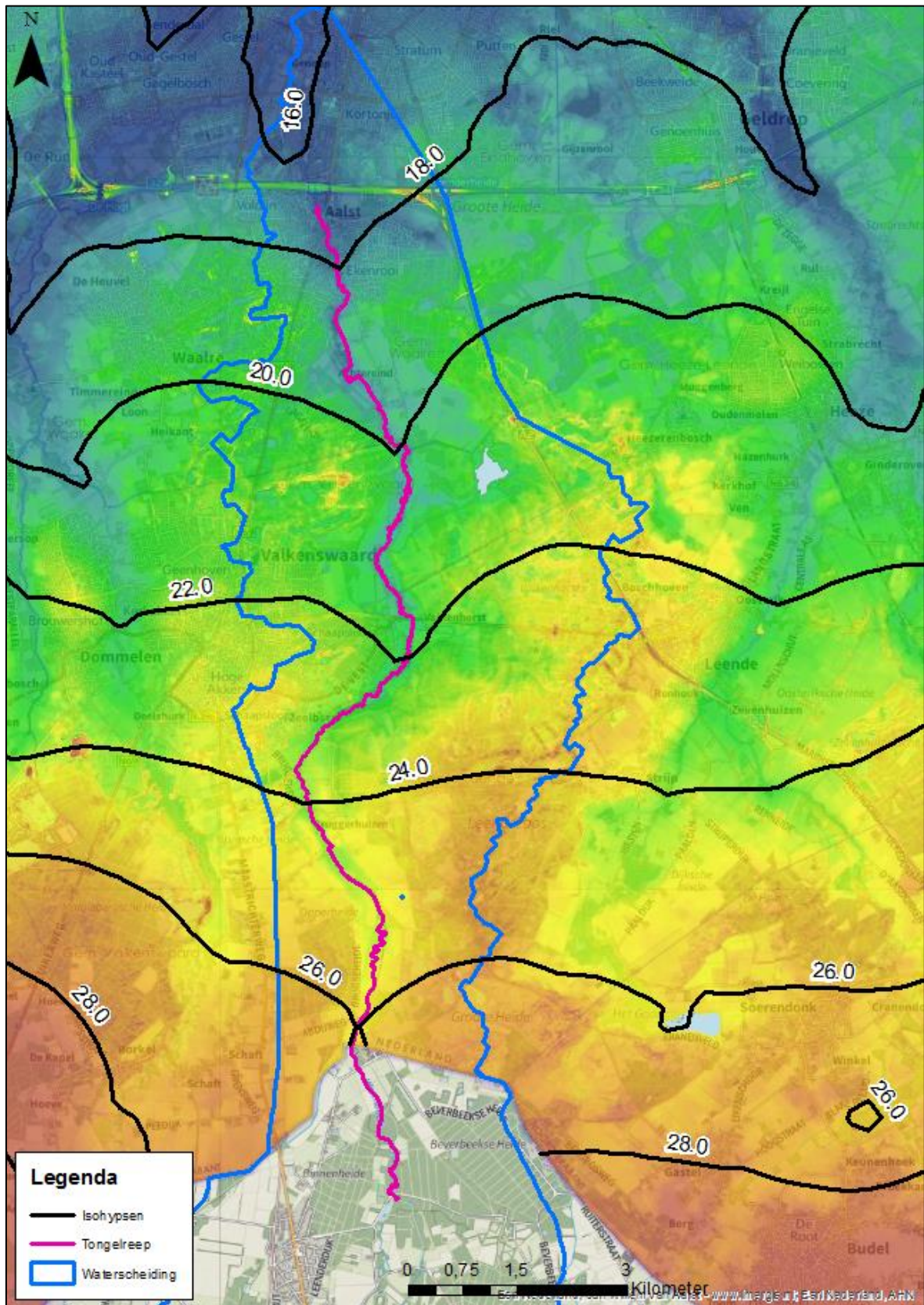
3.5 Hydrologie

3.5.1 Grondwater

De grondwaterstroming in het freatisch pakket helt in noord-noordwestelijke richting (Figuur 3-9)². De stijghoogte daalt in die richting van globaal 28 naar 19 m +NAP (Grondwatertools 2019). De isohypsen trekken als ware vanuit de omliggende zandruggen naar de Tongelreep toe (v-vorm), een teken dat de Tongelreep het onderzoeksgebied draineert. Dit beeld komt goed overeen met TAKEN Landschapsarchitectuur & Ecologie en Artesia (2007), de voor een deel van het onderzoeksgebied vergelijkbare stijghoogtes laten zien voor de situatie in 2003. De Grootte Heide (de hogere oostelijke delen van het onderzoeksgebied) fungeren als intrekgebied voor grondwater (e.g. Loeb en Jalink 2004a; Segers en Buskens 2008), zoals ook uit de bodemtypes aldaar is af te leiden (paragraaf 3.4).

De stroming van water in en naar het freatisch systeem wordt van nature sterk bepaald door het reliëf, aanwezige leemlagen en ontwateringsstructuren. Met behulp van peilbuizen, bijvoorbeeld in een raai, kan het stijghoogteverloop in meer detail in beeld worden gebracht. In het plangebied is een veelheid aan peilbuizen aanwezig, die behoorlijk verschillen in de lengte van de meetreeks en niet meer allemaal actief worden bemeten (Figuur 3-10). Desalniettemin kunnen zij gebruikt worden om het stijghoogteverloop ter plaatse van de hier (meest) relevante habitattypen te illustreren. Hiertoe is een tweetal raaien (noordelijk en zuidelijk in het onderzoeksgebied) samengesteld (Figuur 3-10) aan de hand waarvan de stijghoogte dynamiek in het onderzoeksgebied wordt besproken.

² Situatie 1 januari 2015.



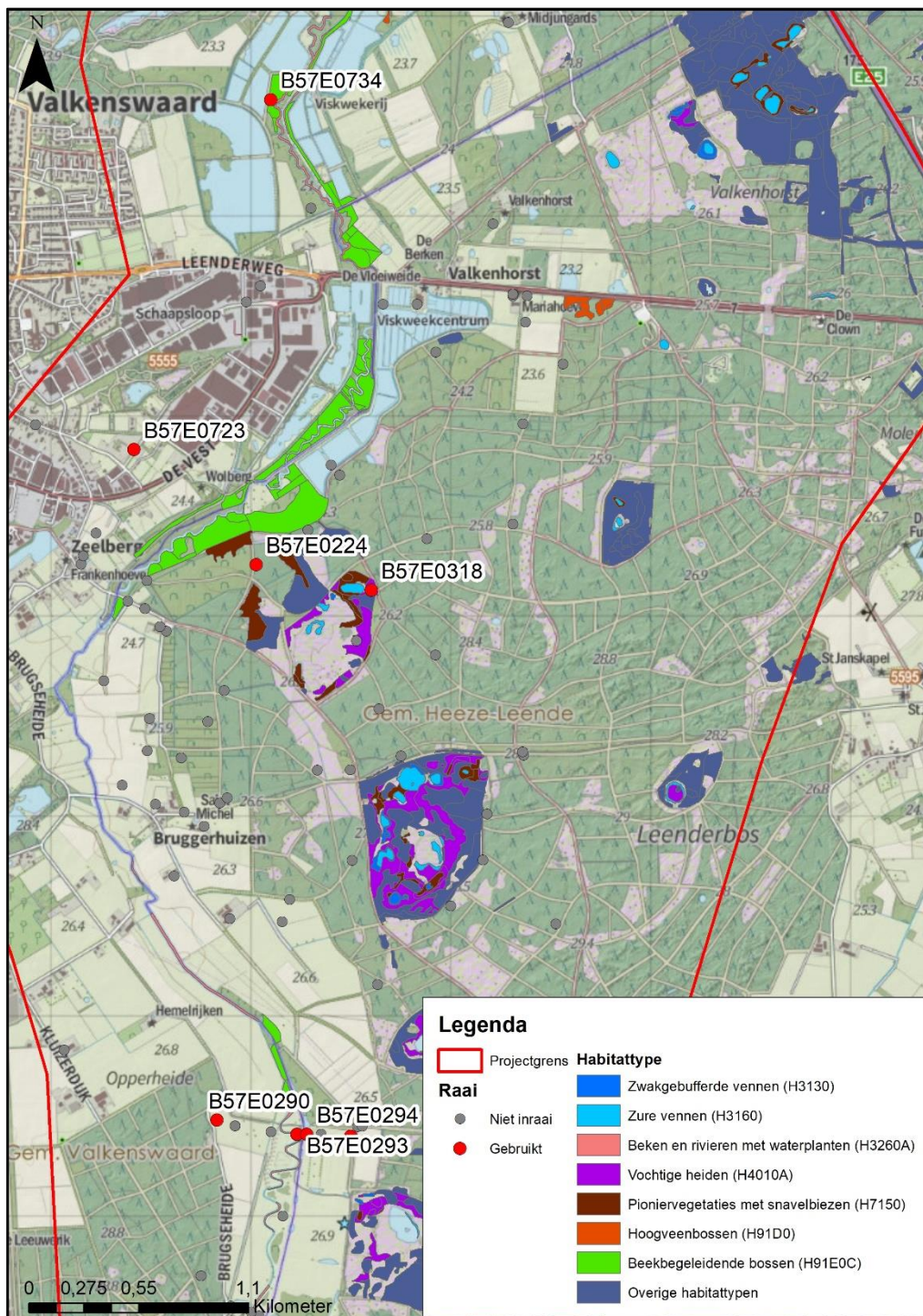
Figuur 3-9 Isohypsenspatroon in het freatisch vlak voor het onderzoeksgebied (Grondwatertools 2019) over de hoogtekaart (AHN 2019). Het onderzoeksgebied is aangegeven met behulp van de waterscheiding (blauwe polygoon).

3.5.1.1 Zuidelijke raai

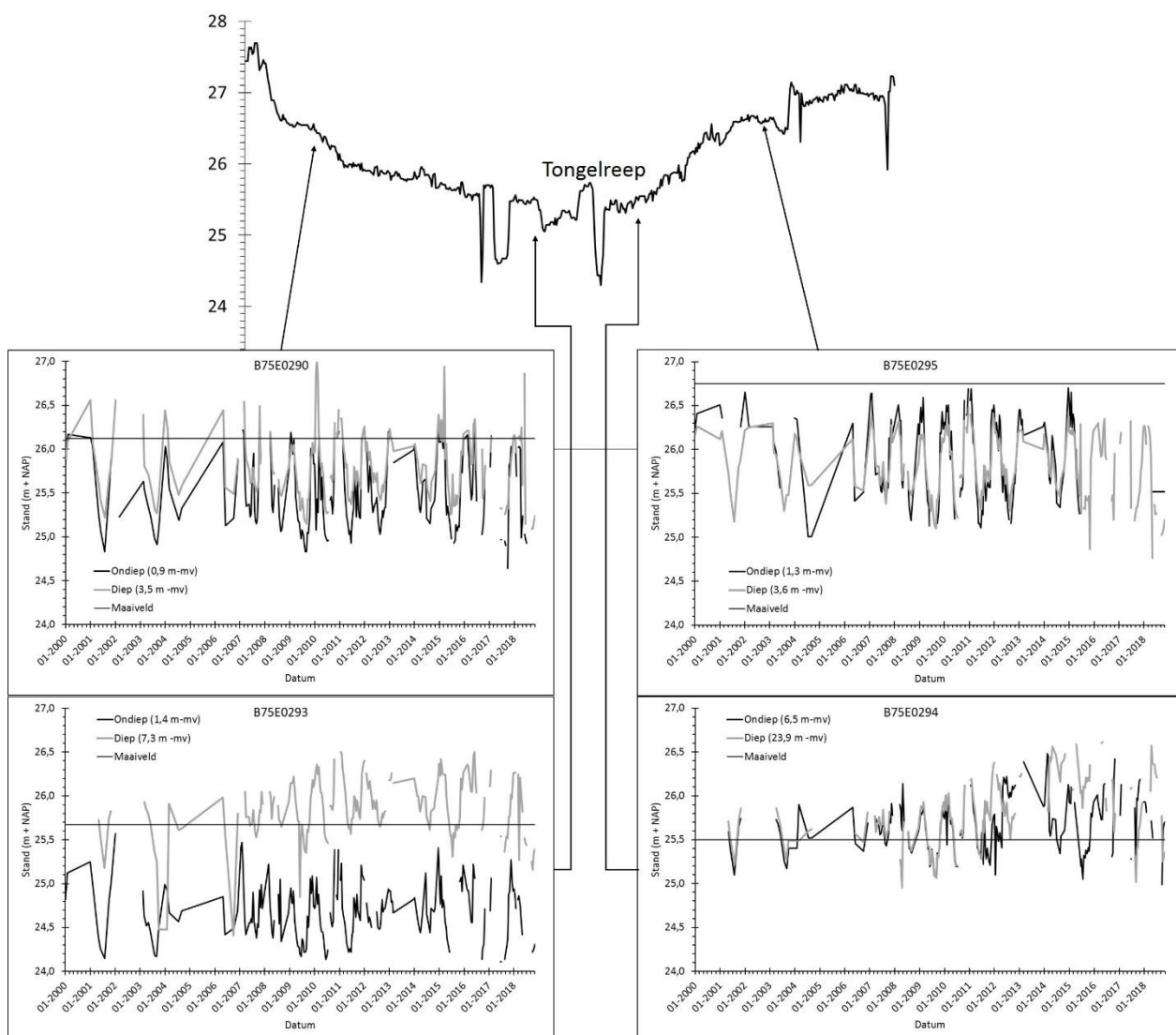
In het zuiden van het plangebied, waar al beekherstel heeft plaatsgevonden, vormen de peilbuizen B57E0290, B57E0293, B57E0294 en B57E0295 een oost-west gerichte raai door het dal van de Tongelreep. Deze peilbuizen zijn als representatief te beschouwen voor de direct benedenstrooms daarvan gelegen Beekbegeleidende bossen (H91E0C; Figuur 3-10). Alle peilbuizen zijn uitgerust met een diep en een ondiep filter. De bovenkant van de diepe en ondiepe filters verschilt echter wezenlijk voor de verschillende peilbuizen (Figuur 3-11). De filterdieptes variëren van circa 1 tot ruim 23 meter beneden maaiveld. Behoudens het filter dat tot ruim 23 meter beneden maaiveld reikt, dat in de formatie van Sterksel staat, staan alle filters in de formatie van Boxtel (Figuur 3-4). De gegevens voor de periode 2000-2018 zijn samengebracht in figuur 3-11.

Hoewel ter plaatse van deze raai tussen 3,5 en 7 meter beneden maaiveld (circa 25 - 20 m + NAP) slecht doorlatende (leem)lagen bekend zijn (Dinoloket 2019), laat het stijghoogteverschil dat volgt uit de gegevens van B57E0293 vooral de drainerende werking van het oppervlaktewatersysteem zien. Deze peilbuis ligt precies tussen een diepe sloot en de Tongelreep, waardoor de stijghoogtes in het ondiepe filter aanmerkelijk worden verlaagd. Dit verklaart ook waarom de verschillen in stijghoogte tussen de beide filters juist voor deze peilbuis zo pregnant naar voren komen. De andere peilbuizen in deze raai worden niet of “slechts” eenzijdig beïnvloed door de Tongelreep of diepe sloten.

Verder is uit figuur 3-11 af te leiden dat de stijghoogte op de flanken van het beekdal (B57E0290 en -295) in de winter tot enkele decimeters beneden maaiveld reikt en in de zomer tot ruim een meter uitzakken, zoals de grondwatertrappen uit de bodemkaart deden vermoeden (Figuur 3-7). Direct langs de beek (B57E0293- en 294) staat het grondwater nagenoeg jaarrond aan of boven maaiveld, behalve wanneer drainagemiddelen aanwezig zijn (B57E0293). Kwelwater wordt gedraineerd en afgevoerd, tenminste op de oostelijke oever van de Tongelreep.



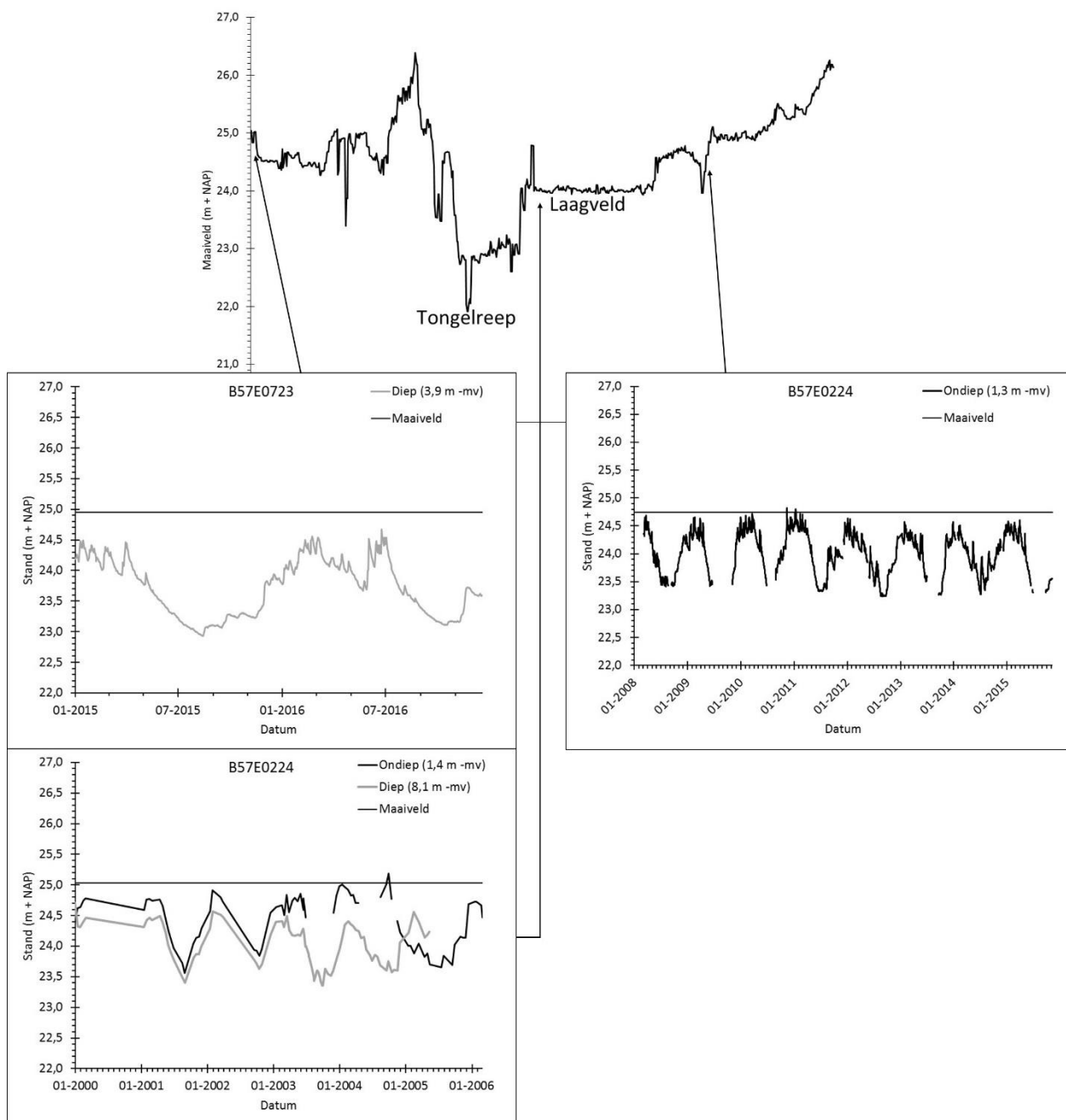
Figuur 3-10 Overzicht van de voor het onderzoeksgebied beschikbare peilbuizen (Dinoloket 2019) en de daarbinnen aanwezige habitattypen (Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer 2016). Rode stip: peilbuis gebruikt in deze rapportage. Het onderzoeksgebied is aangegeven door middel van een rode polygoon.



Figuur 3-11 Stijghoogte (in m + NAP) dynamiek voor de zuidelijke raai door het onderzoeksgebied. Zwarte lijn: ondiep filter. Grijs lijn: diep filter. Per filter is tussen haakjes de diepte van de bovenkant van het filter opgenomen. De filters zijn 1 meter lang. Naar Dinoloket (2019). Horizontale lijn in elke grafiek geeft het maaiveld ter plaatse van de peilbuis. Pijlen geven de locatie van de peilbuis op de raai (Lizard 2019).

3.5.1.2 Noordelijke raai

Een volgende raai haaks op het beekdal, bestaand uit peilbuizen met voldoende lange en voldoende recente meetgegevens is te vormen ongeveer ter hoogte van Laagveld (Figuur 3-10). Van noordwest naar zuidoost bestaat deze raai uit de peilbuizen B57E0723, B57E0224 en B57E0318. De peilbuizen die deze raai vormen, zijn als representatief te beschouwen voor de daar aanwezige Beekbegeleidende bossen (H91E0C), Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150) en Zure vennen (H3160; Figuur 3-12).



Figuur 3-12 Stijghoogte (in m + NAP) dynamiek voor de noordelijke raai door het onderzoeksgebied. Zwarte lijn: ondiep filter. Grize lijn: diep filter. Per filter is tussen haakjes de diepte van de bovenkant van het filter opgenomen. De filters zijn 1 meter lang. Naar Dinoloket (2019). Horizontale lijn in elke grafiek geeft het maaiveld ter plaatse van de peilbuis. Pijlen geven de locatie van de peilbuizen op de raai (Lizard 2019).

De gegevens die voor deze raai beschikbaar zijn, zijn meer fragmentarisch van aard in die zin dat de beschikbare peilbuizen niet telkens zijn uitgerust met een diep en een ondiep filter en dat de meetperiode verschilt (Figuur 3-12). Niettemin is uit de beschikbare gegevens af te leiden dat in de Groote Heide, ter hoogte van “Laagveld” (B57E0224 en B75E0318) de stijghoogte in de ondiepe filters in ieder geval in de winter tot aan of net onder maaiveld reiken. In de zomer zakken ze meer dan een meter weg. Dit laatste is in overeenstemming met gegevens beschikbaar uit handboringen gedaan in 2015 (Possen en Engel 2015).

Verder wordt ook duidelijk dat hier minder aanleiding is de aanwezigheid van belangrijke ondiepe slecht doorlatende lagen te vermoeden, in ieder geval niet binnen 8 meter beneden maaiveld (B57E0224). Hoewel dit uit de beschikbare gegevens niet blijkt, duidt de aanwezigheid van vennen in “Laagveld” (nabij B57E0318) wel op aanwezigheid van minder uitgebreide, lokale slecht doorlatende lagen. Immers, zoals ook elders in het onderzoeksgebied, is het voorkomen van (vrijwel permanent) watervoerende vennen gebonden aan dergelijke lagen (e.g. Buskens en Roelandse 2001; Loeb en Jalink 2004b, 2004a; Segers en Buskens 2008). Ook is het voorkomen daarvan aannemelijk uitgaande van de afzettingen in het onderzoeksgebied (paragraaf 3.2 en 3.4). De exacte verspreiding van deze lagen, is echter onbekend in dit gebied (Loeb en Jalink 2004a; Segers en Buskens 2008). Zo maakt van den Munckhof (2002) bijvoorbeeld melding van een wegzijging van circa 1 tot 2 centimeter per etmaal voor het Grevenschutven, omdat deze gelegen zijn op vrij sterk doorlatende zandgronden.

3.5.1.3 Grondwaterkwaliteit

Veel informatie met betrekking tot grondwater in het onderzoeksgebied lijkt niet voor handen, zeker als het gaat om de Groote Heide (cf. Loeb en Jalink 2004a). In veel gevallen is alleen oppervlaktewater bemonsterd, waaronder ook kwelplekken (cf. Hunink et al. 2010; Possen en Engel 2015). Binnen het onderzoeksgebied zijn zes waterkwaliteitsmeetpunten bekend in het Dinoloket (Dinoloket 2019) waar op grotere diepte grondwaterkwaliteit is gemeten. Verder valt op dat vrijwel alle auteurs elkaars informatie overnemen.

Het ondiepe grondwater (1 tot 1,5 meter -mv) in het onderzoeksgebied is te omschrijven als zuur tot gebufferd (Ca^{2+} en HCO_3^-) en arm aan ijzer (Lekahena 1972; Segers en Buskens 2008; Tomassen et al. 2010; Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer 2016). Het gaat om water dat in de aangrenzende dekzandruggen is geïnfiltreerd. Duidelijk is wel dat het ondiepe grondwater beïnvloed wordt door de agrarische activiteiten op de flanken van het beekdal (Segers en Buskens 2008; Hunink et al. 2010; Tomassen et al. 2010; Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer 2016). Zo zijn onder meer de nitraat-, fosfaat-, kalium- en chloride-gehalten verhoogd, met name rond Bruggerhuizen.

Het diepere grondwater in de Roerdalslenk -relevant voor het onderzoeksgebied- is arm aan calcium, magnesium en bicarbonaat, maar rijk aan ijzer. De pH ligt rond de 5,5 (van de Haterd en van Dorst 2009). Dit meer regionale, ijzerrijke grondwater komt op tal van plaatsen in het onderzoeksgebied als kwel aan maaiveld (e.g. van den Munckhof 2002 en Possen en Engel 2015 en referenties daarin).

3.5.2 Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater in het onderzoeksgebied kent drie verschijningsvormen: beken en sloten, visvijvers en vennen. Omdat de visvijvers vrijwel zonder uitzondering nauw verbonden zijn met de Tongelreep, worden deze niet apart behandeld. Dit geldt ook voor verschillende vloeiwiden.

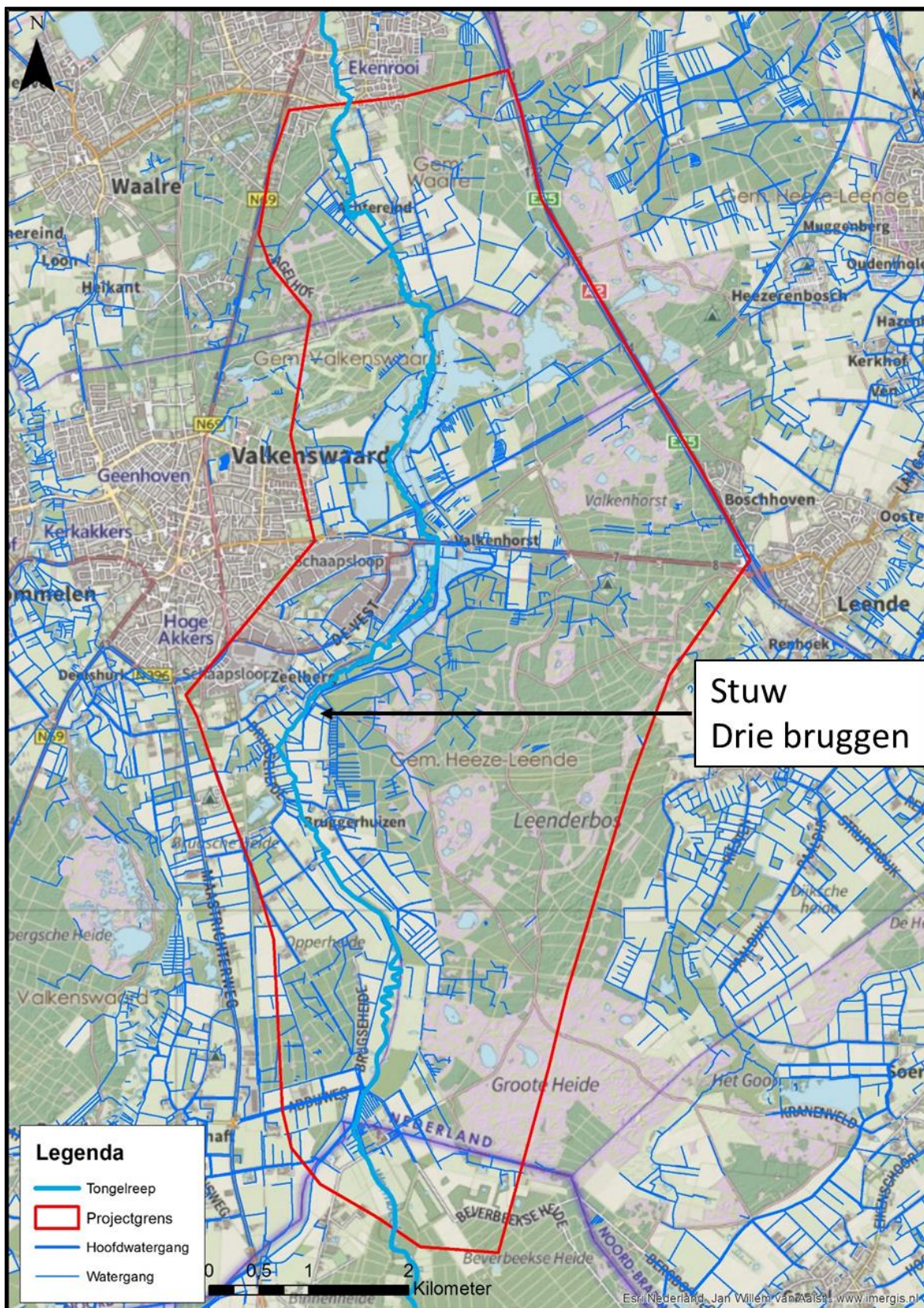
De lijnvormige oppervlaktewateren zoals deze zijn vastgelegd in de legger van Waterschap De Dommel, zijn terug te vinden in figuur 3-13. Samen bepalen zij het oppervlaktewatersysteem, dat zich in het zuiden overigens over de landsgrens uitstrekt.

De belangrijkste waterloop in het onderzoeksgebied is uiteraard de Tongelreep, die zoals gezegd (hoofdstuk 1) als Warmbeek ontspringt nabij Kaulille, België. Net na de Nederlandse grens, stroomt de Haagbroekerloop in de Tongelreep. De Haagbroekerloop verzorgt de afwatering van met name agrarische percelen en voert water af dat afkomstig is van een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Van belang is, dat de Tongelreep wordt gevoed met Maaswater dat via de Belgische kanalen wordt aangevoerd. Behoudens het Maaswater, dat zorgt voor een relatief hoge maatgevende afvoer van circa $3,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ter hoogte van de Achelse kluis (Segers en Buskens 2008), wordt de Tongelreep via de verschillende sloten gevoed met regenwater uit haar stroomgebied en kwelwater dat via verschillende sloten wordt afgevoerd. Dit zorgt ervoor dat de maatgevende afvoer nabij de A67 is toegenomen tot circa $5,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

De voeding met Maaswater is ook van invloed op de waterkwaliteit van de Tongelreep. Deze is te omschrijven als neutraal (pH ~7,1), gebufferd en relatief nitraat-, fosfaat- en sulfaatrijk (Tomassen et al. 2010). Bezien vanuit het perspectief van de Kaderrichtlijn Water, voldoet de chemische samenstelling als geheel aan de normen die horen bij een “Langzaam stromende Middenloop/ benedenloop op zand” (R5) (Waterschap De Dommel 2018). Van Schijndel (2018) geeft aan dat voor de periode 2008-2018 de gemiddelde zomerconcentratie en de jaargemiddelde concentratie stikstof (N) respectievelijk 2,9 en 3,2 mg l^{-1} , bedroegen, waar onder de Kaderrichtlijn Water een norm wordt gehanteerd van 2,3 mg l^{-1} . Voor fosfor (P) ging het om respectievelijk 0,16 en 0,20 mg l^{-1} , waar de norm 0,17 mg l^{-1} is. Hij concludeert dan ook dat de belasting van de Tongelreep voor wat betreft stikstof en fosfor vanuit stedelijk gebied, industrie en landbouw nog te hoog is. Overigens is de fosforconcentratie in de Tongelreep per 2013 aanmerkelijk lager, vermoedelijk vanwege aanpassingen aan de zuiveringsinstallatie in België (van Schijndel 2018).

De visvijvers in het onderzoeksgebied worden zonder uitzondering gevoed met water uit de Tongelreep. De enige stuw in de Tongelreep, nabij Drie bruggen, heeft dan ook tot enige doel om het water te verdelen over de Tongelreep, de vispassage en twee waterlopen die gebruikt worden om visvijvercomplexen te voeden. Onder meer het Grevenschutven. Hoewel in het kader van voorliggende rapportage weinig tot geen kwaliteitsmetingen voor de verschillende vennen (het Grevenschutven uitgezonderd, zie kader) konden worden achterhaald, laten gegevens voor de periode 1982-2000 (Buskens en Roelandse 2001; TAKEN Landschapsarchitectuur & Ecologie en Artesia 2007) zien het venwater weinig zuur, ionenrijk, zwak tot matig gebufferd en tamelijk voedselrijk is. Uiteraard is sprake van gradiënten binnen het toch grote ven, waarbij de randen langs de hei aanmerkelijk zuurder en ionenarmer zijn. Al met al, zo concluderen Buskens en Roelandse (2001) staat het ven óók onder invloed van regen en grondwater.



Figuur 3-13 Oppervlaktewatersysteem voor het onderzoeksgebied. Naar (Waterschap De Dommel 2019)

Kader Op weg naar herstel van een iconisch ven

Door van Kleef et al. (2017) is gedetailleerd onderzoek uitgevoerd naar het ecohydrologisch functioneren van het Grevenschutven en haar omgeving, gericht op het formuleren van herstelmaatregelen. Hieruit volgt dat het in het Grevenschutven, dat deels functioneert op ondiep aanwezige leemlagen (cf. Buskens en Roelandse 2001), een gradiënt aanwezig is als het gaat om waterkwaliteit, die uiteraard sterk samenhangt met de instroom van water uit de Tongelreep, waarmee het ven wordt gevoed. Op hoofdlijnen ontvangt het Grevenschutven oppervlaktewater (uit de Tongelreep) en lokaal grondwater. Dit water is arm aan ijzer en basen. De invloed van matig tot sterk gebufferd, vrij sulfaatrijk en matig nitraat- en fosfaatrijk water is groot en alleen in de uithoeken van het ven veel kleiner. Op zijn weg door het systeem worden met nitraat en in mindere mate sulfaat uit de waterlaag verwijderd door bijvoorbeeld bacteriële omzettingen. Sulfaat wordt hierbij als zwavel vastgelegd in de waterbodem. Het aangevoerde fosfaat wordt nauwelijks verwijderd uit de waterlaag, vanwege de hoge concentratie fosfor in de waterbodem (passend bij het gebruik als visvijver (zie paragraaf 3.1)). In de luwe delen van het ven, is bovendien een relatief dikke, voedselrijke sliblaag aanwezig van waaruit nalevering van voedingsstoffen naar de waterlaag plaats vindt. De zandbodem van het ven daarentegen is voedselarm en weinig beïnvloed door antropogeen gebruik.

Volgens het ontwerp-beheerplan voor “Groote Heide, Leenderbos & De Plateaux” zijn de vennen in het onderzoeksgebied (Groote Heide) van nature zuur (Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer 2016). Dit volgt in feite ook uit de habitattypenkaart (Figuur 3-10), waar de vennen binnen het onderzoeksgebied gelden als Zure vennen (H3160). Gegevens verzameld op de Groote Heide rond 1980 (Loeb en Jalink 2004b, 2004a) als ook gegevens verzameld rond de eeuwwisseling (TAKEN Landschapsarchitectuur & Ecologie en Artesia 2007), ondersteunen dit beeld. Zonder uitzondering ligt de pH rond de 4 en is het chloride-gehalte lager dan 10 mg l^{-1} . Dit geeft aan dat de bemonsterde vennen inderdaad voornamelijk gevoed worden met regenwater, hetgeen past bij zure vennen. Uitzondering hierop vormen de vennen op “Laagveld” die als zwakgebufferd te boek staan (Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer 2016). Tijdens het schrijven van dit document, konden voor de verschillende vennen geen waterstanden worden achterhaald. Wel geven Segers en Buskens (2008) aan, dat de vegetatie in veel van de vennen wijst op sterke peilfluctuaties (uitzondering is bijvoorbeeld het Klein Hasselsven). Iets dat door de bank genomen ook past bij regenwater gevoede vennen.

Resumé Hydrologie

- De Tongelreep is de voornaamste waterloop in het plangebied en wordt gevoed met Maaswater en regen- en kwelwater uit zijn stroomgebied als ook effluent uit een rioolwaterzuivering.
- De grondwaterstroming in het freatisch pakket helt in noord-noordwestelijke richting. De stijghoogte daalt in die richting van globaal 28 naar 19 m +NAP.
- De Tongelreep draineert het onderzoeksgebied.
- In het beekdal van de Tongelreep stijgt het grondwater grote delen van het jaar tot aan of boven maaiveld. Er is (potentieel) sprake van kwel. Het oppervlaktewatersysteem heeft hierop grote invloed.
- Het voorkomen van vennen in het onderzoeksgebied is gebonden aan ondiepe, lokale slecht doorlatende lagen, die niet altijd goed in beeld zijn.
- Het ondiepe grondwater is gebufferd, zuur tot zwak zuur, arm aan ijzer en antropogeen beïnvloed.
- Het diepere grondwater is niet tot licht gebufferd en rijk aan ijzer.
- De chemische samenstelling van de Tongelreep is vergelijkbaar met Maaswater. Bezien vanuit de Kaderrichtlijn Water is met name het fosforgehalte te hoog, als ook het zink-gehalte. Dit laatste hangt met name samen met historische verontreinigingen.
- In de Tongelreep staat één stuw, nabij Drie Bruggen, die van essentieel belang is voor de watervoorziening van de visvijvercomplexen.
- Omdat de Tongelreep de vele visvijvers voedt, is deze ook bepalend voor de waterkwaliteit in deze vijvers.
- De vennen in het onderzoeksgebied zijn overwegend zuur van karakter en worden met name gevoed met regenwater.

4 Ecohydrologische interpretatie

In deze paragraaf wordt het ecohydrologisch systeem voor het onderzoeksgebied verwoord. Hierbij ligt de nadruk op Beekbegeleidende bossen en de vennen en hun omgeving. Eerst wordt de informatie die in hoofdstuk 3 is boven water is gekomen, nogmaals samengevat om de interpretatie van deze gegevens te vergemakkelijken.

4.1 Samenvatting van de bouwstenen

Voordat de ecohydrologische interpretatie wordt uitgewerkt, wordt hieronder ter referentie herhaald, wat de voorgaande paragrafen voor elk van de bouwstenen van de systeemanalyse hebben opgeleverd. Zij vormen de basis voor de beschrijving in paragraaf 0. De korte beschrijving van de ontstaansgeschiedenis, blijft daarbij buiten beschouwing.

Resumé Geologie

- Het onderzoeksgebied ligt in de Centrale of Roerdalslenk, ten oosten van de Feldbißbreuk.
- De fluviatiele formatie van Sterksel en de overwegend eolische formatie van Boxtel zijn het meest relevant voor het functioneren van het onderzoeksgebied. Ze bestaan uit respectievelijk grove, grindhoudende en fijne zanden, waarin in klei en leemlaagjes zijn afgezet.
- De leemlaagjes zijn bepalend voor het voorkomen van vennen in het onderzoeksgebied.

Resumé Hoogteligging

- Het maaiveld loopt van zuid naar noord af, waarbij de beekdalen als oost-west gerichte structuur dit patroon als het ware doorsnijden.
- Het maaiveld in het onderzoeksgebied varieert tussen globaal 20 en 30 m +NAP.

Resumé Bodemopbouw

- In het onderzoeksgebied domineren de inspoelingsprofielen van de Veld- en Haarpodzolen de hogere delen, duiden op infiltratie van regenwater.
- Dichter langs de beek domineren eerdgronden, die duiden op natte omstandigheden en eeuwenlang menselijk gebruik in de vorm van het opbrengen van heideplaggen.
- Rond de vennen domineren ook eerdgronden, die vaak een ruimere verspreiding kennen dan de vennen zelf. Hier worden tegenwoordig de vochtige heides en hun pionievorm gevonden.
- Ten noordoosten van het Klein en Groot kraanven, zijn paraboolduintjes bestaand uit fijn stuifzand opgestoven.
- Daar waar bodemchemisch onderzoek is verricht, ontstaat een beeld van een bijzonder voedselrijke bovenlaag (30cm), waar een overmaat aan fosfor aanwezig is, terwijl calcium en ijzer in lage concentraties aanwezig zijn.

Resumé Hydrologie

- De Tongelreep is de voornaamste waterloop in het plangebied en wordt gevoed met Maaswater en regen- en kwelwater uit zijn stroomgebied.
- De grondwaterstroming in het freatisch pakket helt in noord-noordwestelijke richting. De stijghoogte daalt in die richting van globaal 28 naar 19 m +NAP.
- De Tongelreep draineert het onderzoeksgebied.
- In het beekdal van de Tongelreep stijgt het grondwater grote delen van het jaar tot aan of boven maaiveld. Er is (potentieel) sprake van kwel. Het oppervlaktewatersysteem heeft hierop grote invloed.
- Het voorkomen van vennen in het onderzoeksgebied is gebonden aan ondiepe, lokale slecht doorlatende lagen, die niet altijd goed in beeld zijn.
- Het ondiepe grondwater is gebufferd, zuur tot zwak zuur, arm aan ijzer en antropogeen beïnvloed.

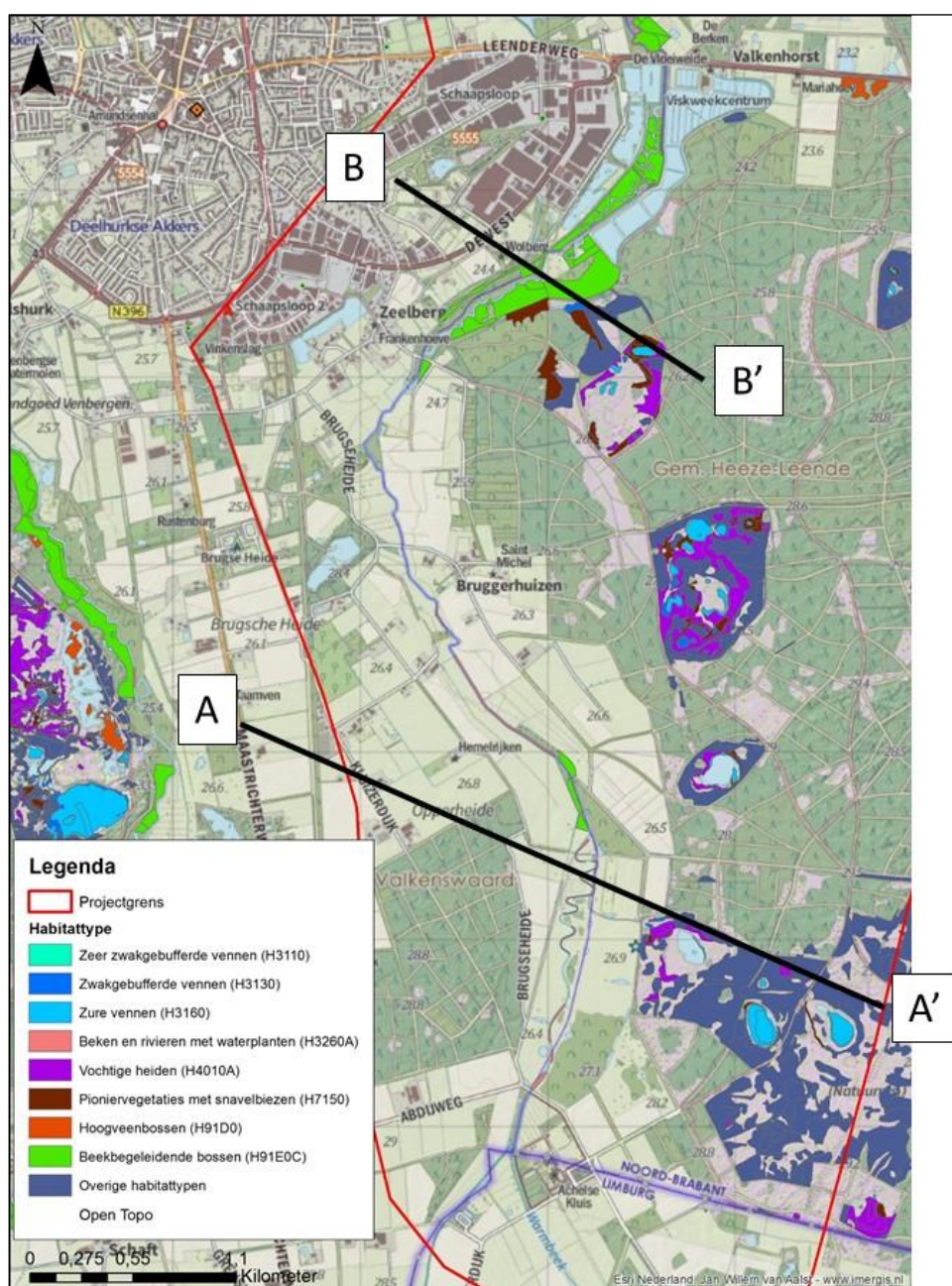
- Het diepere grondwater is niet tot licht gebufferd en rijk aan ijzer.
- De chemische samenstelling van de Tongelreep is vergelijkbaar met Maaswater. Bezien vanuit de Kaderrichtlijn Water is met name het fosforgehalte te hoog, als ook het zink-gehalte. Dit laatste hangt met name samen met historische verontreinigingen.
- In de Tongelreep staat één stuw, nabij Drie Bruggen, die de van essentieel belang is voor de watervoorziening van de visvijvercomplexen.
- Omdat de Tongelreep de vele visvijvers voedt, is deze ook bepalend voor de waterkwaliteit in deze vijvers.
- De vennen in het onderzoeksgebied zijn overwegend zuur van karakter en worden met name gevoed met regenwater.

Resumé Vegetatie en natuurdoelen

- Het geheel overziend is de conclusie dat gestreefd wordt naar natuurlijke gradiënten, die ontstaan als gevolg van het weer in ere herstellen van de natuurlijke processen die deze gradiënten veroorzaken en in stand houden. Dit ten behoeve van onder meer behoud en ontwikkeling van de nu (deels) sterk verdroogde Beekbegeleidende bossen en het verbeteren van de hydrologische uitgangssituatie voor de aanwezige vennen.

4.2 Ecohydrologische interpretatie

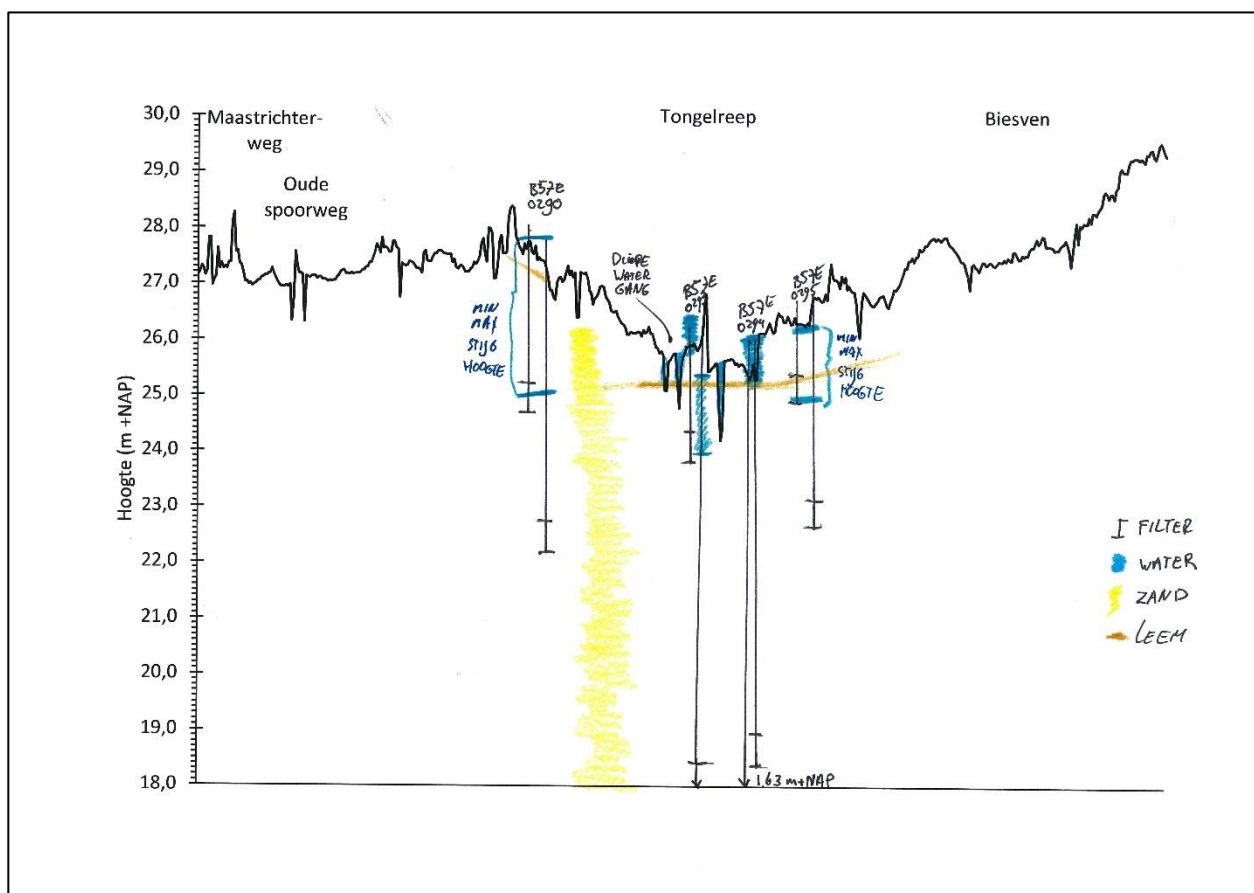
De ecohydrologische interpretatie krijgt vorm aan de hand van een tweetal dwarsprofielen. Deze zijn zo gekozen dat ze relevant zijn voor de inrichtingsopgaves die voorliggen, terwijl ze uitgaan dan de hele landschappelijke gradiënt. Dat betekent dat ze zo gekozen zijn, dat ze zowel Beekbegeleidende bossen als de vennen in landschappelijke samenhang vangen. Basis voor de interpretatie zijn uiteraard de bouwstenen zoals uitgewerkt in hoofdstuk 3 en samengevat in paragraaf 4.1. De ligging van de dwarsdoorsnedes is weergegeven in figuur 4-1.



Figuur 4-1 Locatie van de twee ecohydrologische dwarsdoorsnedes (zwarte lijnen) met de habitattypen waarvoor in het onderzoeksgebied (rode polygoenen) instandhoudingsdoelstellingen zijn geformuleerd (gevulde polygoenen).

4.2.1 Zuidelijke dwarsdoorsnede (A-A')

Figuur 4-1 laat zien dat de Tongelreep hier relatief diep is ingesneden, maar vooral dat zich ten westen van de Tongelreep een sloot bevindt die bijna net zo diep is ingesneden. Vermoedelijk doorsnijdt deze sloot een slecht doorlatende laag die hier op circa 25 m +NAP aanwezig is en zich in ieder geval onder dit deel van het beekdal uitstrekt. Deze laag loopt naar het oosten toe iets op, tot circa 26 m + NAP.



Figuur 4-2 Ecohydrologisch dwarsdoorsnede A-A

De stijghoogtes geven aan dat op dit gebied heel veel grondwater toe stroomt. De betrokken peilbuizen geven zonder uitzondering stijghoogtes aan of boven maaiveld (Figuur 3-11). Dit kwelwater domineert dan ook aan maaiveld in deze raai. Het is arm aan ijzer en licht gebufferd en daarmee van meer lokale oorsprong. Peilbuis B57E0293 maakt de invloed van oppervlaktewatersysteem op de kwelstromen onomstotelijk duidelijk. Aannemelijk is dat deze kwelstromen door de Tongelreep en de diep ingesneden sloten wordt afgevoerd.

Voorgaande maakt duidelijk dat de (potentiële) stijghoogtes goed overeenkomen met de beoogde ambitietypen, maar óók met de vereisten voor Beekbegeleidende bossen die net iets noordelijk van deze raai op de oever van de Tongelreep aanwezig zijn. Ze functioneren binnen hetzelfde systeem. Ook daar is sprake van een diep ingesneden sloot (dieper dan de Tongelreep zelf) op de westelijke oever. Tevens zijn deze bossen gerabatteerd.

De vennen liggen hier zo hoog op de gradiënt (in infiltratiegebied), dat sprake moet zijn van lokale slecht doorlatende lagen onder deze vennen. Hier is dus sprake van een schijnspiegelsysteem. Indien maatregelen nodig zijn, zijn dit lokale maatregelen die de watertoevoer richting de vennen bevordert.

Voorgaande overziend is ter plaatse van deze doorsnede niet direct sprake van knelpunten voor behoud en ontwikkeling van natte natuur, Beekbegeleidende bossen inclusief. Echter, noordelijk van deze raai zijn de Beekbegeleidende bossen (instandhoudingsdoelstelling) voorzien van afwateringsstructuren en neemt het agrarisch grondgebruik toe. Dit betekent in feite dat de beschikbare gegevens niet direct te extrapoleren zijn naar deze Beekbegeleidende bossen, aangezien bijvoorbeeld de diepe sloot en de afwateringsstructuren ervoor zullen zorgen dat de stijghoogtes hier aanmerkelijk lager zullen zijn. Verwachting is dan ook niet dat deze hier nog voldoende hoog in maaiveld zullen komen. De volgende knelpunten zijn dan aan de orde:

- Grondwaterstanden komen niet meer aan maaiveld;
- Kwelwater wordt gedraineerd en heeft geen functie meer in de Beekbegeleidende bossen.

4.2.2 Noordelijke dwarsdoorsnede (B-B')

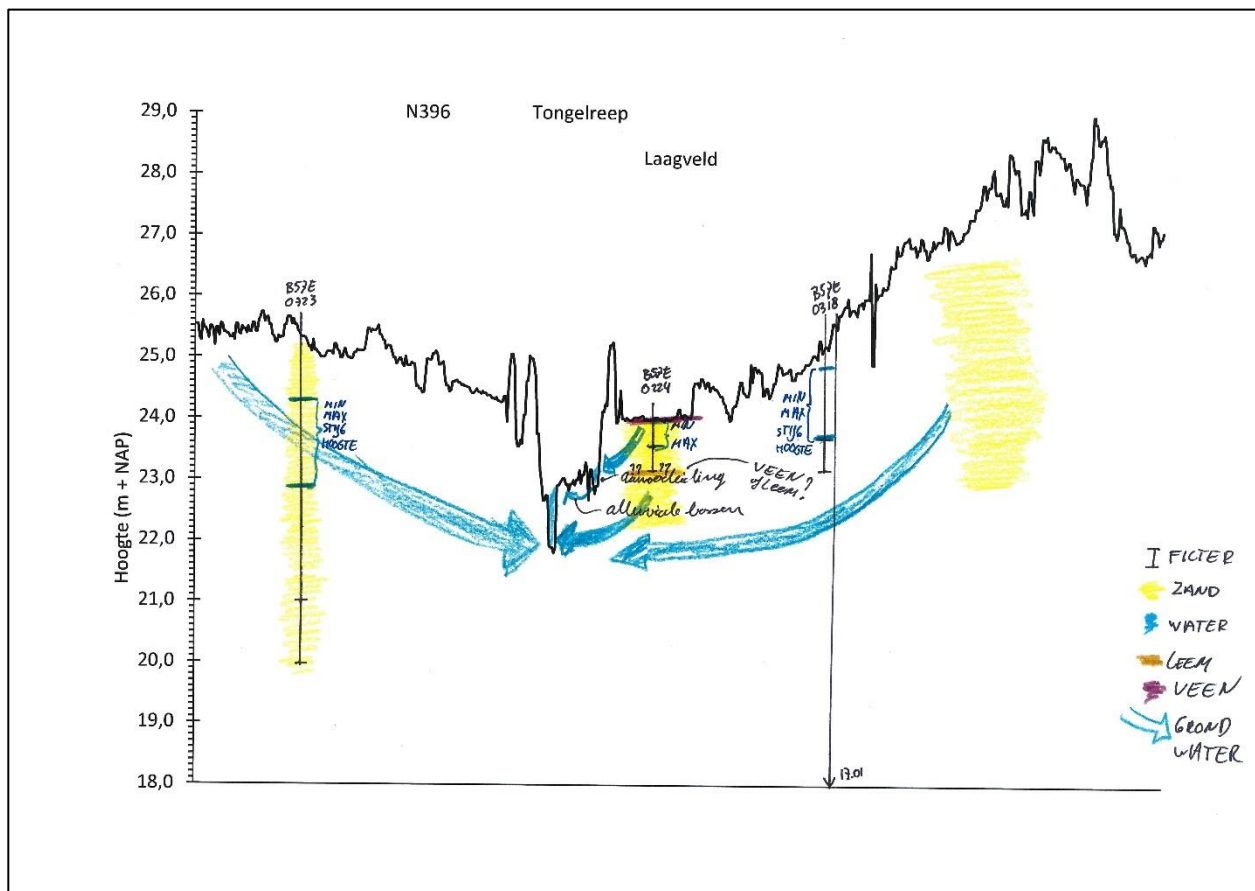
Het gebied rond Laagveld is eerder in detail beschouwd door (Possen en Engel 2015). Zoals figuur 4-3 laat zien, is de Tongelreep hier -ook na herinrichting- bijzonder diep ingesneden; ongeveer drie meter. Met dat in het achterhoofd wellicht niet verrassend, draineert de Tongelreep het gebied en trekt de verschillende kwelstromen naar zich toe. Deze komen niet meer in betekende mate aan maaiveld in Laagveld, waardoor hier zuur heidewater in sterke mate het aanzien van het gebied bepaald. Dit staat de ontwikkeling van vochtige heide hier overigens niet noodzakelijkerwijs in de weg (Beije et al. 2015b). De grondwaterstanden zoals die uit de gegevens voor Laagveld volgen, vallen binnen de range voor bijvoorbeeld natte heide en haar pioniervariant zoals die voor bijvoorbeeld Natura 2000 en Natuurnetwerk Brabant zijn opgesteld (Beije et al. 2015b; BIJ12 2018).

Daar waar Beekbegeleidende bossen op kaart zijn weergegeven, is veelal sprake van ernstige verdroging (Possen en Engel 2015). De grondwaterstand zakt in ieder geval in de zomer diep weg en verhoging met circa een meter lijkt juist in deze periode noodzakelijk. Bekend is verder dat twee typen "kwelwater" deze Beekbegeleidende bossen nu passeren: Tongelreepwater dat vanuit de aanvoerleiding (die relatief hoog in de gradiënt ligt) infiltreert en goeddeels onder de Beekbegeleidende bossen door richting Tongelreep stroomt (maar deels ook aan maaiveld komt, met name direct grenzend aan de aanvoerleiding) en meer regionale, ijzerrijke kwel, dat via een diepe dwarsloot direct op de Tongelreep wordt geloosd. Deze kwelstroom is voor zover bekend jaarrond aanwezig.

Wat betreft Laagveld zelf en de daar aanwezige vennen is de situatie minder duidelijk. Uit het algemene systeem moet volgen dat ergens een slecht doorlatende laag aanwezig is. In één boring op enige afstand van deze raai is inderdaad leem aanwezig op circa 23,1 m +NAP (B57E0478; Dinoloket 2019). Echter, uit geen van de voor Laagveld beschikbare boringen volgt enige aanwijzing voor ondiepe slecht doorlatende lagen (Possen en Engel 2015; Dinoloket 2019). Uit Iven en van Gerwen (1974) is af te leiden dat de bovengrond sterk weinig is, hetgeen correspondeert met de bodemkaart (Figuur 3-8). Zoals gezegd volgt dit niet uit de beschikbare boringen. Aannemelijk is niettemin, dat Laagveld nat is, door de aanwezigheid van veenlagen die de wegzijging beperken, maar niet onmogelijk maken.

Voorgaande overziend is sprake van de volgende knelpunten voor de Beekbegeleidende bossen in deze raai, die naar verwachting ook gelden voor de Beekbegeleidende bossen ten noorden hiervan:

- Grondwaterstanden komen niet meer aan maaiveld en zakken in de droge periode te veruit;
- De Tongelreep werkt sterk drainerend, waardoor grondwater dat op de Beekbegeleidende bossen toe stroomt, hier niet meer aan de oppervlakte kan komen. De aanvoerleiding doorsnijdt de hydrologische gradiënt, maar levert niettemin basenrijk Tongelreepwater (Maaswater) aan de Beekbegeleidende bossen.



Figuur 4-3 Ecohydrologische dwarsdoorsnede B-B'

4.3 Leemten in kennis

Wat opvalt uit hoofdstuk 3, is dat de in dit kader achterhaalde informatie met name ziet op de Beekbegeleidende bossen (H91E0C). Voor de vennen lijken actuele gegevens met betrekking tot waterkwaliteit en (fluctuatie in) kwantiteit vaak te ontbreken, hoewel voor enkele specifieke vennen wel onderzoeken zijn verricht (cf. Buskens en Roelandse 2001; Loeb en Jalink 2004b; Segers en Buskens 2008). Als gegevens voor handen zijn, betreft dit pH en EGV (Segers en Buskens 2008). Kanttekening hierbij is dat daar ook aannames gedaan worden op dit punt, evenals met betrekking tot de bodemopbouw (slecht doorlatende lagen). Meetpunten lijken doorgaans ook afwezig (cf. Dinoloket 2019). Voor het beschrijven van het ecohydrologische systeem in het onderzoeksgebied is dit geen onoverkomelijk iets. De ontstaansgeschiedenis van het gebied in combinatie met de gegevens die wel beschikbaar zijn, bieden voldoende aanknopingspunten hiervoor. Echter, om in een later stadium goede uitspraken te kunnen doen met betrekking tot doelbereik is niet uitgesloten dat nader onderzoek aan de orde kan zijn. Dit valt echter buiten de kaders (en het doel) van deze rapportage.

Iets vergelijkbaars geldt ook voor de Beekbegeleidende bossen in het noorden van het onderzoeksgebied, globaal vanaf Bruggerhuizen. Op basis van bestaande gegevens alleen, is het moeilijk om zinvolle raaien samen te stellen, die voldoende inzicht geven in de locatie specifieke situatie. Hier geldt echter ook dat dit met name relevant is voor de fasen die nog komen gaan (doelbereik en dergelijke). De beschikbare informatie als geheel is wel voldoende om het systeem te beschrijven en om zinvolle maatregelen te identificeren.

5 Knoppen waaraan gedraaid kan worden

Voorgaande ecohydrologische interpretatie (hoofdstuk 4) heeft laten zien waar de sleutel voor behoud en herstel van de Beekbegeleidende bossen en vennen in het studiegebied ligt. De knoppen om aan te draaien, als het ware. Aan de hand van deze knoppen worden voorstellen gedaan voor maatregelen die bijdragen aan het duurzaam behalen van de doelen die onder Natura 2000 en Natuurnetwerk Brabant geformuleerd zijn. Uitgangspunt vormen de Beekbegeleidende bossen (H91E0C) en de Zure vennen (H3160), omdat voor deze habitattypen een tijd-gestuurde PAS-opgave is geformuleerd. Niettemin zal blijken dat deze maatregelen óók belangrijk zijn voor de overige opgaves. Afgesloten wordt met enkele aanbevelingen.

5.1 Beekbegeleidende bossen

Uit hoofdstuk 4 is gebleken dat de sleutel voor herstel, uitbreiding en behoud van de Beekbegeleidende bossen langs de Tongelreep herstel van de hydrologische situatie is (vernatting). Dat de Tongelreep deze potenties nog steeds in zich heeft, blijkt uit de resultaten die met het daar eerder uitgevoerde herinrichtingsproject zijn behaald.

Hoewel de maatregelen in beginsel gelijk zijn en herstel van de hydrologie beogen, vragen de Beekbegeleidende bossen langs de beide raaien om andere, specifieke maatregelen.

5.1.1 Noordelijke raai

Langs de noordelijk raai is de speelruimte relatief klein. De aanvoerleiding die hier de hydrologische gradiënt doorsnijdt, is van grote cultuurhistorische waarde. Bovendien is deze situatie al ongeveer 120 jaar in het veld aanwezig. De historische gegevens maken verder aannemelijk dat Beekbegeleidende bossen zich ook in aanwezigheid van deze aanvoerleiding hebben kunnen ontwikkelen. Uitgaande van het algemene gebruik van beemden eind negentiende eeuw, zelfs meerdere keren. Immers, graslanden werden zonder vooropgezet plan -gestuurd door vraag en aanbod- uit gebruik genomen, ontwikkelden zich tot Elzenbroekbos om enkele decennia later weer in gebruik genomen te worden (Wolf 1992). In feite zijn de Beekbegeleidende bossen die we nu in het veld waarderen óók onderdeel van een half-natuurlijk landschap (Wolf 1992; Verdonk 2016) en lijken in die zin misschien weinig op de doorstroommoerassen waar ze onderdeel van waren.

Belangrijk in relatie tot de aanvoerleiding is ook, dat actueel sprake is van lekken, waardoor Tongelreepwater tóch in de Beekbegeleidende bossen terecht kan komen. Naar verwachting ligt deze “kanaalkwel”, als het ware, ten grondslag aan het voorkomen van de Beekbegeleidende bossen in dit deel van het dal van de Tongelreep. Overigens blijkt voorgaande uit eenvoudige waterkwaliteitsmetingen verricht door Possen en Engel (2015), waaruit naar voren kwam dat pH en EGV van het water in de aanvoerleiding vrijwel identiek waren met oppervlaktewater in de Beekbegeleidende bossen; ook een argument voor behoud. Het is dan wel zaak om dit water optimaal te benutten, waarbij het gezien het overwegend verdroogde karakter van de bossen van belang is dat geen stagnante situaties ontstaan (e.g. Boxman en Stortelder 2000; Lucassen et al. 2002). Een ondiepe, slenkvormige watergang waarmee het water wordt verspreid om vervolgens over maaiveld richting de Tongelreep af te stromen is hiervoor een goede maatregel (voor details zie Possen en Engel 2015). Idee is hier overigens niet om aanpassingen aan de aanvoerleiding door te voeren, maar meer op het lekkende water effectiever te gebruiken in de Beekbegeleidende bossen.

Verder is duidelijk geworden dat de Tongelreep hier veel dieper ligt dan nodig is. Aanmerkelijk verhogen van de bodem van de Tongelreep op dit traject, meer richting de afmetingen van weleer, is een bijzonder effectieve maatregel om de drainage basis in het beekdal te verhogen. Daardoor zullen de verschillende kwelstromen in ieder geval weer de kans krijgen om in de Beekbegeleidende bossen (en Laagveld) aan maaiveld te komen. Naar verwachting is dit de meest effectieve maatregel. Zeker wanneer dat in combinatie met het dichten van de greppel die ongeveer ter hoogte van Drie Bruggen de bossen doorsnijdt en ijzerrijk kwelwater op de Tongelreep loost wordt uitgevoerd. Naar verwachting ontstaat dan weer een gelaagdheid in kwelstromen, waar de kwaliteit van de Beekbegeleidende bossen baadt bij heeft.

Dempen van rabatten lijkt hier niet aan de orde. Voor zover nog in de bossen aanwezig, zijn deze vergaand verland en functioneren ze niet of nauwelijks. Ingrepen van die aard doen hier meer kwaad dan goed. Ze dragen eerder bij, zeker gezien de helling in het terrein, aan het voorkomen van regenwaterlenzen of stagnatie van water in de Beekbegeleidende bossen.

In het intrekgebied voor deze bossen (Grote Heide en Laagveld) valt naar verwachting weinig winst te halen. Het gebied is geheel in natuurbeheer, waarbij al veel omvorming van bos naar heide heeft plaatsgevonden. Niettemin is nog steeds sprake van drainerende (detail)ontwatering, die kansen biedt voor het verder verhogen van de stijghoogtes.

Het geheel overziend geldt voor de binnen dit systeem gelegen Beekbegeleidende bossen en vennen dat in ieder geval de volgende maatregelen -in hiërarchische volgorde- zinvol zijn:

- Aanmerkelijk verhogen van de beekbodem van de Tongelreep;
- Gebruiken actueel aanwezig lekwater vanuit de aanvoerleiding, zónder aanpassingen aan de aanvoerleiding;
- Dichten drainerende watergangen haaks op de Tongelreep.

5.1.2 Zuidelijke raai

Dit deel van het beekdal heeft alle potentie om jaarrond bijzonder nat te zijn, waarbij de combinatie van basen- en relatief voedselrijk Tongelreepwater en lokaal dan wel meer regionaal (ijzerrijk) kwelwater mooie gradiënten op moeten kunnen leveren. Voorgaande heeft echter duidelijk gemaakt deze potenties net noordelijk van deze raai nog niet benut worden. Het gebied is nog veel te sterk ontwaterd. Niet alleen door de Tongelreep, maar ook door aanwezige sloten, greppelstructuren en rabatten.

Hier zijn meer lokale maatregelen dan ook aan de orde. Meest lokaal is het dichten van aanwezige rabatten en sloten. Het is een effectieve maatregel om water vast te houden, maar ook een (zér) ingrijpende maatregel, die aandacht vraagt in de uitvoering. Bijvoorbeeld als het gaat om nog aanwezige populaties van voor Beekbegeleidende bossen typische soorten, die de neiging hebben zich in de rabatten te handhaven (e.g. van der Burg et al. 2016).

Afhankelijk van de lokale situatie kan daarom ook overwogen worden om de sloten en rabatten aan het eind te dichten. Van belang hierbij is om enige mate van doorstroming te behouden, om verzuuring te voorkomen (Boxman en Stortelder 2000; Lucassen et al. 2002). Een proces van verlanding wordt ingezet, dat op termijn resulteert in natte Beekbegeleidende bossen zónder onnodig verlies van typische soorten. Daarnaast is het óók van belang om rekening te houden met eventuele helling van het maaiveld in de bossen. In geval van sterke helling van het maaiveld, levert alleen aan het eind van de rabatten afdammen weinig winst op; “ze lopen nog steeds leeg”. Dan kan (als geheel dichten geen optie is) overwogen worden om de rabatten te compartimenteren en deze -omwille van de doorstroming- juist aan het eind open te laten.

Het is in ieder geval raadzaam om een duidelijke keuze te maken en maar één keer in de bossen aan het werk te gaan (van der Burg et al. 2016). Net als alle bossen, zijn ook Beekbegeleidende bossen gebaad bij simpelweg “tijd” om zich optimaal te kunnen ontwikkelen, óók als die tijd langer is dan een PAS- of beleidstermijn. Specifiek voor de bossen net noordelijk van deze raai, lijkt dichten van de rabatten op basis van de beschikbare (vegetatie)gegevens een goede optie.

Overigens is de vraag in hoeverre het dichten van de rabatten alléén voldoende zal zijn om duurzaam herstel van de Beekbegeleidende bossen mogelijk te maken. Immers, de Tongelreep blijft de bossen draineren, waardoor het risico bestaat dat met name sprake zal zijn van meer of minder stagnerend en infiltrerend regenwater.

Net als voor de noordelijke raai, helpt het hier dan ook om de beekbodem te verondiepen. Dit zorgt voor een toename van de stijghoogte onder de Beekbegeleidende bossen. Het dichten van rabatten wordt dan effectiever. Gezien het bovenstroomse deel al is heringericht, is niet op voorhand duidelijk in hoeverre dit eenvoudig realiseerbaar is. Belangrijker zal evenwel zijn om de watergang op de westelijke oever aanmerkelijk te verondiepen of op te heffen. Deze is, uitgaande van het AHN (AHN 2019) en de vastgestelde legger oppervlaktewateren (Waterschap De Dommel 2019), dieper ingesneden dan de Tongelreep zelf. Deze watergang, als ook de watergang op de oostelijke oever, doorsnijdt hier dus de hydrologische gradiënt.

Het geheel overziend geldt voor de binnen dit systeem gelegen Beekbegeleidende bossen dat in ieder geval de volgende maatregelen -in hiërarchische volgorde- zinvol zijn:

- Verondiepen of opheffen parallelsloten langs de Tongelreep;
- Verhogen van de beekbodem van de Tongelreep;
- Opheffen ontwatering in de Beekbegeleidende bossen zelf;

5.2 Vennen

Opvallend is dat voor de verschillende vennen in het onderzoeksgebied (die allemaal op de “Grote Heide” liggen, in het intrekgebied van het beekdal van de Tongelreep en de Beekbegeleidende bossen) de informatie dichtheid laag is. Wel is duidelijk dat in het onderzoeksgebied met name Zure vennen (H3160) gevonden worden, delen van het Grevenschutven uitgezonderd. In algemene zin geldt voor de Zure vennen op de “Grote Heide” dat ze onder invloed staan van regenwater en een schijnspiegelsysteem vertegenwoordigen. Dat vraagt dan ook om maatregelen die ingrijpen in de lokale hydrologie. Het zwakgebufferde karakter van delen van het Grevenschutven is onlosmakelijk verbonden met het inlaten van (Maas)water vanuit de Tongelreep. Voor behoud van het zwakgebufferde karakter is deze aanvoer en daarmee de aanvoerleiding, dan ook essentieel.

Kijken we naar de noordelijke raai, ter hoogte van Laagveld, zijn geen specifieke knelpunten naar voren gekomen. Bovendien zijn hier al veel maatregelen uitgevoerd, waardoor aanvullende maatregelen niet direct voor de hand liggen. Niettemin is aannemelijk dat de maatregelen die getroffen kunnen worden ten bate van de ontwikkeling van de Beekbegeleidende bossen in dit gebied, bijvoorbeeld het verhogen van de bodem van de Tongelreep, ook positief zal werken op de grondwaterstanden onder Laagveld en de daar aanwezige vennen. De drainerende werking van de Tongelreep wordt dan immers (aanmerkelijk) verminderd.

Kijken we naar de zuidelijke raai, moet het gaan over lokale maatregelen die het infiltreren van water boven de slecht doorlatende laag waarop de vennen liggen bevordert. Veel van deze maatregelen zijn echter al uitgevoerd in het kader van eerdere projecten. Denk hierbij aan het omzetten van (naald)bos in heide, het vrijstellen van venoevers of het dichten van detailontwatering.

In feite is hier een onderzoeksmaatregel te formuleren, waarmee wordt nagegaan welke maatregelen al zijn uitgevoerd en wat aanvullend nog aan de orde zou kunnen zijn of waar nog optimalisatie mogelijk is.

Het geheel overziend geldt voor de binnen dit systeem gelegen vennen dat in ieder geval de volgende maatregelen zinvol zijn:

- Behouden van de aanvoer van (Maas)water uit de Tongelreep via de aanvoerleiding langs Laagveld richting het Grevenschutven.
- Voor zover nog niet gedaan, vergroten van infiltratie richting vennen door omzetten van (naald)bos in heide en vrijstellen van venoevers (cf. Segers en Buskens 2008).

5.3 Aanbevelingen en kanttekeningen

In bovenstaande is zoveel mogelijk beschikbare informatie samengebracht om te komen tot een ecohydrologische systeemanalyse op basis waarvan effectieve en efficiënte maatregelen geformuleerd kunnen worden. Ook is duidelijk geworden waar nog leemten in kennis aanwezig zijn. Dat geeft aanleiding tot enkele aanbevelingen en kanttekeningen:

- Dát de geformuleerde maatregelen bijdragen aan het doel dat met de PAS-opgave minimaal wordt nagestreefd is zeker. Hoeveel precies, kan niet beantwoord worden met behulp van een systeemanalyse. Dit vraag, bijvoorbeeld, om hydrologische modellering.
- Niet overal is de gegevensdichtheid voldoende om lokale maatregelen heel specifiek te kunnen formuleren. Dit kan vragen om specifiek op een gebied toegesneden onderzoek. Hoewel de vragen die gaandeweg naar voren kunnen komen dit als vanzelf inzichtelijk zullen maken, is het goed om kritisch te blijven op de reikwijdte van voorliggende rapportage.
- Goede monitoring (voor én na) zijn van belang om effecten van een ingreep goed te kunnen duiden. Hierin investeren is altijd effectief. Hoe langer hoe beter.

Referenties

- AHN. 2019. Algemeen Hoogtebestand Nederland. Online beschikbaar: <http://www.ahn.nl/pagina/apps-en-tools/viewer.html>; Laatst bezocht February 6, 2019.
- Anoniem. 2019. Wildernis Kaartenkamer. Online beschikbaar: <http://www.wildernis.eu/chart-room/>; Laatst bezocht January 30, 2019.
- Arts, G., E. Brouwer, M. Horsthuis, en N. Smits. 2015a. *Herstelstrategie H3160: Zure vennen*. Online beschikbaar: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/Documenten/Pas/Herstelstrategieen/Deel%20IIH/H3160.pdf>.
- Arts, G., E. Brouwer, en N. Smits. 2015b. *Herstelstrategie H3130: Zwakgebufferde vennen*. Online beschikbaar: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/Documenten/Pas/Herstelstrategieen/Deel%20IIH/H3130.pdf>.
- Baaijens, G., E. Brinckmann, P. Dauvellier, en P. van der Molen. 2011. *Stromend landschap - Vloeiweidenstelsels in Nederland*. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Beije, H., P. Hommel, R. de Waal, en N. Smits. 2015a. *Herstelstrategie H91E0C: Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)*. Online beschikbaar: <http://pas.natura2000.nl/files/h91e0c.pdf>.
- Beije, H., A. Jansen, L. van Tweel-Groot, J. Smits, en N. Smits. 2015b. *Herstelstrategie H4010A: Vochtige heiden (hogere zandgronden)*. Online beschikbaar: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/Documenten/Pas/Herstelstrategieen/Deel%20IIH/H4010A.pdf>.
- BIJ12. 2018. De Index Natuur en Landschap. Online beschikbaar: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/de-index-natuur-en-landschap/>; Laatst bezocht January 15, 2018.
- Boxman, A., en A. Stortelder. 2000. Hoe natter, hoe beter?; de invloed van het waterpeil bij maatregelen tegen verdroging in elzenbroekbossen. *Vakbl. Natuurbeheer*. 5:75–77.
- Buitenhuis, A. 1989. Geomorfologische kaart van Nederland.
- van der Burg, R., R. Bijlsma, en R. de Waal. 2016. *Vochtige bossen, tussen verdrogen en nat gaan*. OBN/VBNE, Driebergen.
- Burny, J. 1999. *Bijdrage tot de historische ecologie van de Limburgse Kempen (1910-1950)*. Stichting Natuurpublicaties Limburg, Maastricht.
- Buskens, R., en A. Roelandse. 2001. *Vooronderzoek Herstel Grevenschutven*. IWACO, 's-Hertogenbosch.
- Buskens, R., J. van der Straaten, A. Braam, M. Oonk, W. Poelmans, en P. Voorn. 2011. *De Dommel - Stroom door tijd, natuur en landschap*. Picture Publishers, Wijk en Aalburg.
- Departement van Waterstaat. 1925. Waterstaatskaart, Valkenswaard kaartblad 57.
- Dienst Landelijk Gebied, en Staatsbosbeheer. 2016. *Natura 2000-ontwerpbeheerplan Leenderbos, Grootte Heide & De Plateaux (136)*. Dienst Landelijk Gebied, Tilburg.
- Dinoloket. 2019. Dinoloket. Online beschikbaar: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen/>; Laatst bezocht January 30, 2019.
- Dirkmaat, J. 2005. *Nederland weer mooi*. ANWB.
- Dirkx, G., en H. Kleijer. 1988. De bodemgesteldheid, vegetatie en bodemgeschiktheid van boswachterij Leende en Baronie Cranendonck : een onderzoek naar de invloed van de bodemgesteldheid en vegetatie op aantal en groei van boomsoorten - Bijlage 1: Bodemkaart.
- European Environment Agency. 2019. Natura 2000 Network Viewer. Online beschikbaar: <http://natura2000.eea.europa.eu/#>; Laatst bezocht February 4, 2019.
- Grondwatertools. 2019. Grondwatertools.
- van de Haterd, R., en M. van Dorst. 2009. *Ecohydrologische quickscan natte natuurparel Strijper Aa, het Goor en Grootte Heide*. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Hunink, S., J. van der Linden, en H. Tromp. 2010. *Landschapsecologische systeemanalyse Bruggerhuizen*. Dienst Landelijk Gebied, Tilburg.
- Iven, W., en T. van Gerwen. 1974. *Lind de is de sgonste plats : natuur en landschap van Leende, een Oost-Brabants dorp : resultaat van uitgebreide inventarisatie van het Leendse landschap, verricht in het jaar voor het Torenjaar*. Schriks. Commissie ter bevordering van een inventarisatie van natuur en landschap van Leende, Asten. Online beschikbaar: <https://hei-heg->

- hoog eind.dse.nl/historie_gebied/willem%20iven/boek__w__iven.htm; Laatst bezocht February 4, 2019.
- Kadaster. 2019. TopoTijdreis. Online beschikbaar: <http://topotijdreis.nl/>; Laatst bezocht January 30, 2019.
- van Kleef, H., A. Jansen, W. Bleuten, E. Brouwer, B. van de Riet, J. Bouwman, O. Bleyenga, J. Kuper, N. de Nort, en M. Fliervoet. 2017. *Op weg naar herstel van een ionisch ven - Het Grevenschutven*. Stichting Bargerveen, Nijmegen.
- Lejeune, M., en W. Verbeke. 2018. *De Thier de Lanaye op de Sint-Pietersberg: vegetatie-onderzoek op lange termijn*. Stichting Natuurpublicaties Limburg, Maastricht.
- Lekahena, E. 1972. *Grondwaterkartering van Nederland 1:50.000 - Geohydrologische toelichting bij kaartbladen 51 Oost (Eindhoven) en 52 West (Venlo)*. Dienst Grondwaterverkenningen TNO, Delft.
- Lizard. 2019. Lizard. Online beschikbaar: <https://rhdhv.lizard.net/>; Laatst bezocht January 30, 2019.
- Loeb, R., en M. Jalink. 2004a. *Ecohydrologische systeemverkenning Groote Heide - Basisverkenning Noord-Brabantse Natuur nr. 17*. KIWA, Nieuwegein.
- Loeb, R., en M. Jalink. 2004b. *Ecohydrologische systeemverkenning Hasselsvennen - Basisverkenning Noord-Brabantse Natuur nr. 16*. KIWA, Nieuwegein.
- Lucassen, E., J. van de Crommenacker, R. Peters, en J. Roelofs. 2002. Anti-verdrogingsmaatregelen en vegetatieherstel in elzenbroekbossen - Het belang van een natuurlijk waterregime. *Natuurhistorisch Maandbl.* 91:37–42.
- de Mars, H., E. van Rijsselt, en J. van Stijl. 2015. *Ecohydrologisch inrichtingsplan locatie Verkooijen - Landgoed Valkenhorst*. Royal HaskoningDHV, Maastricht.
- Ministerie van Economische Zaken. 2013. Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux.
- Ministerie van Economische Zaken. 2015. Wijzigingsbesluit Natura 2000-gebieden Duinen Terschelling, Duinen Schiermonnikoog, Lieftingsbroek, Fochteloërveen, Drentsche Aa-gebied, Drouwenerzand, Bergvennen & Brecklenkampse Veld, Aamsveen, Wooldse Veen, Vlijmens Ven, Moerputten & Bossche Broek en Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit. 2018. Ontwerp-wijzigingsbesluit Habitatrichtlijngebieden vanwege aanwezige waarden. Online beschikbaar: https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/gebieden/155/N2K155_OWB_Wijzigingsbesluit_aanwezige_waarden_Brunsummerheide.pdf; Laatst bezocht May 9, 2018.
- van den Munckhof, P. 2002. Bouwstenen voor een ecohydrologische systeemanalyse van de Valkenswaardse visvijvers. Bijlage 2 bij "Herinrichting Tongelreep. Integrale ecologische visie oude viskwekerij." in *Herinrichting Tongelreep. Integrale ecologische visie oude viskwekerij*, Oranjewoud BV, Oosterhout.
- Nationaal Archief. 1837. Topografische kaart van de omgeving rond Aalst, Bergeik, Borkel-Schaft, Broekhoven, Dommelen, Duizel, Eersel, Hapert, Hoogeloon, Knegsel, Riethoven, Steensel, Valkenswaard, Waalre en Westerhoven.
- Nooren, M. 2004. Tien jaar Achelse Kluis. *Levende Nat.* 105(2):78.
- Possen, B., en W. Engel. 2015. *Uitwerking varianten vernatting Laagveld*. Royal HaskoningDHV, Eindhoven.
- Provincie Noord-Brabant. 2017. *Gebiedsanalyse Leendenbos, Groote Heide & De Plateaux (136) - Programma Aanpak Stikstof (PAS)*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.
- Provincie Noord-Brabant. 2019. *Natuurbeheerplan Noord-Brabant - Algemene tekst en kaarten*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.
- Runhaar, H., A. van Doorn, J. Vermulst, B. Possen, en M. van Kempen. 2017. *Toestandrapportage Verdroging Noord-Brabant 2017*. KWR, Royal HaskoningDHV, Nieuwegein.
- van Schijndel, M. 2018. Memo: Waterkwaliteitsanalyse Tongelreep 10 augustus 2018.
- Segers, M., en R. Buskens. 2008. *Ecohydrologische systeemanalyse Natte Natuurparel Groote Heide Leenderbos*. Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch.
- Siebelink, B. 2005. *Overzicht natuurlijke watertypen*. 1st ed. STOWA, Utrecht.
- Sloff, J. 1935. Beken in Brabant. *Levende Nat.* 40((Gedenkboek)):41–44.
- Stichting voor bodemkartering. 1981. Bodemkaart van Nederland Blad 51 Oost Eindhoven.
- Stichting voor bodemkartering. 1972. Bodemkaart van Nederland Blad 57 Oost Valkenswaard.
- Stortelder, A., P. Hommel, en R. de Waal. 1998. *Broekbossen*. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- STOWA. 2018. *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn water 2021-2027*. STOWA, Utrecht.

- Strootman Landschapsarchitecten, M. Horst, T. Spek, en Staatsbosbeheer. 2011. *Leenderbos & Grootte Heide - Inrichtingsplan*.
- TAKEN Landschapsarchitectuur & Ecologie, en Artesia. 2007. *Ecohydrologische systeemanalyse (ESA) Grootte Heide Leenderbos*. Taken Landschapsarchitectuur & Ecologie en ARTESIA, Roermond.
- TNO. 2003. *Lithostratigrafische nomenclator ondiepe ondergrond*. TNO, Utrecht. Online beschikbaar: <https://www.dinoloket.nl/nomenclator-ondiep>; Laatst bezocht July 26, 2017.
- Tomassen, H., M. Weijters, en A. Smolders. 2010. *P-onderzoek Bruggerhuizen (Valkenswaard)*. B-WARE, Nijmegen.
- Verdonk, H. 2016. *Het vergeten landschap - Beekdale in de Kempen*. Online beschikbaar: www.brabantslandschap.nl/assets/HET-VERGETEN-LANDSCHAP-160201.pdf; Laatst bezocht July 25, 2017.
- Verhees. 1794. Meijerij 1794. Online beschikbaar: http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?url=https%3A%2F%2Fatlas.brabant.nl%2Farcgis%2Frest%2Fservices%2FHis_Atlas_Brabant%2FMapServer&source=sd; Laatst bezocht November 22, 2018.
- Voorn, P., en M. Moeleker. 2017. Beken in Noord-Brabant; levensaders in het landschap. in *Natuurgebieden in Noord-Brabant - Ontstaan, Ontginning en Natuurontwikkeling*, Picture Publishers, Woudrichem.
- Waterschap De Dommel. 2018. Factsheet: NL27_T_1_2 Tongelreep. Online beschikbaar: https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/General/DownloadFile?path=CustomReports/December2018Publiek/Oppervlaktewater/factsheet_OW_27_Waterschap_de_Dommel_2018-10-16-02-45-23.pdf; Laatst bezocht February 4, 2019.
- Waterschap De Dommel. 2019. Vastgestelde legger oppervlaktewateren (versie 22 januari 2019). Online beschikbaar: <https://dommel.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=vastgestelde-legger-oppeervlaktewaterlichamen-2018>; Laatst bezocht February 27, 2019.
- Westhoff, V., P. Bakker, C. van Leeuwen, E. van der Voo, en I. Zonneveld. 1973. *Wilde planten - Flora en vegetatie in onze natuurgebieden*. Vereniging tot behoud van natuurmonumenten.
- Wolf, R. 1992. *Ontstaansgeschiedenis en beheer van de Nederlandse elzen- en berkenbroekbossen*. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.



■ Regional Office Locations

With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,000 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

Integrity

Royal HaskoningDHV is the first and only engineering consultancy with ETHIC Intelligence anti-corruption certificate since 2010.



royalhaskoningdhv.com

