

Een verkenning naar de Watervraag van de Noord-Brabantse Natuur



Een verkenning naar de Watervraag van de Noord-Brabantse Natuur

In opdracht van Brabants Landschap, Staatsbosbeheer, Vereniging Natuurmonumenten en de Brabantse milieufederatie is het onderzoek “Een verkenning naar de watervraag van de Noord-Brabantse natuur” uitgevoerd. De Provincie Noord-Brabant heeft dit onderzoek financieel mede mogelijk gemaakt.

Projectgroep:

- E. van Haaften (Brabants Landschap)
- M. Oonk (Staatsbosbeheer)
- C. Geujen (Vereniging Natuurmonumenten)
- F. Swinkels (Brabantse milieufederatie)
- M. Mouwen (Brabantse milieufederatie)

Klankbordgroep:

- E. Kessels (Provincie Noord-Brabant)
- D. Rijnders-Huisman (Provincie Noord-Brabant)
- G. Schouten (Provincie Noord-Brabant)

Een verkenning naar de Watervraag van de Noord-Brabantse Natuur

Opdrachtgever	De Brabantse Milieufederatie, Brabants Landschap, Staatsbosbeheer, Vereniging Natuurmonumenten
Contactpersoon	Misha Mouwen

Documentgegevens

Versie	2 (aangepast 28-10-2020)
Datum	07-10-2020
Projectnummer	11203929
Document ID	11203929-002-BGS-0002
Pagina's	183
Status	definitief

Auteur(s)

Roelof Stuurman (Deltares)	Floris Verhagen, Arjan van Wachtendonk (Royal HaskoningDHV)	Han Runhaar (Ecogroen)

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.2	 Roelof Stuurman	 Daan Rooze	 Henriëtte Otter	

Samenvatting

Inleiding

Al langere tijd bestaat de wens om de waterbehoefte van de natuur, en dan met name de watervraag voor grondwaterafhankelijke natuur (immers álle natuur vraagt water) te kwantificeren. Dit onderzoek biedt hiervoor de bouwstenen. Het is daarmee een aanvulling op de Draagkrachtstudie uit 2017. De resultaten uit dit onderzoek dragen daarmee naar verwachting bij aan het proces om te komen tot een klimaatrobuust Brabants watersysteem.

Aanleiding / probleem

Monitoring van de verdrogingsbestrijding laat zien dat, ondanks lokale goede resultaten, de natte natuur nog steeds onder druk staat en dat de doelen nog niet zijn gehaald. Het achterblijven van de hydrologische randvoorwaarden is hiervan een van de oorzaken. Brabant heeft, vooral wat betreft de natuur, een onbalans in het grondwater, ondanks dat er genoeg neerslag valt. Onder gemiddelde omstandigheden wordt zo'n 80% van het neerslagoverschot (= neerslag minus verdamping) via het oppervlaktewater afgevoerd naar buiten de provincie (ca. 1500 miljoen m³/jaar). Circa 260 miljoen m³ water vult jaarlijks de grondwatervoorraad aan. De jaarlijkse onttrekking voor drinkwater, industrie en beregening omvat onder gemiddelde omstandigheden meer dan 270 miljoen m³ water. Daarnaast zijn er nog de kleine onttrekkingen (van agrariërs, burgers en gemeenten) van naar schatting zo'n 20 miljoen m³/jaar.

In droge jaren (zoals 2018) onttrekt met name de landbouw veel meer grondwater voor beregening (in 2018 100 miljoen m³ in plaats van in een gemiddeld jaar 40 miljoen m³), waardoor de grondwateronttrekking (tijdelijk) meer dan 330 miljoen m³ wordt. De onbalans kan, in een droog jaar, oplopen tot tientallen miljoenen m³. De onbalans is in de praktijk echter nog groter omdat de waterbehoefte van de natuur hier nog niet in is meegenomen. Zie figuur S-1.

De onbalans is buiten zichtbaar in dalende grondwaterpeilen, gebrek aan voldoende kwel in de wortelzone en te lage beekafvoeren of droogval, waar vooral de natuur onder lijdt, maar wat ook een probleem kan vormen voor de productiviteit van de landbouw. Vooral de zomersituatie is zorgwekkend. Dit is ook geconstateerd in het eerdere Draagkrachtonderzoek.

Uit het draagkrachtonderzoek (2017):

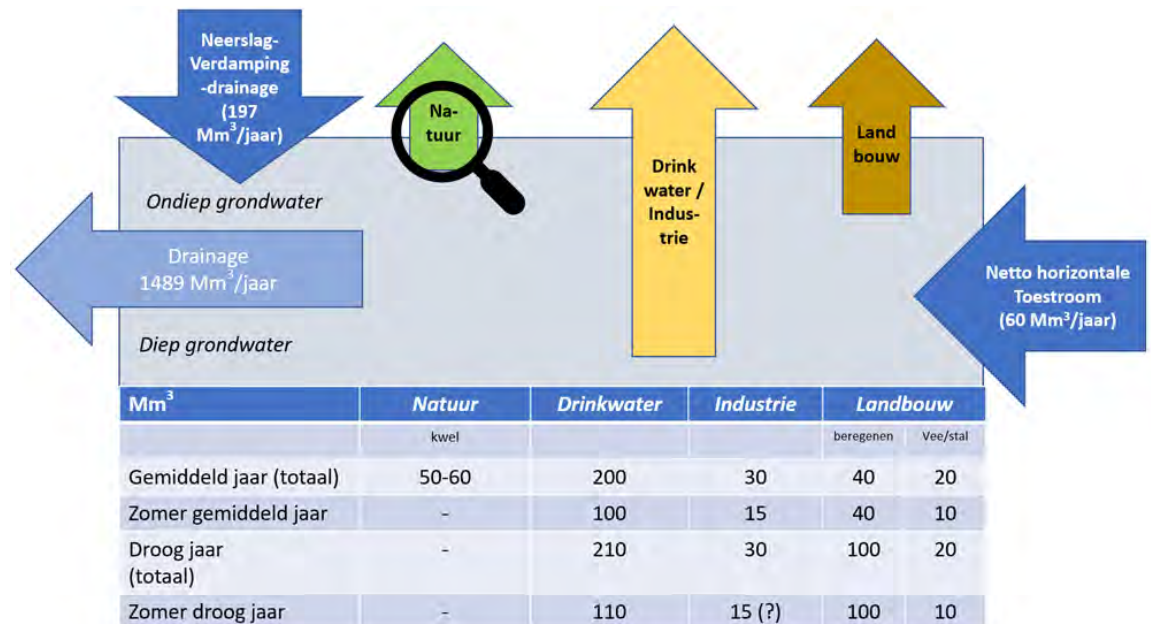
“er is geen uitputting van het grondwatersysteem, maar een nieuw evenwicht tussen aanvulling en onttrekking ontstaat, waarbij sprake kan zijn van lagere stijghoogten en grondwaterstanden” en “meer grondwateronttrekking heeft effect op de grondwaterafhankelijke natuur”.

Samenvatting

Uit dit onderzoek blijkt, dat de beschikbaarheid van kwel aan of dichtbij het maaiveld een belangrijke motor is om de grondwaterafhankelijke natuur goed te laten functioneren. Op dit moment is in grote delen van Brabant, al vroeg in het voorjaar, maar zeker in de zomer, onvoldoende kwel voor de natuur beschikbaar en zakken ook de grondwaterstanden in grondwaterafhankelijke natuur, zoals natte heide, vennen, hoogveen te veel uit. Voor het oplossen van deze uitzakking en om de kwelbehoefte van de natuur te herstellen, is herstel van het watersysteem noodzakelijk. Effectieve maatregelen om voldoende kwel in de natuur terug te brengen, liggen grotendeels buiten de natuurgebieden. Voor het herstel van het watersysteem is naar schatting ongeveer 350 miljoen m³ grondwater per jaar nodig. In dit onderzoek benoemd als “de ruimtelijke watervraag”. Deze “vraag” is ook goed voor andere

functies, zoals land- en tuinbouw en infrastructuur en stedelijk gebied (o.a. om verzakking als gevolg van droogte te verminderen). De “ruimtelijke vraag” bestaat uit twee soorten oplossingsrichtingen. Door de drainagewaterafvoer van het greppelsysteem met ca. 250 Mm³/jaar te verkleinen (waterconservering) kan de grondwatersituatie structureel worden verbeterd. De totale drainageafvoer blijft ongeveer gelijk, maar zal evenwichtiger over het jaar afstromen (van snelle afvoer, naar vertraagde afvoer). Daarnaast is een afname van de grondwateronttrekking (beregening, drinkwatervoorziening, anderen) van ca. 100 Mm³/jaar nodig. Dit komt neer op een afname van ca. 30%.

De directe grondwatervraag natuur (kwelwater afkomstig uit de watervoerende pakketten waar ook grondwater voor beregening en drinkwater wordt onttrokken) is, als de verdroging is hersteld, ongeveer 50-60 miljoen m³/jaar. Op dit moment is slechts een deel hiervan (schatting enkele tientallen miljoenen m³/jaar) voor de natuur beschikbaar.



Figuur S-1. Overzicht van de waterbalans termen van Noord-Brabant (bron: getallen landbouw, drinkwater/industrie komen uit Draagkracht onderzoek, RHDHV e.a., 2017), overige getallen uit deze studie.

Waarom een apart onderzoek naar de watervraag natuur?

De waterbehoefte van de natuur omvat een heel palet van hydrologische kenmerken, zoals grondwaterstand, oppervlaktewaterpeil, hoeveelheid en type kwel, mate van stroming, en de waterkwaliteit. Een te lage grondwaterstand veroorzaakt naast droogteschade (aan natuur, en landbouw) ook ongewenste processen in de bodem, zoals afbraak van veen, verzuring en gebrek aan kwel.

De hydrologische kenmerken bepalen, naast andere aspecten, zoals atmosferische depositie en het beheer, de kwaliteit van de natuur. Om de Brabantse natuur goed te laten functioneren is het dus van belang om te weten hoeveel en welk water daarvoor (extra) nodig is.

Wat is de watervraag natuur?

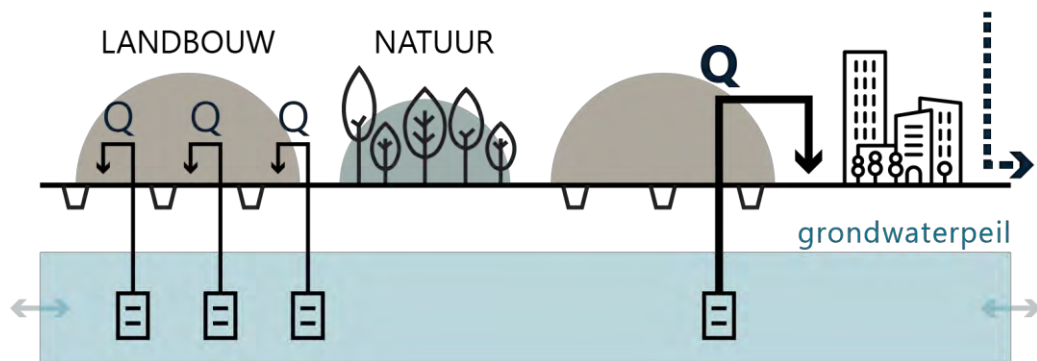
De watervraag van de natuur omvat in dit onderzoek de hoeveelheid grondwater die nodig is om de grondwaterafhankelijke natuur (weer) te laten functioneren. Dit gaat om beken, veengebieden, natte bossen, heide en vennen. In feite gaat het hierbij om de hoeveelheid grondwater die nodig is om de verdroging van de grondwaterafhankelijke natuur op te heffen.

Uiteraard heeft álle natuur water nodig, maar voor de “drogere” natuurtypen, zoals heide en bossen, bestaat de watervraag vooral uit regenwater, dat in de (ondiepe) bodem wordt vastgehouden. Deze natuur blijkt erg kwetsbaar voor droogte, ook door achteruitgang van de bodemkwaliteit rond de wortelzone, waarbij regenwater minder goed wordt vastgehouden.

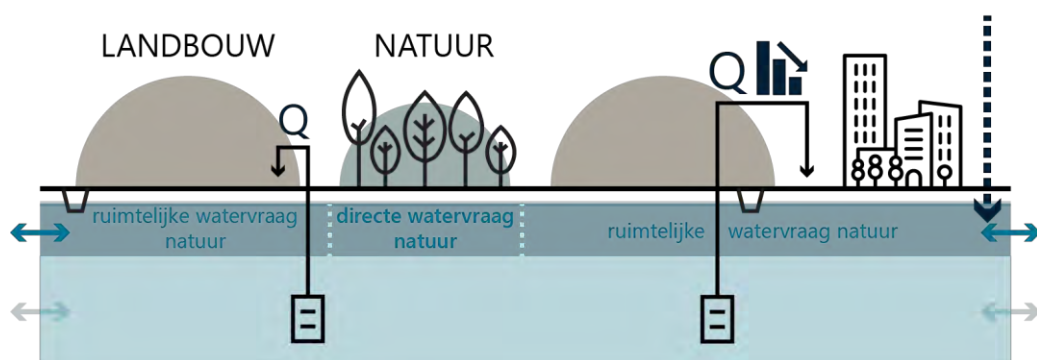
De watervraag wordt begrensd door de ecologische doelstelling die door de provincie, en Europees waar het Natura2000 gebieden betreft, zijn vastgelegd. De ecologische doelen bepalen vervolgens de hydrologische randvoorwaarden die aan een gebied worden gesteld.

De watervraag van de natuur is schematisch weergegeven in figuur S-2. Hierin wordt de watervraag natuur opgesplitst in de “directe watervraag” en “ruimtelijke watervraag”. Deze directe watervraag omvat 50-60 miljoen m³/jaar. Om deze watervraag volledig te realiseren is watersysteemherstel noodzakelijk binnen en buiten de natuurgebieden. De watervraag (verhoging van de grondwaterstand en kwel) kan alleen worden gerealiseerd door in de wijde omgeving rond het natuurgebied (bijna provincie breed) de grondwatersituatie te verbeteren (de ruimtelijke watervraag). Dit komt niet alleen ten gunste van de natuur, maar ook ten gunste van de landbouw (minder droogteschade) en stedelijke gebied/infrastructuur (minder schade door verzakking/maaiveld daling).

HUIDIGE SITUATIE



VOORGESTELDE SITUATIE



Figuur S-2. Visualisatie van de (grond)watervraag natuur. Deze beperkt zich niet alleen tot het natuurgebied, maar ook in de wijde omgeving.

Hoe is de watervraag natuur bepaald?

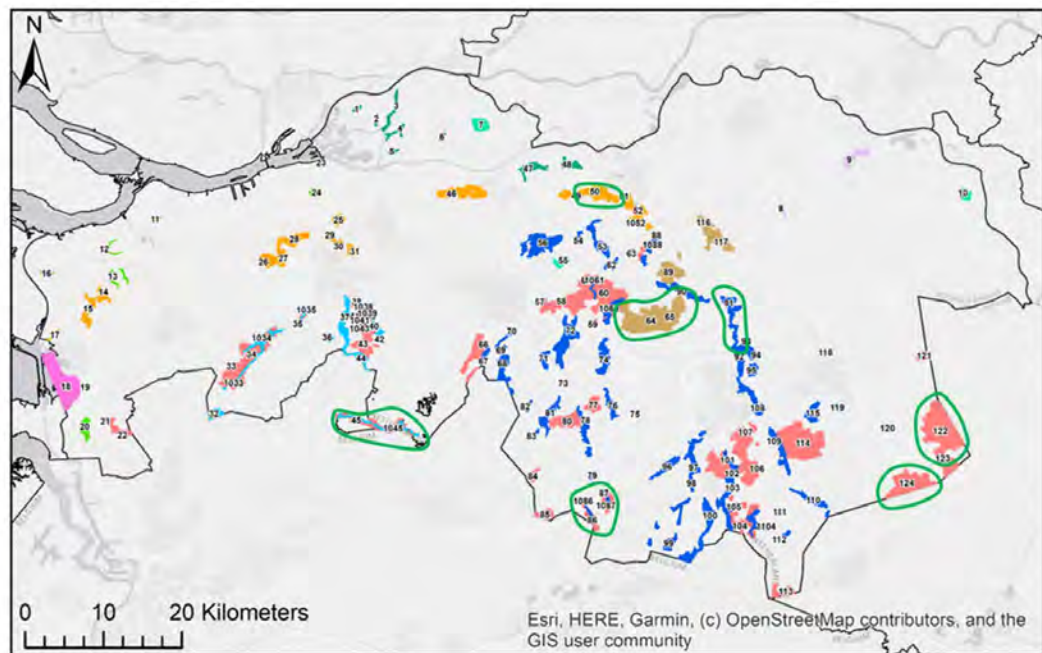
Voor zes kenmerkende Brabantse grondwaterafhankelijke natuurgebieden zijn de benodigde hydrologische randvoorwaarden in beeld gebracht en is de huidige toestand ervan bepaald. Vervolgens is met een model gekwantificeerd hoe groot het verschil in gewenste en huidige toestand is. Tenslotte is met een model analyse bepaald welke maatregelen, in 6 scenario's, effect hebben. Deze scenario's zijn uiteraard een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid en niet perse realistisch, maar geven wel een indicatie van de bijdrage die ze kunnen leveren aan de waterbehoefte van de natuur.

Tabel S-1. Overzicht scenario's

	Scenario's
1	Vernatting natuur (verwijderen greppels en sloten)
2	Scenario 1 + verhogen drainage niveau in attentiezones rond natuurgebieden
3	Scenario 2 + 30% reductie onttrekkingen (beregening, industrie en drinkwater in en waar van invloed buiten Brabant)
4	Geen onttrekkingen (beregening, industrie en drinkwater). Wel ontwatering.
5	Detailontwatering Brabant breed "uit". De onttrekkingen conform huidige situatie.
6	Scenario 1 + hydrologische isoleren beken in natuur (beekpeilen verhogen langs en in natuurgebieden), de onttrekkingen conform de huidige situatie.

Tabel S-2: De onderzoeksgebieden en hun ligging

Gebied (pilot)	(geomorfologische) Gebiedstypen
Dommelbeemden (St. Oedenrode)	Kwel (Centrale Slenk)
Halsche Beemden - Merkske (Baarle Nassau)	Beekdal-kwel (West-Brabant)
Dalems loopje – Cartierheide	Bovenloop systeem, natte heide, kwel gevoed (Kempisch Plateau)
Veldersbosch – Mortelen (Boxtel)	leem, kwel. nat bos (Centrale Slenk)
Moerputten (Den Bosch)	Overgang zandgebied-poldergebied diepe kwel, schraallanden (Centrale Slenk)
Deurnese Peel (Zuid-Oost- Brabant)	Hoogveen (Peelhorst)
Groote Peel	Hoogveen (Centrale Slenk)



Figuur S-3: De onderzoeksgebieden en de ligging van de pilot gebieden (groen omcirkeld) .

Uitkomsten

Hydrologie is nog niet op orde voor natuur

Uit de voorbeeldgebieden blijkt dat de hydrologische randvoorwaarden voor de natuur op verschillende manieren tekort schieten:

- Vaak is de grondwaterstand en stijghoogte, vooral in de zomer, tot meer dan 50 cm lager dan nodig voor een goed en duurzaam functioneren van de beoogde natuurtypes
- In veel gebieden is, jaarrond of maar vooral in de zomer, onvoldoende kwel beschikbaar
- Ook komt voor dat - met inspanning in en buiten het natuurgebied - het wél lukt om de waterstand voldoende hoog te houden, maar dat dan vooral (zuur) regenwater wordt vastgehouden, terwijl voor de natuur (basisch) kwelwater, met een andere chemische samenstelling, noodzakelijk is
- Tenslotte is soms wel kwelwater beschikbaar, maar wordt deze door de sloten en greppels uit het gebied afgevoerd op basis van de bestaande afspraken over peilen
- Beken vallen op veel plaatsen in de zomer langdurig droog

Kwelbehoefte natuur

De “motor” achter het functioneren van de grondwaterafhankelijke (kwel-)natuur is in grote mate de aanwezigheid van voldoende kwel aan of dichtbij het maaiveld. Dit zorgt vervolgens voor de benodigde (hoge) grondwaterstand en voldoende stroming in de beken. Kwel wordt “geleverd” vanuit het grondwater, uit dezelfde watervoerende pakketten waaruit ook grondwater voor beregening en drinkwatervoorziening wordt onttrokken.

Ingeschat is, met het rekenmodel en de gebiedskennis, dat om de natuur van voldoende kwel te voorzien en tegelijkertijd de natte regenwaterafhankelijke natuur (natte heide, hoogveen) te vernatten, ca. 350 miljoen m³/jaar extra grondwater beschikbaar moet komen. Dit noemen we de ruimtelijke watervraag natuur. Deze aanvulling van het grondwater komt niet alleen de natuur ten goede, maar alle (grond)watervragende functies (o.a. landbouw en stedelijk gebied)

Mogelijke maatregelen en hun effect

Met de 6 scenario's is nagegaan in welke mate maatregelen naar verwachting bijdragen aan het vergroten van de hoeveelheid kwel voor de natuur:

Maatregelen t.a.v. vernatting en ontwatering in en direct rondom natuur (scenario's 1, 2 en 6)

- ➔ Door vernatting van de natuur en door het iets verhogen van het waterpeil in de directe omgeving (attentiezones) kan extra water worden geconserveerd. Hierdoor zal de grondwaterstand in de natuur iets stijgen.
- ➔ Verhogen van beekpeilen in de natuurgebieden draagt bij aan de waterconservering en aan een hogere grondwaterstand.
- ➔ Maatregelen t.a.v. vernatting en ontwatering zorgen voor het meer vasthouden van water, waaronder reeds aanwezig grondwater, maar leiden niet tot toename van de kwelstroom; vernatting is wel nodig om een herstel van kwel in de wortelzone te realiseren.
- ➔ Het landgebruik buiten de natuur begrenst de mate waarin deze maatregelen kunnen worden genomen
- ➔ Met behulp van maatregelen binnen de natuurgrenzen kan 3 miljoen m³ in de zomer worden vastgehouden. In de winter groeit die hoeveelheid aan tot 10 miljoen m³ en krimpt dan weer tot 3 in de volgende zomer.

Maatregelen verminderen van onttrekking en "uitzetten" detailontwatering Brabant breed (scenario's 3, 4 en 5)

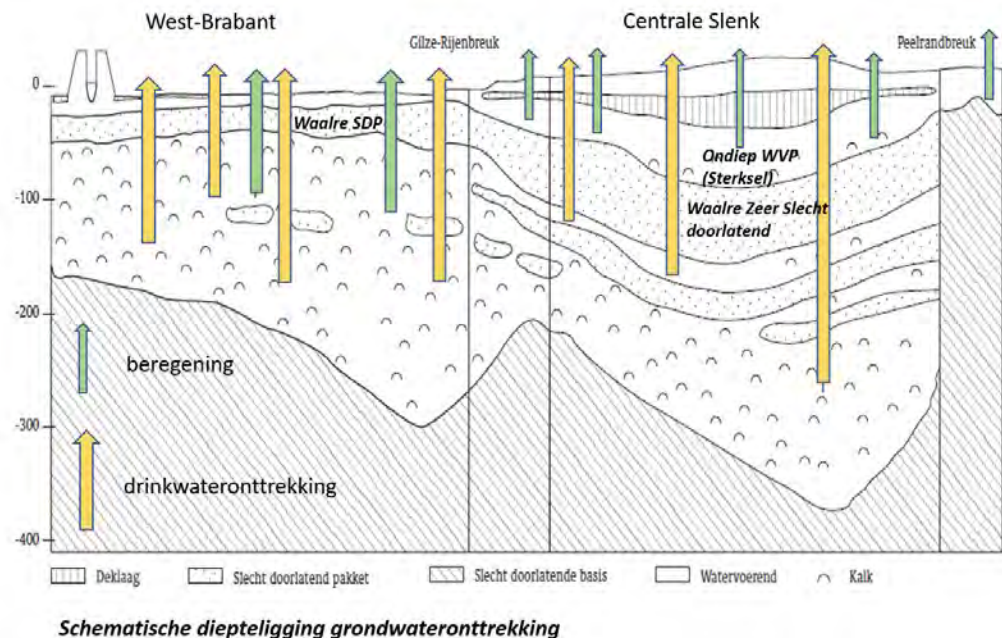
Deze scenario's geven een indicatie van het effect op de beschikbare hoeveelheid kwel voor de natuur en de grondwaterstanden in natte regenwaterafhankelijke natuur. Zowel vermindering van drainage als vermindering van de grondwaterwinning door beregening en drink- en industriewater helpt bij herstel van de grondwatersituatie in natuurgebieden.

Regionaal bestaan echter kenmerkende verschillen:

- (1) In West-Brabant kan kwel vooral worden hersteld door vermindering van grondwaterwinning door beregening en drink- en industriewater (afname ca. 42 miljoen m³/jaar), waardoor de stijghoogte herstelt. Als ook voldoende water wordt geconserveerd (vastgehouden) kan deze afname van de grondwateronttrekking worden verminderd naar 25-30 Mm³/jaar.
 - (2) Op het Kempisch Plateau, Centrale Slenk en Peelhorst moet voor dit herstel de oplossing grotendeels gezocht worden in aanpassing van het oppervlaktewaterstelsel, in combinatie met afname beregening. Hierbij dient ca. 250 miljoen m³ te worden vastgehouden (waterconservering) en beekpeilen verhoogd. Aanvullend moet, zowel in een gemiddeld als droog jaar, aanzienlijk minder grondwater worden beregend. Deze hoeveelheid ligt nu in de orde van 30 miljoen m³/jaar in gemiddeld jaar en 80 miljoen m³/jaar in een droog jaar.
 - (3) In de Centrale Slenk vindt de grondwaterwinning voor drink- en industriewater grotendeels plaats onder het slecht doorlatende (Waalre) kleipakket. Deze diepe grondwaterwinningen hebben daardoor een, enkele meters grootte, stijghoogte (waterdruk) verlaging onder deze Waalre klei veroorzaakt. Hierdoor kan tegenwoordig nauwelijks grondwater vanuit dit pakket opstijgen. Om deze opwaartse flux in de Centrale Slenk minimaal te herstellen dient de grondwateronttrekking minstens met ca. 58 miljoen m³/jaar worden verlaagd. Vermindering van deze diepe grondwateronttrekking heeft, op basis van de huidige modelaannames, kwantitatief een geringe invloed op de grondwatersituatie in het bovenliggende watervoerende pakket waar de natuurgebieden mee in contact staan, maar is wel relevant (ook voor de waterkwaliteit).
- ➔ De invloed van het minder onttrekken van grondwater op de hoeveelheid kwel verschilt per regio. De natuurgebieden buiten de Slenk reageren snel op een vermindering van de

onttrekking. In de Slenk zorgt de zeer slecht doorlatende Waalre kleilaag in de ondergrond ervoor dat vermindering van de grondwaterwinning onder deze kleilaag een zeer kleine directe, kwantitatieve invloed heeft op de grondwatersituatie in natuurgebieden. De onttrekkingen boven deze kleilaag (hoofdzakelijk beregening) hebben, een relatief groot, lokaal effect.

- ➔ Bij het verminderen van een onttrekking komt de kwel zowel ten goede aan de natuur als ook aan de andere functies in de omgeving. Dit kan positief zijn, maar ook tot overlast zorgen.



Figuur S-4: Schematische weergave van de (gemiddelde) diepteligging van grondwateronttrekkingen voor drinkwater en beregening (WVP=Watervoerend pakket, SDP= Slecht Doorlatend Pakket).

Conclusie

Uit het onderzoek blijkt dat voldoende beschikbare kwel en verhoging van grondwaterstanden in regenwaterafhankelijke natuur de motors zijn achter het functioneren van veel van de grondwaterafhankelijke natuur. Door de aanwezigheid van voldoende kwel komt vervolgens de grondwaterstand omhoog, en neemt de beekafvoer toe. Om in de natuurgebieden de kwel weer in voldoende mate aan of dichtbij het maaiveld te laten komen en de grondwaterstand te herstellen in natte regenwaterafhankelijke natuur is, op basis van deze studie met Brabantbrede maatregelen, naar schatting 350 miljoen m³/jaar grondwater nodig.

De effectieve maatregelen om voldoende kwel terug in de natuur te brengen, het verminderen van de grondwateronttrekking door landbouw, drinkwater en industrie, liggen grotendeels buiten de natuurgebieden.

Het vasthouden (of vertragen van de afvoer) van water is positief voor het functioneren van de natuur als het "juiste" water wordt vastgehouden. Dus kwel in grondwaterafhankelijke natuur en regenwater in de natuurtypen waarvoor dat van belang is.

Als in grondwaterafhankelijke natuur nog onvoldoende kwel aanwezig is, heeft het vasthouden van water positief effect als dit wordt gecombineerd met een vermindering van de onttrekkingen en ontwatering in de omgeving.

Door de gevolgen van klimaatverandering (droogte, wateroverlast), nu en in de toekomst, is het belangrijker dan ooit om (1) het oppervlaktewatersysteem zo in te richten dat meer water

kan worden vastgehouden en (2) minder grondwater te onttrekken, waarmee een eerlijke en duurzame verdeling van het Brabantse grondwater tot stand komt, waarbij alle functies optimaal kunnen worden bediend.

Tabel S-3: Een samenvatting van de waterbalans posten uit deze studie

Watervraag	Miljoen m ³ /jaar	opmerkingen
Directe grondwatervraag natuur		
<u>grondwatergebruik</u> natuur, binnen de natuurgebiedsgrenzen, onder niet-verdroogde omstandigheden waarbij de natuur optimaal kwelwater kan verdampen	50-60	Gebaseerd op oppervlak aan kwelgebied van Brabant, bij optimale verdamping (500 mm/jaar). Aangenomen is dat binnen het kwelgebied ook plekken met infiltratie voorkomen. In de huidige situatie bestaat een tekort van 20-30 miljoen m ³ /jaar (schatting op basis model en "methode aanpak verdroging").
Ruimtelijke Grondwatervraag (deelgebieden en totaal)		
<u>Water nodig om GLS in West-Brabant onder de grondwaterafhankelijke natuur te herstellen</u>	Alleen uit vermindering grondwateronttrekking (VGO) ca. 42 Of Uit combinatie VGO en waterconservering door aanpassing drainage (VD) VGO ca. 25-30, VD ca. 37	Gebaseerd op model uitkomsten. Berekend hoeveel grondwater minder moet worden onttrokken om de GLS 50 cm te verhogen. Daarnaast is een schatting gemaakt van een combinatie van GLS verhoging door aanpassing drainage (waterconservering) en vermindering grondwateronttrekking.
<u>Water nodig om weer een (minimale) opwaartse flux over de Waalre klei in de Centrale Slenk te herstellen</u>	Vermindering grondwateronttrekking > 58	Gebaseerd op modelberekening (vermindering diepe grondwaterwinning). Slechts een klein deel van dit water zal direct in het natuurgebied terecht komen. Deze flux over de Waalre klei is relatief weinig in vergelijking met de oorspronkelijke natuurlijke situatie.
<u>Grof schatting watervraag om GLS in het Sterksel pakket in Kempisch Plateau, Centrale Slenk en Peelhorst te verhogen</u>	Water conservering ca. 250 Plus een reductie ondiepe grondwater onttrekking	Deze watervraag moet vooral worden gezocht in aanpassing drainage (greppels, sloten, beken), plus een aanzienlijke (tientallen miljoenen) afname berekening onttrekkingen.
TOTALE ruimtelijke WATERVRAAG	Totaal > 350	Vermindering grondwateronttrekking (drink-, industriewater en berekening) ca. 100 miljoen m ³ /jaar, en waterconservering ca. 250 miljoen m ³ /jaar.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Inhoud	12
1	Aanleiding	15
1.1	Project doelstelling	15
1.2	Uitwerking	16
1.3	Opzet rapport	17
1.4	Verklaring gebruikte termen	18
1.5	Aandachtspunten bij dit rapport	21
2	De grondwatervraag van natuur onder stress	23
2.1	Tegelijkertijd evenwicht en onbalans	23
2.5	Deelconclusies	27
3	Uitvoering van het onderzoek	28
4	Functioneren Brabantse natte natuur	34
4.1	Inleiding	34
4.2	Het ene water is het andere niet: Natuur, grondwatersituatie en chemische watertypen	35
4.3	Waterafhankelijke Natuur	36
4.3.1	Vochtige en natte heide	37
4.3.2	Vennen	39
1.1	Herkomst water vennen	42
4.3.3	Hoogveen	42
4.3.4	Beken en beekdalen	44
4.3.5	Vochtige leembossen	46
4.3.6	De overgangszone tussen zand- en poldergebied	48
4.4	Samenvattend	50
5	Hoe kunnen het watergebruik en de directe en ruimtelijke watervraag van natuur worden bepaald?	52
5.1	Methodes voor bepaling van watergebruik en watervraag	52
5.2	Bepaling optimaal grondwatergebruik en directe watervraag natuur (verdampingsvraag en kwelvraag)	54
5.3	Bepaling verminderde hoeveelheid winbaar grondwater bij realisatie doelen natte natuur (de ruimtelijke watervraag).	60
6	Waterbalans berekeningen (voor bepaling ruimtelijke watervraag natuur)	72
7	Eindconclusies ten aanzien van de watervraag	88

7.1	De watervraag Natuur	88
7.1.1	Geschatte waterwensen	88
7.1.2	Bepaling watervraag met behulp van GLS analyse	89
7.2	Het grondwatergebruik versus grondwatervraag	91
7.3	Cijfers samengevat	92
7.4	Consequenties voor (technisch) handelingsperspectief	93
7.5	Conclusies	94
7.6	Aanbevelingen	95
8	Bronnen	98
A	Beschrijving van de pilotgebieden Merkske, Moerputten, Veldersbosch, Cartierheide, Dommelbeemden en Groote en Deurnse Peel	100
A.1	Deurnse en Groote Peel	100
A.1.1	Inleiding	100
A.1.2	Deurnse Peel	103
A.1.3	Watervraag Deurnse Peel	104
A.1.4	Groote Peel	107
A.1.5	Watervraag Groote Peel	108
A.1.6	Conclusies	111
A.1.7	Referenties	111
A.2	Veldersbosch	113
A.2.1	Inleiding	113
A.2.2	Grondwatersituatie	114
A.2.3	Verdroging	117
A.2.4	Herstelmaatregelen	117
A.2.5	Bepaling waterwens Veldersbosch en Mortelen.	118
A.2.6	Referenties	118
A.3	Halsche beemden (Merkske)	119
A.3.1	Ligging en omgeving	119
A.3.2	Hydro geologische situatie	119
A.3.3	Bodem en geomorfologie	120
A.3.4	(Grond-) water situatie: van historisch/natuurlijk naar actuele situatie	120
A.3.5	Ecologische beschrijving	124
A.3.6	Vanuit natuur gewenste (grond-) water situatie	125
A.3.7	Knelpunten en potentiële herstelmaatregelen	126
A.3.8	Referenties	129
A.4	Watervraag Dommelbeemden	131
A.4.1	Ligging van het gebied	131
A.4.2	Geologie en bodem	133
A.4.3	Waterhuishouding	133
A.4.4	Landgebruik	135
A.4.5	Vegetatie	135
A.4.6	Hydrologische voorwaarden	135
A.4.7	Veranderingen in scenarioberekeningen Dommelbeemden	136
A.4.8	Referenties	136
A.5	Cartier heide	138
A.5.1	Ligging van het gebied	138
A.5.2	Geologie en bodem	139

A.5.3	Landgebruik	140
A.5.4	Waterhuishouding	140
A.5.5	Vegetatie	143
A.5.6	Knelpunten en potentiële herstelmaatregelen	144
A.5.7	Conclusies en aanbevelingen	147
A.5.8	Referenties	147
A.6	Moerputten	150
A.6.1	Inleiding	150
A.6.2	Grondwatersituatie	151
A.6.3	Verdroging	152
A.6.4	Herstelmaatregelen Moerputten	154
A.6.5	Bepaling waterwens Moerputten	155
A.6.6	Watersituatie en waterwensen aangrenzende natuurgebieden	155
A.6.7	Referenties	157
B	Tabel met watertypen	158
C	Modelresultaten per gebiedstype	160
C.1	Beekdalen Centrale Slenk	160
C.2	Beekdalen West-Brabant	160
C.3	Infiltratiegebieden (natte heide, hoogveen, vennen)	161
C.4	Leembossen	161
C.5	Naad met diepe kwel	162
C.6	Biesbosch rivierenland	162
C.7	Kreken polder West-Brabant	163
C.8	Totaal	163
D	Modelresultaten pilot gebieden	165
E	Natuurgebieden en oppervlakten	174

1 Aanleiding

1.1 Project doelstelling

Ter ondersteuning van het regionale (provinciale) waterbeheer, en versterkt door de droogte ervaringen van 2018-2020, is de wens gegroeid bij de terreinbeheerders in Noord-Brabant om meer inzicht te krijgen in de “watervraag” en het “watergebruik” van de natuur. De “watervraag” is de hoeveelheid water die (extra) nodig is om de verdroging van de natuur op te heffen. Het “watergebruik” is de totale hoeveelheid grondwater die de natuur nodig heeft om optimaal te functioneren. Dit grondwatergebruik is veel kleiner dan de grondwatervraag om de natuur te herstellen.

Tijdens de analyse over het gebruik en/of verdeling van het oppervlaktewater en grondwater kunnen drinkwatersector, landbouw en industrie meestal duidelijk aangeven hoeveel grondwater zij wensen te gebruiken.

1. De drinkwatersector gebruikt jaarlijks ongeveer dezelfde hoeveelheid en maakt voor de toekomst gebruik van prognoses over bevolkingsgroei en aanvullende ontwikkelingen.
2. De landbouwsector maakt gebruik van ervaring op basis van zogenaamde “verdampingstekort”. Zij wensen een beregeningsgift waarbij de vegetatie ook tijdens droogte potentieel (en optimaal) kan verdampen. Per jaar verschilt de behoefte sterk. Aanvullend kent de landbouwsector ook “kleine” grondwateronttrekkingen voor de drinkwaterbehoefte van de intensieve veeteelt.
3. De industriële waterwens is op provinciale schaal klein in vergelijking met die voor drinkwater en landbouw. Lokaal kan deze wel een negatieve invloed hebben op watervraag natuur.
4. De onttrekking voor recreatie door kleine onttrekkingen, voor irrigatie van golfbanen, en sportvelden (gras, kunstgras) zal minder groot zijn dan (1) en (2). Er is echter weinig bekend over de huidige hoeveelheid en of deze onttrekking tijdens droogte-jaren signifikanter wordt. Ook omdat deze onttrekking, net als bij de landbouw, toeneemt als er sprake is van droogtestress. In 2010 (Stuurman e.a., 2010) is deze onttrekking op jaarbasis geschat.

Het watergebruik en de watervraag natuur blijken al vele jaren minder eenvoudig te bepalen. Er is wel goed bekend welke eisen de natuur stelt wat betreft grondwaterstanden, kwel, waterkwaliteit maar het is moeilijk deze uit te drukken in kubieke meters. Bovendien is niet altijd duidelijk welk watergebruik en welke watervraag wordt bedoeld. Gaat het om het gebruik van grondwater uit onderliggende watervoerende pakketten door planten in natuurgebieden? Dat is het meest vergelijkbaar met de watervraag zoals berekend in de draagkrachtstudie, waarbij voor de sectoren landbouw, industrie en drinkwater is bepaald hoeveel grondwater wordt gebruikt voor beregening en leverantie van drink- en industriewater. Het zo berekende grondwatergebruik geeft echter slechts beperkt inzicht in de totale grondwatervraag van de natuur.

Voor de plantengroei in natuurgebieden spelen veel meer zaken een rol dan alleen de hoeveelheid grondwater die voor planten beschikbaar is. Ook grondwaterstanden en grondwaterregime zijn zeer bepalende factoren voor de aard van de plantengroei. Bovendien is de mate waarin het grondwater voor plantengroei beschikbaar is sterk afhankelijk van andere factoren. Planten wortelen slechts ondiep, en ze kunnen dus alleen grondwater gebruiken als dat grondwater tot in de wortelzone kan komen. En dat is weer afhankelijk van grondwaterstanden en peilen in en buiten de natuurgebieden. Het water dat nodig is om deze peilen buiten de natuurgrenzen te verhogen wordt tot de ruimtelijke “grondwatervraag natuur” gerekend.

1.2 Uitwerking

Omdat de berekende watervraag zo afhankelijk is van de gebruikte uitgangspunten hebben we er voor gekozen om de watervraag via twee verschillende benaderingen in beeld te brengen:

- a) door net als bij andere sectoren te berekenen hoeveel grondwater uit onderliggende pakketten in kwelafhankelijke natuur nodig is, en hoeveel het waterverlies (wegzijging, ontwatering) in regenwaterafhankelijke natte natuur (natte heide etc.) moet worden teruggebracht om te kunnen voldoen aan de vraag van grondwaterafhankelijke planten binnen de natte natuurplek;
- b) door na te gaan of en in welke mate realisatie van doelstellingen voor natte natuurplek mogelijk is bij de huidige grondwaterwinningen en welke reductie in grondwaterwinning en waterafvoer door ontwatering nodig is om de doelen te behalen.

Daarmee wordt de volledige bandbreedte in de watervraag in beeld gebracht.

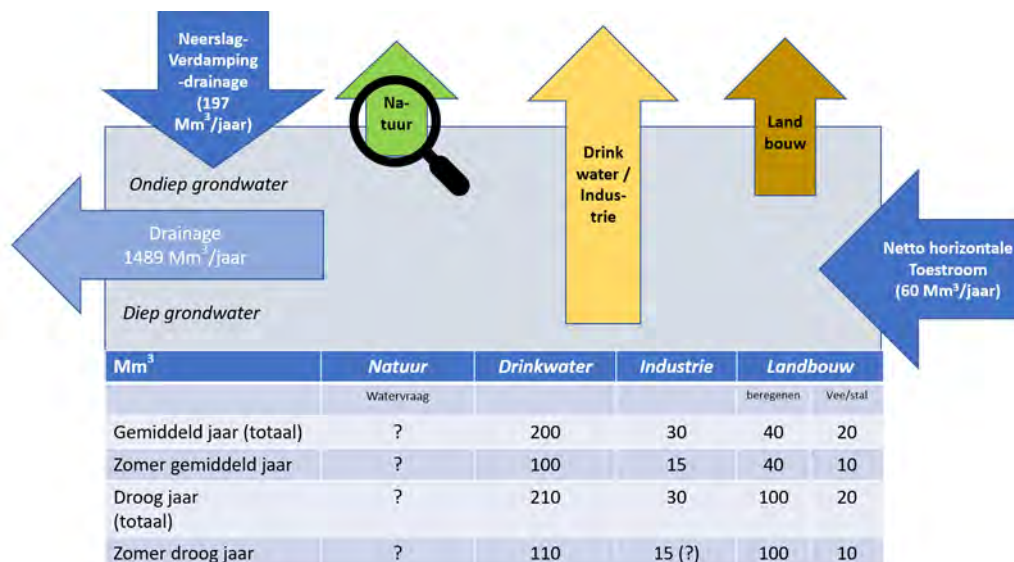
Uitgangspunten bij de ontwikkeling van de methode zijn:

- de berekende watervraag moet inzicht geven in de behoefte aan water vanuit de natuur;
- de berekende watervraag moet gebruikt kunnen worden voor een afweging van belangen tussen de betrokken sectoren (landbouw, watervoorziening en natuur).

Het ultieme doel van dit project is om de “Watervraag Natuur” te kunnen beantwoorden, zodat een betere vergelijking kan worden gemaakt met de watervraag voor andere sectoren. Hierbij moet ook het gebruik tijdens de droogte stress periode (zomer) zichtbaar worden.

In de draagkrachtstudie van 2017 (RHDHV e.a., 2017) zijn de waterbalansposten samengevat: De aquifervoeding van het grondwater (de watervoerende pakketten) in Noord-Brabant is ongeveer 197 miljoen m³/jaar. Dit is slechts een klein deel van de neerslag die in Noord-Brabant valt. Meer dan de helft van deze regen verdampt (neerslag min verdamping is ca. 1686 miljoen m³/jaar) en ongeveer 80 % van het resterend deel wordt door de greppels, sloten en beken (ca. 1489 miljoen m³/jaar) per jaar afgevoerd.

De watervoerende pakketten worden ook gevoed door grondwater dat horizontaal aan komt stromen vanuit Vlaanderen of Limburg, maar verliest ook weer grondwater aan de noord- en westzijde van de provincie (netto ca. 60 miljoen m³/jaar aanvulling). Daarnaast wordt grondwater (met name in het Peelgebied) gevoed vanuit aangevoerd oppervlaktewater. De belangrijkste grondwateronttrekkingen zijn samengevat in figuur 1.1. Hierbij valt vooral de sterke toename op van grondwateronttrekking voor beregening in droogte jaren. De grondwateronttrekking voor drinkwaterwinning neemt in een droogte jaar op jaarbasis slechts gering (ca. 5%) toe. De landbouwsector onttrekt naast grondwater voor beregening ook grondwater voor veedrenking en het schoonmaken van stallen. Eerder (Stuurman e.a., 2010) werd deze geschat op maximaal 20 miljoen m³/jaar.



Figuur 1.1: Schatting van de grondwatervraag per sector (in miljoen m³/jaar) voor een gemiddeld en droog jaar. Ter vergelijking, de aquiferaanvulling (neerslag minus verdamping minus ont-/afwatering) bedraagt voor de provincie ca. 197 miljoen m³/jaar (bron: draagkrachtstudie Verhagen, 2017). De geschatte berekening “droog jaar” is gebaseerd op 2018. Niet grondwater afhankelijke natuur en landbouw gebruiken natuurlijk ook (regen-)water. Deze regenwaterposten nemen wij niet mee in de watervraag.

1.3 Opzet rapport

In hoofdstuk 2 wordt eerst toegelicht waarom er “grondwaterstress” bestaat voor de natuur. Hoofdstuk 3 beschrijft de gebruikte methode en de stappen die zijn doorlopen om de watervraag van de natuur te bepalen.

Hoofdstuk 4 geeft overzicht van de in provincie Noord-Brabant voorkomende typen natuur. Per type gebied geven we aan welke vegetaties voorkomen, op welke manier deze afhankelijk zijn van de waterhuishouding en wat de belangrijkste hydrologische knelpunten zijn die een goed functioneren van deze gebieden belemmeren. Dit hoofdstuk is bedoeld om inzicht te geven in de eisen die de natuur in de Brabantse Natte Natuurparels stelt aan de waterhuishouding. Voor de zes voorbeeldgebieden wordt in bijlage A dieper ingegaan op het functioneren van deze gebieden en wordt aangegeven in hoeverre de met het Brabantmodel en andere hydrologische modellen berekende grondwaterstandstijgingen bijdragen aan het wegnemen van in deze gebieden geconstateerde knelpunten. Dit geeft enerzijds een beeld van de nauwkeurigheid van het Brabantmodel, en anderzijds geeft het een beeld in welke mate de met het Brabantmodel gemodelleerde scenario's bijdragen aan het herstel van verdroogde natuurparels.

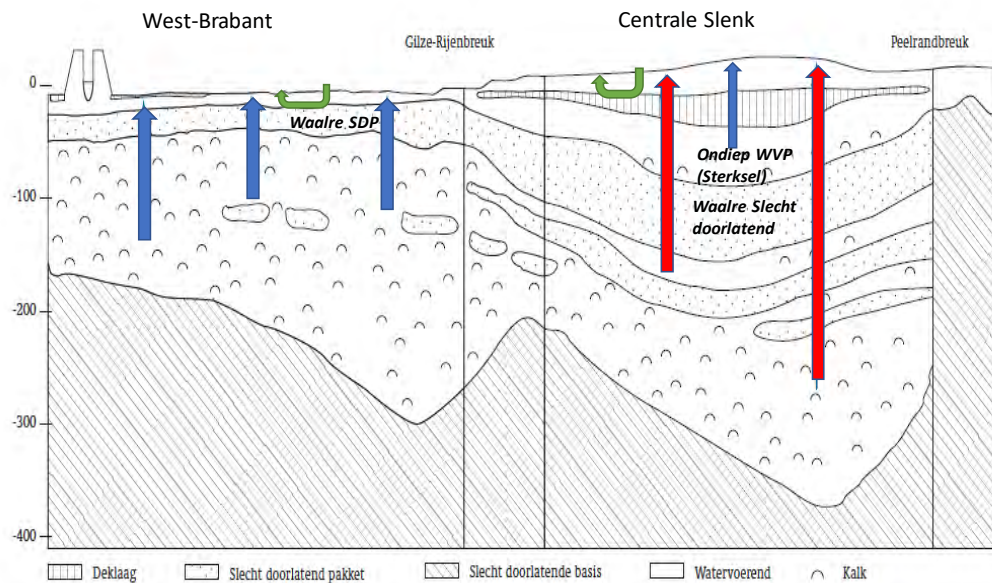
In de daaropvolgende hoofdstukken wordt ingegaan op de berekening van het watergebruik en de watervraag volgens verschillende methoden, en worden de resultaten van de berekening gepresenteerd.

het rapport eindigt met een discussie van de resultaten, gevolgd door een hoofdstuk met conclusies en aanbevelingen.

1.4 Verklaring gebruikte termen

- Neerslagoverschot: Dit is de neerslaghoeveelheid (regen, sneeuw) minus de verdamping.
- Verdamping: De hoeveelheid regenwater die door de gewassen (landbouw en natuur) wordt gebruikt (evapotranspiratie), inclusief zogenaamde interceptie verdamping (regenwater dat op bladeren wordt ingevangen en dan verdampt, vooral belangrijk in naaldbossen). *Het verdampingsgebruik Natuur wordt in dit rapport kort besproken, maar is net als het verdampingsgebruik van de landbouwgewassen niet relevant voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen, en daarom buiten beschouwing gelaten.*
- Grondwateraanvulling: Dit is het neerslagoverschot minus de drainageafvoer. Een groot deel van het neerslagoverschot wordt via drainagebuizen, greppels, sloten afgevoerd. Slechts een relatief klein deel bereikt als grondwateraanvulling de (diepere) watervoerende pakketten.
- Grondwaterniveau
 - o Freatische grondwaterstand: Dit is de, voor gewassen relevante, ondiepe grondwaterstand. Deze freatische grondwaterstand wordt zichtbaar bij het graven van een kuil of in een open boorgat.
 - o Stijghoogte: Dit is de “waterdruk” in (vaak door kleilagen) afgesloten watervoerende pakketten. Deze stijghoogte kan worden gemeten door een grondwatermeetpunt met een filter in (door kleilagen) afgesloten watervoerende pakket te plaatsen. Als deze stijghoogte lager is dan de freatische grondwaterstand zal het grondwater potentieel omlaag stromen (infiltratie). Omgedraaid, zal het diepere grondwater potentieel omhoog stromen (kwel).
 - o GLG: Gemiddeld Laagste Grondwaterstand. Gemiddelde van de 6% dagelijks laagst berekende grondwaterstanden per jaar en vervolgens gemiddeld over de gehele periode.
 - o GLS: Gemiddelde laagste (zomer) Stijghoogte: Gemiddelde van de 6% dagelijks laagst berekende stijghoogten per jaar en vervolgens gemiddeld over de gehele periode.
- Watervoerende pakket: Een bodemlaag die water doorvoert en die aan boven- en onderzijde begrensd wordt door een ondoorlatende laag of door een vrije waterspiegel.
- Slecht doorlatende pakket: Aaneengesloten pakket van bodemlagen van meestal kleilig materiaal, waar grondwater relatief moeilijk door kan stromen.
- Deklaag: De bovenste bodemlagen van het grondwatersysteem, als deze slechter doorlatend zijn.
- Grondwatervoorraad: Samenhangende grondwatermassa die aan de bovenzijde wordt begrensd door de freatische grondwaterstand en aan de onderzijde door de zoet-brak-zout overgang.

Kwel (figuur 1.1)



In groen **ondiepe kwel**: lokale grondwatersystemen. Herkomst in orde van tientallen/honderden meters, dieptebereik in orde meters.

in blauw **diepe kwel**: regionale grondwatersystemen. Herkomst in orde van tientallen kilometers, diepte bereik in West-Brabant tientallen tot honderden meters, in Centrale Slenk tientallen meters. In West-Brabant meestal duizenden jaren oud. In Centrale Slenk kan dit ook jonger zijn (tientallen jaren), en daardoor kwalitatief beïnvloed.

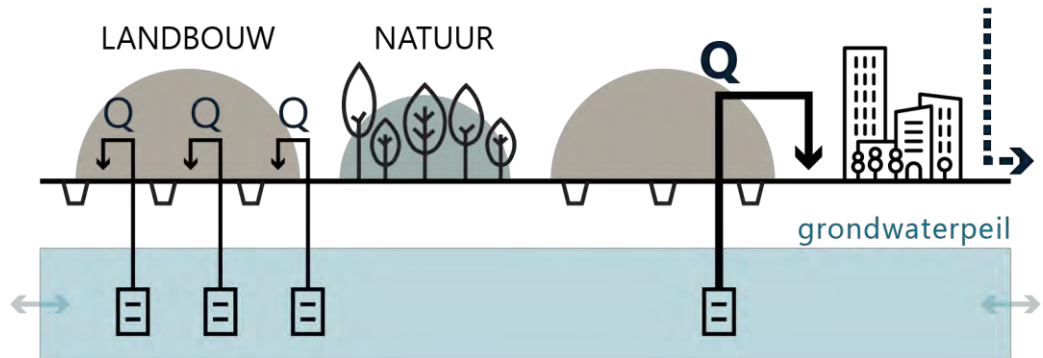
in rood **extra diepe kwel**: Alleen in de Centrale Slenk. Deze komt de afgelopen decennia nauwelijks meer voor. Heel oud water dat lang geleden (duizenden tot meer dan 30.000 jaar geleden) in Limburg, Duitsland en Vlaanderen is geïnfiltreerd.

- **Kwel** : Dit is grondwater dat opstijgt uit de ondergrond, en is belangrijk voor de natuur door zijn chemische samenstelling (o.a. kalk en ijzer), zijn temperatuur en zijn (bufferende) invloed op de fluctuatie van de freatische grondwaterstand. In de provincie Noord-Brabant kan onderscheid worden gemaakt tussen (figuur 1,1):
 - o **Ondiepe kwel**: dit is grondwater dat alleen de bovenste meters van de ondergrond heeft doorstroomt, en op (relatief) korte afstand is geïnfiltreerd van de plaats waar het opstijgt (kwelt). Dit komt voor in vennen of langs beekdalen. Dit water is vaak beïnvloed door het lokale landgebruik, of (zure)regenwaterkwaliteit van de afgelopen decennia. *Met het regionale Brabant model kan deze ondiepe kwel alleen worden berekend als het model wordt gedetailleerd (o.a. kleinere gridcellen). Wel kan de verhoging van de freatische grondwaterstand worden berekend die hiervoor nodig is.*
 - o **Diepe kwel**: Dit is grondwater dat opstijgt vanuit enkele tientallen tot honderden meters diepte. Dit water is vaak duizenden jaren oud en daarom niet beïnvloed door menselijke verontreinigingen en van nature kalk- en ijzerrijk. Dit diepe kwelwater komt nog voor in veel beekdalen en andere kwelgebieden. In West-Brabant is dit water vanonder het Waalre-Strampoy kleipakket afkomstig (> 30-40 meter diepte). In de Centrale Slenk is dit opstijgend grondwater afkomstig uit de Formatie van Sterksel (ca. 10-100 meter diep). *Met het Brabant model zijn scenario's berekend om te onderzoeken in welke mate deze stijghoogte kan worden verhoogd. Hierbij is vooral bestudeerd wat de impact is op de Gemiddelde Laagste Stijghoogte (GLS).*

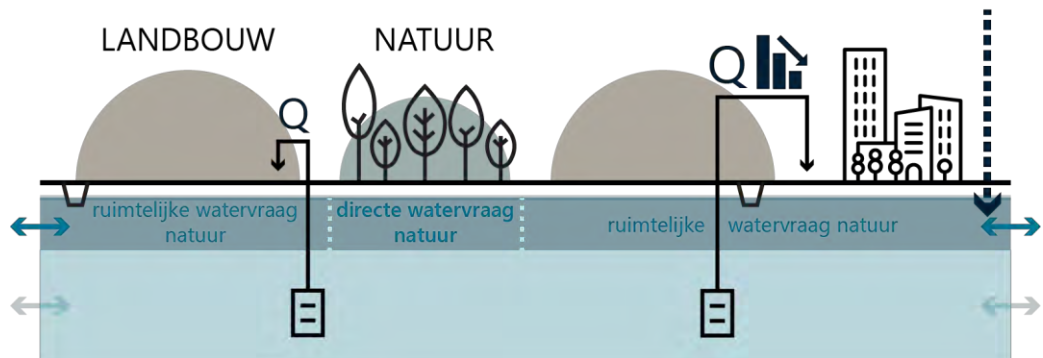
- o Extra diepe kwel (Centrale Slenk): Grondwater dat in het verleden opsteeg uit de watervoerende pakketten (F. van Oosterhout, Kiezeloosiet F.) onder de Waalre klei. Deze klei heeft een extreem grote weerstand. De laatste decennia kan, op enkele plaatsen na, geen grondwater uit dit pakket omhoog stromen omdat de stijghoogte in dit pakket meters is verlaagd door grondwaterwinning. Het is nog steeds onbekend of, en hoe, deze stromingscomponent de natuur heeft beïnvloed (zie ook Witte, 2019). Er bestaan wel hydrochemische aanwijzingen dat dit water in het verleden, o.a. in het Bossche Broek, het ondiepe (Sterksel) pakket bereikte. *Met het Brabant model is berekend hoeveel de grondwateronttrekking moet afnemen om weer een opwaartse grondwaterstroming te genereren.*
- Grondwatergebruik natuur: In deze studie wordt geprobeerd een vergelijking te maken met de grondwateronttrekking door drinkwatervoorziening, industrie en landbouw. Hierbij wordt dit natuurgrondwatergebruik gerefereerd aan dezelfde watervoerende pakketten als waar de grondwateronttrekkingen plaats vinden:
 - o Kwelsituatie: (beekdalen, overgangszone van zand- en poldergebied) hier is geprobeerd meer inzicht te krijgen over het actuele- en optimale gebruik (gewenste hoeveelheid). Deze situatie hangt af van de stijghoogte (waterdruk) in de watervoerende pakketten. Daarom onderzoeken wij vooral deze stijghoogte en hoe deze afhankelijk is van grondwateronttrekking en ontwatering.
 - o Infiltratiesituatie (natte heide, hoogveen): deze natuurtypen zijn niet (zoals bij kwel) direct afhankelijk van grondwater uit de (diepere) watervoerende pakketten. Ze worden wel indirect beïnvloed. Door stijghoogteverlaging onder deze infiltratiegebieden kan infiltratie versnellen en de freatische grondwaterstand dalen. Er is dus sprake van ongewenst verlies van ondiep grondwater. Hierdoor neemt het gewenste grondwatergebruik natuur af. Ook ontwatering in deze natuurtypen kan tot ongewenste verlaging van de freatische grondwaterstand leiden. Maatregelen kunnen dit verlies aan water terugdringen: (a) het verminderen van grondwater drainage (via sloten etc.) in het natuurgebied, bijvoorbeeld door dempen van greppels en sloten, (b) het verminderen van de wegzijging en grondwaterverlies naar de directe omgeving door: (b1) het verhogen van de oppervlaktewaterpeilen en freatische grondwaterstand rond het natuurgebied, (b2) het reduceren van grondwateronttrekking rond het natuurgebied .
 - o Actueel gebruik vs. Gewenst gebruik: In dit rapport proberen wij het gebruik aan (dieper) grondwater door de natuur te schatten. Hierbij besteden wij aandacht aan het huidige (verdroogde) gebruik en het (gegeven de natuurdoelstelling) optimale gebruik. Het verschil is de “directe watervraag” natuur.
- Grondwatervraag natuur: Deze watervraag betreft de benodigde verandering t.b.v. natuurontwikkeling en -herstel op basis van een kwantitatieve analyse. De vraag welke waterkwaliteit in het grondwater noodzakelijk is voor de natuurambities wordt in deze studie niet onderzocht. De watervraag wordt begrensd door de ecologische doelstelling die door de provincie, en Europees waar het Natura2000 gebieden betreft, zijn vastgelegd. De ecologische doelen bepalen vervolgens de hydrologische randvoorwaarden die aan een (natuur-) gebied worden gesteld. In deze studie zijn deze ecologische doelen geabstraheerd naar natuur-geomorfologische deelgebieden zoals beekdalen in West-Brabant en Centrale Slenk, natte heide etc. De watervraag kan worden opgedeeld naar (figuur 1.2):
 - o Directe watervraag natuur: Dit is de benodigde hoeveelheid grondwater om het ecologisch doel in het natuurgebied te realiseren.
 - o ruimtelijke watervraag natuur: Om aan de (directe) grondwatervraag te kunnen realiseren moeten (ver) buiten deze natuurgebieden ingrepen worden verricht om

de stijghoogte en freatische grondwaterstand te verhogen. De belangrijkste ingrepen zijn (1) vermindering grondwateronttrekking (door beregening, drink- en grondwater) en (2) aanpassing van het ontwateringssysteem (bodemverhoging, waterpeilverhoging, dempen) om de freatische grondwaterstand regionaal te verhogen. Dus, inzetten op waterconservering van het overvloedige “winterwater” waar mogelijk (landbouw, stad, natuur).

HUIDIGE SITUATIE



VOORGESTELDE SITUATIE



Figuur 1.2: Visualisatie van de watervraag natuur. Deze beperkt zich niet alleen tot het natuurgebied, maar heeft betrekking op de wijde omgeving (“ruimtelijke watervraag natuur”). Deze kan gerealiseerd worden door minder grondwater te onttrekken en te draineren, en meer water te infiltreren (stedelijk gebied).

1.5 Aandachtspunten bij dit rapport

- o Dit is een verkennende studie. Er is geprobeerd om zo goed mogelijk het grondwatergebruik en de grondwatervraag van de natuur te bepalen. De gepresenteerde cijfers zijn richtinggevend en omgeven met een onzekerheidsmarge. In deze studie bestond niet de ruimte om deze onzekerheidsmarge te kwantificeren.
- o De studie richt zich op het gebruik van grondwater (kwel) uit dezelfde pakketten als waar grondwater wordt onttrokken voor drinkwatervoorziening, industrie en beregening.

- o Het provinciale model is (zonder aanpassingen) niet te gebruiken om uitspraken te doen per natuurgebied. Daarom is een vergelijking van de resultaten uit deze studie met die van lokale modelstudies ongewenst. De schaal van de gridcellen verschilt, maar ook word in lokale modellen aandacht besteed aan lokale ingrepen (bijvoorbeeld de wijze van compartimentering van het oppervlaktewater in de Groote Peel). Omgedraaid kunnen in lokale modellen slecht generieke regionale ingrepen worden meegenomen. Maar als je de resultaten middelt over de verschillende type gebieden ontstaat wel een beeld van hoe de scenario's uitpakken. Wat betreft scenario's zijn de berekeningen in dit rapport ook niet vergelijkbaar met eerder uitgevoerde berekeningen in lokale studies. In de scenario's uit dit rapport zijn bijvoorbeeld de winningen allemaal uitgezet, wat een regionaal effect op de stijghoogte heeft. In veel lokale studies is dat niet gedaan. Daarom moet ook heel voorzichtig worden omgegaan met de kentallen over kwel en grondwaterstandsverandering die in dit rapport zijn gegeven per natuurgebied.
- o Deze regionale (provinciale) aanpak met generieke scenario's staat natuurlijk los van actuele en toekomstige verdrogingsherstelplannen, waarbij naar verwachting meer gebiedspecifieke inrichtingen worden ontworpen.

2 De grondwatervraag van natuur onder stress

2.1 Tegelijkertijd evenwicht en onbalans

In de afgelopen decennia zijn door de toename in grondwateronttrekking en ontwatering de grondwaterstanden verschillende decimeters en stijghoogten tot meters verlaagd (o.a. van Geer e.a., 1993, RHDHV, 2013). De verlaging in stijghoogten onder de Waalreklei in de Centrale Slenk is eind jaren '80 van de vorige eeuw tot een eind gekomen en is de jaren daarna weer licht gestegen. Echter in de periode 2012-2016 wordt weer een (relatief geringe) daling in het diepe watervoerende pakket gemeten (von Asmuth e.a., 2018).

Er is dus sprake van een “nieuw evenwicht” (min of meer horizontaal verloop van stijghoogte verloop). Dit nieuwe evenwicht gaat wel gepaard met veranderingen in waterbalans fluxen. In het “nieuwe evenwicht” neemt de oppervlaktewaterafvoer af en nam de grondwatervoeding toe.

Ter verduidelijking, er bestaat een dynamische evenwicht tussen grondwatervoeding, grondwaterwinning en oppervlaktewaterafvoer. Als er meer grondwater wordt onttrokken, dan neemt de grondwatervoeding toe en vermindert de afvoer van oppervlaktewater. Als er minder grondwater wordt onttrokken, stijgen de grondwaterstanden en wordt er meer water via het oppervlaktewatersysteem afgevoerd.

Voor de natuur heeft dit “nieuwe evenwicht” een grote onbalans opgeleverd wat betreft de verdeling van het grondwater:

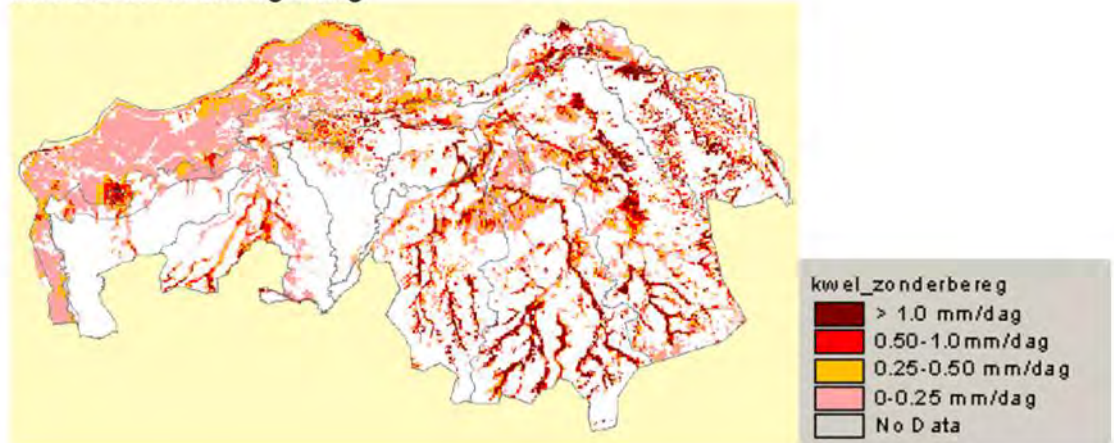
1. Freatische grondwaterstanden zijn gedaald, en mede daardoor vallen bovenlopen (en sloten) tijdens het droge seizoen eerder droog.
2. Kwel is afgenomen, met name in de zomer.
3. De beekafvoer, en in het bijzonder de basisafvoer (“ecological flow”) is afgenomen, met vaak droogval van beken tijdens droge perioden, waardoor de situatie voor aquatische macrofauna sterk is verslechterd (Ralf Verdonshot e.a., 2020).

Ad.3) Dit proces is zo sterk dat ecologen pleiten voor het behoud van het lozen van gezuiverd RWZI-effluent op beken om deze zo watervoerend te houden. Dit ondanks de beperkte waterkwaliteit van dit effluent. In reactie op de nieuwe Europese richtlijn (13 mei, 2020) voor hergebruik van afvalwater, reageerde Professor Piet Verdonshot van de Wageningen Universiteit en Philip Jan Witte van de Vrije Universiteit in een ingezonden brief in Trouw hun zorgen over de gevolgen van hergebruik van afvalwater voor de natuur. Zij waarschuwen dat het effluent nodig is om planten en dieren in beken een periode van droogte te laten overleven. ‘Als we dat water dan ook nog gaan gebruiken voor de landbouw is het gedaan met het leven in de beek’, aldus de professoren

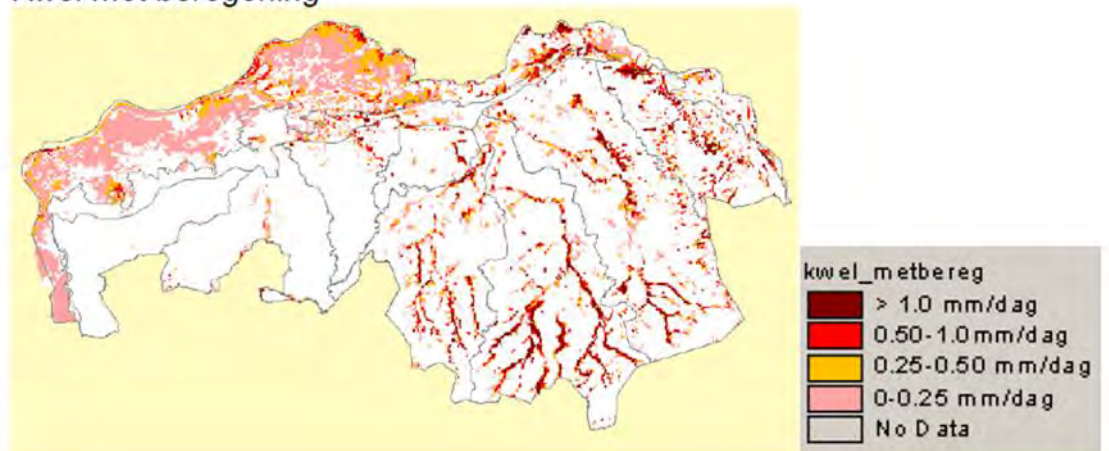
2.2 Onbalans vooral in de zomer

Deze onbalans uit zich vooral tijdens het zomerseizoen, en wordt nog eens versterkt tijdens droogte jaren, zoals 2018, 2019 en 2020. Vooral de grondwateronttrekking voor beregening neemt dan sterk toe (meer dan een verdubbeling) met een vermindering (of wegvallen, figuur 2.1) van kwel en basisafvoer tot gevolg. Deze grondwateronttrekking voor beregening werd al in 1993 gesignaleerd door Van Geer e.a. tijdens hun tijdreeksonderzoek. Zij noemden dat het ELS-effect (tijdelijke Extreem Lage Stijghoogten). Dit effect is (ook nu) in veel stijghoogten meetpunten in de provincie zichtbaar. Zie als voorbeelden de figuren 2.2 en 2.3.

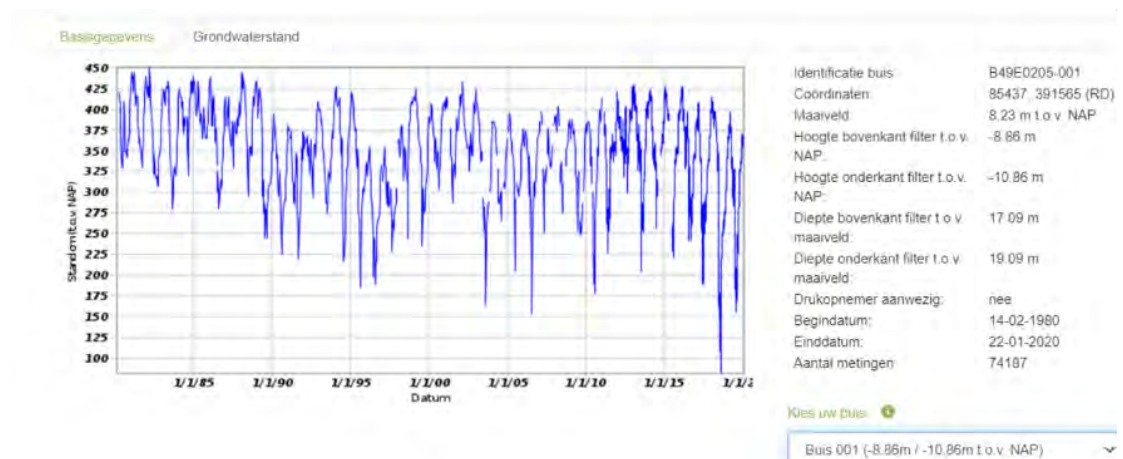
Kwel zonder berekening



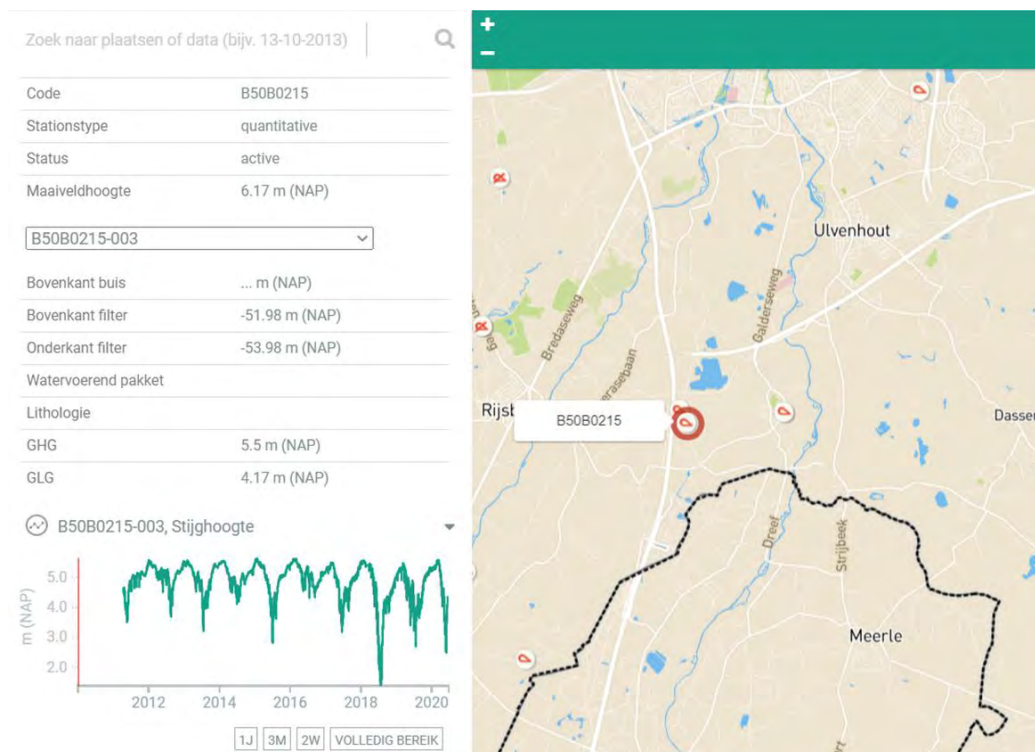
Kwel met berekening



Figuur 2.1: Berekende kwel met behulp van het landelijke NHI-model (Massop en de Louw, 2019).



Figuur 2.2: Voorbeeld van kortdurende stijghoogten daling t.g.v. berekening in de omgeving van Wouw.



Figuur 2.3: Voorbeeld van kortdurende stijghoogten daling t.g.v. beregening in de omgeving van Strijbeek.

In het kader van een evaluatie van het rond 2014-2015 aangepaste beregeningsbeleid heeft in 2018 een tijdreeksanalyse van freatische grondwatermeetpunten plaatsgevonden (Caljé, 2018). De resultaten toonden een daling van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden (GLG) in bijna alle meetpunten, terwijl de GHG en GVG een lichte daling tot constant bleven. Er werd geen onderscheid gemaakt tussen freatische grondwatermeetpunten in kwel- of infiltratiegebieden.

Uit een landelijke studie (van Bakel e.a., 2020) bleek dat een totaal verbod op de beregening uit grondwater leidt tot hogere grondwaterstanden en kwelfluxen en een toename van de oppervlaktewaterafvoer uit stroomgebieden met 25-50%. Vooral in het zuiden en oosten van Brabant en in Noord-Limburg zijn de effecten aanzienlijk omdat hier het meeste grondwater wordt onttrokken voor beregening. De droogteschade aan de beregenbare percelen neemt uiteraard toe, maar de percelen zonder beregeningsinstallatie profiteren juist van het verbod: daar gaat de gewasopbrengst omhoog.

2.3 Verdrogingsbestrijding

Monitoring van de verdrogingsbestrijding laat zien dat er lokaal wel goede resultaten zijn geboekt met verdrogingsbestrijding, maar ook dat de natte natuur nog steeds onder druk staat en dat de gestelde doelen nog (lang) niet zijn gehaald. De volgende punten vragen bij de verdrogingsbestrijding meer aandacht:

- o Natte natuurgebieden worden sterk beïnvloed door het waterbeheer in de omgeving. Aanpassing van dit waterbeheer (niet noodzakelijk nadelig voor de landbouw) kan natuurherstel helpen.
- o Herstel van de kweldruk. Deze kan door een combinatie van maatregelen (vermindering ontwatering en grondwaterwinning, verhoging van grondwatervoeding) worden gerealiseerd.
- o (grond-)waterkwaliteitsaspecten zoals opheffen van verzuring, interne eutrofiering en toestroom van ondiep nutriëntenrijk grondwater.

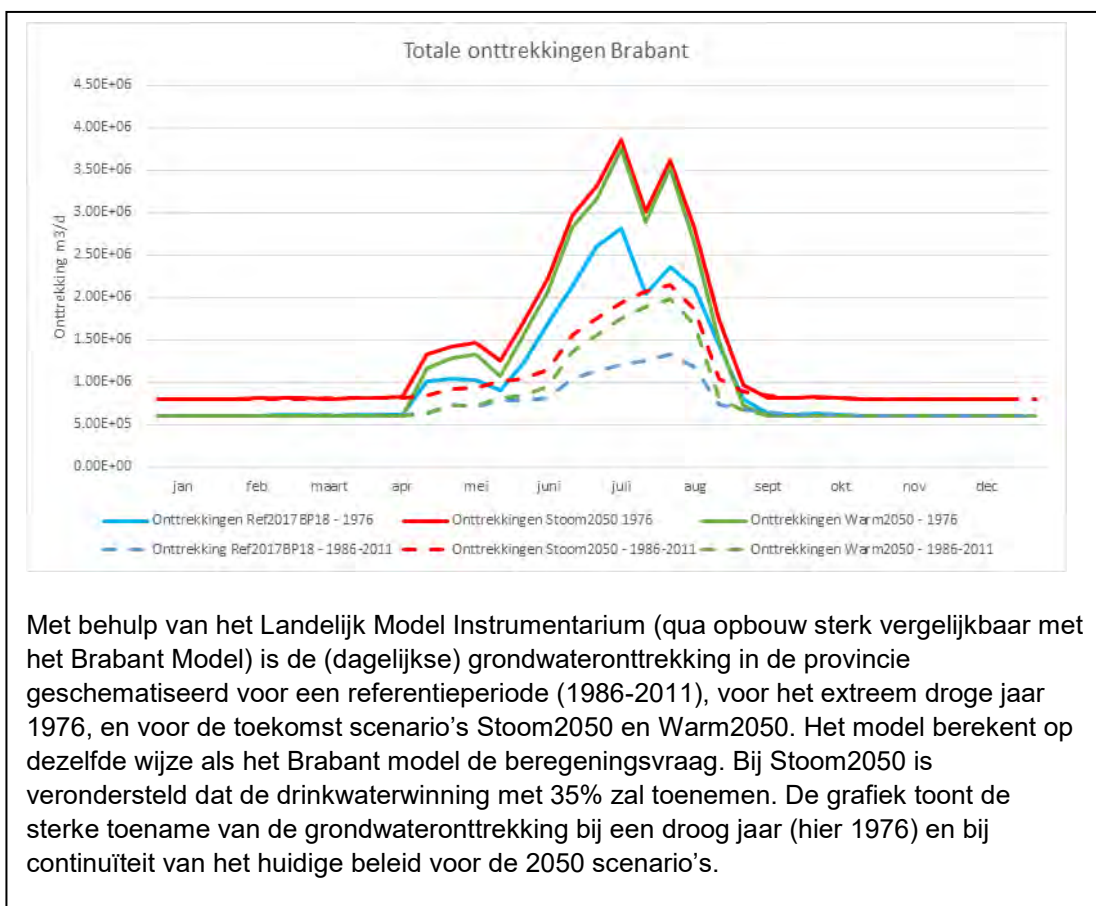
Uit de eerdere draagkrachtstudie (RHDHV e.a., 2017) volgt dat een heel groot deel van het neerslagoverschot (neerslag minus verdamping) via het drainagesysteem (stelsel van sloten, greppels, drainagebuizen) wordt afgevoerd. Slechts een klein deel van dit neerslagoverschot bereikt de diepere watervoerende pakketten. Echter, grondwaterwinning door drinkwatervoorziening, industrie en landbouw (beregening) gebruikt het overgrote deel van deze aanvulling. Daardoor zal er maar weinig van dit diepe grondwater aan de oppervlakte kunnen komen in natuurgebieden. Grondwater- en kwelafhankelijke soorten zijn mede daardoor in aantal en oppervlak afgenomen (o.a. Cools e.a., 2006). In de toekomst wordt verwacht dat door bevolkingsgroei en klimaatverandering de grondwatervraag voor drinkwaterproductie en beregening mogelijk verder gaat toenemen. De “onbalans” voor natuur zal, als er niet adequaat op wordt gereageerd, nog verder toenemen.

Dit vraagt om een herbezinning; we moeten accepteren dat de beschikbare voorraad water eindig is, en nadenken hoe we zuiniger om kunnen gaan met de bestaande hoeveelheid grondwater, maar misschien ook hoe we de hoeveelheid beschikbaar water kunnen vergroten, bijvoorbeeld door waterconservering, kunstmatige infiltratie van “winterwater” of heel goed gezuiverd RWZI effluent. Meer aandacht besteden aan het zoeken naar alternatieve waterbronnen voor beregening en drinkwatervoorziening, waardoor de huidige druk op het grondwatersysteem afneemt en er meer water beschikbaar komt voor de natuur.

2.4 Klimaatverandering, verdroging en droogte

Verdroging en droogte hebben veel met elkaar te maken, maar zijn niet helemaal hetzelfde. Droogte is een tekort aan neerslag (regen) van tijdelijke aard, meestal in de zomer. Verdroging is structurele droogte: het gehele jaar rond en meerdere jaren achter elkaar een tekort aan water. Dat kan grondwater zijn, oppervlaktewater of neerslag. Is er al sprake van verdroging, dan zijn de gevolgen van droogte vaak ernstiger en levert ook meer schade op. Andersom werkt het aanpakken van verdroging positief op het omgaan met droogte. (bron: Visie klimaatadaptatie inclusief uitwerking bestuursopdracht 'Stoppen van de verdroging met een water robuuste inrichting van Brabant' Provincie Noord-Brabant.

Door klimaatverandering nemen de extremen in het weer toe. Enerzijds treden meer en zwaardere piekbuien op. Anderzijds komen ook vaker extreem warme en droge perioden voor, zoals we in de zomer van 2018, 2019 en 2020 hebben gezien. De verdrogende effecten daarvan worden versterkt doordat juist in droge zomers extra veel grondwater wordt onttrokken voor beregening, de kwel afneemt en daardoor de basisafvoer van beken sterk wordt gereduceerd. In het onderstaande kader is deze toename van de grondwateronttrekking in de zomer voor een gemiddeld en droog jaar zichtbaar gemaakt en is tevens de voorspelde grondwateronttrekking in 2050 getoond. Vraag is hoe we de natte natuur beter kunnen beschermen tegen hogere temperaturen en toegenomen droogte. Belangrijk is om voldoende robuuste natuurgebieden te creëren, dat wil zeggen gebieden met voldoende omvang en met genoeg interne variatie om ervoor te zorgen dat ze niet te snel uitdrogen en dat na een droge periode weer snel herstel van populaties kan plaatsvinden, en waarbij de waterhuishouding in het gebied rondom het natuurgebied ook op orde is voor de natuur. Daarmee kan de voorkomende en beoogde vegetatie zo goed mogelijk worden gefaciliteerd. Daarnaast kunnen door gebieden te vergroten en onderling te verbinden planten en dieren in staat worden gesteld om zich aan te passen aan gewijzigde omstandigheden en om te migreren naar gebieden die meer geschikt zijn. Ook andere sectoren (landbouw, stad) kunnen een bijdrage leveren aan het behoud van grondwaterafhankelijke natuur door onder meer het vasthouden en infiltratie van water.



2.5 Deelconclusies

- **Hydrogeologisch is er sprake van een (nieuw) evenwicht, maar wat de waterverdeling betreft is er sprake van onbalans.**
- Er is in de afgelopen decennia sprake van een “nieuw” evenwicht in het grondwatersysteem. Dit nieuwe evenwicht is het gevolg van daling van grondwaterstanden en vermindering door kwel als gevolg van de toename van (vooral) grondwaterwinning en ontwatering. Dit nieuwe evenwicht gaat ten koste van de grondwaterstanden en kwel in natuurgebieden en beekwaterafvoer. Toenemende zomer onttrekkingen voor beregening tasten die nieuwe evenwicht, zeker in de zomerperiode nog verder aan.
- Bij het huidige beregeningsbeleid (beregening uit grondwater) zal bij toename aan klimatologische droogte deze onbalans sterk toenemen.
- De “watervraag natuur” heeft verschillende componenten:
 1. De hoeveelheid water die nodig is om de in de afgelopen decennia ontstane(structurele) tekort op te heffen,
 2. Anticiperen op het huidig en toekomstig sterk toegenomen grondwatergebruik tijdens droogteperioden.
- Hierbij speelt vooral het zomerse tekort aan grondwater voor de natuur een heel belangrijke rol.
- Daarom zijn de gemiddeld Laagste Grondwaterstijghoogte (GLS), de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand en de watervoerendheid van beken goede indicatoren om de watervraag natuur te kwantificeren.

3 Uitvoering van het onderzoek

Dit onderzoek heeft als doel om het grondwatergebruik en de grondwatervraag van de natuur beter inzichtelijk te maken. Met andere woorden, een zoektocht hoe wij een gewenste (grond)watersituatie voor de natuur die uitgedrukt is in peilen (of waterfluxen) kunnen vertalen naar watervraag in kubieke meters. In principe is deze “watervraag natuur” de optelsom van (1) een verminderde grondwateronttrekking en (2) een verminderde drainage afvoer, waardoor de voor natuur optimale (grond-)watersituatie wordt gerealiseerd. Deze vermindering in onttrekking en drainage moet gezien worden als het volume dat nodig is om het huidige tekort aan grondwater voor de natuur te laten verdwijnen. De methodeontwikkeling is een onderdeel van het project “Water voor Natuur” (zie schema, figuur 3.1).



Figuur 3.1: De schematische opzet van het project “water voor Natuur”.

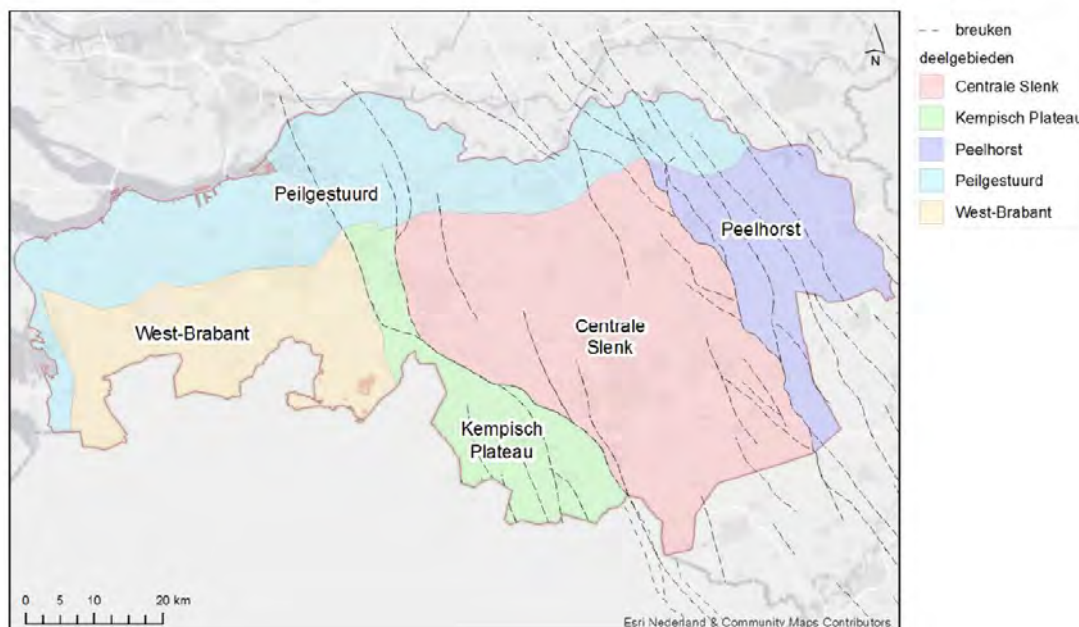
De methode is ontwikkeld tijdens 4 deelactiviteiten. Deze staan hieronder verder uitgewerkt.

3.1 Beschrijving en verspreiding van waterafhankelijke natuurtypen

In het kader van dit project “Water voor Natuur” wordt eerst een beschrijving geleverd (Hoofdstuk 4) over het belang voor de natuur van een gezond watersysteem. Hierbij wordt de waterbehoefte van de natuur uitgelegd. Deze beschrijving vormt ook het uitgangspunt voor onze eerste stap om de “watervraag” verder methodisch uit te werken.

Als eerste stap hebben we de natuurgebieden ingedeeld en geclusterd. We hebben hiervoor gebruik gemaakt van:

1. de regionale hydrogeomorfologische gebiedsindeling van Noord-Brabant, conform de indeling die tijdens de draagkrachtstudie is gehanteerd (Draagkracht grondwater Noord-Brabant. Deelrapport Analyse. 21 december 2017, 2018, zie figuur 3.2).
 - i. West-Brabant,
 - ii. Kempisch Plateau,
 - iii. Centrale Slenk,
 - iv. Peelhorst en Venlo Slenk
 - v. Peil gestuurd gebied (polders)



Figuur 3.2: De indeling in gebiedstypen die gebruikt wordt voor de draagkrachtstudies.

2. Een indeling in beheerstypen/Habitats. De basis was een tabel aangeleverd door de opdrachtgever(s) met gebiedstypen inclusief voorbeeldgebieden (tabel 3.1).
 - i. Beekdalen,
 1. Bovenlopen,
 2. Midden- en benedenlopen
 - ii. Vochtige heide, vennen en hoogveen
 - iii. Het Pleistocene – Holocene overgangsgebied (de “naad”),
 - iv. De wijstgronden
 - v. Natte bossen (leembossen)

Tabel 3.1: De door opdrachtgevers aangeleverde indeling in natuurtypen.

Gebiedstype	Beheertypen/habitats	Voorbeeldgebieden
Beekdalen centrale slenk	Broekbossen, natte schraallanden, vochtig hooiland	Dommeldal: 't Spekt, Nuenens Broek, Heerendonk. Dommeldal: Nederwetten tot Liempde. Groote Beerze en Kleine Beerze: boven- en middenloop Netersel-Westelbeers Helvoirts Broek
Beekdalen West-Brabant	Basenrijke leem loofbossen, vochtig hooiland, beken met macrofauna	Chaamse beken/Bavelsche Leij (Ulvenhoutse bos, Het Broek, Valkenberg, Hondsdonk)
Infiltratiegebieden onder invloed van grondwater omgeving met vochtige hei en vennen/veentjes	Vochtige heide, hoogveen	Kampina (tussen Rosep en Beerze) Landschotse hei/Neterselsche Hei Gr.Beerze, Kl.Beerze)
Leembossen	Vogelkers-Essen, Eiken-Haagbeuken,	Mortelen/Scheeken/Velderbosch,
De naad met diepe kwel	Schraallanden	Vlijmens Ven, Moerputten, Bossche Broek
Kwelgevoede thans te vaak droogvallende bovenlopen	Macrofauna, hooiland, broekbos	Elzenloop, Keersop, Beekloop, Bosscherwijerloop, Dalem's stroompje, Fortjeswaterloop.

Deze Noord-Brabantse systeemtypen worden in hoofdstuk 4 beschreven met behulp van gecombineerde en veralgemeniseerde (hydro-)geologische en geomorfologische profieltypen, waarbij zichtbaar wordt gemaakt:

- I. Wat de invloed is van kwel, en hoe deze samenhangt met de diepere stijghoogte, en hoe deze stijghoogte kan worden beïnvloed door grondwateronttrekking of ontwatering in de omgeving van het natuurgebied (landbouw, stedelijk gebied),
- II. Wat de invloed is van het lokale oppervlaktewaterpeil (bijvoorbeeld beekpeil, polderpeil),
- III. Wat de invloed is van neerslag en verdamping waarbij beredeneerd wordt wat de invloed van klimaatverandering kan zijn.

3.2 Eco-hydrologische beschrijving van 6 natuurterreinen

Om de waarde in te schatten van onze, op een regionaal grondwatermodel gebaseerde, scenarioberekeningen (activiteit 3) worden tijdens een afzonderlijke activiteit een zestal natuurterreinen eco-hydrologisch bestudeerd en beschreven. Hierbij wordt op basis van bestaande studies (rapporten, beleidsmeetnet verdroging etc.) de actuele (grond)water situatie en ecologische situatie (vegetatie, aquatische fauna, etc.) uitgewerkt. Deze wordt vergeleken met de gewenste, voor de natuur optimale, situatie. Er zal hierbij geprobeerd worden om de belangrijkste oorzaken voor dit verschil te beschrijven. Vervolgens, zal beredeneerd worden geschat hoeveel de grondwaterstanden, oppervlaktewaterpeilen en stijghoogten moeten worden verhoogd om herstel te realiseren. De resultaten van deze beschrijvingen staan in bijlage A.

De criteria voor de gekozen gebiedstypen en voorbeeldgebieden zijn:

- Geohydrologie
- Afhankelijkheid van grondwater/kwel
- Belangrijke habitattypes/natuurbeheertypen
- Onder invloed van grondwaterwinning (drinkwater en/of beregening)
- Aanwezigheid van meetgegevens is criterium voor keuze van voorbeeldgebieden.

In overleg met de begeleidingsgroep zijn de volgende gebieden geselecteerd:

- I. Dommelbeemden (beekdal, Centrale Slenk)
- II. Halsche beemden, Merkske (beekdal, West-Brabant)
- III. Cartierheide (natte heide, bovenloop situatie Kempisch Plateau)
- IV. Mortelen/Veldersbosch (nat kwel afhankelijk situatie, Centrale Slenk)
- V. Moerputten (den Bosch), op de overgang van zandgronden naar poldergebied
- VI. De Deurnse en Groote Peel (hoogveen, respectievelijk op de Peelhorst en in de Centrale Slenk)

3.3 Regionale presentatie effecten analyse

In de derde activiteit wordt de stap gemaakt van de gedetailleerde ecohydrologische beschrijving in stap 2 naar de uitkomsten uit het regionale Brabant grondwatermodel. Met het regionale model worden uitspraken gedaan over de impact van hydrologische maatregelen in de zes type gebieden in stap 2. Dus bijvoorbeeld wat is de invloed van de grondwateronttrekkingen op de beekdalen in De Centrale Slenk, waaronder bijvoorbeeld de Dommelbeemden.

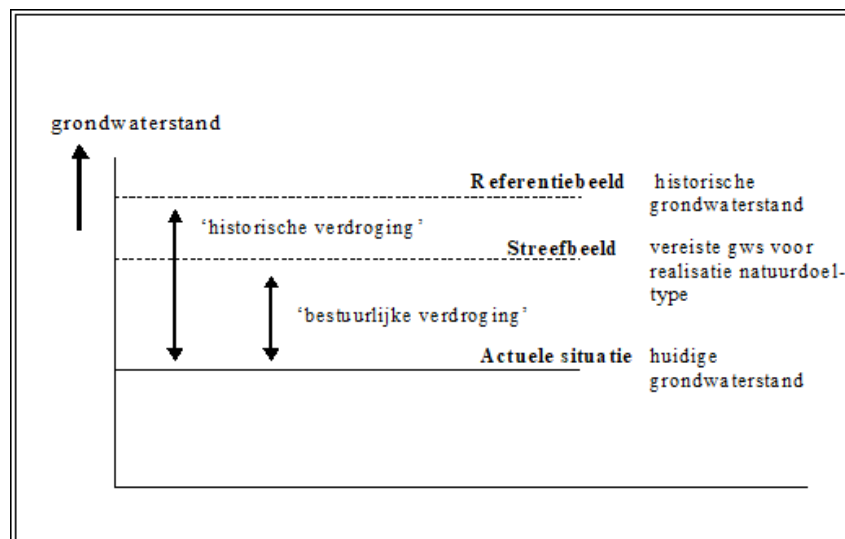
Het grondwatermodel heeft een schaalniveau met gridcellen van 250x250 meter. Op dit niveau geeft het regionale model geen inzicht in lokale maaiveldhoogte verschillen en aanwezigheid van lokale ontwatering. Voor een analyse op het niveau van individuele natuurgebieden zoals Halsche Beemden (ca. 150 x 500 meter), Dommelbeemden (1800 x 700 meter) is dit wel nodig en is een lokaal model nodig. Daarom wordt alleen een globale uitspraak gedaan voor het gehele natuurgebied en niet op de specifieke hydrologische en morfologische omstandigheden binnen dit gebied (zoals verschillen in bodemopbouw, reliëf en lokale afwatering).

In deze studie gaat het te ver om zes detailmodellen te maken. Er worden scenarioberekeningen met het Brabantmodel uitgevoerd en presenteren de resultaten per type natuurgebied. Dat wil zeggen dat per natuurgebiedtype één uitspraak doen in hoeverre de grondwaterstand en stijghoogte veranderen. Er wordt een tabel opgesteld van alle natuurterreinen van het Natuur Netwerk Brabant, een optelsom van de natte Natura2000 gebieden en de Brabantse natuurparels.

3.4 Naar een schatting van de watervraag natuur.

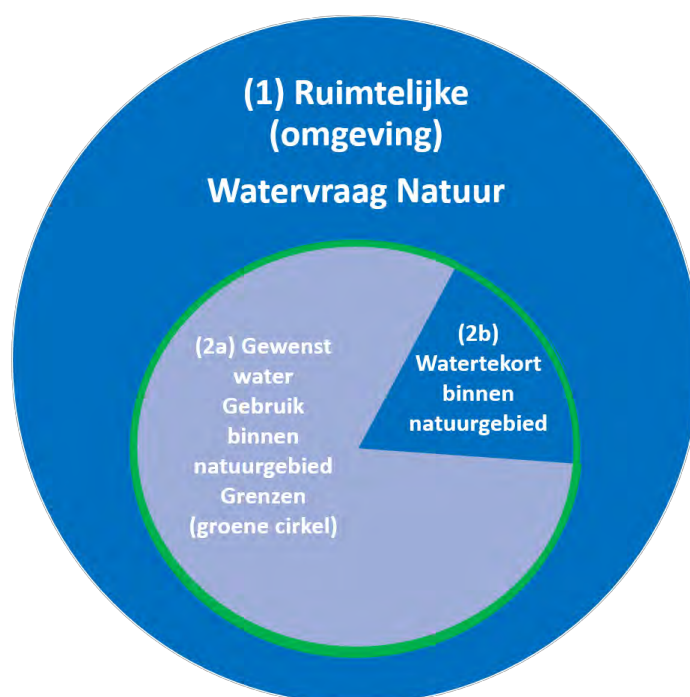
Op basis van de kennis die activiteiten 1 t/m 3 hebben opgeleverd wordt per deelgebied (West-Brabant, etc.), en de provincie in geheel, de watervraag van de natuur geschat. Hierbij wordt het effect beoordeeld van de scenario's provinciebreed met behulp van de inzichten die in de vorige stap zijn opgedaan. Ook wordt beoordeeld in hoeverre de scenario's in staat zijn om de huidige knelpunten op te lossen en welke onttrekkings- en drainagehoeveelheid hiervoor nodig is. Via extrapolatie wordt daarna bepaald hoeveel kubieke meter minder moet worden onttrokken of gedraineerd om het natuurdoel te realiseren.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van landschaps-ecologische streefbeelden, en niet op herstel van historische grondwatersituatie (figuur 3.3). De streefbeelden zijn gebaseerd op natuurdoeltypen en geomorfologische positie (bodem, topografie).



Figuur 3,3: Dichten van het verschil tussen actuele verdroogde situatie en streefbeeld.

De analyse van de “watervraag natuur” bestaat uit 3 waterposten bestaat (figuur 3.4). Met het Brabant model is berekenend hoeveel (extra) water nodig is om de verdroging van grondwaterafhankelijke natuur op te heffen. Deze hoeveelheid bepaalt de “totale watervraag natuur”. Hierbij dient wel in het oog worden gehouden dat natuur niet alleen water “gebruikt”, maar ook genereert of water (tijdelijk) kan opslaan (bufferende werking). Deze hoeveelheid is nodig om het gewenste grondwatergebruik van de kwelafhankelijke natuur (2a) en huidig tekort (2b) te realiseren.



Figuur 3.4: Bepaling ruimtelijke grondwatervraag natuur. Het extra water dat nodig is om de verdroging op te heffen (dichten van het gat tussen actuele situatie en streefbeeld uit figuur 3.3). Het watertekort (2b) kan bijna alleen worden opgelost door de ruimtelijke vaar in te vullen.

3.5 Mogelijkheden om de methode te optimaliseren

Op basis van de resultaten uit (1) t/m (3) worden de mogelijkheden geschetst om met behulp van bestaande systeemkennis en monitoring informatie (grondwatermeetnet, beleidsmeetnet verdroging) en het regionale Noord-Brabant model generiek de “watervraag” per natuurgebied te schatten.

Het grondwatermodel zal daarvoor in de toekomst moeten worden uitgebreid met een neerschalingmogelijkheid, waarbij de informatie in en rond natuurgebieden meer gedetailleerd kunnen worden meegenomen. Deze mogelijkheid zal in de aanbevelingen (paragraaf 7.6) kort worden beschreven.

4 Functioneren Brabantse natte natuur

4.1 Inleiding

Brabant is rijk aan natuur in de vorm van heiden, vennen, hoogvenen, beekdalen en broekbossen. Die natuur staat echter onder druk. Veel van de Brabantse natuur is afhankelijk van water en daarvan is steeds minder beschikbaar. Al decennia lang lijdt een groot areaal van de waterafhankelijke natuur in Noord-Brabant aan een watertekort. Dit tekort hangt samen met de toegenomen ontwatering van land- en tuinbouwgebieden en met toegenomen onttrekking van grondwater voor de drinkwatervoorziening, de landbouw (voor beregening) en in mindere mate de industrie en recreatie. Ook de uitbreiding van infrastructuur en verstedelijking (verharding van het oppervlak) en de toename van gewasverdamping (landbouw, bosaanplant) hebben een negatieve invloed op de grondwatervoeding gehad. Gevolgen waren de droogval van vennen en beken, en afname van het oppervlak aan natte heide.

Met talrijke herstelprojecten en met aanpassingen in het waterbeheer is geprobeerd de verdroging van de natuur terug te dringen. Desondanks blijven veel natuurgebieden nog steeds te droog of krijgen ze te weinig kwel (= uit de diepere ondergrond opstijgend grondwater). Bovendien heeft de natuur steeds meer te lijden van droogte als gevolg van klimaatverandering. Als gevolg daarvan komen steeds vaker zomers met extreme droogte en hitte voor. Tijdens langdurige droogteperioden wordt meer (dan normaal) grondwater onttrokken voor de drinkwatervoorziening en verdubbelt ongeveer de beregening van landbouwgronden, van 40 naar 100 miljoen m³/jaar. Tijdens een droogtejaar als 2018 onttrekt de landbouw op jaarschaal ongeveer de helft van wat de drinkwatersector onttrekt, maar dan geconcentreerd in een veel kortere periode (10-20 weken). Gedurende deze droogteperiode is de landbouwonttrekking per dag dan ongeveer 3x groter dan normaal. Voor natuur bestaat niet de mogelijkheid om tekorten op deze manier aan te vullen. Daarbij lijdt natuur nog eens extra schade door toenemende onttrekkingen.

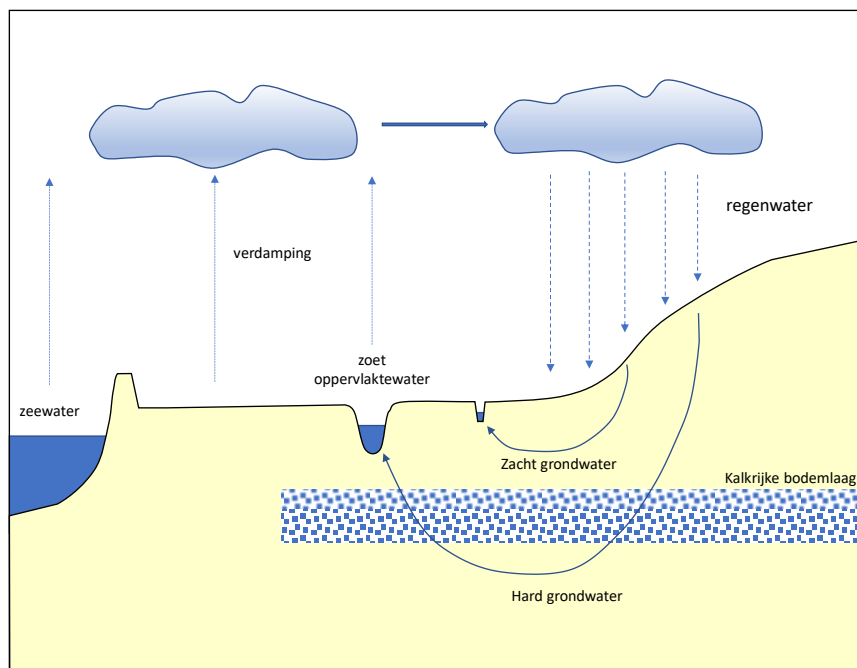
De drinkwater- en landbouwsector zijn goed in staat om hun watervraag in m³/jaar te bepalen. Voor de watervraag van de natuur is dat veel moeilijker. Deze kennis kan helpen bij het zoeken naar oplossingen voor herstel van verdroogde natuur.

In dit hoofdstuk leggen we uit waarom voldoende water van goede kwaliteit zo belangrijk is voor onze natuur, hoe ingrepen in de waterhuishouding en klimaatverandering leiden tot verdroging van de natuur, en welke maatregelen nodig zijn om verdroogde natuurgebieden te herstellen. Dat heeft ook tot doel om:

- Voor een breed publiek van beleidsmakers, planvormers en achterban op het gebied van water- en natuurbeleid duidelijk te maken waarom een goed werkend watersysteem zo belangrijk is voor de instandhouding van natuur;
- Richting terrein-beherende organisaties en milieuorganisaties te onderbouwen hoe ingrepen in het watersysteem doorwerken op natuur, zodat ze daarmee rekening kunnen houden in beleidsprocessen op het gebied van water en natuur;
- Aan te geven wat er nodig is om de waterverdeling meer in balans te krijgen, en er voor te zorgen dat voldoende water beschikbaar blijft om onze natte natuurgebieden duurzaam in stand te houden. Deze aanpassing kan ook helpen bij bestrijding van wateroverlast en droogte, waar zeker landbouw, maar ook nadere functies profijt van hebben.

Het ene water is het andere niet: Natuur, grondwatersituatie en chemische watertypen

Het water op onze aarde is onderhevig aan een kringloop waar bij water uit de zee verdampt onder invloed van zonneschijn, in de vorm van regen valt op het land, om via grond- en oppervlaktewater weer afgevoerd te worden naar de zee (Figuur 4.1). Tijdens deze kringloop treden grote veranderingen op in de chemische samenstelling van het water, die weer van invloed zijn op planten en dieren die van dat water afhankelijk zijn. In bijlage B wordt een tabel gepresenteerd waarin verschillende watertypen worden gekarakteriseerd.



Figuur 4.1 De kringloop van het water.

Regenwater bevat weinig mineralen en is licht zuur door het in het water opgeloste koolzuur. In door regenwater gevoede systemen komen daarom soorten voor die zijn aangepast aan zeer voedselarme en zure ($\text{pH} < 4,5$) omstandigheden, zoals bijvoorbeeld veenmossen en zonnedaauw.

Het regenwater infiltreert in de bodem, en neemt tijdens de passage van de bodem mineralen als ijzer en kalium op uit de bodem. Onder invloed van het in het infiltrerende water aanwezige koolzuur lost de in de bodem aanwezige kalk op om vervolgens met het grondwater als calciumbicarbonaat te worden afgevoerd. Afhankelijk van de chemische samenstelling van de ondergrond wordt het water meer of minder aangerijkt met mineralen en met kalk. Waar het water door kalkarm zand stroomt ontstaat *zacht grondwater* met weinig opgeloste kalk. Waar dit water uittreedt (kwel) komen soorten voor die aangepast zijn aan iets mineraalrijkere en heel licht gebufferde omstandigheden ($\text{pH} 4,5$ à 6). Voorbeelden zijn klokjesgentiaan, gevlekte orchis, heidekartelblad en beenbreek. Waar de bodem rijker is aan kalk kan *hard grondwater* ontstaan met veel opgelost kalk en als gevolg daarvan een hoge pH ($> 6,5$). Waar dit water uittreedt kunnen kalkminnende soorten voorkomen als parnassia en moeraswespenorchis.

Via beken en riviertjes wordt het *zoete oppervlaktewater* afgevoerd richting de zee. In de bovenloopjes van de beken wijkt het beekwater nog maar weinig af van het grondwater waarmee de beek wordt gevoed. Richting de zee neemt de voedselrijkdom en het slibgehalte van het water toe. In regelmatig overstroomde benedenlopen van beken en in de

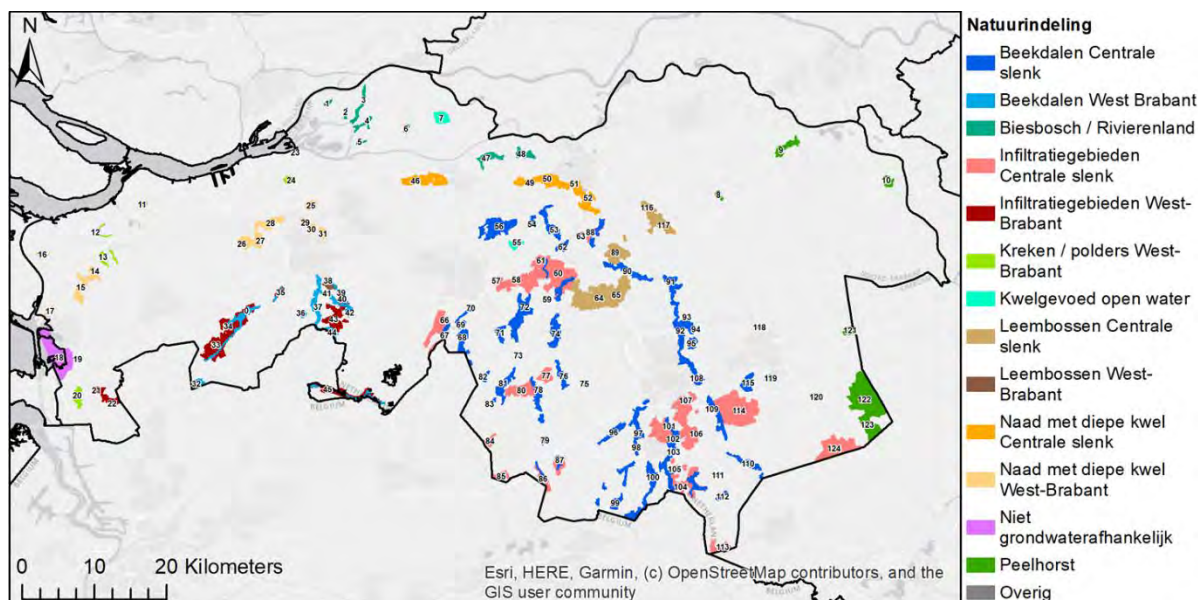
uiterwaarden van de rivieren ontstaan door de afzetting van voedselrijk slib productieve vegetaties met daarin dotterbloemen, riet en hoogopgaande zeggensoorten. Het water eindigt uiteindelijk weer in de zee, waar door permanente aanvoer van water en verdamping *zout oppervlaktewater* water is ontstaan. Dit watertype komt in Noord-Brabant alleen zeer lokaal voor ten westen van Bergen op Zoom en Halsteren en in het noordwestelijke poldergebied. Ook onder het zoete grondwater komt op grotere diepte dit watertype voor.

In Bijlage B zijn gehalten aangegeven zoals die voorkomen in natuurlijke, weinig door de mens beïnvloede situaties. In de praktijk is het water vaak in meerdere of mindere mate beïnvloed door de mens. Als gevolg van bemesting en bekalking is het *ondiepe grondwater in landbouwgebieden* vaak rijk aan calcium, zout, nitraat en sulfaat. Alleen het gehalte aan fosfaat is relatief laag omdat fosfaat sterk bindt aan de bodem. Door de verontreinigingen is het ondiepe grondwater minder geschikt als bron voor drinkwater. Vooral het vaak hoge nitraatgehalte zorgt voor problemen. Voor de winning van drinkwater wordt tegenwoordig dan ook voornamelijk gebruik gemaakt van *grondwater uit dieper gelegen bodemlagen*. Dit water is vaak duizenden jaren oud. Rond Bossche Broek zelfs meer dan 30.000 jaar oud. In door grondwater gevoede natuurgebieden is het aangevoerde kwelwater vaak ook minder oud. Daar is het risico op aanvoer van verontreinigd grondwater dan ook groter. Niet verontreinigd grondwater is meestal ouder dan 50-100 jaar, maar kan ook jonger zijn als dit water afkomstig is uit gebieden met een natuurlijke begroeiing.

In tegenstelling tot het grondwater is het water van sloten en beken vaak rijk aan fosfaat als gevolg van afspoeling en uitspoeling van meststoffen en door de lozing van fosfaatrijk effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

4.3 Waterafhankelijke Natuur

Waar welk type natuur voorkomt is sterk afhankelijk van de bodemopbouw en de landschappelijke ligging (figuur 4.2). Het grootste deel van onze provincie bestaat uit zandgronden met daarin dekzandruggen en beekdalen. Voor een aantal natte natuurtypen die het meest kenmerkend zijn voor de hogere zandgronden beschrijven we op welke manier ze afhankelijk zijn van water en hoe gevoelig ze zijn voor ingrepen in de waterhuishouding. Het gaat om natte heiden, vennen, beekdalen en beken, en vochtige leembossen. Daarnaast gaan we kort in op het type waterafhankelijke natuur dat voorkomt in de lager gelegen uiterwaarden en polders, en in de overgangszone tussen de hogere zandgronden en de lager gelegen (peilgestuurde) klei- en laagveengebieden in de uiterwaarden en polders.



Figuur 4.2: Indeling natte natuurplets naar landschappelijke ligging. Natte natuurplets bestaand uit zowel infiltratiegebied (hoogveen, heide) als uit beekdal zijn opgesplitst.

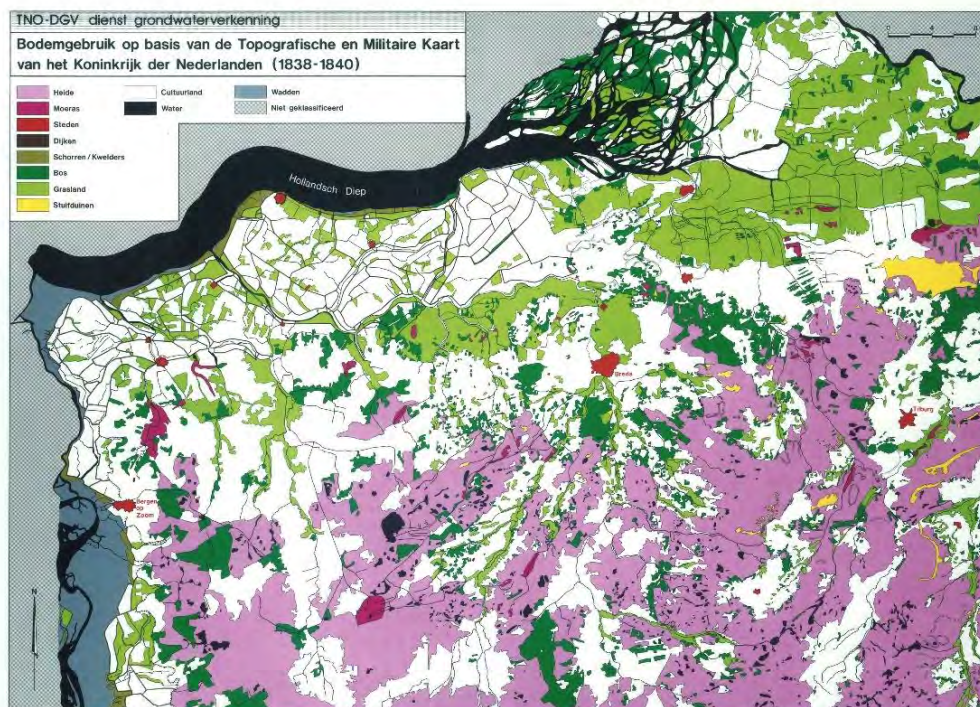
4.3.1 Vochtige en natte heide

Op grond van de bodemopbouw en historische kaarten kunnen we afleiden dat een groot deel van het dekzandgebied in het verleden nat was en bestond uit hoogveen en natte heide. Kenmerkend voor beide natuurstypen is dat ze volledig gevoed worden door regenwater en dat standplaatsen daarom voedselarm en zuur zijn. Belangrijkste verschil tussen natte heiden en hoogvenen is dat onder natuurlijke omstandigheden in natte heiden de grondwaterstanden in de zomer verder weg zakken. Kenmerkende soorten voor natte heiden zijn onder meer dopheide, kleine zonnedauw, bruine snavelbies en veenpluis. Tot ca. 1900 bestonden de Brabantse dekzandgebieden nog voor een groot deel uit natte en vochtige heiden die met schapen werden begraaasd (figuur 4.3). Na de uitvinding van de kunstmest werd het merendeel van die heidegebieden ontgonnen tot landbouwgrond nadat ze eerst waren ontwaterd door de aanleg van sloten en greppels. Ook werden op veel plekken dennenbossen aangeplant om te zorgen voor stuthout in de steenkoolmijnen. Door de ontwatering van de aangrenzende landbouwgronden en bossen verdroogden de resterende heidegebieden. Als gevolg daarvan veranderden veel natte heiden met dophei in soortenarme pijpenstrootjesruigtes.



Drosera is kenmerkend voor vochtige en natte heide.

Door het dichten van sloten en greppels in de heide en in aangrenzende bosgebieden is in veel heidegebieden geprobeerd de grondwaterstand de laatste decennia weer te laten stijgen. Door de hoge stikstofdepositie heeft dat echter slechts in beperkte mate geleid tot het herstel van soortenrijke natte heidevegetaties.



Figuur 3.3: West-Brabant (ca. 1840) met de ligging van de (natte) heide gronden, vennen en hooigraslanden (Stuurman e.a., 1990).

Zure standplaatsen weinig gastvrij milieu voor planten en dieren

Natte zure standplaatsen vormen een voor planten en dieren weinig gastvrij milieu. Een belangrijke reden is dat bij een lage zuurgraad ($\text{pH} < 4,5$) metalen als aluminium en ijzer in oplossing gaan. Met name aluminium is in opgeloste vorm zeer giftig. Veel 'zuurminnende' planten lossen dit probleem op door het aluminium te concentreren in delen van plant die na verloop van tijd afsterven en vervangen worden door nieuwe plantendelen. Deze en andere aanpassingen kosten echter veel energie. Er zijn daarom relatief weinig soorten die kunnen overleven in zure milieus. De soortenrijkdom in natte heide- en hoogveenbieden is van nature het hoogst op plekken waar door lokale kwel het grondwater licht is aangerijkt en de pH boven de 4,5 ligt. Daar komen gevoeliger soorten als klokjesgentiaan, gevlekte orchis, heidekartelblad en beenbreek optimaal voor. Helaas is in veel heidegebieden als gevolg van de hoge zuurdepositie in de afgelopen eeuw de bodem zo sterk uitgeloogd dat de pH van het ondiepe grondwater blijft steken op een pH van 3 à 4. Dat is onvoldoende om de standplaats te bufferen tot het niveau dat nodig is om het in oplossing gaan van aluminium te voorkomen.

4.3.2

Vennen

Veel vennen in Noord-Brabant zijn ontstaan door afgraving van met veen dichtgegroeide laagtes in heidegebieden voor de winning van turf. Daarvoor werden vaak sloten gegraven door de slecht doorlatende onderste veenlaag/veenbodem zodat het water kon wegzijgen naar de ondergrond en/of als oppervlaktewater worden afgevoerd. Door hun geïsoleerde ligging en hun voeding door regenwater en/of lokaal grondwater uit aangrenzende heide- en bosgebieden, zijn vennen relatief voedselarm. Voor de samenstelling van de vegetatie en

fauna is vooral de zuurgraad van belang. In heidegebieden komen van nature vooral *zure vennen* met een pH van minder dan 4,5 voor, die geheel worden gevoed door regenwater. In deze vennen komen zuurtolerante soorten als knolrus, veenpluis, snavelzegge, geoord- en waterveenmos voor. *Zeer zwak gebufferde vennen* kwamen in Brabant van nature vooral voor in stuifzandgebieden en dekzandgebieden waar contact met de mineraalarme stuifzandbodem en aanvoer van lokaal grondwater zorgden voor een heel lichte buffering van het water rond de pH 5. Kenmerkend voor deze zeer zwak gebufferde en zeer voedselarme vennen zijn op de bodem groeiende soorten als waterlobelia, oeverkruid en biesvaren. *Zwak gebufferde vennen* komen voor op plekken waar het venwater door aanvoer van grondwater wat sterker gebufferd is, met een pH van meer dan 5. Hier komen soorten voor als witte waterranonkel, moerashertshooi, ondergedoken moerasscherm en kruipende moerasweegbree. In zwak gebufferde vennen die periodiek gevoed worden door oppervlaktewater kan op de bodem ook het zeldzame gesteeld glaskroos voorkomen.



Klokjesgentiaan komt voor in natte heide en in natte heischrale graslanden

Door ontginning van heidegebieden zijn veel vennen verdwenen, en later weer veel van de resterende vennen verdroogd door de verbeterde ontwatering van omliggende landbouw- en bosgebieden, en/of door grondwaterwinning. De overgebleven vennen zijn sterk in kwaliteit achteruit gegaan als gevolg van luchtverontreiniging. Met name zeer zwak gebufferde vennen zijn erg gevoelig voor luchtverontreiniging. Door neerslag van zwaveldioxide en stikstof zijn ze verzuurd en zijn soorten als waterlobelia en biesvaren zeer zeldzaam geworden. Maar ook de andere typen vennen zijn gevoelig voor luchtverontreiniging. In zure vennen bijvoorbeeld leidt een te hoge stikstofdepositie tot een woekering van knolrus die andere planten verdringt.

Zure vennen kunnen worden hersteld door vermindering van drainage in de omgeving. Voor herstel van gebufferde vennen zijn meer maatregelen nodig. Door gedoseerde inlaat van gebufferd oppervlaktewater is het op een aantal plekken gelukt licht gebufferde vennen te behouden. Ook is het bij natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden op een aantal plekken gelukt om nieuwe zwak gebufferde vennen te laten ontstaan, profiterend van een minder sterk ontkalkte ondergrond en van door afgraving ontstane lokale kwelstromen.

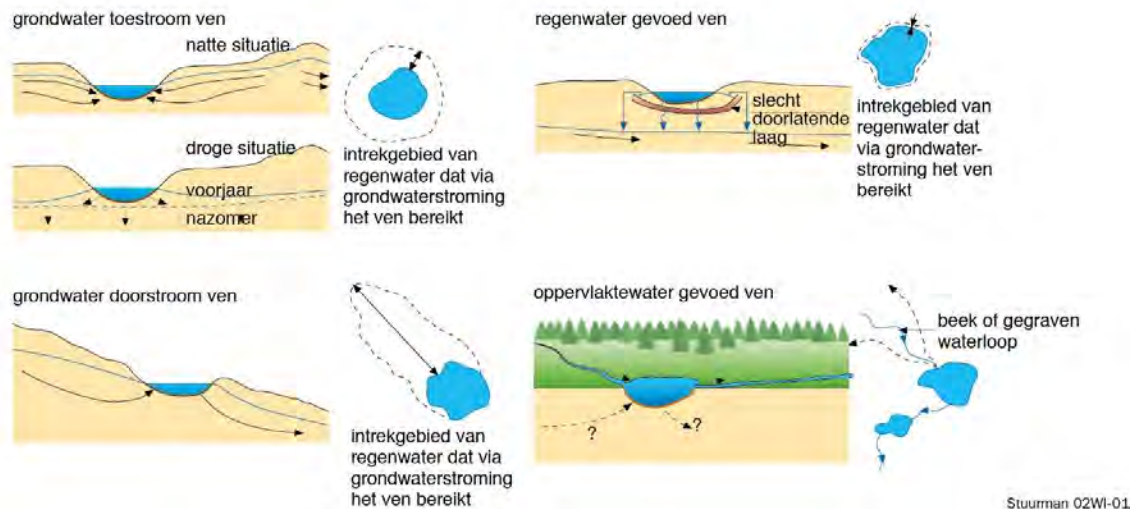
Zie voor beschrijving van de (ven) natuurtypen ook de websites:

<https://www.natuurkennis.nl/natuurtypen/n06-voedselarme-venen-en-vochtige-heiden/>,
www.natuurkwaliteit.nl.

en

http://sleutels.natuurkennis.nl/vennensleutel/?module=article&action=html_by_id&id=2

Herkomst water vennen



De zuurgraad van de vennen wordt van nature, in een situatie zonder luchtverontreiniging, vooral bepaald door het type water waarmee het ven wordt gevoed. *Zure vennen* ontstaan van nature vooral op plekken waar slecht doorlatende leem- en humuslagen er voor zorgen dat regenwater blijft staan. Deze vennen hebben geen direct contact met het grondwater. Waar het ven in direct contact staat met het grondwater kan in de winter toestroming van grondwater uit omringende heide- of stuifzandgebied plaatsvinden. Hierdoor ontstaan *zeer zwak gebufferde vennen*. Waar het ven ligt aan de voet van een helling, bijvoorbeeld op de overgang van de heide naar het beekdal, kan een meer permanente grondwatertoevoer plaats vinden. Dat resulteert in iets sterker gebufferde *zwak gebufferde vennen*. Aan de rand van beekdalen kunnen door periodieke instroom van beekwater ook wat voedselrijkere vormen van *zwak gebufferde vennen* ontstaan.

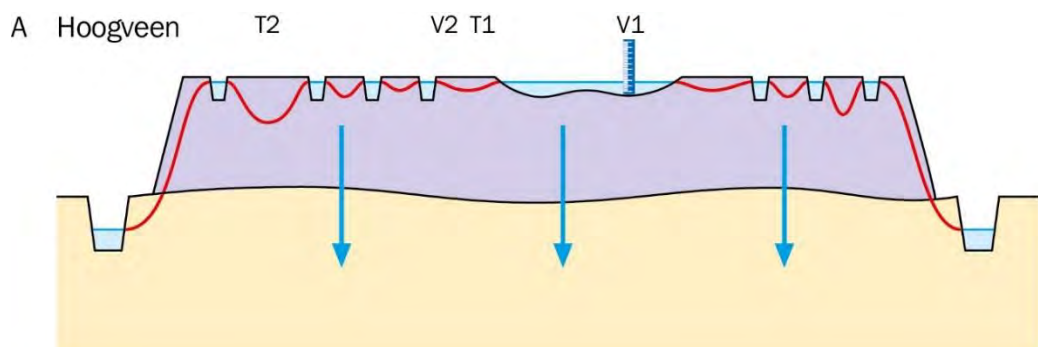
4.3.3 Hoogveen

Hoogvenen worden geheel gevoed door regenwater en vormen een zeer voedselarm zuur milieu waarin de vegetatie wordt gedomineerd door veenmossen. Tot in de middeleeuwen was een groot deel van West-Brabant, het Kempisch Plateau en de waterscheiding tussen het Limburgse deel van het Maas stroomgebied en Brabantse bekengebied bedekt met hoogveen. Door veenontginning is het hoogveen vrijwel geheel verdwenen en resteren nog slechts een paar verdroogde relictten. Deze worden aangeduid als 'herstellend hoogveen' omdat de ambitie is om hier weer echt levend hoogveen te ontwikkelen, waarin actieve veenvorming door groei van veenmossen plaats vindt.



Levend hoogveen met Hoogveenveenmos, Ronde zonnedaauw en Veenbes

Een voorwaarde voor actieve veenvorming is een zeer gelijkmatig grondwaterregime, waarbij de grondwaterstand gedurende het hele jaar tot aan of iets boven het maaiveld staat. In levend hoogveen gebeurt dit vanzelf doordat het veen een groot waterbergend vermogen heeft en als een spons kan werken. Maar in de te herstellen hoogveengebieden is het veen door verdroging zo sterk veraard dat deze sponswerking ontbreekt (figuur 4.4). Daarom wordt in veel hoogveengebieden getracht nieuwe veenvorming op gang te brengen vanuit open water. Dat is slechts deels succesvol, mede omdat door stikstofdepositie het water te zuur en te arm aan koolstof is om voldoende plantengroei mogelijk te maken.



Figuur 4.4: De hoogveenrestanten kennen vooral verdroging door verhoogde wegzijging. De randen van het hoogveengebied zijn het meest gevoelig. Deze wegzijging wordt veroorzaakt door de verlaagde waterdruk onder het veen, die het gevolg is van grondwateronttrekking en ontwatering in de omgeving.

4.3.4 Beken en beekdalen

De meeste Brabantse beekdalen zijn al in het Pleistoceen (meer dan 15.000 jaar geleden) tijdens koude perioden gevormd. Deze periode kenmerkte zich door erosie en afvoer van sedimenten. De diepteligging van deze erosiedalen is onzichtbaar omdat ze later (vanaf ca. 10.000 jaar geleden) weer grotendeels zijn opgevuld met sedimenten en veen. Lang waren grote delen van deze beekdalen begroeid met broekbos. Door de lage ligging ten opzichte van de omgeving treedt in beekdalen veel aanvoer van grondwater op (kwel). Omdat bij de vroegere erosie ook weerstand biedende lagen zijn doorsneden is het grondwater vaak afkomstig uit tientallen tot honderden meters diepe watervoerende lagen. Deze kwel heeft een neutrale zuurgraad (pH), is meestal rijk aan ijzer en calcium en in het algemeen duizenden jaren oud en daardoor niet door de mens vervuild.

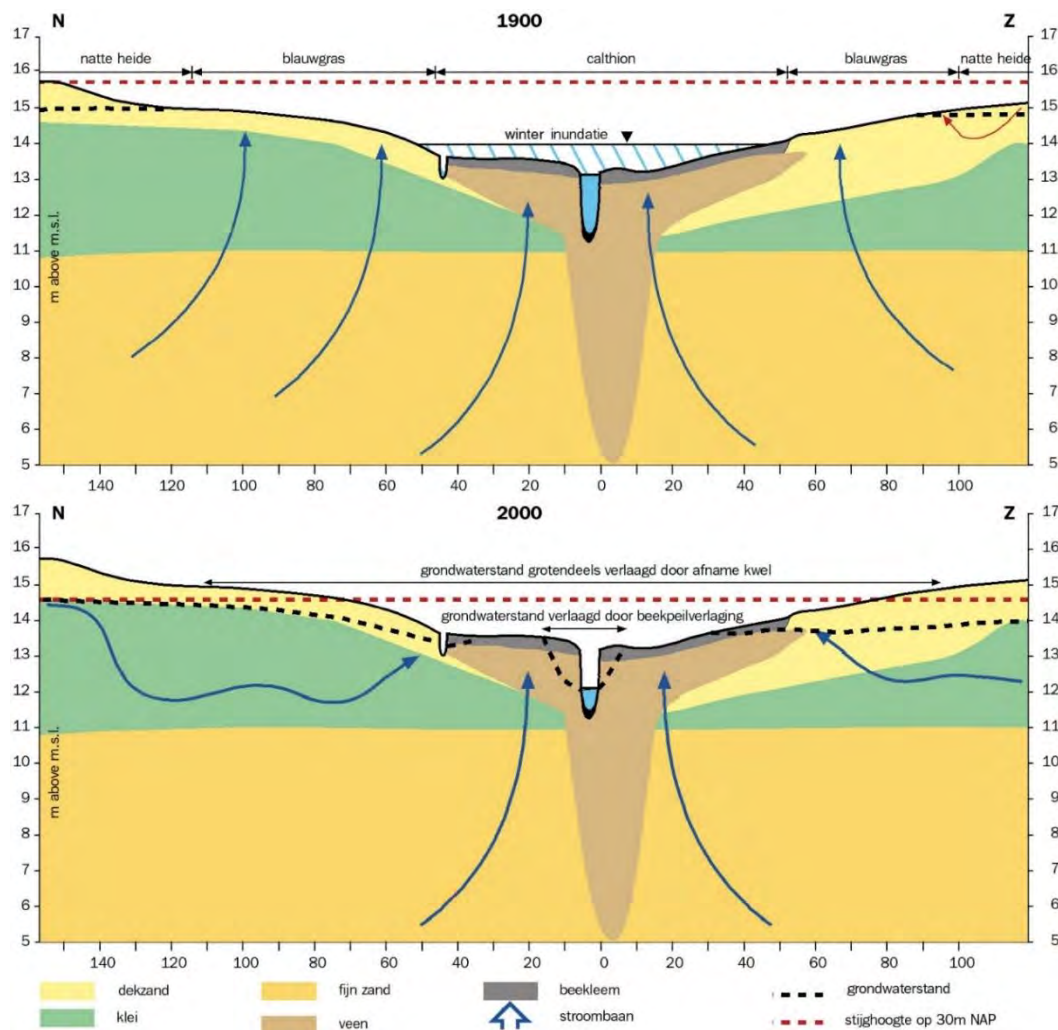
Honderden jaren (800-1000 jaar) geleden startte de ontginning en (intensiever) gebruik van de beken en beekdalen. Veel beekdalen werden ontbost en omgevormd naar hooigraslanden (beemden). In de Noord-Brabantse beken werden sinds AD 800 meer dan 50 watermolens aangelegd die vaak het water bovenstrooms opstuwden en benedenstrooms de beekpeilen, tijdens droge perioden, verlaagden.

Voor de grote ontginningen (en "verbetering" van de waterhuishouding in landbouwgebieden), tijdens de eerste helft van de Twintigste eeuw, was het beekprofiel in het algemeen smaller en ondieper, en werd gekarakteriseerd door meanders met steile oevers, flauwe oevers en stroomgaten. Het beekpeil lag meestal vlak onder het aangrenzende maaiveld. In de winter en de lente zorgde deze situatie voor langdurige beekdaloverstromingen waarbij soms ook fijne sedimenten (leem, klei) werden afgezet. Deze overstromingen veroorzaakten ook hoge grondwaterstanden en kwelinvloed in de aangrenzende zandige beekdalgronden. In deze periode werd de wortelzone grotendeels beïnvloed door gebufferde (kalkrijke) kwel. Zuur regenwater kon nauwelijks infiltreren en werd grotendeels oppervlakkig afgevoerd. Afhankelijk van de afstand tot de beek en de mate van overstroming en grondwateraanvoer kunnen binnen een beekdal gradiëntrijke situaties ontstaan, met productieve dotterbloemhooilanden en grote-zeggen vegetaties dicht langs de beek en laagproductieve blauwgraslanden en heischrale graslanden verder van de beek. Halverwege vorige eeuw werden veel beken recht getrokken, verdiept en verbreed. Het peilregime veranderde sterk, met gemiddeld lagere peilen. Hierdoor kreeg de beek een (grondwater) drainerende en grondwaterstand verlagende invloed op de aangrenzende hooilanden en broekbossen. Dit proces werd ook versterkt omdat de waterdruk in het watervoerend pakket onder de beekdalen werd verlaagd door een combinatie van grondwaterwinning en de drainage in het landbouwgebied tussen beekloop en waterscheiding. Hierdoor kon in het beekdal meer regenwater infiltreren (verzuurde de wortelzone), kon veen mineraliseren waarbij het ondiepe grondwater werd verrijkt met voedingsstoffen en ook de bodem daalde en verminderde de kwelinvloed in het beekdal. Veel van de blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden veranderden daardoor in pijpenstrootjesvegetaties en witbolgraslanden.



Dotterbloemen en ijzerrijke kwel in het beekdal van het Merkske

Herstel richting een gezond beekdal is derhalve niet eenvoudig en vraagt om een combinatie van verschillende ingrepen (figuur 5.5). Bij de eerste pogingen om verdroogde beekdalgraslanden te herstellen (in de jaren 60 van de vorige eeuw) werd vaak de fout gemaakt alleen het waterpeil in de reservaten op te zetten. Dat leidde er in de meeste gevallen toe dat het regenwater werd vastgehouden en de bodem, moerassen en graslanden verzuurden. Belangrijk is daarom ook de waterdruk in de ondergrond te verhogen zodat basenrijk kwelwater weer tot in de wortelzone kan komen en het zure regenwater kan verdringen. Opzetten van de beekpeilen (waarbij de beken wel blijven stromen) is vaak een eerste vereiste om de waterdruk onder het beekdal te verhogen. Bufferzones langs het beekdal kunnen op meerdere manieren bijdragen aan hydrologisch herstel: (a) door verbetering van de waterkwaliteit van toestromend ondiep grondwater, (b) door verhoging van de freatische grondwaterstand (en stijghoogte) door daar de ontwatering te verminderen, en (c) door de beregening in de wijde omgeving te neutraliseren (alleen uitvoeren in een smalle bufferzone levert niet veel op omdat deze in het niet valt bij de totale onttrekking in de omgeving), omdat hierdoor juist tijdens de droogste perioden de kwel (en basisafvoer) in het beekdal wordt verminderd.



Figuur 3.5: Verandering van de (grond) watersituatie in het beekdal t.g.v. verandering beekprofiel en beekpeil, wegvallen van (winter-)inundatie en vermindering kwel (t.g.v. grondwateronttrekking en ontwatering omringende zandgronden) waarbij veel kwel zicht heeft geconcentreerd in het beekprofiel, waar dit schone water zich vermengt met verontreinigd beekwater..

4.3.5 Vochtige leembossen

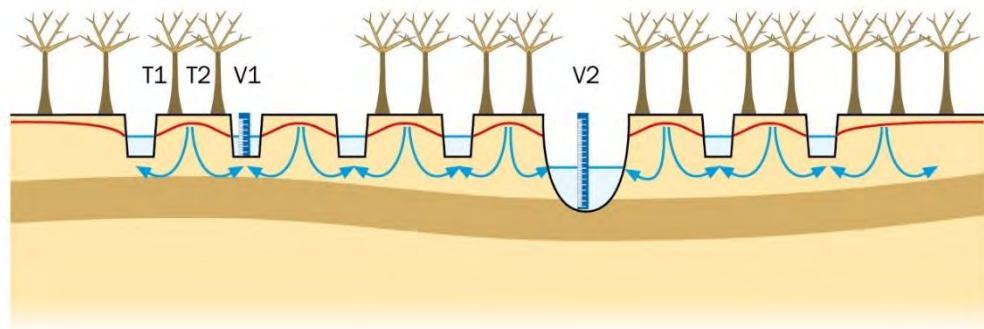
De Midden-Brabantse leembossen als de Mortelen, Veldersbosch en de West-Brabantse Ulvenhoutse bossen liggen morfologisch in relatief laag (en vlak) gelegen gebieden aan de voet van hoger gelegen dekzandruggen. Door deze positie werden deze gebieden van oudsher gekarakteriseerd door hoge grondwaterstanden (en moerassen), kalkrijke kwel en talrijke kleine waterlopen. Onder deze omstandigheden werden leem- en kleilagen afgezet die vaak worden gekarakteriseerd door de aanwezigheid van talrijke biologisch kalkrestanten, zoals zoetwaterslakjes maar ook kalkgyta (organische moeraskalk). Deze zijn geconserveerd door de aanvoer van kalkrijke kwel. Door de relatief hoge grondwaterstanden, leem-klei bodem met gunstige capillaire omstandigheden en kwel is de vochtvoorziening, ook tijdens droge perioden meestal goed. Als gevolg van de deze gunstige omstandigheden hebben zich op veel plekken soortenrijke bossen ontwikkeld, met in de ondergroei soorten als Bosanemoon en Slanke sleutelbloem.



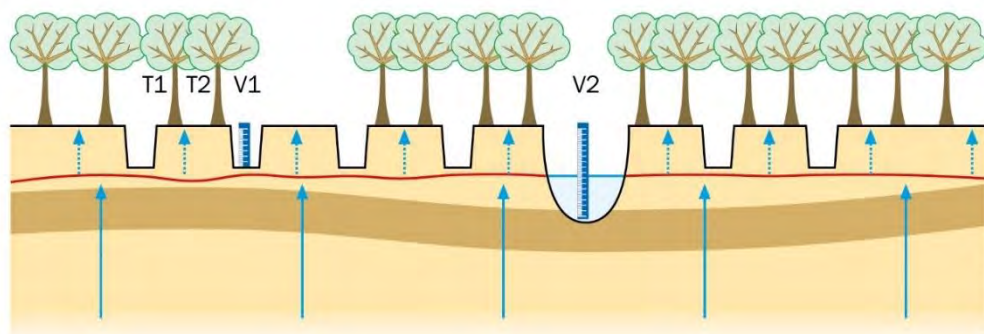
Slanke sleutelbloem staat in vochtige eiken-haagbeukbossen en broekbossen bij voorkeur op plekken die wel onder invloed staan van basenrijk grondwater, maar 's winters niet of hooguit kortstondig onder water staan. Voorwaarde daarvoor is dat overtollig regenwater via laagten en ondiepe greppels oppervlakkig wordt afgevoerd.

Echter, ook hier zijn de kalkrijke standplaatsen vaak afgenomen door de aanleg van diepe ontwateringssloten (vaak door bovenste leemlagen gegraven) die de basenrijke kwel afvangen (figuur 4.6). Vaak komen kalkrijke soorten dan alleen nog voor in slootoevers (bijvoorbeeld Slanke Sleutelbloem in Veldersbosch). De grondwatersituatie kan worden geoptimaliseerd door verbetering van het drainagesysteem ter plaatse, waarbij vaak ook extra aandacht nodig is voor grote afwateringssloten die deze gebieden doorkruizen. Natuurlijk zijn ook deze gebieden gebaat bij een toename van kwel.

I Dekzandafspoelingsvlakte met bos winter



zomer



Stuurman 02WI-01

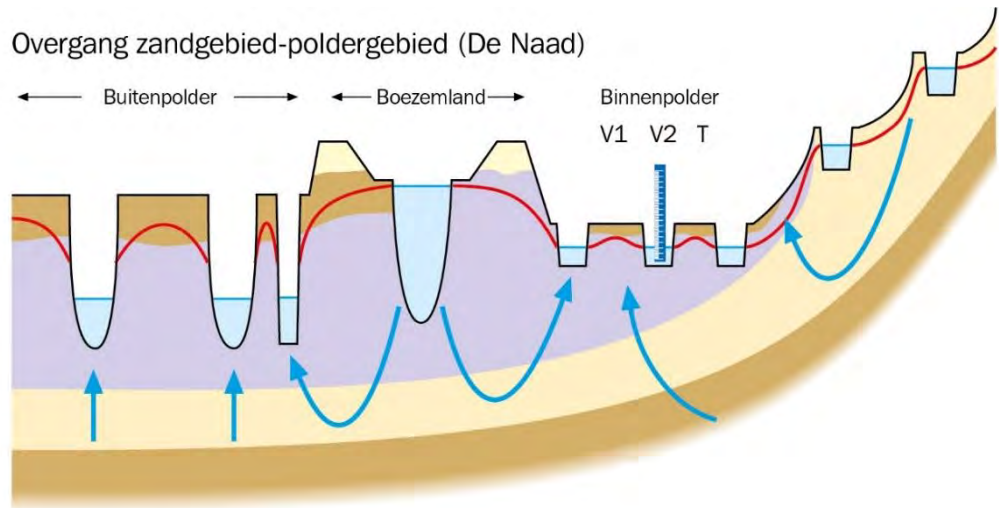
Figuur 4.6: De leembossen op de dekzandafspoelingsvlakten worden gekarakteriseerd door de aanwezigheid van kalkrijke kwel. Er bevindt zich vaak een dicht ontwateringsstelsel door rabatten (greppels). In de winter wordt regenwater grotendeels afgevoerd, in de zomer heersen gunstige vochtcondities door capillaire werking (kalkrijke kwel). Deze kwel is vaak onzichtbaar omdat deze grotendeels door de bomen wordt verdampt.

4.3.6 De overgangszone tussen zand- en poldergebied

Aan de oost- en noordzijde gaat het Brabantse dekzandgebied vrij abrupt over in het rivier- en zeekleigebied. Door het hoogteverschil treedt in het overgangsgebied veel kalkrijke kwel op. Onder invloed daarvan zijn in het verleden aan de rand van het dekzandgebied soortenrijke trilvenen en natte schraallanden ontstaan. (o.a. in Het Calfven, Haagsche beemden, Den Dulver, Den Dullaard, Labbegat, Moerputten en Bossche Broek).

In de overgangszone treedt nog altijd kalkrijke kwel op (figuur 4.7). Het meeste kwelwater eindigt echter niet meer in de natuurreservaten, maar verdwijnt in de sloten en/of kanalen die zijn aangelegd om dit vanouds zeer natte gebied te ontwateren. Daarom is er maar weinig overgebleven van de hier in het verleden voorkomende kwelafhankelijke vegetaties. Natuurherstel vraagt om een sterke vernatting van de omliggende gebieden. Een alternatief, waarmee in het Labbegat bij Waalwijk in eerste instantie goede ervaring is opgedaan, is het verlagen van het maaiveld. Hierdoor kon de infiltratie van regenwater weer omslaan naar kwel over maaiveld van regionaal grondwater. Nu 25 jaar later is toch weer verzuring door afname van de kwel opgetreden. Deze kwel wordt momenteel herstelt door vernatting van de omgeving.

D Overgang zandgebied-poldergebied (De Naad)

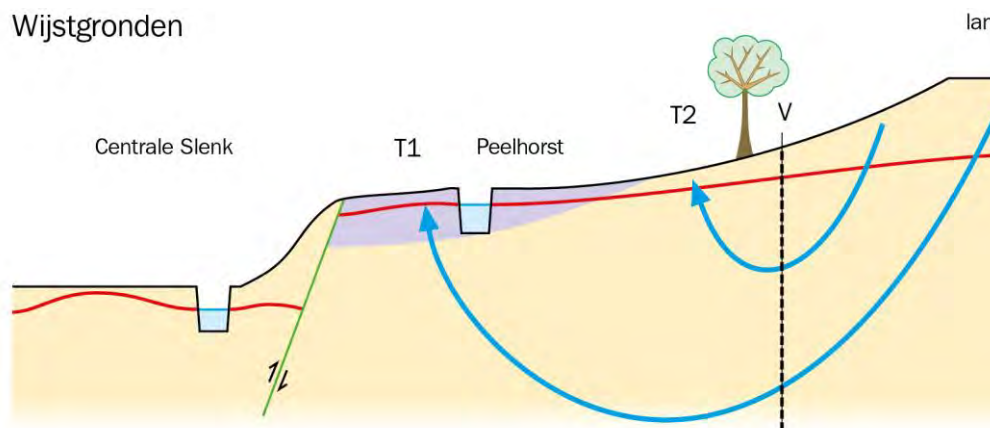


Figuur 4.7: In West-Brabant worden dit kwelgebied aan de voet van de zandgronden gekarakteriseerd door regionale, kalkrijke kwel. Deze zone bestaat meestal uit veen met soms een dunne kleibedekking. Meer naar het noorden ligt het land hoger door de afzetting van zeeklei.

Wijstgronden

Een bijzondere vorm van natte natuur vormen de Wijstgronden langs de Peelrandbreuk. Bijzonder is dat de gronden aan de hoge (oostelijke) kant heel nat zijn en de aangrenzende, vele meters lager gelegen, grond in de Slenk droog is. Deze situatie is ontstaan omdat de Peelrandbreuk een verticale weerstand biedt voor het vanaf de Peelhorst afstromende grondwater. Doordat hier duizenden jaren ijzerrijk grondwater opstijgt zijn vaak dikke banken ijzeroer afgezet. Grondwater stroomopwaarts zijn vaak veengronden ontwikkeld. Omdat het grondwater op de, intensief agrarisch gebruikte, Peelhorst nauwelijks wordt beschermd door ondiepe kleilagen zijn de Wijstgronden kwetsbaar voor door grondwatervervuiling. Deze kwetsbaarheid is het grootst aan de oostzijde van deze gronden omdat daar meer ondiep grondwater van lokale herkomst arriveert.

F Wijstgronden



De grondwaterstroming op de wijstgronden is afhankelijk van de oostelijke toestrooming van antropogeen beïnvloed tot vervuild (nitraat) grondwater door een relatief dun freatisch pakket. De grondwatersituatie in de aangrenzende Centrale Slenk heeft hier geen of nauwelijks invloed op. Het oostelijk deel van de wijstgronden is het kwetsbaarst, zowel kwantitatief als kwalitatief.

Vloeiweiden en kanalen

Vloeiweiden komen (kwamen) van oudsher in heel Brabant voor, waarbij die in het grensgebied met België het bekendst zijn. Door aanvoer van oppervlaktewater vanuit de kanalen werd geprobeerd de arme (droge) zandgronden te verbeteren. Omdat de bron van dit kanaalwater hoofdzakelijk bestond uit kalkrijk Maaswater, ontstonden bijzondere basische standplaatsomstandigheden in deze vloeiweiden. Ook (kalkrijk) beekwater werd ingezet voor bevoeiing.

4.4 Samenvattend

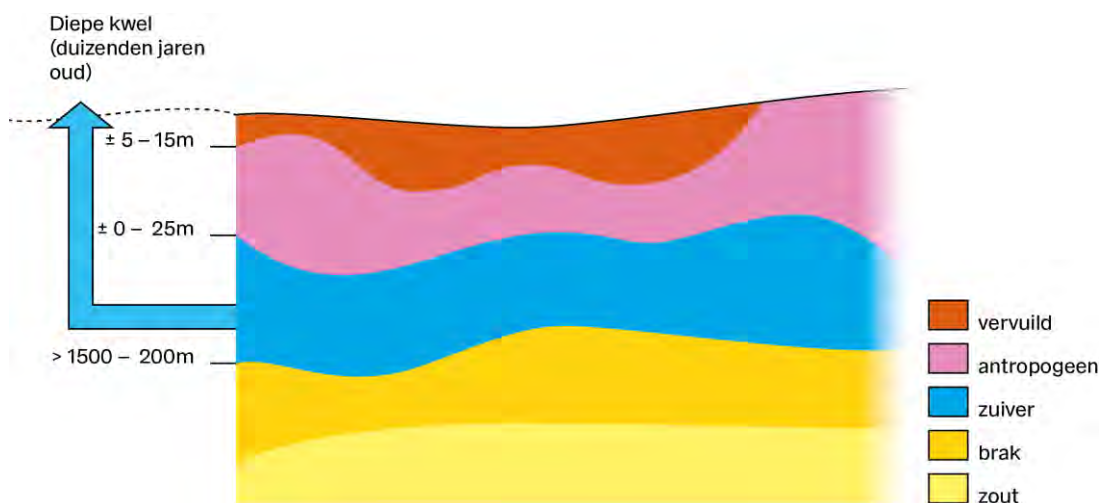
Uit bovenstaande beschrijvingen volgt dat het herstel van de verdroogde natuur naast grote ingrepen zoals vermindering van grondwaterwinning, ook om lokaal maatwerk vraagt, zoals verhogen van beekpeilen en verminderen van ontwatering. De beschrijvingen tonen ook dat de natuur meer nodig heeft dan alleen het herstel van het (grond-)watersysteem in het natuurgebied. Zo dient, naast het peilregiem, ook de waterkwaliteit van beken sterk te worden verbeterd. Herstel van natte heide en hoogveen vereist naast hoge grondwaterstanden ook een sterke afname in stikstof depositie.

Grondwaterverontreiniging: een tikkende tijdbom?

In heel Noord-Brabant is het grondwater sterk verontreinigd met nitraat als gevolg van intensieve bemesting. De vraag is wat er gebeurt als dit water de door grondwater gevoede natuurgebieden bereikt. Omdat grondwater zeer langzaam stroomt (gemiddelde enkele meters per jaar) duurt het lang voordat het grondwater de natuurgebieden bereikt. Maar omgekeerd duurt het ook lang voordat een vermindering van bemesting leidt tot een verbeterde grondwaterkwaliteit in een natuurgebied.

Tot nu toe heeft het nitraat de natuurgebieden nog niet of nauwelijks bereikt. Dat komt doordat nitraat door bacteriën in de natte zuurstofloze bodems wordt gebruikt als vervanger van zuurstof om organisch materiaal af te breken. Daarbij wordt de nitraat omgezet in het voor planten niet opneembaar stikstofgas. Wel zien we nu in een aantal door grondwater gevoede natuurgebieden een sterke toename aan sulfaat die wordt veroorzaakt door nitraatverontreiniging. In de ondergrond komen vaak lagen voor waarin zwavel voorkomt in de vorm van onoplosbaar pyriet. Onder invloed van nitraat wordt dit zwavel geoxideerd tot sulfaat dat wél oplosbaar is. Het nitraat wordt daarbij omgezet in stikstofgas, en het sulfaat wordt met het grondwater meegevoerd. Sulfaat is potentieel ook een schadelijke stof voor de natuur omdat het kan leiden tot afbraak van organisch materiaal en in het slechtste geval tot de vorming van giftig waterstofsulfide (de stof die de kenmerkende 'rotte-eieren' lucht veroorzaakt). Omdat de hoeveelheid organisch materiaal en zwavel in de bodem niet oneindig is zal op termijn ook nitraat de natuurgebieden bereiken en daar leiden tot vermisting van de standplaatsen.

Ook de vorming van ijzersulfiden door de aanvoer van verontreinigd, sulfaatrijk ondiep grondwater kan tot eutrofiering leiden. Hierdoor blijft namelijk minder plaats over voor de vastlegging van fosfaat.



Een ander belangrijk knelpunt bij natte natuur, en dan in bijzonder van kwelafhankelijke natuur, is de “vergrijzing” van het grondwater. Veel kwel-natuur is afhankelijk van opstijgend, niet door de mens beïnvloed dieper grondwater. Deze voorraad schoon water neemt af omdat deze vanaf boven geleidelijk wordt vervangen door beïnvloed water. Ook verzilting vanaf de onderzijde kan plaatsvinden. Bovenstaande figuur toont deze zonering: heel ondiep water is vaak vervuild (boven KRW normen), daaronder bevindt zich door mens beïnvloed water, maar heeft het nog niet vervuilingnormen overschreden. Dit watertype dreigt geleidelijk het “zuivere” water te vervangen waar kwelafhankelijke natuur (maar ook de drinkwatervoorziening) afhankelijk van is.

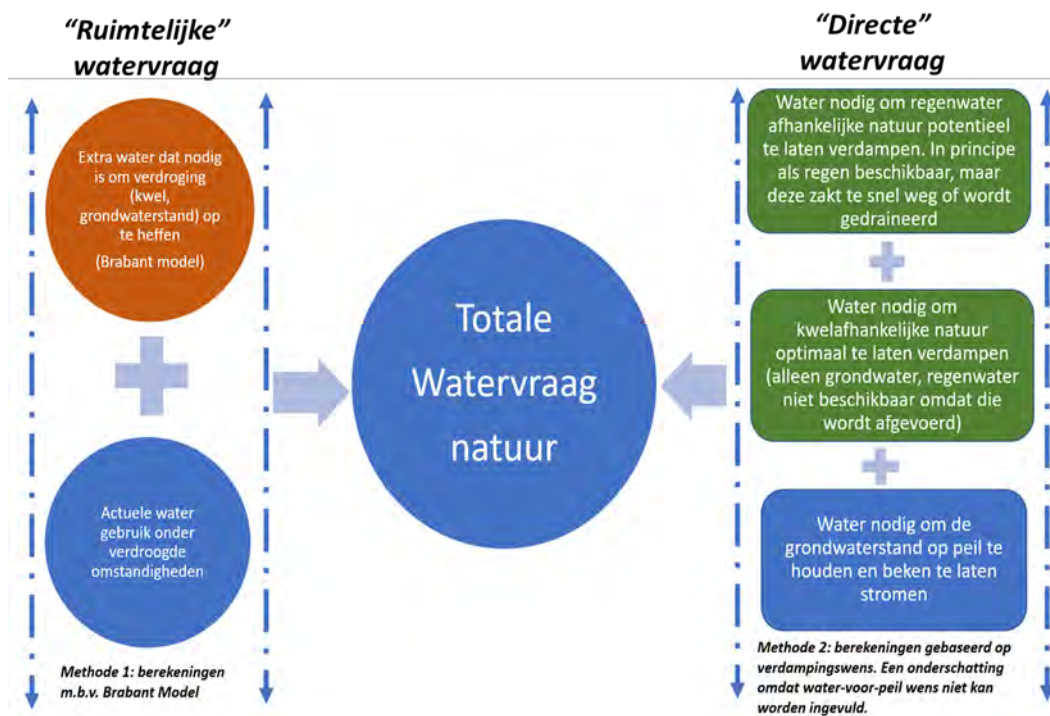
5 Hoe kunnen het watergebruik en de directe en ruimtelijke watervraag van natuur worden bepaald?

5.1 Methodes voor bepaling van watergebruik en watervraag

De “totale watervraag” van de natuur kan op twee manieren worden bepaald (figuur 5.1):

1. Methode 1: Bepaling van de (ruimtelijke) grondwaterwatervraag Natuur (bruin in figuur 5.1), om de verdroogde natuur te herstellen. Deze hoeveelheid is gelijk aan de som van (a) de hoeveelheid water die moet worden vastgehouden, en (b) minder moet worden opgepompt, om de freatische grondwaterstand en stijghoogte structureel te verhogen waardoor de natte natuur optimaal kan functioneren.
2. Methode 2: De bepaling van het gewenste “grondwatergebruik” van de natuur, de totale fysieke hoeveelheid grondwater (kwel afkomstig uit (on-)diepe watervoerende pakketten) die door plantengroei wordt gebruikt voor verdamping (“directe watervraag”). De berekening is eenvoudig, en geeft een indicatie hoeveel de natuur aan grondwater gebruikt in vergelijking met andere sectoren (landbouw, watervoorziening).

De “grondwaterwatervraag” is veel groter dan het “grondwatergebruik” van de natuur.



Figuur 5.1: Schematische bepaling van de watervraag natuur. Rechts de watervraag om optimaal te kunnen verdampen die samen de totale watervraag bepalen. Links de beleidsmatige watervraag, de hoeveelheid water die nodig is om de natuur te herstellen.

ad 1) De *benodigde hoeveelheid grondwater* die nodig is om het watertekort van de natuur te herstellen, kan worden berekend door:

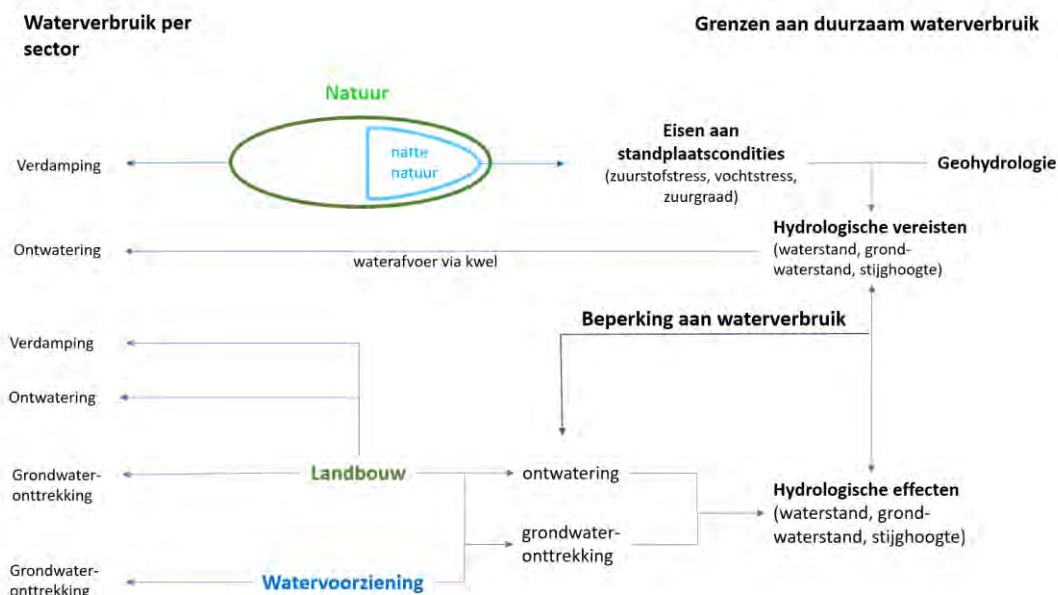
- te bepalen aan welke hydrologische condities moet worden voldaan om gewenste natte natuur in stand te houden en te ontwikkelen.
- via hydrologische modelstudie (scenario-analyse) verkennend te berekenen tot welke vermindering dit leidt in de voor landbouw en watervoorziening beschikbare hoeveelheid grondwater en/of hoeveel water moet worden vastgehouden (minder afgevoerd).

ad 2) Het *verdampingsverbruik* kan worden bepaald door:

- a) te kijken naar verdamping door bossen, heiden, moerassen en grasland in natuurgebieden. Hierbij kan de totale verdampingvraag voor zowel droge als natte natuur worden geschat. De niet-grondwaterafhankelijke natuurgebieden ("droge natuur") die alleen afhankelijk zijn van regenwaterlevering zijn echter minder relevant voor deze studie en beschouwen wij, net als de verdampingsvraag van de landbouw, niet. Wij concentreren deze eenvoudige berekening op het maken van een schatting van de verdampingsvraag in kwelgebieden. Het maken van een schatting voor het verdampingstekort in natte regenwaterafhankelijke gebieden waar het ondiepe grondwater versneld wegzakt of wordt gedraineerd is minder eenvoudig. Dit zou wel mogelijk zijn als de actuele grondwaterstanden bekend zijn.
- b) door te berekenen hoeveel (kwel)water afgevoerd zou moeten worden om door grondwater gebufferde condities in stand te houden (zie methode Provincie Noord-Brabant die verderop in kader is beschreven).

In deze studie zullen beide berekeningsmethoden worden toegepast en de resultaten worden vergeleken. In de volgende paragrafen wordt te volgen aanpak in beide methoden beschreven.

In figuur 5.2 is het verschil tussen beide berekeningsmethoden schematisch weergegeven. Aan de linkerzijde is weergegeven hoe de fysieke watervraag kan worden berekend door per sector te bepalen welke hoeveelheid water aan het watersysteem wordt onttrokken door verdamping, ontwatering en grondwaterwinning (aanpak 1). Aan de rechterzijde is aangegeven hoe kan worden bepaald welke grenzen de behoefte van de grondwaterafhankelijke natuur stelt aan de hoeveelheid voor landbouw en drinkwatervoorziening beschikbare water (aanpak 2). In deze benadering wordt nagegaan in welke mate wordt voldaan aan de hydrologische vereisten van de natuur bij verschillende scenario's. Op basis daarvan wordt bepaald wat de maximale hoeveelheid voor landbouw en drinkwatervoorziening beschikbare hoeveelheid grondwater is, en in hoeverre deze afwijkt van de huidige en toekomstige behoefte vanuit beide sectoren.

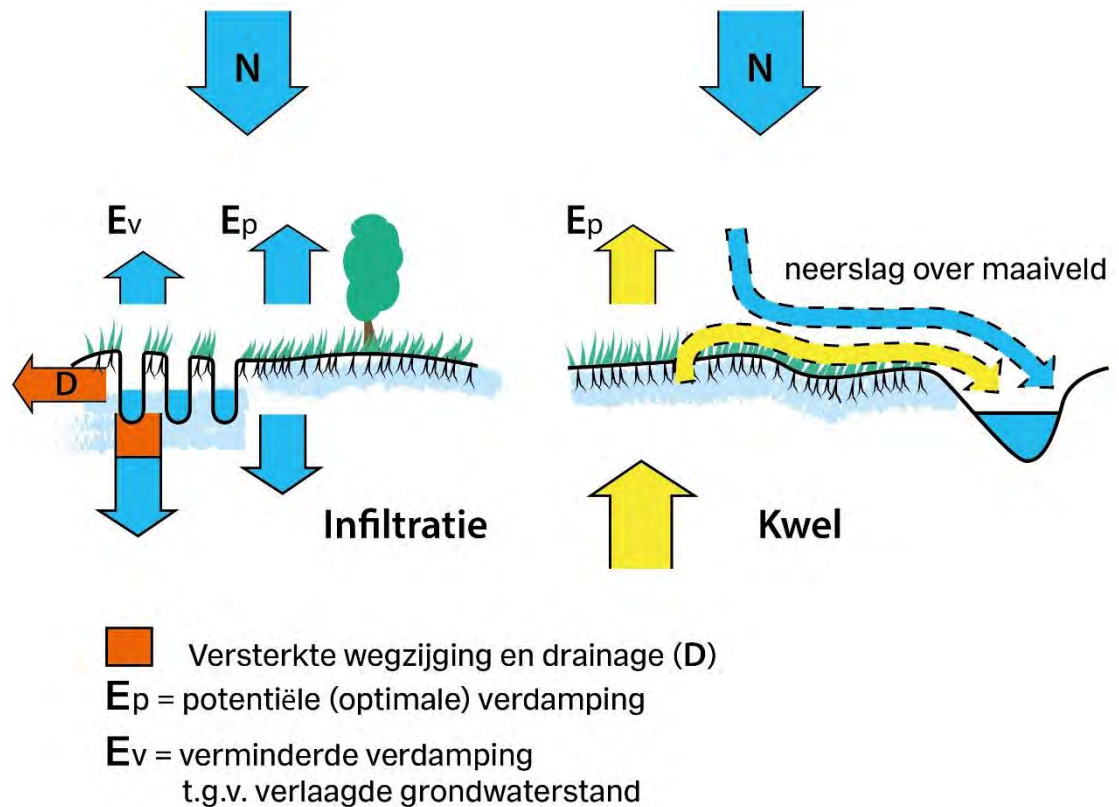


Figuur 5.2: Bepaling waterverbruik per sector (links, aanpak 1) en bepaling in welke mate hydrologische vereisten vanuit de natuur beperkingen opleggen aan watergebruik door andere sectoren (rechts, aanpak 2). In deze studie zullen beide benaderingen worden gevolgd om de watervraag van de natuur te bepalen.

Daarbij beperken we ons niet tot de grondwateronttrekking, maar kijken we ook naar de ont- en afwatering. Bij de drinkwatervoorziening is de hoeveelheid grondwater die wordt gewonnen (en de plek waar deze wordt gewonnen) bepalend voor mogelijke nadelige effecten op de natuur. Bij de landbouw zijn er ook (of juist) tegengestelde belangen ten aanzien van de ontwatering. In landbouwgebieden wordt ter voorkoming van natschade gestreefd naar een goede ontwatering, terwijl in natuurgebieden vaak juist wordt gestreefd naar natte condities. Het is daarom bij de bepaling van de watervraag belangrijk niet alleen te kijken naar de hoeveelheid grondwater die wordt gebruikt, maar ook naar de hoeveelheid water die als oppervlaktewater wordt afgevoerd: In hoeverre wordt realisatie van natte natuur beperkt door waterafvoer in landbouwgebieden, en omgekeerd, in hoeverre wordt ontwatering in landbouwgebieden beperkt wanneer optimaal wordt voldaan aan de waterwensen ten aanzien van de natuur? Een afweging tussen vermindering grondwateronttrekking en/of verminderde drainage voeren wij niet uit in deze studie.

5.2 Bepaling optimaal grondwatergebruik en directe watervraag natuur (verdampingsvraag en kwelvraag)

Vergelijkbaar met hoe meestal de verdampingsvraag voor landbouwgewassen wordt geschat (vaak om de beregeningsvraag te schatten) kan deze berekening ook voor de verdampingsvraag van natte natuur worden gebruikt ("droge" natuur wordt buiten beschouwing gehouden). Natuurlijk is dit een heel grove benadering, maar deze kan onze complexe modelbenadering (mede) helpen valideren. In onderstaande figuur 5.3 is deze werkwijze geschematiseerd.



Figuur 5.3: **Schematisatie** van de waterbalans, en waterstroming, in een regenwaterafhankelijk gebied (links, natte heide, hoogveen) en kwelgebied (rechts). In het regenwaterafhankelijke gebied bestaat de watervraag natuur uit **vermindering van het waterverlies** door versterkte wegzijging en ontwatering/afwatering (hier geschematiseerd in rood). Links (infiltratie) toont de verstoorde situatie met watertekort waardoor verdamping en freatische grondwaterstand niet optimaal zijn. Rechts (infiltratie) de gezonde situatie met opheffen waterverlies. In een ideale kwelsituatie moet regenwater over het oppervlak worden afgevoerd (grondwaterstand in winter aan maaiveld), de grondwaterstand daarna niet te veel uitzakken en zal de vegetatie in groeiseizoen hoofdzakelijk kwelwater verdampen.

Hieronder is een quick-scan berekening uitgevoerd op basis van de aanname dat natte natuur 500 mm/jaar van de 800 mm/jaar neerslag verdampt (Spieksma e.a., 1997, Voortman, 2018). Hierbij moet ook in beschouwing worden genomen dat bij herstel van de grondwaterstand in natuurgebieden ook de potentiële verdamping toe kan nemen (geschat 50-100 mm, bron: NOV studies). De oppervlakten van natte natuurgebieden in de provincie staan in tabel 5.1. De oppervlaktes zijn bepaald uit de provinciale natuurdoeltypenkaart waarbij we zelf een oordeel hebben gegeven welk natuurdoeltype grondwater en/of kwelafhankelijk is. Het totale oppervlak grondwaterafhankelijke natuur is 36.871 ha., waarvan 18.543 ha. kwelafhankelijk is. Met deze simpele methode is de totale verdampingsvraag voor natte natuur gelijk aan (zie figuur 5.3):

(a) oppervlak natte natuur (m^2) x optimale verdamping (mm/jaar) →
 $36871 \times 100 \times 100 \times 0,5 \text{ m} = \text{ca. } 184 \text{ miljoen } m^3/\text{jaar}.$

Hierbij kan ook de kwelvraag (hier betreft het dus wel een grondwatervraag) afzonderlijk worden geschat (zie b) door ervan uit te gaan dat de neerslag in de winter wordt afgevoerd en de verdamping alleen uit kwelwater kan plaatsvinden:

Deze aanname kan later eventueel verfijnd worden naar type natte natuur. Mogelijk kan bij deze aanpak ook gebruik worden gemaakt van toekomstige satelliet informatie waarmee indirect verdamping gebiedsdekkend kan worden geschat.

(b) oppervlak kwelafhankelijke natuur (m^2) x optimale verdamping (mm/jaar).

$$18.543 \times 100 \times 100 \times 0,5 \text{ m} = \text{ca. } 92 \text{ miljoen } \text{m}^3/\text{jaar}.$$

In principe wordt aan de verdampingsvraag bij regenwaterafhankelijke natte natuur aan de potentiële watervraag (toevallig ook ca. 92 miljoen m^3/jaar) voldaan (regen, niet rekening houdende met klimatologische verschuivingen), als dit niet versneld via ongewenste drainage wordt afgevoerd, of door verlaagde stijghoogten wegzakt. Het grondwatergebruik (uit ondiepe watervoerende pakketten) is dan nihil (hoogveen) tot heel gering (aanvoer ondiep grondwater aan de randen, bijvoorbeeld bij vennen). Deze gebieden vragen echter om meer water dan de verdampingsvraag. Dit is water dat nodig is om de waterpeilen in de (ruime) omgeving van het natuurgebied te verhogen. Dus: terwijl het grondwatergebruik van regenwaterafhankelijke natuur heel gering is, zal de watervraag (om de grondwaterpeilen te verhogen/hertstellen) vaak heel hoog zijn.

Bij de kwel-afhankelijke natuur is een vereiste dat een substantieel deel van het te verdampen water bestaat uit grondwater. Er rekening mee houdend dat

- natte natuurplek met kwelafhankelijke natuur niet voor 100 % bestaan uit kwelafhankelijke natuur
- ook in de kwelgebieden in de winter tijdelijke regenwaterlenzen kunnen ontstaan
- en dat een deel van het kwelwater bestaat uit lokaal grondwater (en dus niet uit grondwater uit watervoerende pakketten zoals bij grondwaterwinning)

is het feitelijke grondwatergebruik via verdamping (onder niet verdroogde omstandigheden) minder groot en zal eerder in de orde van 50-60 miljoen m^3/jaar liggen.

Om er voor te zorgen dat het regenwater niet blijft staan en dat deze door de kwel wordt weggedrukt is het van belang dat het regenwater via greppels en laagtes worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. In de praktijk zal echter met het regenwater ook een deel van het grondwater uit het gebied worden afgevoerd. Hiermee is in deze simpele methode geen rekening gehouden. In de in het volgende hoofdstuk beschreven complexere methode, waarbij wordt aangegeven in welke mate grondwaterwinning zou moeten afnemen om doelen voor grondwaterafhankelijke natuur in Natte Natuurplek te halen, wordt hier mee wel rekening gehouden. Dat resulteert in een grotere hoeveelheid water dan het hier berekende grondwatergebruik.

Naast deze schatting van het (gewenste) grondwatergebruik in kwelgebieden, hebben we ook te maken met (ongewenst) verlies van grondwater in natte, regenwaterafhankelijke natuur (natte heide, vennen, hoogveen). Dit verlies ontstaat door versterkte wegzijging t.g.v. stijghoogte daling (infiltratie, zie figuur 5.3) en ongewenste ontwatering door greppels, sloten en passerende afwateringslopen. Deze verliespost is moeilijk te schatten, maar zal enkele tientallen miljoenen m^3/jaar bedragen.

Met de methode ‘aanpak verdroging’ (Schouten, zie kader hieronder) is een schatting gemaakt van de “directe watervraag natuur”. Deze sluit aan op het hierboven beschreven grondwaterverbruik onder optimale omstandigheden. In figuur 5.4 is de samenhang gevisualiseerd.

Tabel 5.1: Oppervlakten natte natuur (op basis van provinciale natuurdoeltypenkaart)

Gebiedstype	Beheertypen / habitattypen	Oppervlak (hectare)
Beekdalen Centrale Slenk	Broekbossen, natte schraallanden, vochtig hooiland	9782
Beekdalen West-Brabant	Basenrijke leem loofbossen, vochtig hooiland, beken met macrofauna	1403
Biesbosch / Rivierenland		783
Infiltratiegebieden	Vochtige heide, hoogveen	15233
Kreken / Polders West-Brabant		465
Kwelgevoerd open water		560
Leembossen	Vogelkers-Essen, Eiken-Haagbeuken,	3267
Naad met diepe kwel	Schraallanden	3531
Overig		384
Niet grondwaterafhankelijk		1462
Totaal		36871

Methode 'aanpak verdroging' (provincie Noord-Brabant)

De watervraag van de natuur kan worden gedefinieerd als de hoeveelheid grondwater die nodig is om de grondwaterafhankelijke natuur weer goed te laten functioneren. Dit gaat om beken, veengebieden, natte bossen, natte hooilanden, vochtige heide en vennen. De tekst "laten functioneren" duidt op de gehele waterbalans of geschikt waterregime gedurende lange tijd, dat roept een beeld op van een 'gemiddeld goed natuurlijk watersysteem'. In feite gaat het hierbij om de hoeveelheid grondwater die nodig is om de verdroging op te heffen.

De eerste analyse op basis van deze methode is, in 2017, gemaakt t.b.v. de draagkrachtstudie. Ten behoeve van het onderzoek in 2020 is een actuele versie van deze berekening gemaakt. De essentie van deze methode is de berekening van een verandering in de waterbalans voor de oppervlakte van grondwaterafhankelijke natuurambities in het Natuurnetwerk Brabant.

Berekening met de oppervlakte op basis van GIS bestand natuurambitietypen:

- kwelafhankelijke ambitie= 19.000 ha. (broekbos, nat schraalland, kalkmoeras);
- regen/grondwaterstand afhankelijke ambitie= 20.000 ha. (o.a. hoogveen en natte heide);
- overige NNB infiltratiegebieden= 20.000 ha (o.a. vochtige bossen, weilanden).

Oppervlakte is afgerond en onderstaande berekening is gemaakt met een marge ten aanzien van de verwachte verandering in de waterbalans.

Voor kwelafhankelijke vegetaties in kwelgebieden zijn er twee (alternatieve) berekeningen gemaakt die gebaseerd zijn op een toename van de kwelstroom in de wortelzone. Dit kwelwater zal deels verdampen of worden afgevoerd via maaiveld of greppels. Het betreft in cijfers per jaar:

- toename kwelflux met 0,3 à 0,5 mm/dag gedurende 9 maanden/jaar = 16 à 26 miljoen m³
- toename kwelflux met 0,2 à 0,3 mm/dag gedurende gehele jaar = 14 à 21 miljoen m³

Voor natuurgebieden met infiltratie is de berekening gebaseerd op de (benodigde) afname van de wegzijging, die gelijk is aan toename van de verandering gewasverdamping per jaar en een deel afvoer via openwater. Voor natte natuurambities is deze afname groter dan voor de overige vochtige vegetaties. Het betreft in cijfers per jaar:

- Natte vegetaties afname wegzijging 50 à 100 mm/jaar = 10 à 20 miljoen m³
- overige vegetaties afname wegzijging 35 à 70 mm/jaar = 7 à 14 miljoen m³

Voor het watervoerend en stromend houden van beken in de zomermaanden is ook een globale berekening te maken om beken met ecologische doelen 2 à 3 maanden langer watervoerend te maken. Globaal zal dit 5 à 8 miljoen m³ watervoorraad vergen

De (directe) watervraag om de verdroging in NNB aan te pakken is per jaar circa 37 à 66 miljoen m³. Er is dan voldoende kwel, de grondwaterstanden zijn op juiste diepte en beken blijven stromen in de zomer. Het tijdelijke effect om deze toekomstige situatie te realiseren is niet berekend.

Deze berekening is opgesteld door Gerrit Schouten (Provincie Noord-Brabant) hydroloog voor de Brabantse natuur.

5.2.1 (deel-) Conclusies

- De Brabantse natte grondwater afhankelijke natuurgebieden verdampen jaarlijks ruim 200 miljoen m³/jaar. In regenwaterafhankelijke natte natuur wordt hierin (vanuit regen) voorzien, maar vindt verdroging plaats omdat dit regenwater versneld uitzakt of via greppels en sloten wordt afgevoerd.
- Van de ruim 36.000 ha natte natuurparels bestaat een deel uit kwelafhankelijke natuur. Uitgaande van **niet-verdroogde kwelafhankelijke natuur** is de inschatting dat het grondwaterverbruik door kwelvegetaties van grondwater afkomstig uit het eerste watervoerende pakket, ca. 50-60 miljoen m³/jaar bedraagt.
- De (directe) grondwatervraag (kwel) voor de grondwaterafhankelijke kwelnatuur om verdroging op te heffen, wordt door Schouten geschat op ca. 14-26 miljoen m³/jaar.
- Het ongewenste grondwaterverlies in regenwaterafhankelijke natte natuur door versterkte wegzijging en plaatselijke ontwatering zal naar schatting enkele tientallen miljoen m³/jaar bedragen (methode Schouten ca. 10-20 Mm³/jaar).



Figuur 5.4: Presentatie (en vergelijking kentallen) uit deze studie en de provincie (Schouten). De horizontale, gearceerde lijn scheidt kwel- en regenwater afhankelijke grondwaternatuur. De beantwoording van de ruimtelijke watervraag volgt in de volgende hoofdstukken.

5.3 Bepaling verminderde hoeveelheid winbaar grondwater bij realisatie doelen natte natuur (de ruimtelijke watervraag).

De ‘watervraag natuur’ is veel breder dan alleen dan het in 5.2 beschreven waterverbruik (de hoeveelheid water die door de vegetatie wordt verdampt dan wel met kwelwater wordt afgevoerd). Deze “ruimtelijke watervraag Natuur” gaat uit van de eisen die vanuit de natuur worden gesteld aan waterhuishouding (zie figuur 5.1 rechts).

Per natuurtype ligt de watervraag verschillend. In regenwatergevoede systemen is de “watervraag” gelijk aan de hoeveelheid water om de gewenste grondwaterstand (streefbeeld) te realiseren, dit kan door:

(vermindering wegzijging) + vermindering drainage (natuurterrein) waarbij gewenste (grond) water situatie wordt gerealiseerd.

In tabel 5.2 zijn de bronnen voor de watervraag en de additionele waterwensen per natuurtype samengevat.

Tabel 5.2: Bron watervraag en waterwensen

natuurtype	Bron “watervraag”	Additionele “waterwens”
Heide	regen	• Vermindering drainage (waterafvoer) door lokale greppels,
Hoogveen	regen	• Vermindering drainage van natuurgebied doorsnijdende landbouw afwateringssloot
Ven (schijnspeigel)	regen	• Vermindering wegzijging
Ven (grondwater doorstroom)	Regen en ondiep toestromend grondwater	• Bescherming of herstel ondoorlatende bodem
Ven (waterloop doorstroom)	Regen, waterloop gevoed door ondiep grondwater	• Verbetering grondwatersituatie (kwantiteit, kwaliteit) brongebied grondwater,
Bovenlopen	Drainage ondiep grondwater	• Vermindering wegzijging
Beken	Kwel en toevoer vanuit bovenlopen/sloten die worden gevoed door ondiep grondwater	• Verbetering grondwatersituatie (kwantiteit, kwaliteit) brongebied grondwater,
Beekdal	Kwel, ondiep grondwater (beekdalrandzijde), regen en winter-inundatie met beekwater	• Vermindering wegzijging ven en waterloop voedende grondwater
Leembossen	Kwel en regen	• Verbetering grondwatersituatie (kwantiteit, kwaliteit) brongebied grondwater,
Overgangszone	Kwel en regen	• Vermindering wegzijging
		• Toename kwel (vermindering grondwaterwinning en landbouwdrainage),
		• Stabilisatie watertoestroom vanuit bovenlopen/sloten,
		• Stabilisatie beekpeil regiem,
		• Verbetering waterkwaliteit bovenlopen/sloten
		• Herstel morfologie (meandering, stroomkuilen, oevers etc.)
		• Verhoging beekpeil,
		• Toename kwel (vermindering grondwaterwinning en landbouwdrainage)
		• Beekdalrand: verhoging grondwaterstand, verbetering toestroom (incl. waterkwaliteit) ondiep grondwater
		• Winter grondwaterstand vlak onder maaiveld zodat (zuur) regenwater grotendeels wordt afgevoerd.
		• Toename kwel (vermindering grondwaterwinning en landbouwdrainage)
		• Vermindering drainage van natuurgebied doorsnijdende landbouw afwateringssloot

5.4 Natuur referentie

Bij het bepalen van de watervraag van natuur is de keuze voor de referentiesituatie van belang: van welk ambitieniveau wordt uitgegaan bij de bepaling van de hydrologische vereisten per natuurtype? Vanuit de begeleidingsgroep werd gesteld dat niet moet worden uitgegaan van de (half-) natuurlijke situatie uit het verleden (“historische referentie”), maar dat moet worden uitgegaan van de natuurdoelen zoals die door de provincie zijn gedefinieerd in de vorm van natuurdoeltypen en beheertypen. Eerder, tijdens de “gewenste grondwater studies” werden voor verschillende natuurdoeltypen zogenaamde “Optimale Grondwatersituatie Natuur” (OGN) opgesteld, uitgaande van hydrologische vereisten zoals die per natuurdoeltype zijn gedefinieerd.

In onze studie gaan we uit van de door de provincie gedefinieerde doelen voor de natte natuur, maar gebruiken we daarvoor een wat globalere benadering dan gebruikt in de

eerdere GGOR studies. Daartoe hebben we door de provincie onderscheiden 'natte natuurparels' uitgaande van een meer algemene landschaps-ecologische benadering ingedeeld in een beperkt aantal natuurtypen/landschapstypen, waarbij we ook rekening hebben gehouden met Brabantse hydrogeologische profieltypen (figuur 4.2). De beschrijving van de referenties/hydrologische vereisten (waterwensen) per natuurtype staan in algemene termen beschreven in onderstaande tabel 5.3.

Tabel 5.3: Vereenvoudigde beschrijving gewenste grondwatersituatie Natuur

Natuurtype	Hydrologisch aspect	Vereisten	Opmerkingen
Natte en vochtige heide	(Grond)waterregime	In winter grondwaterstand rond maaiveld, in zomer meer of minder ver wegzakkend	<i>Natte heide</i> met snavelbiezen en veenmossen komt voor op plekken waar grondwater in zomer niet meer dan halve meter onder maaiveld wegzakt. In <i>vochtige heide</i> met veenbies en trekruis kan grondwater tot rond een meter wegzakken in de zomer.
	Stijghoogte	(boven-)lokaal bepaald	Op plekken met schijnspiegels is stijghoogte niet relevant. In andere gebieden wordt de grondwaterstand bepaald door de stijghoogte in de ondergrond en de mate van ontwatering.
Hoogveen	Watertype (Grond)waterregime	regenwater (grond)water permanent rond maaiveld, in zomer gemiddeld niet verder wegzakkend dan ca. 25 cm	Bepalend voor dit gelijkmatige regime is de aanwezigheid van een toplaag bestaand uit levend of recent afgestorven veenmossen met een groot waterbergend vermogen (<i>acrotelm</i>).
	Stijghoogte	(boven-)lokaal bepaald	Op plekken met schijnspiegels boven een ondoorlatende gliedelaag is de stijghoogte niet relevant. Waar de bodem matig tot goed doorlatend is wordt de grondwaterstand voor groot deel bepaald door de stijghoogte in de ondergrond.
	Watertype	regenwater	Een beperkte aanvoer van iets aangerijkt lokaal grondwater kan in veenputten de veengroei bevorderen. In natuurlijke hoogvenen komt aan rand van het veen een overgangszone ('lagg'-zone) met lokale kwel voor.
Zure vennen	(Grond)waterregime	(vrijwel) permanent watervoerend	Op plekken met schijnspiegels waterfluctuaties gering (enkele dm), op plekken met matig tot goed doorlatende bodem grotere fluctuaties en incidenteel droogval
	Stijghoogte	lokaal bepaald	Op plekken met schijnspiegels is stijghoogte niet relevant. In andere gebieden wordt de waterfluctuatie voor groot deel bepaald door de stijghoogte in de ondergrond.
Zeer zwak gebufferde vennen	Watertype (Grond)waterregime	regenwater Incidenteel droogvallend	Incidentele droogval van brede oeverzone noodzakelijk om vorming organische sliblaag regen te gaan.
	Stijghoogte		Hogere grondwaterstand in aangrenzend stuifzand (of dekzand) gebied bepalend voor drukverschillen en daarmee voor aanvoer van lokaal grondwater.
	Watertype	regenwater + lokaal grondwater	Periodieke instroom van licht aangerijkt grondwater zorgt voor instandhouding licht gebufferde omstandigheden
Gebufferde vennen	(Grond)waterregime	niet of incidenteel droogvallend	
	Stijghoogte	(boven-)lokaal bepaald	
	Watertype	regenwater met invloed grond- en/of oppervlaktewater	Buffering kan plaatsvinden door instroom van basenrijk grondwater of door periodieke overstroming/doorstroming van (schoon) oppervlaktewater.
Bovenloopjes	Waterregime	incidenteel droogvallend, waterpeil dicht onder beekdalbodem	Hoog waterpeil voorwaarde voor natte condities in aangrenzende beekdalgraslanden en -broekbossen.
	Stijghoogte	boven waterloopbodem	
	Watertype	relatief basenarm grondwater	door hogere grondwaterstanden in aangrenzende infiltratiegebieden permanente of vrijwel permanente aanvoer van lokaal (vaak vrij zwak gebufferd) grondwater zowel in beek als in beekdalflanken
Beken	(Grond)waterregime	permanent watervoerend en stromend. Waterpeil dicht onder beekdalbodem	hoog waterpeil voorwaarde voor natte condities in aangrenzende beekdalgraslanden en -broekbossen
	Stijghoogte	boven beekdalbodem	voorwaarde voor grondwateraanvoer in aangrenzende beekdalgraslanden en -broekbossen
	Watertype	oppervlaktewater (mengsel grondwater en afspoelend regenwater, vaak aangerijkt door	De waterafvoer (in niet RWZI gevoede beken) is in de zomer heel gering omdat drainagenetwerk van sloten/greppels grotendeels is

		bemesting en drainagewater). Veel beken zijn in de zomer watervoerend door de aanvoer van RWZI-effluent.	drooggevallen. Hierdoor is de waterkwaliteit wel veel beter omdat de afvoer nu grotendeels uit kwelwater bestaat.
Beekdal	(Grond)waterregime	in winter en voorjaar plas-dras, in zomer ondiep (tot iets meer dan halve meter) wegzakkend	goed ontwikkeld beekdalgraslanden en beekdalbroekbossen gebonden aan permanent natte kwelgevoede condities
	Stijghoogte	boven maaiveld	voorwaarde voor grondwateraanvoer naar wortelzone
	Watertype	regionale kwel met basenrijk grondwater	door hogere stijghoogte in ondergrond aanvoer van regionaal, vrijwel altijd basenrijke grondwater
Leembossen	(Grond)waterregime	in winter water in laagste delen tot aan of iets boven maaiveld	in winter voldoende afvoer van regenwater via greppels en natuurlijke laagtes, grondwater in zomer wegzakkend tot maximaal diepte leemlaag
	Stijghoogte	tot aan of boven leemlaag	tegengaan vorming regenwaterlenzen
	Watertype	basenrijk grondwater	voeding met basenrijk grondwater in de zomer door capillaire opstijging grondwater
Naad	(Grond)waterregime	in winter en voorjaar plas-dras, in zomer ondiep (tot iets meer dan halve meter) wegzakkend	goed ontwikkelde natte schraallanden en trilvenen die kenmerkende zijn voor de naad gebonden aan permanent natte kwelgevoede condities
	Stijghoogte	(ver) boven maaiveld	
	Watertype	regionale kwel, basenrijk grondwater	

5.5 Beschrijving van de uitvoering met behulp van het Brabant model

In onderstaande figuur 5.5 zijn de stappen van onze aanpak samengevat. Hierbij zijn (a) eerst de Brabantse natte natuurgebieden (Natura2000 etc.) geassocieerd op basis van (natte) natuurtypen en geomorfologische (beekdalen, overgangszone zand-poldergebied etc.) en hydrogeologische positie (West-Brabant, Kempisch Plateau, Centrale Slenk, Peelhorst/Venlo Slenk en peilgestuurd poldergebied, zie figuur 5.5). Vervolgens zijn (b) een zestal pilotgebieden binnen deze gebieden onderzocht (zie tabel 5.4 en figuur 5.6) en geprobeerd hiervoor op een pragmatische wijze de randvoorwaarden voor de realisatie van de watervraag te bepalen (de waterwens, bijvoorbeeld hoeveel moet de stijghoogte toenemen). Hierbij is ook geprobeerd deze te vertalen naar vergelijkbare natuurtypen binnen dezelfde geomorfologisch-hydrogeologische zone. Tegelijkertijd zijn er, (c) met behulp van het Brabant model verschillende scenario's doorgerekend met als doel een beeld te krijgen hoe en waar de waterwens kan worden verbeterd. Bijvoorbeeld, hoeveel kan de stijghoogte onder beekdalen maximaal stijgen bij vermindering grondwaterwinning, of vermindering afwatering. Ten slotte (d) wordt op basis van de resultaten van (b) en (c) op pragmatische wijze de watervraag bepaald.

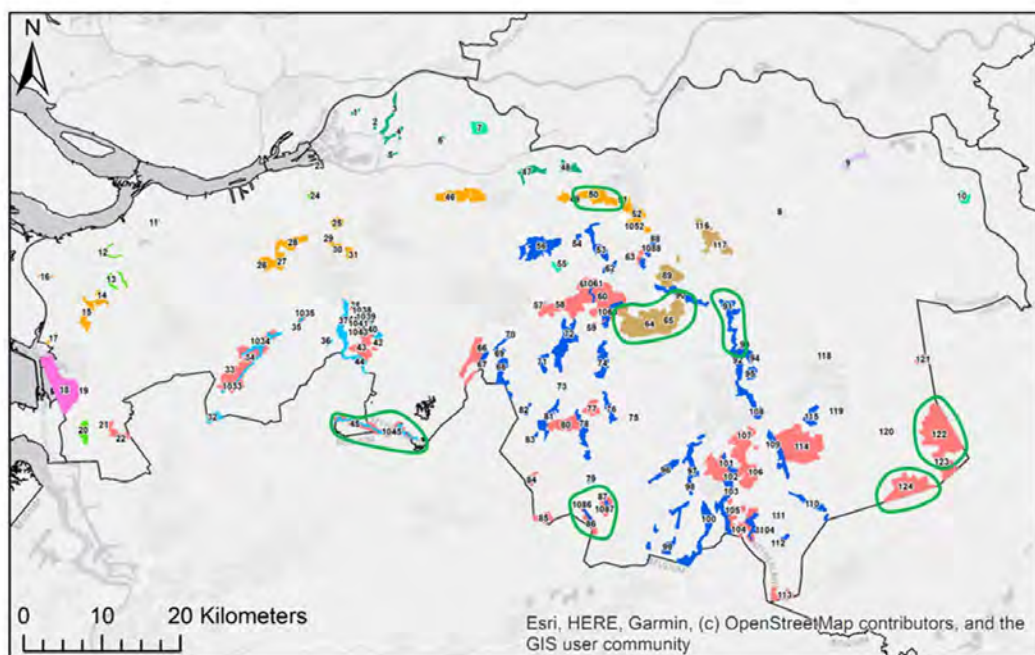


Figuur 5.5 Onze methode voor bepaling "watervraag natuur"

De pilot-gebieden zijn niet alleen gekozen op basis van de ruimtelijke spreiding, maar ook op basis van beschikbare informatie.

Tabel 5.4: De gekozen pilotgebieden (Moerputten SBB,, Vlijmens Ven Natuurmonumenten)

Dommelbeemden (St. Oedenrode)	kwel, Roerdal- slenk	DOM	SBB
Halsche Beemden - Merkske (Baarle Nassau)	beekdal-kwel	BD	SBB
Dalems loopje – Cartierheide	bovenloop systeem, natte heide, kwelgevoed	DOM	NM
Veldersbosch – Mortelen (Boxtel)	Roersdalslenk, leem, kwel nat bos	DOM	BL
Moerputten (Den Bosch)	Overgang zandgebied-poldergebied diepe kwel, schraallanden	WAM	
Deurnese Peel (Oost- Brabant)	Peelhorst veen	WAM	SBB



Figuur 5.6: de ligging van de gekozen pilotgebieden (zie figuur 3.2 voor legenda).

De modelberekeningen geven inzicht in:

- I. Wat de invloed is van kwel, en hoe deze samenhangt met de diepere stijghoogte, en hoe deze stijghoogte kan worden beïnvloed door grondwateronttrekking of ontwatering in de omgeving van het natuurgebied (landbouw, stedelijk gebied).
- II. Wat de invloed is van het lokale oppervlaktewaterpeil (bijvoorbeeld beekpeil, polderpeil).
- III. Wat de invloed is van neerslag en verdamping waarbij beredeneerd wordt wat de invloed van klimaatverandering kan zijn.

Er zijn verkennende berekeningen gemaakt door ontwatering en onttrekking te verminderen of volledig te stoppen. De berekeningen zijn geen plan-scenario's, wel verkennende berekeningen om de omvang van hydrologische effecten in m^3 en cm in de natuurgebieden op provinciaal niveau duidelijk te maken.

5.6 Geschatte waterwensen

De beschrijving van de voorbeeld gebieden (bijlage A) hebben als doel een beter inzicht te krijgen ten aanzien van de waterwens (de gewenste stijging van de freatische grondwaterstand en stijghoogte). Vooral het bepalen van de actuele toestand is echter nog steeds erg moeilijk. Dit ondanks de start van de monitoring "milieubeleidsindicator verdroging" (MBI) in 2002. Het meetontwerp voor deze MBI was oorspronkelijk gebaseerd op zogenaamde "toestandsmeetpunten" en "verklaarmetpunten". Deze toestandsmeetpunten bestonden meestal uit freatische grondwaterstandsbuizen (of oppervlaktewaterpeilschalen in vennen) op representatieve plaatsen binnen een natuurterrein. De "verklaarmetpunten" (stijghoogten, beekpeil, polderpeil) moesten helpen eventuele veranderingen in de toestandsmeetpunten te begrijpen.

Een eenduidige analyse ter bepaling van de actuele verdroogde toestand is echter nog steeds erg moeilijk en wordt o.a. veroorzaakt doordat:

- a) Het meetsysteem vaak niet compleet is. Het ontbreekt meestal aan representatieve stijghoogten informatie. Deze informatie is nodig om kwel of wegzijging te beoordelen. Ook informatie over oppervlaktewaterpeilen ontbreekt of is incompleet.

- b) Er vaak wel enkele freatische grondwatermeetpunten worden gebruikt en de meetreeksen wel individueel worden geëvalueerd, maar hierbij ruimtelijk (tussen de meetpunten) weinig inzicht wordt verkregen.
- c) Meetreeksen vaak niet compleet zijn.
- d) De Gemiddelde Voorjaars Grondwatersituatie (GVG) vaak een (te) belangrijke rol speelt in de analyse. Hierdoor wordt er te weinig rekening gehouden met de invloed van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) op het bodem- en wortelzone milieu. Uitzakken van de grondwaterstand veroorzaakt immers mineralisatie (bijvoorbeeld veraarding veen, waarbij nutriënten vrijkomen), ongewenste bodemchemische processen (bijvoorbeeld oxidatie ijzersulfiden waardoor verzuring ontstaat) en een toegenomen opbouw van de (dynamische) regenwaterlens. Overigens, kan deze GLG wel worden meegewogen, zoals in de methode Waternood (Waternood is een methode voor het zorgen van een zogenoemd Gewenst Grond- en Oppervlaktewaterregime (GGOR) in een gebied, een regime dat zo veel mogelijk rekening houdt met de eisen en wensen van de uiteenlopende vormen van grondgebruik. Zie <https://www.stowa.nl/publicaties/meten-voor-waternood>).

Uit onze inventarisaties en gesprekken met deskundigen van de natuurorganisatie bleek ook dat de zomer grondwatersituatie zichtbaar een groot negatief effect op de grondwaterafhankelijke natuur bleek te hebben. En omdat de (zomerse) Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) samenhangt met de Gemiddeld Laagste Stijghoogte (GLS) zijn deze kentallen in deze studie als uitgangspunt gebruikt voor het bepalen van de watervraag om het “doelgat” te dichten.

Om toch een semi-kwantitatief beeld van de verdrogingsstoestand te krijgen is in paragraaf 5.6.1 is toch eerst de mate van verdrogingsherstel samengevat op basis Toestandsrapportage van het Beleidsmeetnet Verdroging (2017), gebruik makend van de MBI (punt) informatie.

Daarnaast is in deze studie, naast de beschikbare informatie “punt informatie” uit MBI en uit andere meetnetten (TNO Dinoloket), bij de beschrijving van onze pilots, ook gebruik gemaakt van beschikbare veldstudies (rapporten), veldkennis in deze gebieden en “expert/ervarings” kennis. De uitgebreide resultaten zijn beschreven in bijlage A. In paragraaf 5.6.2 worden de resultaten samengevat in gewenste kentallen.

5.6.1 Bepaling mate van herstel per gebiedstype

5.6.1.1 Methode

Voor de bepaling van herstel is uitgegaan van de inventarisatie van de mate van herstel van de NNP uit de Toestandsrapportage van het Beleidsmeetnet Verdroging uit 2017. De daar gebruikte omgrenzing van gebieden komt niet altijd 100% overeen met de omgrenzing van natte natuurparels in onze studie, daarom zijn een aantal correcties toegepast:

- Bij indeling naar mate van herstel zijn soms natte natuurparels samengenomen, deze zijn weer gesplitst:
 - o NNP43 en NNP44 (Strijbeekse Heide + Strijbeekse Beek) zijn opgesplitst in NNP 43 en NNP44 met resp. 2/3 en 1/3 van de oppervlakte van het combinatiegebied en met herstelscore voor het combinatiegebied
 - o NNP49 en NNP50 (Vlijmens Ven + Moerputten) zijn opgesplitst in NNP 49 en NNP50 met resp. 1/3 en 2/3 van de oppervlakte van het combinatiegebied en met herstelscore voor het combinatiegebied
- Bij indeling naar gebiedstypen zijn aantal natuurparels opgesplitst in infiltratiegebied en beekdal. Deze zijn als volgt behandeld:
 - o Waar infiltratiegebieden worden doorsneden door middenlopen van beken krijgen het infiltratiegebied en beekdal aparte codes (nummer + achtervoegsels

resp. i en b) met een geschatte verdeling van oppervlaktes (verdeling 1/3, 1/2 en 2/3)

- NNP 38 (Ulvenhoutse Bos)¹
 - NNP 45 (Merkske)
 - NNP60 (Kampina/Logste Heide)
 - NNP61 (Nemelaer)
- o Waar het gaat om infiltratiegebieden waarin bovenloopjes ontspringen of waardoor bovenloopjes heenlopen wordt het combinatietype 'Infiltratiegebieden met bovenloopjes' gebruikt. Het gaat om:
- NNP 33, 34, 35 (Turfvaart, Pannenhoef, Vloeiweide)
 - NNP 86 en 87 (Goorloop en Cartierheide)
 - NNP 39, 40, 41 (Chaamse beken)
 - NNP 104 (Strijper Aa)

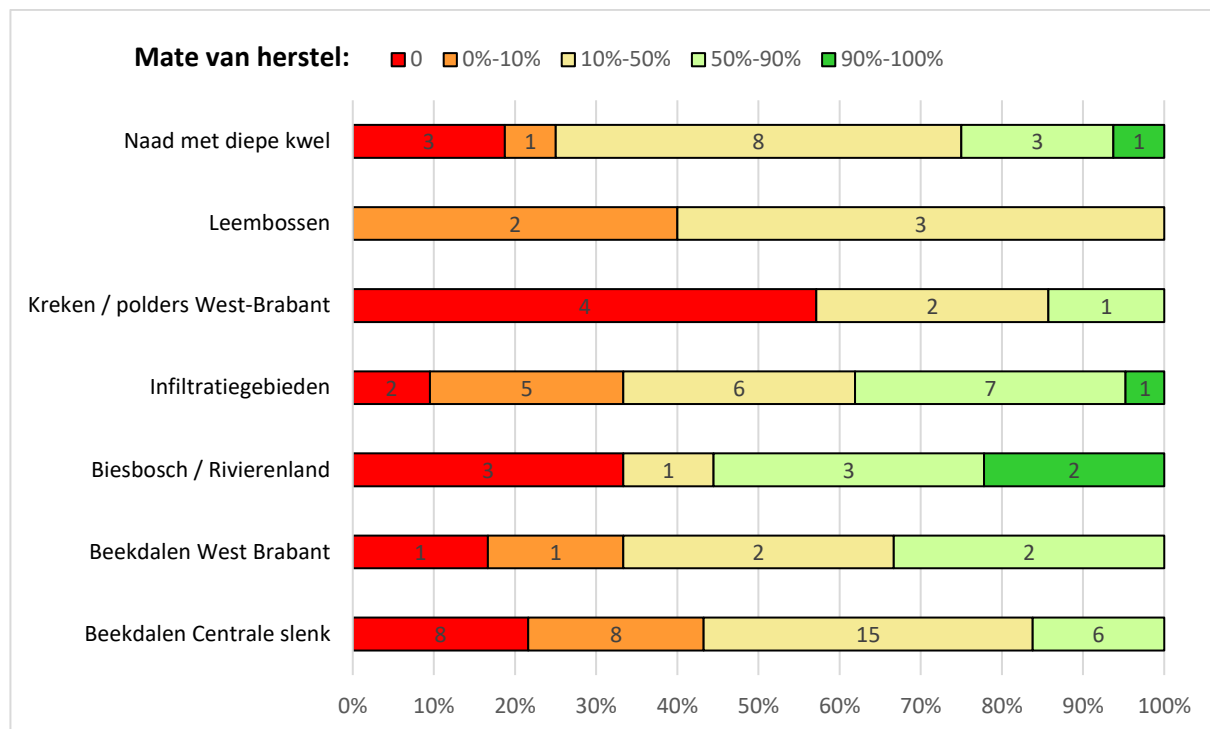
Niet voor alle natte natuurparels is de door de beheerders geschatte mate van herstel bekend.

5.6.1.2 Resultaten

In figuur 5.7 (gebaseerd op een enquête die is uitgevoerd door RHDHV) is aangegeven welk percentage van de gebieden behorend tot eenzelfde gebiedstype valt binnen de herstelklassen zoals die zijn gebruikt in de Toestandsrapportage Verdroging uit 2017. De gebiedstypen 'Infiltratiegebieden met bovenloopjes' en 'Kwelgevoed open water' zijn niet meegenomen in de figuur omdat het aantal gebieden waarvoor een herstelpercentage is geschat te laag is (resp. 3 en 4).

Zoals te zien in de figuur 5.7 ligt alleen binnen het gebiedstype Biesbosch / Rivierenland in meer dan de helft van de gebieden het herstel boven de 50%. In de overige gebiedstypen ligt in minder dan de helft van de gebieden het herstel boven de 50%. Met name in de beekdalen in de Centrale Slenk, de leembossen en in de kreken / polders West-Brabant is het herstelpercentage gering.

¹ Bij Ulvenhoutse Bos zou het eigenlijk moeten gaan om combinatie *leembos* + beekdal; is nu niet aangepast; mate van herstel is onbekend



Figuur 5.7 Percentage van gebiedstypen dat valt binnen de onderscheiden herstelklassen. Met nummers is in de vakjes het aantal gebieden aangegeven dat binnen de betreffende herstelklasse valt.

5.6.2 Pilot gebieden

- A. **Merkse (Halsche beemden):** Op basis van de MBI- evaluaties (o.a. Runhaar e.a, 2017) voldoet deze locatie aan de GVG-vereiste, maar is de basenbezetting matig. Nadere bestudering van de freatische grondwaterstandsmetreeksen toont dat deze in de droge periode meer dan 100 cm uitzakt (o.a. Everts e.a., 2002). Dit komt overeen met veldervaringen waaruit bleek dat het veen in de bovenste decimeters sterk veraard is en de bodem in de eerste 30-40 cm een erg lage pH bezit. Een stijghoogten meetpunt ter plaatse toont in de winter een stijghoogte boven maaiveld, die in de zomer enkele decimeters onder maaiveld uitzakt. **Onze waterwens:** de freatische grondwaterstand mag in de zomer niet meer dan 40 cm onder maaiveld zakken. Deze moet dus 40-60 cm toenemen. Hiervoor moet de stijghoogte in de zomer toenemen, minimaal gelijk aan maaiveld (stijging minimaal 50 cm). Een belangrijke “verdrogende factor” is ook het (gemiddeld) lage beekpeil. Een verhoging is ook nodig om het uitzakken (draineren) van de grondwaterstand in dit natuurerrein te verminderen.
- B. **Moerputten:** Rond 1910-1920 vond een eerste grote hydrologische verandering plaats doordat de Baardwijkse Overlaat werd gesloten. Voor die tijd lagen de Moerputten in een (regionaal) kwelgebied dat regelmatig overstroomde met rivierwater (Maas, Dommel, Aa). De Moerputten zijn t.g.v. de ruilverkaveling in de zestiger jaren van de vorige eeuw pas echt in een, ecohydrologisch gezien, benarde situatie geraakt. Het bleef als een “bloempot” achter in een landbouwgebied waar de waterpeilen tijdens de ruilverkaveling sterk zijn verlaagd. Het gevolg is dat er wel kwel is in het omringende landbouwgebied (vooral naar de sloten) opstijgt, maar het natuurgebied dit ontbeert. De grondwaterstand zakt in de droge perioden richting het polderpeil in de omgeving. Inmiddels is de situatie deels verbeterd. Peilbeheer in het natuurgebied kan nu gereguleerd worden m.b.v. wateraanvoer vanuit het Vlijmens Ven, een mengsel van kwelwater en regenwater. Het natuurgebied blijft echter nog omringd door lagere waterpeilen. De grondwaterpeilen van het Vlijmens Ven kunnen tijdens droogte snel uitzakken en droogtestress (o.a.

verbranding van planten) veroorzaken (bron: Kees Laarhoven). **Onze waterwens:** dit gebied, maar ook voor de Naad meer representatieve locaties als het Vlijmens Ven en Bossche Broek hebben vooral last van te diep uitzakken van de grondwaterstand in de zomer. De GLG en GLS (WVP1) wens vraagt om een verhoging van ca. 20-30 cm.

- C. **Veldersbosch:** Deze omgeving kent een bijzondere situatie. Het ligt in een regionaal kwelgebied in de Slenk en bezit mede daardoor een kalkrijke leem-klei bodem. In het verre verleden werden verschillende greppels (rabatten) gegraven om de grond te gebruiken (o.a. populieren). Hierdoor ontstond een bodem- en grondwatersysteem waarbij (zure) winterneerslag, t.g.v. de plaatselijk hoge grondwaterstanden, snel werd afgevoerd en het bos in de periode daarna, dankzij capillaire werking, (optimaal) kon verdampen (evapotranspiratie). Er bestonden overwegend basische standplaatscondities. In droge tijden verdampt het bos dus kwelwater. Dit systeem bestaat gedeeltelijk ook in het Liesbosch bij Breda, en de natte bossen bij Ulvenhout. Ten gevolge van toegenomen ontwatering (o.a. grote doorsnijdende afwateringssloten) is de invloed van basisch kwel teruggedrongen tot de laagste plaatsen, vaak slootoevers (daar komen nog slanke sleutelbloemen etc. voor). Ook de kwel (stijghoogte in ondiepe watervoerende pakket, F. van Sterksel) in de winter lijkt afgenomen. Mogelijk heeft dit ook een verband met de meer dan 4 meter stijghoogteverlaging in het onderliggende pakket. Het verloop van de freatische grondwaterstand vertoont grote gelijkenis met die in het ondiepe watervoerende pakket, wat ook wijst op een relatief lage weerstand voor de tussenliggende (F. van Boxtel) deklaag.

Onze waterwens: Een afname van de drainage waardoor de freatische grondwaterstand in de zomer minder sterk daalt. Een verhoging van de stijghoogte, zowel in de winter als zomer, omdat daardoor de kwel in de winter toeneemt, en (ook) de freatische grondwaterstand minder uitzakt. Gewenst een stijging van de GHS met 20 cm, en de GLS en GLG met 40 cm. (Ter aanvulling: Uit een onderzoek van Antea (Roestel, J.J.M. van, J.C.W. van der Meulen, 2017) rond het Ulvenhoutse Bos werd in dat leembos een GLS verlaging van 50 cm waargenomen.)

- D. **Dommelbeemden:** Belangrijke voorwaarden voor de instandhouding van de natte hooilanden in het natuureservaat De Dommelbeemden en voor de ontwikkeling van soortgelijke vegetaties in de overige delen van het Dommeldal zijn:
- voldoende stijghoogte in de ondergrond voor aanvoer van basenrijk grondwater naar de wortelzone, stijghoogte groot deel van het jaar boven maaiveld;
 - een voldoende hoog beekpeil om te voorkomen dat kwelwater ongewenst wordt afgevoerd (direct, of via drainage uit het beekdal) naar de beek.

Of de stijghoogte in reservaat De Dommelbeemden nog voldoende hoog is om te zorgen voor grondwateraanvoer naar de laagste delen van het beekdalen is niet duidelijk. Zoals in bijlage A is aangegeven lag eind vorige eeuw de stijghoogte aan de noordflank van het beekdal nog een groot deel van het jaar boven het maaiveld in de laagste delen van het beekdal. In de recent bemeeten buis B51E1707 ligt de stijghoogte echter minder dan de helft van het jaar boven het maaiveld in de laagste delen van het beekdal. Dit wijst er op dat de stijghoogte niet meer of niet in het hele beekdal voldoet aan het hierboven genoemde criterium.

De Dommel heeft tussen Eindhoven en St-Oedenrode nog een redelijk natuurlijk, dat wil zeggen, kronkelend verloop. Het is niet duidelijk hoe diep het waterpeil in voorjaar en zomer staat ten opzichte van het maaiveld in de laagste delen. Veldwaarneming schat dat beekpeil ca. 100-150 cm lager ligt dan het aangrenzende beekdal. **Onze waterwens:** een toename van de GLS en GLG met ca. 80 cm. De GHS met ca. 10 cm (ligt dan boven maaiveld), peilverhoging beek.

- E. **Cartierheide:** Uit de analyse blijkt dat de freatische grondwaterstand ca. 50 cm moet stijgen. Dit geldt vooral voor de wat hoger gelegen omgeving, noodzakelijk om ondiepe kwel richting de natte heide te genereren. **Onze waterwens:** Minstens 50 cm stijging van de GHG/GLG.
- F. **Deurnse- en Groote Peel:** Op basis van verschillende relevante hydrologische modelstudies blijkt dat in de Deurnse Peel de weerstand van de veenlaag vrij groot is en dat daardoor met vernattingsmaatregelen als verbeterde compartimentering en demping van drainerende waterlopen al relatief veel winst kan worden behaald. In de Groote Peel is de veen (of gliede)laag minder goed ontwikkeld of op veel pekken verdwenen. Door vernatting in en rondom het natuurgebied, aanleg van kwelschermen aan de rand van het gebied en door dempen en afdichten van watergangen kunnen in het centrum van het natuurgebied gunstige condities voor hoogveenvorming worden gecreëerd. **Onze Waterwens:** op basis van doelen vermeld in Natura2000 beheerplan is in de Deurnse Peel een verhoging van met name de GLG met 30-50 cm nodig. In de Groote Peel is een GLG en GLS van 20-50 cm gewenst.

Tabel 5.5: Samenvatting "waterwensen" pilotgebieden

aber 3.3. Samenvatting waterwensen - poldergebieden

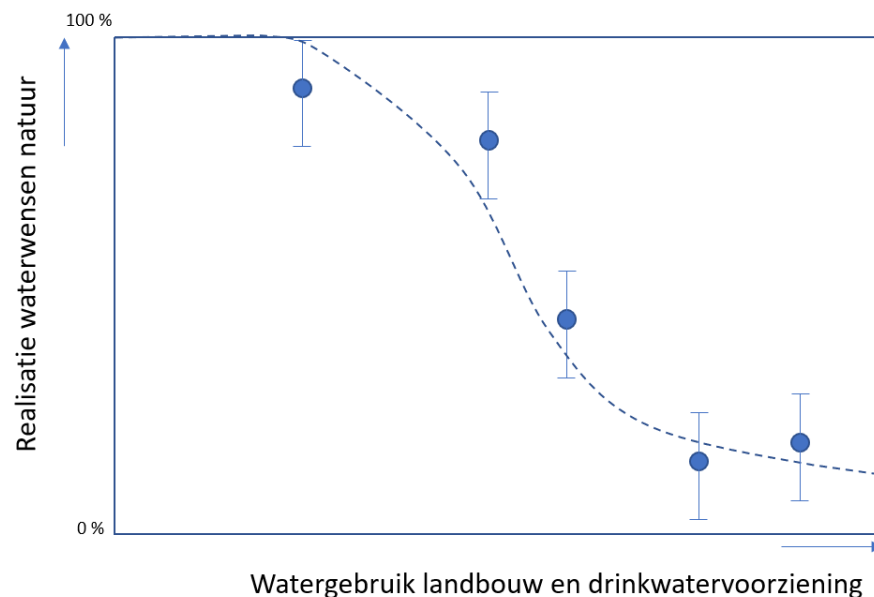
Locatie	GVG	GLG	GHS	GLS	Opmerkingen
Merkse, Halsche beemden. (voorbeeld beekdal West-Brabant)		Stijging 40-60 cm		Stijging 50 cm	Plus peilverhoging aangrenzende beek
Moerputten, Bossche broek, Vlijmens Ven. (voorbeeld naad, overgang zand-poldergebied)		Stijging 20-30 cm		Stijging 20-30 cm	Vooraf gebaseerd op Vlijmens Ven en Bossche Broek. De vraag blijft bestaan wat de invloed is van de sterke stijghoogte afname in het (heel) diepe wvp.
Cartierheide (voorbeeld natte heide)	Stijging van ca. 50 cm		Stijging minimaal 50 cm		Deze stijgingsvraag geldt vooral voor de randen, om lokale kwel te herstellen
Dommelbeemden (voorbeeld beekdal Centrale Slenk)		Stijging 80 cm	Stijging 10 cm	Stijging 80 cm	GLS en GLG zijn in de Slenk sterk gerelateerd. De nog diepere stijghoogte in Kiezeloooliet Formatie is sterk verlaagd.
Veldersbos (voorbeeld kwelafhankelijk leembos)	Stijging 10 cm	Stijging 40 cm	Stijging 10-30 cm	Stijging 40 cm	
Groote Peel (voorbeeld natte heide, hoogveen)	Sterke toename gewenst, > 20-50 cm				
Deurnse Peel (voorbeeld natte heide, hoogveen)	Toename gewenst van 30-50 cm.				Deurnse peel heeft plaatselijk minder last van verdroging door aanwezigheid van slecht doorlatende gliede lagen.

5.7 Schatting verminderde grondwaterbeschikbaarheid met Brabant model

De modelberekeningen leverden per scenario (gebaseerd op vermindering drainage en vermindering grondwater onttrekking) de verandering op van waterbalanstermen, de freatische grondwaterstand en stijghoogte.

In deze studie worden deze berekende kentallen gecombineerd met de geschatte waterwensen (bijvoorbeeld 50 cm stijghoogten toename onder het beekdal) voor de voorbeeldgebieden. Zo worden per hydrogeologisch deelgebied, op basis van de resultaten uit de scenario berekeningen, afgeleid hoeveel minder grondwater moet worden onttrokken of gedraineerd om aan de eisen voor herstel van de natte natuur te voldoen (de “ruimtelijke watervraag natuur”).

Het uiteindelijke bepalen van deze “ruimtelijke watervraag natuur” was mede afhankelijk van de vraag in hoeverre de modelresultaten het toelaten om uitspraken te doen op het gewenste schaalniveau. Hiervoor is per scenario de mate van realisatie van de waterwens in de natte natuurparels uitgezet tegen de hoeveelheid water die dan minder kan worden gebruikt voor landbouw en voor de drinkwatervoorziening. Deze aanpak is schematisch aangegeven in figuur 5.8. Uitgaande van bij deze benadering af te leiden relatie kan (bij benadering) worden bepaald/geschat welke hoeveelheid water dan minder beschikbaar is voor andere sectoren als volledig wordt voldaan aan de waterwensen vanuit de natuur. En omgekeerd in welke mate de realisatie van de natte natuurdoelen wordt verminderd wanneer wordt voldaan aan de wensen vanuit andere sectoren. In hoeverre het mogelijk is om duidelijke kwantitatieve relaties te leggen is mede afhankelijk van de vraag in hoeverre het hydrologische model in staat is om de gewenste grondwatersituatie (waterwens) op het gebruikte schaalniveau (gridcellen 250 x 250 m) voldoende in beeld te brengen.



Figuur 5.8 Schematische (conceptuele) weergave hoe de ruimtelijke watervraag kan worden geschat met behulp van de verschillende scenario berekeningen. Hierbij kan de waterwens (verticale as, bijvoorbeeld toename stijghoogte) uitgezet worden tegen de hoeveel water die hierbij minder beschikbaar komt voor grondwateronttrekking of ont-, afwatering.

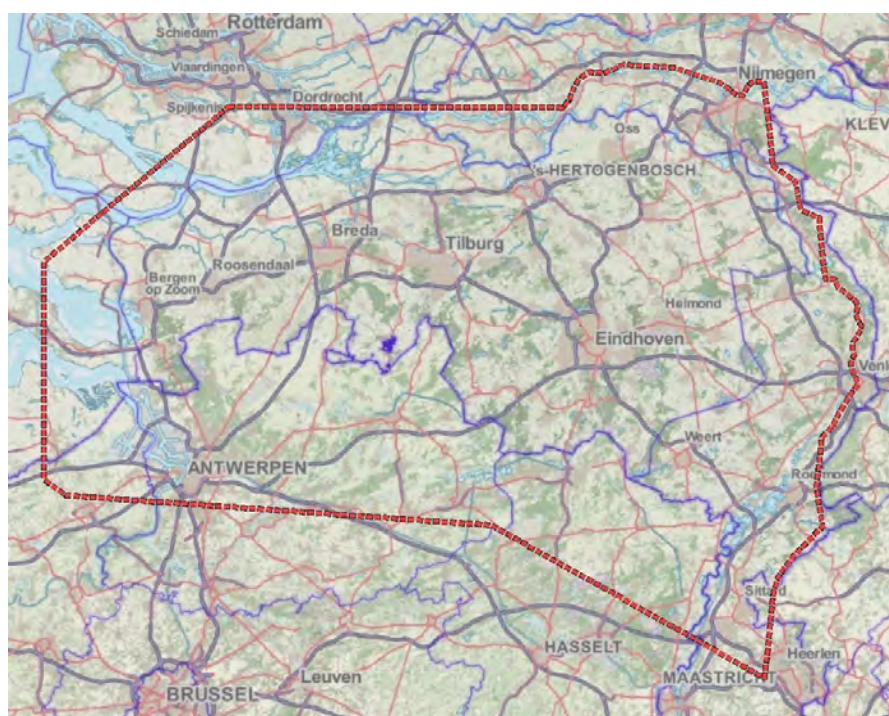
6 Waterbalans berekeningen (voor bepaling ruimtelijke watervraag natuur)

6.1 Het Brabant model 2018

Met het grondwatermodel van de provincie Noord-Brabant (Brabantmodel2018, zie kader) zijn berekeningen gemaakt. De resultaten van de fictieve scenario's zijn beschikbaar op een detailniveau van de modelcellen van 250 bij 250 meter. Het model omvat de gehele provincie en een ruim gebied hieromheen (figuur 6.1). Er zijn berekeningen gemaakt voor de periode 2009-2016. Er zijn uitkomsten beschikbaar voor de gemiddelde situatie in deze periode en voor het jaar 2015. Dit jaar is uitgekozen omdat de zomer relatief droog was in vergelijking met andere zeven doorgerekende zomers. Het was echter geen extreme droge zomer zoals het geval was in 2018. Bij het opstellen van deze studie was het jaar 2018 nog niet beschikbaar in het Brabantmodel. Dit zal in de zomer van 2020 wel het geval zijn, maar komt te laat voor deze studie.

Brabantmodel 2018

Het Brabantmodel is in 2018 ontwikkeld voor provincie Noord-Brabant, waterschap Aa en Maas, waterschap Brabantse delta, waterschap de Dommel en Brabant Water (Royal HaskoningDHV, 2019). Het model rekent met grondwatermodelleringssoftware Modflow 96 en onverzadigde zone module Fluzo op een resolutie van 250 meter. Het modelgebied bestaat uit de hele provincie Noord-Brabant en omliggend gebied. De ondergrond is geschematiseerd op basis van ondiepe boringen, RegisII v2.2, H3O modellen van de Roerdalslenk en de Kempen en het HCOV-ondergrondmodel. Het model is representatief voor de periode 2009-2016. Het model bevat de meest actuele informatie over de drinkwaterwinningen van Brabant Water, industriële onttrekkingen in de provincie, het oppervlaktewatersysteem, beregening uit grondwater en geologische breuken. Beregening wordt berekend uit het vochttekort dat optreedt in percelen waar beregend kan worden.



Figuur 6.1: Modelgrenzen Brabantmodel versie 2018. De grenzen van het model liggen (vaak) ver buiten de provinciegrenzen. Voor dit gebied buiten de provinciegrenzen zijn bijvoorbeeld ook de grondwaterwinningen ingevoerd.

6.2 Scenarioberekeningen met behulp van Brabant model

Er zijn zes fictieve hydrologische maatregelenpakketten doorgerekend (tabel 6.1). Deze berekeningen geven inzicht in hoeverre er meer water naar de natuurgebieden gebracht kan worden. Deze scenario's zijn geenszins realistisch maar hebben tot doel inzicht te krijgen hoe aanpassingen in onttrekkingen doorwerken op de waterbalans, stijghoogten en grondwaterstanden. Dit helpt bij het beantwoorden van de vraag hoeveel water de natuurgebieden nodig hebben en hoe dit zich verhoudt tot het huidige waterverbruik en drainage. De uitgebreide resultaten staan in bijlagen C en D (per pilotgebied, en per natuurtype).

Tabel 6.1: Hydrologische maatregelenpakketten in de zes scenario's doorgerekend met het Brabantmodel.

Scenario	Beschrijving	Type gebied
1	Alle secundaire en tertiaire watergangen in natte natuurplekjes dempen.	Natuur
2	Scenario 1 inclusief het verhogen van het drainageniveau in attentiezones rondom natte natuurplekjes met 20 cm. Dit zijn landbouwgebieden die binnen een afstand van ongeveer 500 meter van de natte natuurplekjes liggen.	Natuur en landbouw
3	Scenario 2 inclusief een reductie van 30 % van alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en berekening van grondwater.	Natuur, landbouw, drinkwater en industrie
4	Alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en berekening van grondwater uit.	Landbouw, drinkwater en industrie
5	Alle secundaire en tertiaire watergangen in Brabant dempen.	Natuur, landbouw, stedelijk gebied
6	Scenario 1 inclusief het hydrologisch isoleren van de primaire watergangen (beken) in natuurgebieden. Dit betekent dat de watergang geen drainerende functie heeft en dat grondwater pas wordt afgevoerd wanneer de grondwaterstand aan maaiveld ligt.	Natuur

De totale hoeveelheden onttrokken grondwater worden samengevat in tabel 6.2. In Noord-Brabant wordt in een gemiddeld jaar 268 miljoen m³/jaar grondwater onttrokken, waarvan het grootste gedeelte (183 miljoen m³/jaar) voor de drinkwatervoorziening. In de omgeving van de provincie Noord-Brabant wordt 216 miljoen m³/jaar grondwater onttrokken. In de scenario's 3 en 4 zijn ook deze debieten gereduceerd.

Tabel 6.2: Onttrokken hoeveelheden in de referentiesituatie (2009-2016) en scenario 3 waarin de onttrekking met 30% wordt gereduceerd. Buiten Noord-Brabant is berekening in beide scenario's niet mee genomen.

Onttrekkingen	Gemiddeld onttrokken debiet per jaar in periode 2009-2016 (miljoen m3/jaar)	
	Referentie	Reductie met 30% (scenario 3)
Binnen Noord-Brabant		
Brabant Water	183	128
Evides	14	10
Industrie	23	16
Berekening	48	34
Totaal Noord-Brabant	268	188
Buiten Noord-Brabant		
Limburg	97	68
Zuid-Holland	4	3
Gelderland	11	8
Vlaanderen	104	72
Totaal Buiten-Noord-Brabant	216	151
Totaal	483	339

6.3 Berekende hydrologische kenmerken

Met het Brabantmodel zijn scenarioberekeningen uitgevoerd voor de gehele provincie. Relevante hydrologische statistieken zijn per type natuurgebied uitgerekend en samengevat in de tabellen 6.3 en 6.4. Dit is gedaan voor de gemiddelde periode 2009-2016 en een droog jaar 2015.

Tabel 6.3: Toelichting op de statistieken voor grondwaterstand en stijghoogten die per natuurtype zijn bepaald

Gemiddelde verandering grondwaterstanden (m)	Uitleg
Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)	Gemiddelde van de 6% dagelijks hoogst berekende grondwaterstanden per jaar en vervolgens gemiddeld over de gehele periode
Gemiddeld Voorjaars Grondwaterstand (GVG)	Gemiddelde grondwaterstand van 31 maart in de jaren 2009 - 2016 (8 metingen)
Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)	Gemiddelde van de 6% dagelijks laagst berekende grondwaterstanden per jaar en vervolgens gemiddeld over de gehele periode
Gemiddeld Hoogste Stijghoogte modellaag 9 (GHS)	Zelfde statistieken als voor de grondwaterstand, maar dan voor de stijghoogte. Modellaag 9 is het eerste zandpakket van Peize Waalre in het Brabantmodel. In het grootste deel van Brabant ligt deze modellaag in het eerste watervoerende pakket, in de Centrale slenk is dit het tweede watervoerende pakket. In de Centrale Slenk is aanvullend ook de GLS in het eerste WVO (f. van Sterksel) berekend.
Gemiddeld Voorjaars Stijghoogte modellaag 9 (GVS)	
Gemiddeld Laagste Stijghoogte modellaag 9 (GLS)	

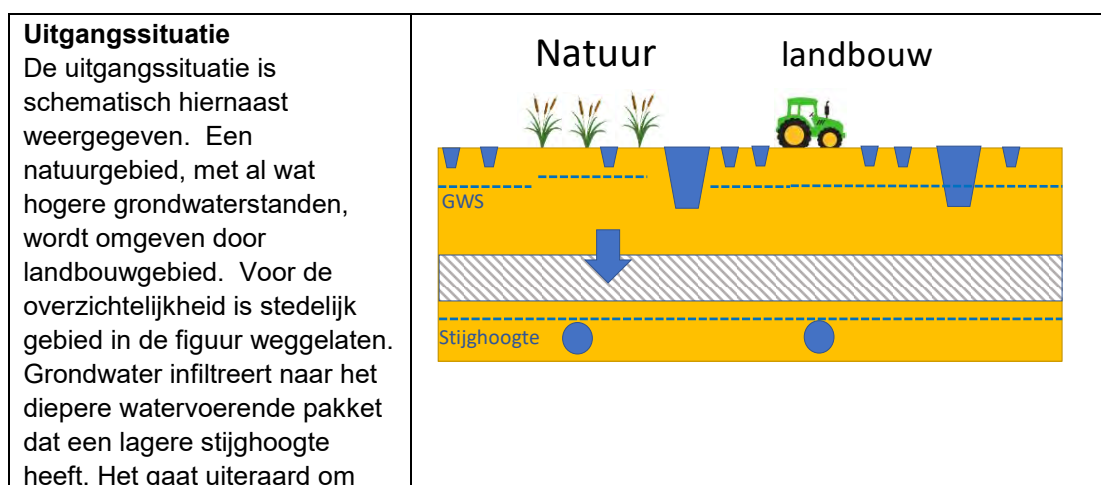
Tabel 6.4 Toelichting op de statistieken voor debieten (afvoer en kwel) die per natuurtype zijn bepaald.

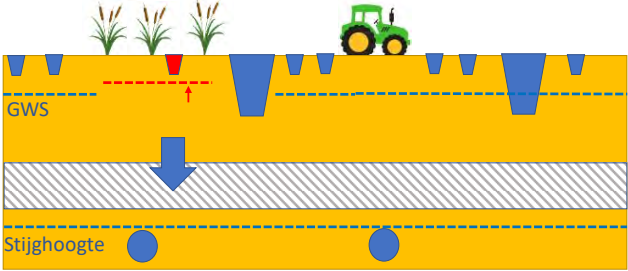
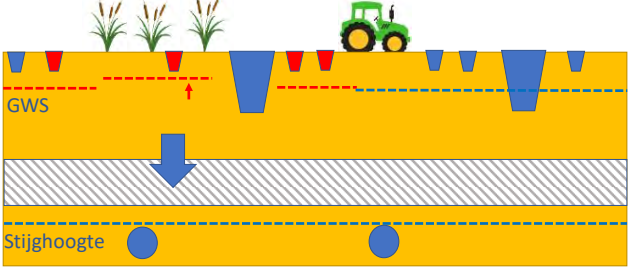
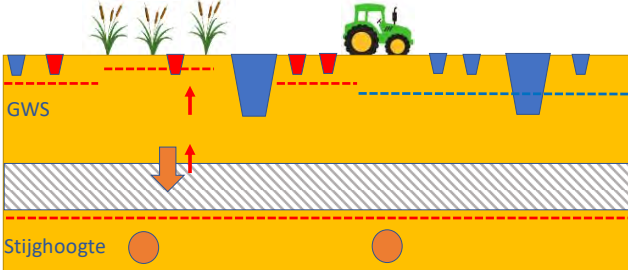
Totale verandering debieten (miljoen m ³ per jaar)	Uitleg
Zomerafvoer secundaire, tertiaire watergangen en maaiveld	Gemiddeld berekende afvoer uit de kleinere waterlopen en over maaiveld in de periode 1 april tot en met 30 september
Winterafvoer secundaire, tertiaire watergangen en maaiveld	Gemiddeld berekende afvoer uit de kleinere waterlopen en over maaiveld in de periode 1 oktober tot en met 30 maart
Zomerafvoer primaire waterlopen	Gemiddeld berekende afvoer uit de grote waterlopen (beken) in de periode 1 april tot en met 30 september
Winterafvoer primaire waterlopen	Gemiddeld berekende afvoer uit de grote waterlopen (beken) in de periode 1 oktober tot en met 30 maart
Totale afvoer zomer	Gemiddeld berekende toestroming naar bovenste bodemlagen in de periode 1 april tot en met 30 september. Water wordt lokaal (ondiepe kwel) en vanuit de diepte (diepe kwel) aangevoerd. Indien de stroming neerwaarts is, is er sprake van infiltratie.
Totale afvoer winter	Gemiddeld berekende toestroming naar bovenste bodemlagen in de periode 1 oktober tot en met 30 maart. Water wordt lokaal (ondiepe kwel) en vanuit de diepte (diepe kwel) aangevoerd. Indien de stroming neerwaarts is, is er sprake van infiltratie.
Kwelflux diep	Hoeveelheid water die verticaal stroomt over de Waalreklei (van modellaag 5 naar modellaag 4). Een negatief getal betekent infiltratie.

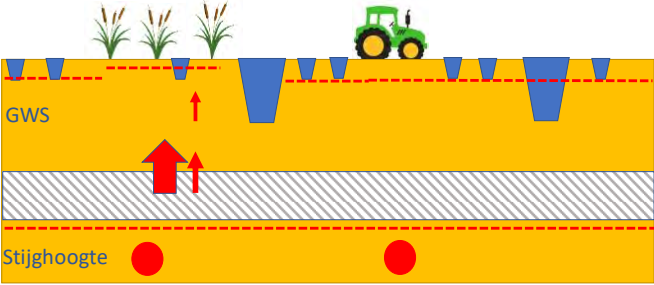
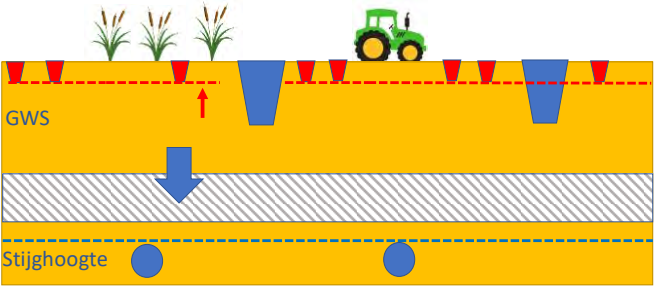
Alle modelresultaten zijn opgenomen in Bijlage C.

6.4 Scenario's op hoofdlijnen

De hoofdlijn van de resultaten uit de berekeningen wordt per scenario hieronder samengevat. De figuren geven schematisch weer hoe het watersysteem wordt veranderd. De grondwaterstand is met stippellijnen weergegeven en de waterfluxen met pijlen. Veranderingen zijn in rood weergegeven.

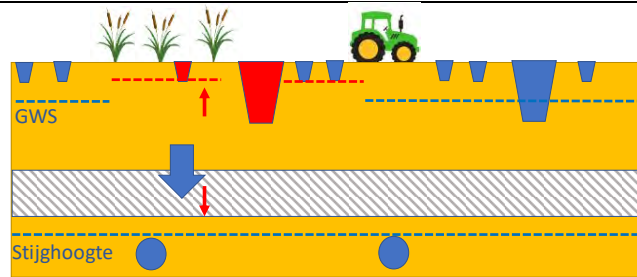


een gemiddelde en sterk geschematiseerde situatie.	
Scenario 1 Buffering in natuurgebieden In dit scenario wordt alle detailontwatering in de natuurgebieden verwijderd. Binnen het natuurgebied kan water dan alleen over maaiveld worden afgevoerd. De peilen van de grote waterlopen zoals de beken blijven onveranderd. Het resultaat is dat de grondwaterstand in de natuurgebieden in de zomer gemiddeld stijgt met 2,4 cm. De stijging is beperkt omdat er in de huidige situatie beperkt water wordt gedraineerd binnen de natuurgebieden. Er wordt nu nog minder water afgevoerd. Alleen de ondiepe kwel neemt toe.	 Gemiddeld effect in de zomer: +2,4 cm grondwaterstand (GLG) 2,8 miljoen m³ grondwater minder afvoer (conservering) - Geen effect op (diepe) kwel
Scenario 2 Buffering in attentiegebieden Nu wordt aanvullend het drainageniveau in de omliggende attentiegebieden met 20 cm verhoogd. Dit zorgt voor een iets verdere toename in grondwaterstand; het effect is echter beperkt (3,7 cm). Ten opzichte van scenario 1 wordt binnen de natuurgebieden minder grondwater vastgehouden, omdat de attentiegebieden ook grondwater vasthouden. Evenals in scenario 1 komt er geen extra grondwater vanuit diepere lagen (diepe kwel).	 Gemiddeld effect in de zomer: +3,7 cm grondwaterstand (GLG) 2,4 miljoen m³ grondwater minder afvoer (conservering) - Geen effect op (diepe) kwel Toelichting uitkomsten <i>Globaal ongeveer hetzelfde als scenario 1. In scenario 2 wordt er wel minder water afgevoerd door greppels en detailontwatering (door lagere GLG) dan scenario 1. De ontwatering wordt overgenomen door primaire waterlopen (de beken).</i>
Scenario 3 Ook reductie winningen In dit scenario wordt extra ten opzichte van scenario 2 de grondwaterwinning met 30% gereduceerd. In dit scenario wordt duidelijk gemaakt wat met een combinatie van maatregelen is te realiseren. Behalve dat de grondwaterstand toeneemt (7,6 cm), neemt ook de diepe kwel	 Gemiddeld effect in de zomer: +7,6 cm grondwaterstand (GLG) 1,8 miljoen m³ meer grondwaterafvoer - Door aanvoer van (diepe) kwel

en daardoor de afvoer in de natuurgebieden toe. In vergelijking met de hoeveelheid water die wordt onttrokken voor landbouw en drinkwater is dit echter een kleine hoeveelheid (1,8 miljoen m³ in het zomerseizoen).	Toelichting <i>Meer grondwaterafvoer betekent ook meer beekafvoer. De grote pijl staat naar beneden gericht omdat netto sprake is van infiltratie, maar deze wordt in dit scenario wel kleiner. Lokaal is er dan wel sprake van meer kwel.</i>
Scenario 4 Geen onttrekkingen Het scenario zonder onttrekkingen laat zien wat de theoretische maximale verhoging in stijghoogte zal zijn als er geen onttrekking meer is (drinkwater, industrie, landbouw). Gemiddeld stijgt de diepe stijghoogte met ruim 150 cm. Daardoor neemt de kwel gemiddeld toe met 0,31 mm/d; in de beekdalen Centrale Slenk met 0,74 mm/d. De afvoer van water in de natuurgebieden neemt ook flink toe, maar daarbuiten in de landbouwgebieden zal het totale effect nog veel groter zijn.	 Gemiddeld effect in de zomer: +10,6 cm grondwaterstand (GLG) 14,4 miljoen m³ meer grondwaterafvoer - Door aanvoer van diepe kwel
Scenario 5 geen detailontwatering Dit is een theoretisch scenario en laat het effect zien van alle detailontwatering in de provincie. Dit zijn de sloten, greppels en drainage-buizen. In tegenstelling tot scenario 1 en 2 wordt nu water afgevoerd uit de natuurgebieden. De omliggende landbouwgebieden met hogere grondwaterstanden zorgen voor dit water. De afvoer neemt toe, de grondwaterstanden stijgen, de stijghoogte nauwelijks en daardoor neemt de infiltratie naar de diepte toe. Dit scenario laat zien in hoeverre de ondiepe grondwaterstand met lokale maatregelen maximaal te verhogen is.	 Gemiddeld effect in de zomer: +10,4 cm grondwaterstand (GLG) 4,7 miljoen m³ meer grondwaterafvoer - Meer infiltratie naar de diepte: minder kwel Toelichting uitkomsten <i>Dit scenario komt overeen met maximaal water conserveren (vasthouden) in de situatie dat de grondwateronttrekking (drinkwater, industrie, beregening) <u>niet</u> is gereduceerd.</i>

Scenario 6 Peilopzet in de beken

Het laatste scenario laat zien wat er mogelijk is door maatregelen binnen het natuurgebied te nemen. Niet alleen de detailontwatering wordt uitgezet, maar ook het beekpeil wordt binnen de grenzen van het natuurgebied zo ver opgezet dat geen water meer wordt afgevoerd. In werkelijkheid is dit niet te realiseren zonder ook maatregelen in de omgeving te nemen. Dit geeft een grote verhoging in grondwaterstand (bijna 20cm). Drainage vindt niet meer plaats in de natuurgebieden. De afvoer neemt sterk af.



Gemiddeld effect in de zomer:

- +19,7 cm grondwaterstand (GLG)
- 31,5 miljoen m³ minder grondwaterafvoer
- Infiltratie naar diepte neemt toe

6.5 Scenario's en getallen

In deze paragraaf wordt samengevat wat de hydrologische effecten zijn voor grondwaterstand, stijghoogte, oppervlaktewaterafvoer en kwel per type gebied.

Tabel 6.5: Samenvatting van de gemiddelde verandering in grondwaterstand, stijghoogte en grondwaterafvoer naar het oppervlaktewater in de periode 2009 – 2016 voor de zes doorgerekende scenario's

parameter	Referentie	Sc 1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	Sc6
Grondwaterstanden (m NAP)							
GHG	11.76	0.09	0.13	0.16	0.08	0.25	0.28
GVG	11.59	0.08	0.11	0.14	0.07	0.25	0.30
GLG	11.03	0.02	0.04	0.08	0.11	0.10	0.20
GHS	11.14	0.04	0.06	0.46	1.33	0.22	0.14
GVS	11.02	0.03	0.05	0.47	1.36	0.23	0.14
GLS	10.34	0.02	0.03	0.51	1.56	0.12	0.12
Afvoer zomer (Mm³/zomerhalfjaar)							
Greppels, buisdrainage en maaiveld	22.98	-10.29	-13.23	-12.33	5.93	-15.87	4.95
Primaire waterlopen (beken)	54.88	7.52	10.80	14.12	8.54	20.56	-36.44
Totale afvoer	77.85	-2.77	-2.43	1.79	14.47	4.69	-31.49
Afvoer winter (Mm³/winterhalfjaar)							
Greppels, buisdrainage en maaiveld	78.26	-29.10	-36.14	-33.33	12.82	-42.59	18.38
Primaire waterlopen (beken)	93.24	14.31	19.57	23.37	9.27	33.52	-56.63
Totale afvoer	171.50	-14.79	-16.57	-9.97	22.09	-9.07	-38.25
Afvoer zomer (mm/d)							
Greppels, buisdrainage en maaiveld	0.22	-0.10	-0.13	-0.12	0.06	-0.15	0.05
Primaire waterlopen (beken)	0.52	0.07	0.10	0.13	0.08	0.20	-0.35
Totale afvoer	0.74	-0.03	-0.02	0.02	0.14	0.04	-0.30
Afvoer winter (mm/d)							
Greppels, buisdrainage en maaiveld	0.74	-0.28	-0.34	-0.32	0.12	-0.40	0.17
Primaire waterlopen (beken)	0.88	0.14	0.19	0.22	0.09	0.32	-0.54
Totale afvoer	1.63	1.49	1.47	1.53	1.84	1.54	1.26
Kwelflux diep							
Gemiddelde diepe kwel (mm/d)	0.16	0.13	0.12	0.16	0.31	0.16	0.03
Gemiddelde diepe kwel (Mm3/jaar)	17.36	-4.09	-4.63	-0.17	15.18	-0.32	-13.84

De scenario's worden in getallen samengevat in tabel 6.5. De scenario's laten samengevat zien dat:

- er met alleen lokale maatregelen in de waterhuishouding van de natuurgebieden de grondwaterstand enkele centimeters (gemiddeld 2,4 cm) verhoogd kan worden (scenario 1) en dat de verhoging in grondwaterstand ten koste gaat van minder afvoer van grondwater uit natuurgebieden;
- in combinatie met attentiegebieden de grondwaterstand iets meer (gemiddeld 3,7 cm) kan worden verhoogd (scenario 2);
- maar met een combinatie van lokale maatregelen (scenario 1 en 2) plus het verminderen van onttrekking (scenario 3) meer water naar de natuurgebieden wordt aangevoerd vanuit diepere lagen. Dit zorgt voor meer basisafvoer naar de beken;
- de hoeveelheid extra kwel uit de diepte theoretisch gemiddeld maximaal verhoogd kan worden met 0,31 mm/d. Om gemiddeld 0,31 mm/d extra kwel te krijgen moeten alle onttrekkingen gestopt worden (scenario 4). De ontwateringsmiddelen zijn nog aanwezig in scenario 4, waardoor ook veel van het toestromende kwelwater zal worden afgevoerd.

- door de drainagebasis over het gehele oppervlakte te verhogen wel meer afvoer ontstaat binnen de natuurgebieden (scenario 5). Dit grondwater komt echter van geringe diepte;
- de grondwaterstand maximaal binnen natuurgebieden kan worden verhoogd door ook het beekpeil te verhogen (scenario 6). Dit zorgt echter voor aanzienlijk minder kwel uit de diepte.
- door reductie winningen de GLG in infiltratiegebieden significant toeneemt en ook de GLG in West-Brabantse beekdalen ca. 10 cm toeneemt.

Per type gebied zijn er verschillen, die hieronder worden toegelicht.

6.5.1 Grondwaterstand en stijghoogte

Uit onze inventarisaties en gesprekken met deskundigen bleek ook dat de zomer grondwatersituatie zichtbaar een groot negatief effect op de grondwaterafhankelijke natuur bleek te hebben. En omdat de (zomerse) Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) samenhangt met de Gemiddeld Laagste Stijghoogte (GLS) zijn deze kentallen in deze studie als uitgangspunt gebruikt voor het bepalen van de ruimtelijke watervraag om het “doelgat” te dichten (de waterwens te realiseren).

De effecten van de scenarioberekeningen op de op de GLG per type natuurgebied zijn samengevat in 6.6. Globaal wordt het van scenario 1 naar 6 steeds natter. Maar per type natuurgebied zijn er wel verschillen te zien. De beekdalen in West-Brabant en Centrale Slenk worden sterk gedraineerd door de beken en zullen een relatief hogere GLG krijgen wanneer het waterpeil wordt opgezet (scenario 6). De infiltratiegebieden en leembossen zijn juist meer afhankelijk van het verhogen van de stijghoogte door het verminderen van onttrekkingen (scenario 3 en 4). Daardoor lekt minder water uit de gebieden weg.

Tabel 6.6: Effect op de GLG (in cm) per type natuurgebied per scenario voor een gemiddeld hydrologisch jaar. Hoe blauwer hoe meer effect.

	Referentie GLG						
	Referentie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
	m NAP	Verandering in centimeter					
Beekdalen Centrale Slenk	17,08	2,6	4,3	7,6	8,6	10,3	24,5
Beekdalen West-Brabant	6,06	2,0	3,5	7,5	10,7	8,7	37,3
Infiltratiegebieden Centrale Slenk	18,79	2,4	4,1	9,0	13,8	11,8	16,0
Infiltratiegebieden West-Brabant	9,82	2,2	3,3	9,6	17,1	8,9	21,1
Kreken West-Brabant	-1,35	1,8	2,4	5,0	6,2	6,4	10,0
Leembossen Centrale Slenk	6,99	1,2	2,2	5,0	8,0	5,9	11,6
Leembossen West-Brabant	2,21	4,1	5,1	13,0	20,8	8,4	22,4
Naad met diepe kwel Centrale Slenk	1,69	2,9	3,8	5,3	4,1	6,3	16,6
Naad met diepe kwel West Brabant	-0,97	2,9	4,0	5,0	2,8	7,2	13,6
Peelhorst	19,53	3,4	4,7	6,7	5,9	9,9	13,7

De effecten op de stijghoogte in de zomer (GLS) zijn per type natuurgebied samengevat in tabel 6.7. In scenario 3 en 4 wordt de onttrekking verminderd waardoor de stijghoogte in de Centrale Slenk, onder de Waalre Klei, wel meters hoger kan worden. De stijghoogte in het bovenliggende watervoerende pakket (Sterksel, dit pakket is tientallen meters tot meer dan 100 meter dik) laat dan echter slechts een geringe toename in stijghoogte zien. De meeste onttrekkingen zitten in de Centrale Slenk in de diepe watervoerende pakketten onder de zeer slecht doorlatende Waalre Klei.

Het krekengebied in West-Brabant ligt ver weg van de onttrekkingen; hier is nauwelijks een effect merkbaar in stijghoogteverandering. Ook de invloed van hoofdwatervlopen is zichtbaar; de grotere watervlopen trekken minder diepe kwel weg waardoor de stijging van GLS in scenario 6 groter is dan in scenario 1.

De bevindingen van deze GLS analyse kunnen als volgt worden samengevat:

- 1) Vermindering van grondwaterwinning heeft een heel grote invloed op de GLS onder de Waalre Klei in de Centrale Slenk, maar een relatief geringe verhoging van de GLS in het bovenliggende Sterksel pakket in de Centrale Slenk.
- 2) In dit Sterksel pakket van de Centrale Slenk heeft het drainage systeem een grotere invloed op de GLS, waarbij grondwateronttrekking voor beregening uit dit pakket ook een rol speelt.
- 3) In West-Brabant heeft de grondwateronttrekking op de GLS onder de beekdalen en de Naad een ongeveer vier zo grotere invloed op de GLS dan het drainagesysteem.

Tabel 6.7: Effect op de GLS (in meters) per type natuurgebied per scenario in een gemiddeld hydrologisch jaar. Hoe blauwer hoe meer effect

			Referentie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Natuurtype	Gebied	Formatie	m NAP	Verandering in meter					
Beekdalen	Centrale Slenk	Sterksel	17,23	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
Beekdalen	Centrale Slenk	Peize Waalre	16,25	0,0	0,0	0,7	2,1	0,1	0,1
Beekdalen	West-Brabant	Peize Waalre	6,05	0,0	0,0	0,3	0,8	0,1	0,2
Infiltratiegebieden	Centrale Slenk	Sterksel	18,78	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2
Infiltratiegebieden	Centrale Slenk	Peize Waalre	17,96	0,0	0,0	0,5	1,4	0,1	0,1
Infiltratiegebieden	West-Brabant	Peize Waalre	6,80	0,0	0,0	0,5	1,6	0,2	0,1
Infiltratiegebieden	Peelhorst	Peize Waalre/Beegden	19,37	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1
Kreken	West-Brabant	Peize Waalre	-0,95	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
Leembossen	Centrale Slenk	Sterksel	7,10	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Leembossen	Centrale Slenk	Peize Waalre	3,97	0,0	0,0	1,6	5,3	0,1	0,1
Leembossen	West-Brabant	Peize Waalre	2,40	0,0	0,0	0,2	0,5	0,1	0,2
Naad met diepe kwel	Centrale Slenk	Sterksel	1,88	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Naad met diepe kwel	Centrale Slenk	Peize Waalre	1,23	0,0	0,0	0,9	3,0	0,1	0,1
Naad met diepe kwel	West-Brabant	Peize Waalre	-0,58	0,0	0,0	0,1	0,4	0,1	0,1

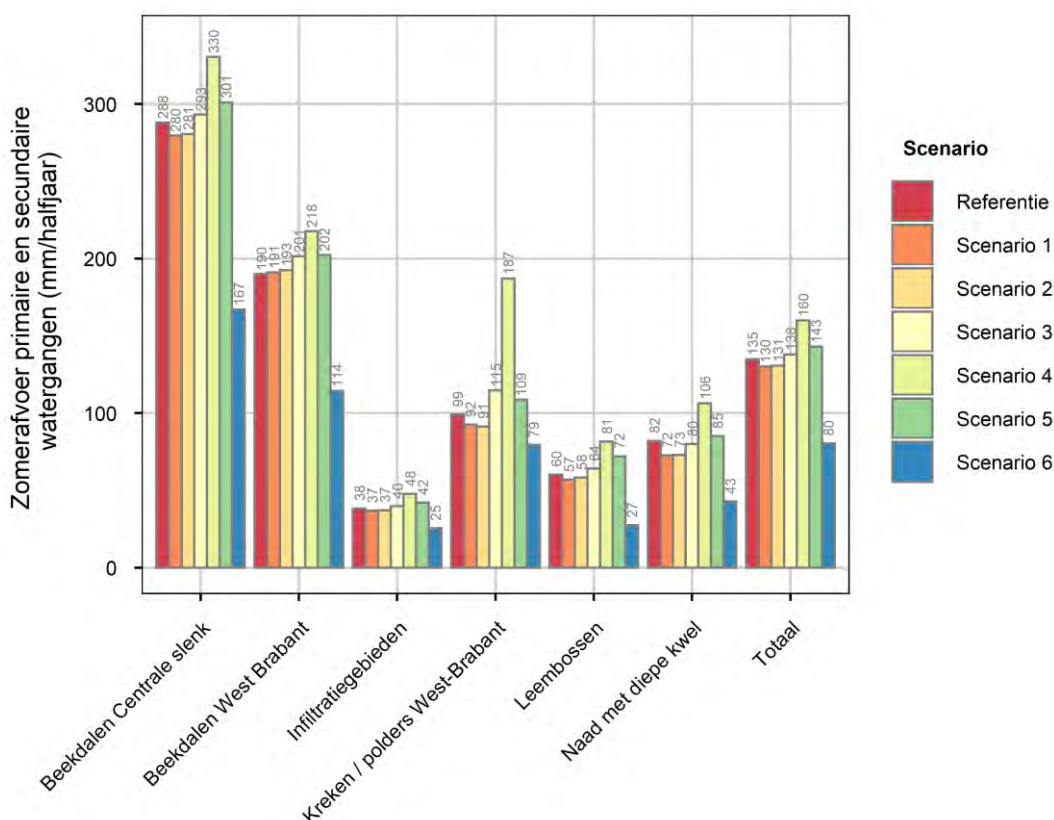
6.5.2 Afvoer en kwel

Door het dempen van watergangen of het beperken van onttrekkingen veranderen de waterstromen in het natuurgebied. We hebben in de tabellen onderscheid gemaakt in:

- de hoeveelheid water die wordt afgevoerd door de detailontwatering (sloten, greppels, maaiveld, drains);
- de hoeveelheid water die wordt afgevoerd door de primaire waterlopen. Dit zijn de grote waterlopen zoals de beken;
- de hoeveelheid water die vanuit diepere lagen naar boven stroomt (diepe kwel).

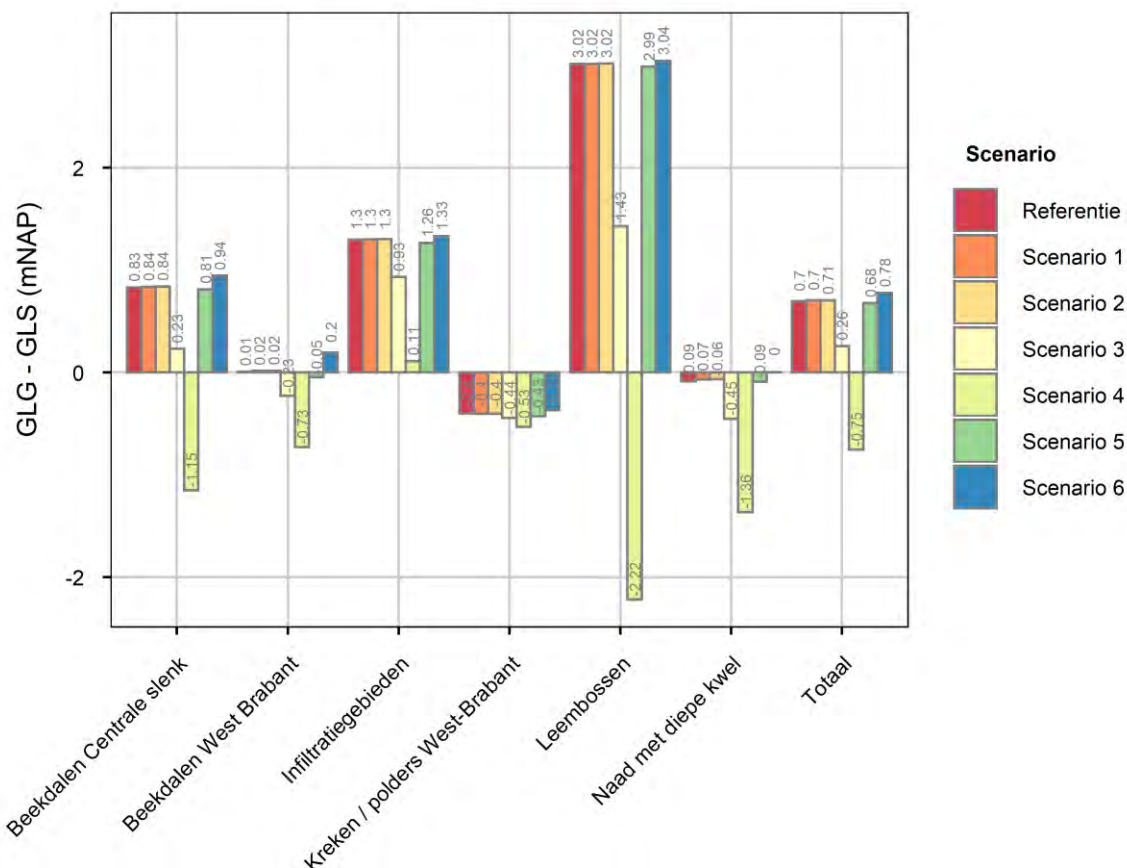
Voor alle scenario's geldt dat de waterbalans sluitend is. De hoeveelheid water die meer wordt afgevoerd door het oppervlaktewater is grotendeels afkomstig van extra toestroming uit de omgeving en de diepte. De verandering in verdamping is beperkt. De hoeveelheid extra afgevoerd water door het natuurgebied kan dus gezien worden als een vergroting van de kwel die bestaat uit ondiepe kwel (uit de directe omgeving en uit ondiepere lagen) en diepe kwel (verticaal uit diepere lagen).

De totale afvoer van grondwater door het oppervlaktewatersysteem binnen de natuurgebieden is weergegeven in figuur 6.2. Te zien is dat beekdalen van nature veel meer grondwater afvoeren dan de infiltratiegebieden. Alleen met lokale maatregelen in de waterhuishouding (scenario 1 en 2) neemt de hoeveelheid afgevoerd water in de natuurgebieden af. Met deze maatregelen moeten de natuurgebieden 'zelf' voor hun extra water zorgen. Pas als de onttrekkingen worden gereduceerd neemt de totale afvoer toe, echter deze toename is gering. Er treedt wel een grote verschuiving op in type afvoer (niet zichtbaar in figuur 6.2): de afwatering door slootjes en greppels neemt af, maar wordt grotendeels overgenomen door de grote beken. De kreken in West-Brabant profiteren relatief het meest bij een reductie van de winningen (scenario 3 en 4). De stijghoogte neemt nauwelijks toe, maar omdat hier minder dikke kleilagen aanwezig zijn, neemt de afvoer wel significant toe.



Figuur 6.2 Berekende afvoer door het oppervlaktewater in het zomerhalfjaar (in mm/halfjaar) binnen natuurgebieden onverdeeld naar type natuurgebied en scenario.

De hoeveelheid diepe kwel wordt bepaald door verschil tussen grondwaterstand en stijghoogte in combinatie met de weerstand van de tussenliggende kleilagen. Het verschil in GLG en GLS is weergegeven in figuur 6.3. Te zien is dat in de huidige zomer gemiddeld sprake is van een infiltratiesituatie in de beekdalen Centrale Slenk, infiltratiegebieden en leembossen. Alleen in het krekengebied in West-Brabant is duidelijk sprake van een kwelsituatie in de zomer. Door winningen te reduceren (scenario 3) of geheel te stoppen (scenario 4) neemt de infiltratie af en slaat soms om in kwel.



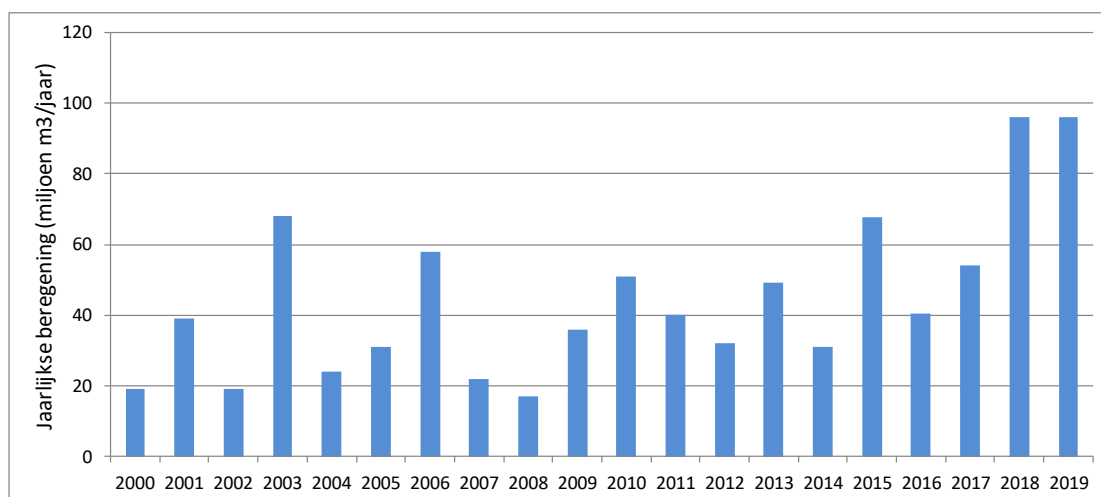
Figuur 6.3 Berekende verschil tussen de gemiddelde GLG en GLS (stijghoogte onder de Waalreklei) in de natuurgebieden onverdeeld naar type natuurgebied en scenario.

6.5.3 Gevoeligheid voor droogte

Bovenstaande analyse geldt voor een gemiddelde zomer (periode 2009-2016). De waterbeschikbaarheid zal per zomer aanzienlijk kunnen verschillen. Het neerslagtekort (verschil tussen neerslag en potentiële verdamping) loopt vanaf 1 april in een gemiddelde zomer op tot ruim 100 mm. In een droge zomer zoals in 2015 of in 2019 neemt het tekort toe tot 200 mm; in een extreem droge zomer zoals in 2018 tot wel 300 mm. Een extra neerslagtekort van 100 mm betekent direct voor de natuurgebieden bijna 37 miljoen m³ minder water beschikbaar. Dit is de helft van de hoeveelheid water die in een gemiddelde zomer wordt afgevoerd door de natuurgebieden. **In een extreem droge zomer van 2018 is het extra neerslagtekort ongeveer gelijk aan de totale zomerafvoer. Dit laat zien dat het weers- of klimaateffect bijzonder groot is. Met water conserverende maatregelen is dit effect niet te compenseren.** Het effect van water conserverende maatregelen (scenario 1 en 2) in een droge zomer is kleiner. De grondwaterstand kan nog maar nauwelijks beïnvloed worden, terwijl de afvoer door slootjes en greppels nog verder afneemt. De meest

klimaatbestendige maatregel is het verhogen van de grondwaterkwel door het verminderen van de onttrekkingen. In dit geval kan de grondwaterstand in gelijke mate gecompenseerd worden als in een normale zomer (scenario 4).

In de scenario's is uitgegaan van een gemiddeld hydrologisch jaar (periode 2009 tot en met 2016). De hoeveelheid geregistreerde beregening in deze periode bedroeg gemiddeld 43 miljoen m³/jaar. De door het grondwatermodel bepaalde hoeveelheid is 48 miljoen m³/jaar. De berekeningen voor een gemiddeld hydrologisch jaar zijn gebaseerd op deze hoeveelheid. In de periode 2009 – 2016 hebben we het jaar 2015 als voorbeeld van een droog jaar gebruikt. In deze zomer werd een beregeningshoeveelheid van 68 miljoen kubieke meter grondwater geregistreerd. Echter de zomers van 2018 en 2019 waren aanzienlijk droger met een beregeningshoeveelheid van 96 miljoen m³/jaar. De effecten op de waterbalans en grondwaterstanden zijn in zo'n periode groot. Het neerslagtekort is groot en daar bovenop wordt extra veel grondwater onttrokken. Onttrekking voor beregening vindt uit verschillende lagen plaats; in West-Brabant op uit het eerste watervoerende pakket (onder de slecht doorlatende Waalre klei) en in de Centrale Slenk op ongeveer dezelfde diepte uit de Sterksel zanden, welke niet wordt afgedekt door een heel slecht doorlatend pakket. Beregening uit de Sterksel zanden kan daarom in een droog jaar een relatief groot effect hebben op de grondwaterstanden en beekafvoer.



Figuur 6.4: Geregistreerde hoeveelheden grondwater door beregening door de provincie Noord-Brabant en de waterschappen. Voor Brabantse Delta ontbrak de registratie in 2019 en deze is door ons geschat.

6.6 Watervraag natuur

De watervraag voor natuur bestaat uit verschillende onderdelen:

1. Permanent meer water in de bodem (door een hogere grondwaterstand)
2. Meer aanvoer van kwelwater (door een hogere stijghoogte)
3. Meer basisafvoer in de beken (door een combinatie van beide)

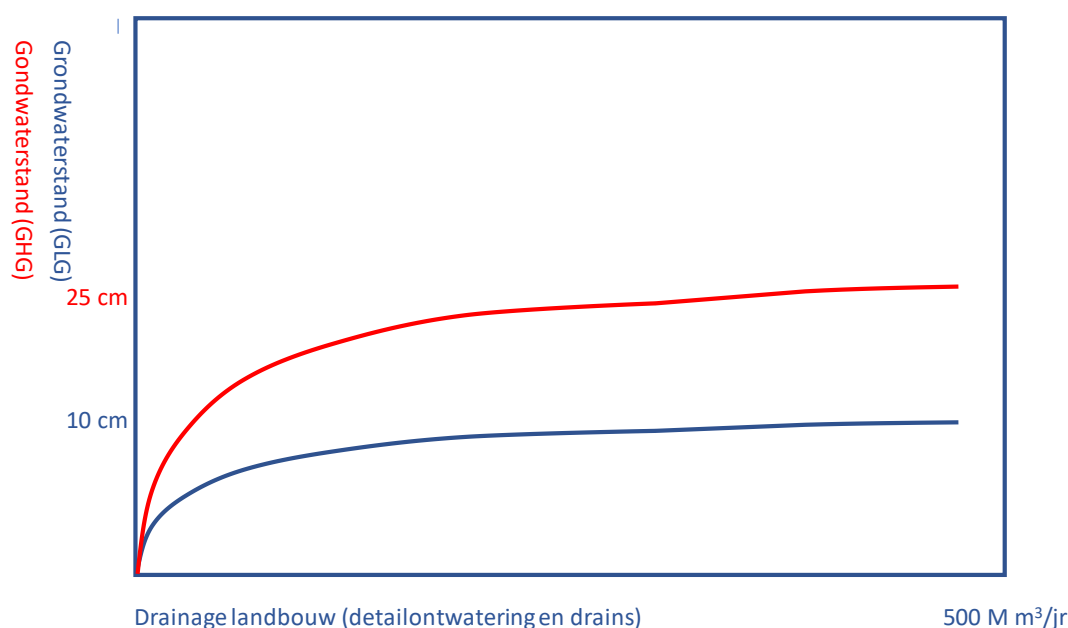
Door de grondwaterstand te verhogen wordt meer water in natuurgebied vastgehouden. Hiermee wordt de voorraad water in de bodem eenmalig verhoogd. De hoeveelheid extra grondwater kan benaderd worden door vermenigvuldiging van de verhoging in grondwaterstand, de freatische bergingscoëfficiënt en het oppervlak van de natuurgebieden.

Als er alleen maatregelen binnen de natuurgebieden worden genomen (scenario 1) dan stijgt de grondwaterstand gemiddeld 2,4 cm in de zomer en tot 9,2 in de winter. Dit komt overeen met 3 tot 10 miljoen m³ grondwater. Dit wordt bereikt door (elk jaar) minder water af te voeren uit deze natuurgebieden; 3 miljoen m³ minder in de zomer en 15 miljoen m³ minder in de

winter. De natuurgebieden verliezen extra water door meer verdamping en wegstroming naar de diepte en de omgeving. In de winter zijn de effecten van waterconservering groter omdat er meer water beschikbaar is dat kan worden vastgehouden. Bij beekpeilverhoging langs het natuurgebied kan 22 miljoen m³ in natuur worden vastgehouden (scenario 6 is maatregel buiten natuurgebied, de beek).

Door de maatregelen in een steeds groter gebied om de natuurgebieden heen te nemen zal de grondwaterstand steeds verder kunnen stijgen. Echter de hoeveelheid water die hiervoor nodig is (in de vorm van verminderde drainage door sloten en greppels) wordt steeds groter. Dit is schematisch weergegeven in figuur 6.5, waarbij de hoeveelheid van 500 miljoen m³/jaar ongeveer de totale hoeveelheid gedraineerd water is door sloten en greppels in Noord-Brabant (natuur en landbouwgebied). Overigens wordt nog 1000 miljoen m³/jaar gedraineerd door de grote beken en rivieren.

In het meest vergaande scenario 6 stijgt de grondwaterstand in de natuurgebieden met ongeveer 20 cm. Dit komt overeen met een watervolume van 22 miljoen m³ water (in een gebied van circa 37.000 ha).



Figuur 6.5 Relatie tussen te bereiken verhoging in grondwaterstand GLG, GHG) en de vermindering in drainage door sloten en greppels.

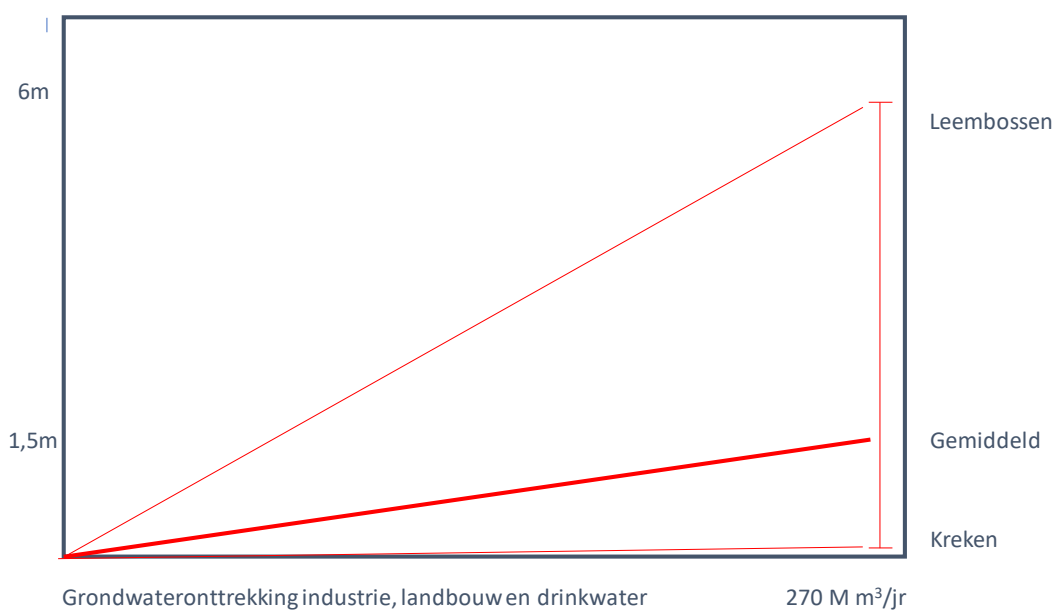
De stijghoogte kan verhoogd worden door minder grondwater te onttrekken. Gemiddeld kan de diepe stijghoogte in Noord-Brabant maximaal met 1,5 meter worden verhoogd. In de watervoerende lagen van de Centrale Slenk boven de Waalreklei is de verhoging in stijghoogte beperkt tot ongeveer 13 cm (tabel 6.8). De verhoging in stijghoogte blijft beperkt omdat de weerstand van de onderliggende Waalreklei hoog is en de weerstand van de bovenliggende leemlagen relatief laag is. De hoeveelheid water die omhoog kan stromen is wel aanzienlijk groter ('de diepe kwel').

Voor een maximaal effect in stijghoogteverhoging zouden alle onttrekkingen in de provincie en het omliggende gebied zoals Vlaanderen gestopt moeten worden. Binnen Noord-Brabant gaat het om ongeveer 270 miljoen m³/jaar. De verhoging in stijghoogte heeft ongeveer een lineaire functie met het totaal onttrokken debiet; dit is weergegeven in figuur 6.6. Aan de rechterkant van de figuur is het maximale effect weergegeven (270 miljoen m³/jaar). Het maakt wel een groot verschil waar men zit in de provincie. In de Centrale Slenk is de

stijghoogte het meeste te verhogen: in de beekdalen met 2 meter en in de leembossen met 6 meter. Het krekengebied wordt weinig beïnvloed door winningen en hier is nauwelijks een verhoging in stijghoogte te bereiken.

Tabel 6.8: maximaal te realiseren verhoging in stijghoogte door het stoppen van alle grondwateronttrekkingen onder en boven de Waalreklei (in meters)

	Gemiddelde verhoging in stijghoogte onder Waalreklei	Gemiddelde verhoging in stijghoogte boven Waalreklei
Beekdalen Centrale Slenk	2,07	0,12
Beekdalen West-Brabant	0,84	0,12
Infiltratiegebieden	1,32	0,15
Kreken West-Brabant	0,19	0,12
Leembossen	5,31	0,11
Naad met diepe kwel	1,31	0,06
Totaal	1,56	0,13



Figuur 6.6 Relatie tussen verhoging van de stijghoogte in de zomer (GLS) tot de reductie in onttrekkingsdebiet in Noord-Brabant

7 Eindconclusies ten aanzien van de watervraag

7.1 De watervraag Natuur

7.1.1 Geschatte waterwensen

Uit de analyse van de pilotgebieden (inclusief input van enkele veldexperts) blijkt dat vooral de zomer grondwatersituatie het belangrijkste knelpunt vormt. Daarom hebben wij ons gericht op de “stijgings-watervraag” voor Gemiddeld Laagste Stijghoogte (GLS) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en deze generaliseerd voor onze belangrijkste geomorfologische natuurtypen (tabel 6.1).

Tabel 7.1: Gewenste stijging freatische grondwaterstand (GLG) en stijghoogte (GLS).

gebiedstype	Oppervlak (ha)	Gewenste stijging GLS (cm)	Gewenste stijging GLG (cm)
Beekdalen Centrale Slenk	9782	50 (Sterksel)	50-80
Beekdalen West-Brabant	1403	50	60
Kwelafhankelijke Leembossen	3267	50-80	40
Naad met diepe kwel	3531	40	40
Vochtige heide, hoogveen	15233	50	50

In onderstaande tabel 7.2 zijn voor de beekdalen en infiltratiegebieden de resultaten van de scenario berekeningen 3 t/m 6 samengevat, inclusief het oppervlakte van de deelgebieden en de grondwaterwinning gedurende een gemiddeld jaar. Deze vormen het uitgangspunt bij het bepalen van de watervraag.

Tabel 7.2: Berekende stijging freatische grondwaterstand (GLG) en stijghoogte (GLS) in centimeters voor beekdalen en infiltratiegebieden (Centrale Slenk etc.= Centrale Slenk + Peelhorst + Kempisch Plateau).bij scenario's 3 t/m 6. (De totale onttrekking is inclusief berekening).

GLG/GLS (in cm)	Oppervlak (km ²)	Totale onttrekking Gem. jaar (Mm ³ /jaar)	30% minder Grondwater onttrekking (scen.3)		100% minder Grondwater onttrekking (scen.4)		Geen detail Ontwatering (scen.5)		Peilopzet Beken (scen.6)	
			GLG	GLS	GLG	GLS	GLG	GLS	GLG	GLS
West-Brabant (beekdal)	759	69	8	30	11	80	9	10	37	20
West-Brabant (infiltratie)			10	50	17	160	9	20	21	10
Centrale Slenk etc. (Sterksel) (beekdal)	2893	43 (WVP 1, Sterksel)	7	10	9	10	10	10	25	20
Centrale Slenk etc. (Sterksel) (Infiltratie)			9	10	14	20	12	10	16	20

7.1.2 Bepaling watervraag met behulp van GLS analyse

Op basis van de modeluitkomsten (zie o.a. tabel 7.2), gebruik makend van de bepaalde gebiedspecifieke waterwensen uit tabel 7.1 kunnen de volgende waterposten (de ruimtelijke watervraag natuur om de verdroging op te heffen) worden beredeneerd.

De waterwens (directe watervraag natuur), om de GLS en GLG te verhogen, kan afhankelijk van het gebied op verschillende manieren worden ingevuld:

1. Door de grondwaterwinning structureel te verlagen,
2. Door de freatische grondwaterstand in het landelijk gebied structureel enkele decimeters te verhogen door een herontwerp van het ontwateringssysteem (incl. beken),
3. Door een combinatie van 1 & 2.

Als de oplossing alleen in een structurele vermindering grondwaterwinning wordt gezocht kan deze (ruimtelijke) watervraag relatief eenvoudig in Mm³/jaar worden uitgedrukt. Als de watervraag (deels) gezocht wordt in aanpassing ontwateringssysteem, waarbij de GLG zal stijgen, is de kwantificering iets minder eenvoudig. Bijvoorbeeld: als door de aanpassing van het ontwateringssysteem de GLG met 10 cm toeneemt, zal deze verhoging gemiddeld over de provincie vermindert doorwerken op de (gewenste) GLS verhoging.

Door de gewenste GLG-verhoging (waarbij rekening is gehouden met doorwerking naar stijghoogte) te vermenigvuldigen met het oppervlak en de porositeit (bijvoorbeeld 0,3%) kan het volume van de nieuw te creëren extra watervoorraad worden berekend.

Deze watervraag kan na aanpassing van het watersysteem in korte tijd (1-3 jaren) worden ingevuld. De watervraag uit vermindering grondwateronttrekking vraagt om een continue reductie van de winning.

De gewenste 50 cm stijging van de GLS onder beekdalen en het leembos (Ulvenhoutse Bos) in West-Brabant kan worden gerealiseerd door ca. 60 % minder te onttrekken in West-Brabant (uitgaande van een totale grondwateronttrekking van 69 miljoen m³/jaar (eerdere

draagkrachtstudie, Verhagen e.a., 2018) is dat ca. 42 miljoen m³/jaar minder). Immers, bij scenario 3 (o.a. 30% minder onttrekken) en scenario 4 (stopzetting grondwateronttrekking) neemt de stijghoogte respectievelijk 30cm en 80 cm toe.

De watervraag voor natuur in West-Brabant om de GLS te herstellen is echter meer dan 42 miljoen m³/jaar, omdat de stijghoogte ook beïnvloed wordt door de aangrenzende Centrale Slenk (incl. Kempisch Plateau) en daar de stijghoogte ook moet toenemen. Hierbij zal ook worden voldaan aan de GLS wensen voor natte heide en de naad in West-Brabant.

Aanpassing van de detailontwatering in West-Brabant levert een veel kleinere mogelijkheid om de GLS te verhogen. Zelfs als alle detailontwatering verwijderd wordt, wordt de GLS in beekdalen slechts 10 cm verhoogd. Daarom, zal het realiseren van de GLS wens in West-Brabant altijd een grote vermindering van de grondwateronttrekking vragen. Echter, bij een combinatie van beekpeil opzet, en vermindering drainage hoeft de grondwateronttrekking minder af te nemen (ca. 25-30 Mm³/jaar). Hierbij dient 10 cm GLS verhoging uit vermindering drainage te komen: $759 \text{ km}^2 \times 0,3 \text{ (porositeit)} \times 10 \text{ cm} \times 100/62 = 37 \text{ miljoen m}^3/\text{jaar}$.

In de Centrale Slenk is het moeilijker om deze watervraag te bepalen. In de draagkracht studie is aangetoond dat de opwaartse kwelstroming door de Waalreklei bijna overal is weggefallen binnen de Centrale Slenk. Wanneer er geen grondwateronttrekking plaatsvindt, dan wordt deze opwaartse stroming weer op veel plaatsen in Noord-Brabant hersteld. In deze studie is uitgerekend dat in de natuurgebieden in de beekdalen van de Centrale Slenk de grondwaterstand gemiddeld 83 cm hoger ligt dan de stijghoogte onder de Waalre Klei (infiltratie situatie). Zonder winningen zal dat omslaan in een gemiddelde 115 centimeter hogere stijghoogte dan grondwaterstand. Als de winningen gehalveerd worden dan is, op basis van de modelberekeningen, de stijghoogte gemiddeld 16 cm hoger dan de freatische grondwaterstand (kwel). Een halvering van de winningen in de Centrale Slenk (drinkwater, industrie en beregening) is voor een gemiddeld jaar ongeveer 58 miljoen m³ /jaar. Het blijft een (open) vraag welk effect het herstel van “extra diepe kwel” in de Centrale Slenk op de natuur heeft. Herstel van deze “extra diepe stijghoogte” zal mogelijk ook het risico op verzilting van dit watervoerende pakket terugdringen.

De stijghoogte in het Sterksel-pakket in de Centrale Slenk, Kempisch Plateau en de Peelhorst wordt weinig beïnvloed door de diepe winningen onder het Waalre-kleipakket. De GLS-wens van 50 cm stijging in de Formatie van Sterksel (WVP 1) in de Centrale Slenk is niet te realiseren via reductie van diepe grondwaterwinningen. Het effect op de stijghoogte is hiervoor te beperkt. Beregening uit de Formatie van Sterksel kan (lokaal) wel een groot effect hebben op stijghoogte en grondwaterstand. Deze beregeningsonttrekking in dit gebied bedraagt in een gemiddeld jaar ca. 30 miljoen m³ /jaar maar kan in een erg droog jaar stijgen tot ca. 80 miljoen m³ /jaar. Deze hoeveelheden zijn geschat op basis van het percentage oppervlakte van dit gebied (80% van gehele zandgebied) en de bekende beregeningsonttrekkingen voor het gehele zandgebied (40M en 100 M m³ /jaar, voor gemiddeld of droog jaar). Uit de berekeningen (geen droog jaar) bleek dat stopzetting van de grondwaterwinning in dit gebied tot een GLS verhoging van 10-20 cm kan leiden.

Een structurele verhoging van deze stijghoogte in het Sterksel pakket is alleen mogelijk als ook zeer ingrijpende maatregelen worden genomen in het oppervlaktewaterstelsel (peilverhoging van de waterlopen, beken, verhoging bodems waterlopen, vermindering detailontwatering). Deze ingrepen gaan verder dan met de scenario's in dit rapport berekend zijn. .

Echter, in scenario 6 is de beekdrainage binnen de natuurgebieden helemaal uitgezet. In de beekdalen Centrale Slenk neemt de GLS dan toe met 21 cm. De afvoer door drainage neemt dan netto (kleine en grote waterlopen) af met ruim 80 miljoen m³. We hebben een ongeveer 2,5 keer zo groot effect nodig. En dus ook meer gebied waar de stijghoogte kan toenemen: 200 miljoen m³, echter de effectiviteit neemt af omdat we verder van de natuurgebieden komen. Grof geschat is eerder 250 miljoen m³ aan structurele waterconservering nodig,

alleen voor GLS verhoging in Sterksel in Centrale Slenk, Kempisch Plateau en Peelhorst. Dus los gezien van het effect van de winningen.

De totale watervraag natuur is enkele honderden miljoenen m³/jaar (ca. 350 miljoen m³/jaar, zie tabel 7.2). Deze bestaat dus uit een combinatie van verhoging van de freatische grondwaterstand door minder ondiep water via het ontwateringssysteem af te voeren, en door vermindering van de grondwateronttrekking (drinkwater, industrie, beregening tezamen).

7.2 Het grondwatergebruik versus grondwatervraag

Het totale grondwatergebruik natuur (als verdroging is opgelost) uit de ondiepe watervoerende pakketten (vergelijkbaar met waterwinning landbouw en drinkwater), is eerder in hoofdstuk 5 bepaald en bedraagt (binnen de natuurgebied grenzen) rond de 50-60 miljoen m³/jaar. De natuur kan echter niet zonder hoge (grond)-waterpeilen rondom de natuurterreinen. De grondwatervraag bestaat namelijk ook uit de hoeveelheid water die nodig is om de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving te verhogen (figuur 1.2). Deze grondwatervraag is op dit moment meer dan 7 x groter dan het grondwatergebruik natuur onder niet verdroogde omstandigheden.

Hierbij is de gewenste watervoerendheid van beken tijdens drogere perioden nog buiten beschouwing gehouden.

7.3 Cijfers samengevat

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste getallen uit deze studie samengevat.

Tabel 7.3: kentallen i.v.m. watervraag natuur.

Watergebruik en watervraag	Miljoen m ³ /jaar	opmerkingen
Geschat verdampingsgebruik (regen en kwel) van de natte, grondwaterafhankelijke, natuur	ca. 184	Berekend door oppervlak natte natuur te vermenigvuldigen met geschatte jaarlijkse verdamping (500 mm). Dit is regen- en kwelwater.
Directe Grondwatervraag (kwel)		
grondwatergebruik natuur, binnen de natuurgebiedsgrenzen, waarbij de natuur optimaal kan verdampen.	50-60	Gebaseerd op oppervlak aan kwelgebied van Brabant, bij optimale verdamping (500 mm/jaar). Aangenomen is dat binnen het kwelgebied ook plekken met infiltratie voorkomen. In de huidige situatie bestaat een tekort van 20-30 miljoen m ³ /jaar (schatting op basis model en "methode aanpak verdroging").
Ruimtelijke Grondwatervraag (deelgebieden en totaal)		
Water nodig om GLS in <u>West-Brabant</u> onder de natte natuur te herstellen	Alleen uit vermindering grondwateronttrekking (VGO) Ca. 42 Uit combinatie VGO en aanpassing drainage (VD) VGO ca. 25-30, VD ca. 37	Gebaseerd op model uitkomsten. Berekend hoeveel grondwater minder moet worden onttrokken om de GLS 50 cm te verhogen. Daarnaast is een schatting gemaakt van een combinatie van GLS verhoging door waterconservering (vermindering detail) drainage en vermindering grondwateronttrekking.
Water nodig om weer een (minimale) <u>opwaartse flux over de Waalre klei</u> in de Centrale Slenk te herstellen	Alleen uit vermindering grondwateronttrekking > 58	Gebaseerd op modelberekening (vermindering diepe grondwaterwinning). Slechts een klein deel van dit water zal direct in het natuurgebied terecht komen. Deze flux over de Waalre klei is relatief weinig in vergelijking met de oorspronkelijke natuurlijke situatie.
<u>Ruwe schatting</u> van de watervraag om <u>GLS in het Sterksel pakket</u> in Kempisch Plateau, Centrale Slenk en Peelhorst te verhogen	Waterconservering door Verminderde detail drainage ca. 250 Een aanzienlijke beperking (max. vaststellen) grondwater onttrekking	De watervraag bijna in zijn geheel worden gezocht in aanpassing drainage (beken, waterlopen), en afname van vooral beregening onttrekkingen (ca. 30 en 80 miljoen m ³ in respectievelijke gemiddeld en droogte jaar)
TOTALE ruimtelijke WATERVRAAG NATUUR	Totaal > 350	Structurele vermindering grondwateronttrekking > ca. 100 miljoen m ³ /jaar. Permanente water conservering ca. 250 miljoen m ³ /jaar.

Om de gevolgen van verdroging en klimatologische droogte (nu en in de toekomst) voor de natuur te bestrijden moet het watersysteem opnieuw worden vormgegeven en het grondwatergebruik worden verminderd, en/of moeten andere waterbronnen worden gezocht. De gevolgen van (klimatologische) droogte zijn extra groot in de al verdroogde gebieden, omdat daar de buffer (veerkracht) aanzienlijk is verkleind of verdwenen. Deze “buffer” bestond uit decimeters hogere (freatische) grondwaterstanden, welke voorraad in het voorjaar en zomer, veel geleidelijker dan nu, “leegliep”. Dit omdat het ontwateringssysteem relatief extensief was en de bodems van greppels, sloten en beken veel ondieper (t.o.v. maaiveld) lagen. Hierdoor werd freatisch grondwater veel minder dan nu, gedraineerd. Omdat nu in de zomer het grootste deel van greppels, sloten en soms beken droog staan zal het grondwater in principe uitzakken in de richting van het laagste drainageniveau (oppervlaktewaterpeil), versterkt door de wegzijging naar diepere watervoerende pakketten t.g.v. grondwaterwinning. In de zomer heeft de onttrekking voor beregening hierbij een grote rol. Bij herstel van het (grond) watersysteem, en dan in het bijzonder voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur, bestaan de volgende zoekrichtingen:

1. Het realiseren van een structurele, provincie brede, verhoging van de freatische grondwaterstand. Om te beginnen kan hierbij worden gedacht aan 10-30 cm (GHG en GLG). Dit kan adaptief worden geoptimaliseerd. Om dit te bereiken moeten slootbodems worden verhoogd, maar ook de dichtheid van het drainagesysteem worden aangepast. Een structurele verhoging van de freatische grondwaterstand zorgt ook voor verhoging van de stijghoogte in de watervoerende pakketten. *P.S. een structurele provincie brede verhoging van de freatische grondwaterstand met 10 cm vergroot de grondwatervoorraad met ca. 100 miljoen m³.*
2. Kwelafhankelijke natuur is er ook bij gebaat als in een significant brede bufferzone langs deze natuurgebieden deze freatische grondwaterstand wordt verhoogd. Dit heeft dan weer effect op de stijghoogte en kwel. Hierbij neemt ook de toestroom van ondiepe kwel langs de beekdalrand toe, en zal ook de kwaliteit van dit water op termijn verbeteren.
3. Bij de zoektocht naar het herstel van deze buffertoestand kan ook naar het verleden worden gekeken. Zo bezat Noord-Brabant in het verleden honderden vennen, die nu nog vaak (ontwaterd) in het landschap zichtbaar zijn. Herstel van vennen als onderdeel van een “water bergen aan de bron (BaB)” programma kan een oplossing zijn. BaB kan ook bestaan uit het verminderen van drainagestelsel langs infiltratiegebieden (bijvoorbeeld Midden-Brabantse Dekzandrug, stuifduinen). Mogelijk kunnen herstellende vennen ook voor irrigatie worden gebruikt.
4. Beekpeilverhoging (door bodemverhoging en herstel meandering) zorgt dat de aangrenzende beekdalen minder worden gedraineerd en zorgt voor structureel hogere grondwaterstanden in de aangrenzende natuurgebieden.
5. De verdeling van het diepe grondwater is voor de natuur in onbalans. Bijna de gehele aanvulling van de watervoerende pakketten wordt gebruikt door waterwinning, industrie en beregening. Daardoor blijft er heel weinig over voor kwel en beekafvoer vanuit deze pakketten, en dan vooral tijdens droge perioden. Een oplossing voor dit verdelingsvraagstuk ligt in het verkleinen van de grondwateronttrekking, en vooral in de zomer periode. Een structurele grootschalige verhoging van de grondwateraanvulling naar diepe pakketten is lastig te realiseren. Lokaal, kan de grondwateraanvulling worden verhoogd door meer water te infiltreren in stedelijk gebied, de landbouw minder intensief te maken, bosvorming, infiltratie van regenwater in beregeningsputten, en grootschalige infiltratieplassen aanleggen.
 - a. In infiltratiegebieden kan wel het neerslagoverschot worden vergroot, door bijvoorbeeld omzetting van naaldbos in minder verdampende heide. Dit veroorzaakt plaatselijk een hogere grondwaterstand en lokaal een verhoging van de voeding van het watervoerende pakket, maar zal aan de flanken van het

- infiltratiegebied een verhoogde (en in de tijd verlengde) afvoer van het drainagesysteem veroorzaken. Deze extra grondwateraanvulling komt nauwelijks ter beschikking van de kwelafhankelijke natuur².
- b. Er kan wel gezocht worden naar locaties waar extra grondwatervoorraden voor lokaal gebruik kunnen worden gerealiseerd. In principe zijn dit gebieden met een diepe freatische grondwaterstand, waar relatief gemakkelijk het winteroverschot van bijvoorbeeld beken kan worden geïnfiltreerd. Deze grondwatervoorraad zou dan kunnen worden gebruikt voor irrigatie, i.p.v. het diepe grondwater en zo de druk op het diepe grondwater verminderen. Hierbij kan ook gezocht worden naar plaatsen (bijvoorbeeld in het verleden drooggelegde vennen) waar oppervlaktewater kan worden geborgen.
6. Een belangrijke sleutel ligt in het verkleinen van de grondwateronttrekking tijdens de zomer. Naast de eerder genoemde oplossingsrichtingen valt hierbij te denken aan een aanpassing van het landgebruik en bijvoorbeeld aan druppelirrigatie. Ook bodemverbetering kan een bijdrage (regenwater vasthouden) leveren.

7.5 Conclusies

- 1) Het grondwater gebruik (kwelwater afkomstig uit dezelfde watervoerende pakketten waar grondwater wordt onttrokken voor beregening, drinkwaterwinning etc.) binnen de natuurgebiedsgrenzen, wordt voor een van verdroging herstelde kwelafhankelijke natuur geschat op ca. 50-60 miljoen m³/jaar. Dit grondwatergebruik is echter niet heel bruikbaar voor een afweging tussen sectoren en geeft een onderschatting van de watervraag van de natuur. Om de doelen ten aanzien van natte natuur te kunnen realiseren zal het grondwatergebruik (incl. drainage water afvoer) door andere sectoren met veel meer dan die 50-60 miljoen m³/jaar moeten afnemen.
- 2) De ruimtelijke watervraag om de structurele verdroging van de grondwaterafhankelijke Brabantse natuur op te lossen vraagt op provincie schaal verschillende oplossingen. Hieronder zijn de belangrijkste oplossingen beschreven:
 - a) Voor de West-Brabantse grondwaterafhankelijke natuur wordt de watervraag geschat op basis van een gewenste GLS-verhoging van ca. 50 cm. Om deze verhoging te realiseren moet 42 miljoen m³/jaar minder grondwater worden onttrokken. De watervraag natuur in West-Brabant is dan gelijk aan deze 42 miljoen m³/jaar. Bij een structurele verhoging van de freatische grondwaterstand met ca. 10 cm kan deze gewenste reductie van grondwaterwinning kleiner worden, namelijk met ca. 25-30 miljoen m³/jaar.
 - b) Om de diepe kwel in de beekdalen van de Centrale Slenk te herstellen moet minimaal 58 m³/jaar minder grondwater onder de Waalre-klei worden onttrokken. Hierbij ontstaat weer een (minimale) opwaarts gericht flux over de Waalre klei.
 - c) Om de verdroging op te lossen van de grondwaterafhankelijke natuur in de Centrale Slenk, Kempisch Plateau en Peelhorst moeten vooral de beekpeilen en bodems van afwateringssloten worden verhoogd. Daarnaast moet grondwateronttrekking voor beregening worden verlaagd. In totaal moet dit de watervraag natuur in dit deelgebied invullen.

² Recent (Klip, 2020) verscheen in H2O een interview met de Vlaamse professor Marijke Huysmans die beweert dat het beter is de grondwateraanvulling met 20% te verhogen dan de grondwateronttrekking met 20% te verlagen. Deze verhoging van de aanvulling (van de watervoerende pakketten) is in de Brabantse situatie echter nauwelijks realiseerbaar.

- 3) De combinatie van maatregelen die bestaan uit het verondiepen van de lokale drainage, het verondiepen van hoofdwaterlopen, het verhogen van waterpeilen en reductie van onttrekkingen is meest succesvol voor herstel van grondwaterafhankelijke vegetaties.
- 4) De vermindering van de grondwaterwinning heeft een positief effect op de opwaartse toestrooming van kwelwater.
 - a) Hierbij is het meest te winnen met verminderde grondwaterwinning in de zomer, en dan helemaal in droogtejaren. Dit betreft vooral grondwaterwinning voor beregening.
- 5) Grote regionale water ingrepen (verlaging grondwaterwinning, water conservering) resulteren in een relatief geringe watertoeename in de natuur, maar zijn wel essentieel voor de invulling van de (directe) watervraag van de natuur. Het grootste deel van het extra beschikbare water leidt tot hogere grondwaterstanden buiten de natuur en wordt namelijk in het landelijk (en stedelijk) gebied voor een groot deel gedraineerd en afgevoerd.
 - a) Daarom kunnen de maatregelen om natte natuur te herstellen kunnen, mits goed ontworpen, waarschijnlijk ook helpen de watervraag voor de landbouw in te vullen, en helpen bij het verminderen van hittestress.
- 6) Verhogen van de grondwaterstand met lokale maatregelen
 - a) Door maatregelen binnen het natuurgebied te nemen kan jaarlijks ongeveer 3 (zomer) tot 10 (winter) miljoen m³ water worden vastgehouden.
 - b) Door ook maatregelen in de attentiegebieden te nemen neemt de afvoer in natuurgebieden wat toe en ook de grondwaterstand. Deze maatregelen zorgen voor een verhoging in grondwaterstand maar niet voor meer kwel en dus afvoer uit de natuurgebieden. In de “zandgrondenstudie” levert verhoging in een bufferzone langs beekdalen wel meer kwel op, maar daar is niet zoals in onze scenario 2 de drainage in het natuurgebied gedicht (scenario 1).
 - c) Verhoging van het beekpeil veroorzaakt een sterke verbetering voor de grondwatersituatie in de aangrenzende natuurgebieden.
- 7) Met lokale maatregelen in de waterhuishouding van de natuurgebieden kan de grondwaterstand nauwelijks verhoogd worden; met attentiegebieden slechts beperkt. (gemiddeld 4 cm GLG verhoging in de natuurgebieden).
- 8) Met een combinatie van lokale maatregelen (scenario 1 en 2) plus het verminderen van onttrekking (scenario 3) kan meer water naar de natuurgebieden worden aangevoerd vanuit diepere lagen. Dit zorgt voor meer basisafvoer naar de beken;
- 9) De grondwaterstand kan maximaal binnen natuurgebieden worden verhoogd door ook het beekpeil te verhogen (scenario 6). Dit zorgt echter voor aanzienlijk minder kwel uit de diepte.

7.6 Aanbevelingen

- 1) In deze studie is geen aandacht besteed aan de waterkwaliteit in relatie tot de watervraag. Het verdient de aanbeveling deze in de toekomst mee te nemen.
- 2) Bij de integrale planvorming voor natuurherstelmaatregelen en klimaatadaptatie is het van belang een goede balans te vinden tussen stijging grondwaterstanden, stijging stijghoogte en toename kwelstromen. Daarnaast is een afstemming van de huidige

functies of grondgebruik nodig, waarbij verschuiving van huidige of geplande toekomstige functies niet mag worden uitgesloten.

- 3) In de Centrale Slenk ligt de stijghoogte in het diepe watervoerende pakket (Kiezelooliet formatie, Formatie van Oosterhout) soms meters onder die in het bovenliggende watervoerende pakket (F. van Sterksel). Dit is ook het geval in regionale kwelgebieden als Bossche Broek en Veldersbosch. Op deze plaatsen stijgt dus zowel grondwater uit de F. van Sterksel omhoog (kwel), maar zakt ook grondwater vanuit de F. van Sterksel omlaag. Het is onduidelijk wat dit betekent op de lange termijn voor de “watervraag natuur”, en dan bijzonder wat betreft waterkwaliteit. Om deze processen beter te begrijpen is tevens meer kennis nodig over de eigenschappen van het Waalre kleipakket.
- 4) Het was moeilijk om “harde” informatie te verzamelen om de verdrogingstoestand van natuurgebieden te kwantificeren. Het verdient de aanbeveling deze informatie te optimaliseren. Uit verschillende interviews met locatie-veld experts bleek wel (snel) semi-kwantitatieve informatie naar boven te komen over de verdrogingstoestand. Het verdient de aanbeveling om deze semi-kwantitatieve kennis middels interviews (workshops) en mobiele telefoon/website oplossingen beter in beeld te brengen en te documenteren. Bijvoorbeeld: “hoe is de droogte situatie vandaag?”, “daalt de zomergrondwaterstand te diep weg? Naar schatting hoeveel?”. Op zoek naar betere semi-kwantitatieve schatting van droogte situatie (grondwaterstand onder maaiveld, stijghoogte). Een paar ondiepe boringen (gutsen) tijdens een droge perioden kunnen snel en goedkoop belangrijke informatie opleveren.
- 5) De huidige analyse is uitgevoerd met behulp van het Brabant model met gridcellen van 250x250 meter. Hiermee kunnen geen gedetailleerde uitspraken worden gedaan. Een manier om dit te ondervangen is het maken van detailmodellen met een fijner gridniveau van bijvoorbeeld 10x10 meter. Aanwezige variaties in maaiveldligging en ontwateringsniveau kunnen zo in meer detail worden gemodelleerd. Deze methode is alleen werkbaar wanneer enkele natuurgebieden worden uitgewerkt. Een alternatief is een methode van neerschalen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van statistische technieken waarbij de berekende grondwaterstanden op een grid van 250 meter worden gecombineerd met modelinvoerparameters zoals oppervlaktewaterpeilen en het maaiveld. Op die manier kunnen resultaten op een fijner grid worden gepresenteerd.
- 6) Ter ondersteuning van bovenstaande activiteit moet betere informatie beschikbaar komen over de geologische (en daarmee hydrogeologische) opbouw van de ondiepe ondergrond onder en rond het natuurgebied. In beekdalen (vooral in West-Brabant) is bijvoorbeeld een deel van ondiepe weerstandbiedende laag in het verleden opgeruimd (geërodeerd) en later opgevuld met beter doorlatende sedimenten of veen. Als deze informatie niet wordt gebruikt kan kwel bij modelering worden onderschat. In natte heide, hoogveen en vennen natuur is de kennis over het ondiep voorkomen van slecht doorlatende lagen (leem, gliede) onontbeerlijk bij het zoeken naar herstel van deze natte natuur.
- 7) De effecten van berekening moeten beter in kaart worden gebracht (monitoring, tijdreeksanalyse, modellering). Hierbij kan o.a. gebruik worden gemaakt van de grondwatermeetpunten in de provincie, maar ook van te installeren meetraaien tussen natuur en landbouwgebied, en kan worden bepaald hoe de sterke dalingspieken zich verhouden tot aangrenzende beekpeilen (beekbodems).

- 8) De lage beekpeilen en vooral die in de zomer veroorzaken een “leegloop” van het grondwater in het aangrenzende beekdal. Verhoging van deze beekpeilen is hard nodig. Om ook de afwateringsfunctie te behouden kan deze verhoging worden gerealiseerd door een combinatie van (1) verbreding van de beek en een (2) significante verhoging van de beekbodem. Hierbij moet ook de watervoerendheid van de beek in de zomer herstelt worden. Deze oplossing vraagt om een verdere analyse.
- 9) Informatie (monitoring) over de watervoerendheid van waterlopenstelsel gedurende het jaar kan waardevolle informatie opleveren. Aanbevolen wordt om deze op provincieschaal in kaart te brengen (bijvoorbeeld maandelijks).
- 10) De gevolgen van “verdroging” die in de afgelopen decennia is ontstaan worden versterkt door klimatologische droogte. Zonder “verdroging” zou het negatieve effect van droogte minder erg zijn.
- 11) Gegeven de actuele, niet-optimale toestand van de grondwaterafhankelijke natuur en de snelle klimaatverandering die wij ondergaan zou moeten worden onderzocht wat duurzaam grondwatergebruik inhoud. Niet alleen om de natuur te beschermen, maar ook om het grondwaterlichaam te beschermen voor krimp, verzilting en vervuiling. Waar, kan hoeveel worden onttrokken?

Asmuth von, Dr. Ir. J.R. (Jos), Drs. A. (Annemieke) van Doorn, 2018.
Trendanalyse grondwaterlichaam Maas Slenk Diep. Langjarige trends, 'Quick Scan' bruinkoolwinning en voorstel voor verdieping. KWR 2018.017 | Maart 2018.

Bakel, Jan van, Joachim Huinink, Wim Werkman, 2020. Hoe robuust is ons hydrologisch systeem? Modelmatige verkenning van hydrologische effecten van klimaatverandering en toenemende grondwateronttrekking op het grondwatersysteem in 2050.

Caljé R., 2018. Trendanalyse beregeningsbeleid 2018. Rapport Artesia.

Cools, Joost M. A., Ype Velde, Johannes Runhaar, Roelof Stuurman, 2006:
Herstel- en ontwikkelplan Schraallanden. Uitgever Provincie Noord-Brabant, 2006.

Everts, Henk, Nico de Vries, Perry de Louw, Roelof Stuurman, Guido Stooker, 2002;
Van moesdistel tot boomkikker, Visie van Staatsbosbeheer op het behoud en herstel van natuur- en landschapswaarden in het beekdallandschap van het Merkske.

Geer, F.C. van, S. Bloemendaal, A.H.M. Kremers, A. Lourens, 1993:
Ontwikkeling van de diepe stijghoogten en de relatie met de ondiepe stijghoogte in Noord-Brabant. TNO-rapport OS 93-67B.

Hemel, R.B.J. en R.J. Stuurman, 1999 :Kalk en kwel. Calciumrijke 'kwel en de verbreiding en genese van kalkrijke sedimenten in de Centrale Slenk. Stromingen 1999-2.

Kivits, Tano, Hans Peter Broers, Mariëlle van Vliet, 2019:
Dateren grondwater van het provinciaal meetnet grondwaterkwaliteit Noord-Brabant. TNO rapport 2019, R11090.

Klip, Hans, 2020. Interview Vlaamse professor Marijke Huysmans:
'Grondwater moet zijn natuurlijke functie als buffer terugkrijgen'. H2O, 7 JULI 2020.

Massop, Harry (WUR) en Perry de Louw (Deltares), 2019: Hoe bepaal je de effecten van beregening op het watersysteem?

B. Minnema, J. Vlot en R.J. Stuurman (1993). Hydrologisch onderzoek naar de regeneratie mogelijkheden van grondwaterafhankelijke natuurwaarden in de Mortelen en het Veldersbosch. TNO rapport OS 92-53A.

Roestel, J.J.M, van, J.C.W. van der Meulen, 2017. Hydrologische systeemanalyse omgeving Ulvenhoutse Bos (Eindrapport), Anteagroup.

Royal HaskoningDHV, 2012. Evaluatie beleidsmeetnet verdroging Noord-Brabant. Deelrapport 2 Gebiedsbeschrijvingen. Rapport 9X6220/R00002/902793/DenB.

Royal HaskoningDHV, 2013: Lange tijdreeksanalyse in het kader van KRW en RWSR. 15 maart 2013 Definitief rapport 9X3355.A0.

Royal HaskoningDHV, 2017. Draagkracht grondwater Noord-Brabant. 21 december 2017. RHDHV rapport BF3125.

Royal HaskoningDHV, 2019. Update Hydrologische Gereedschapskist Noord-Brabant.

Runhaar H., en Annemieke van Doorn (KWR), Hank Vermulst en Boy Possen (RHDHV), 2017. Toestandsrapportage Verdroging Noord-Brabant 2017. KWR rapport.

Runhaar, H., R. van Ek, F. Klijn, R. Ruijtenberg en R. Stuurman (1998). Gewenste grondwatersituatie natuur. Bepaling van de optimale grondwatersituatie op provinciale schaal. Landschap 1998 15/4.

Spieksma J.F.M. , A.J. Dolman en J.M. Schouwenaars, 1997. De verdamping van natuurterreinen. Stromingen, 1997/nr.1.

Stuurman, R.J., J.L. van der Meij, G.B. Engelen, A. Biesheuvel, F.J. van Zadelhoff, 1990: De hydrologische systeemanalyse van westelijk Noord-Brabant en omgeving. Eindrapport: Een integraal onderzoek naar de structuur en dynamiek van watersystemen En de processen die deze bedriegen. TNO DGV / Vrije Universiteit rapport OS 90-25A.

Stuurman Roelof, Perry de Louw, Jelle Buma, Han Runhaar, Gilbert Maas, Corine Geujen, Ysbrand Graafsma, Bianca Nijhof, Aris Lourens, 2003: Beleidsmeetnet Verdroging provincie Noord-Brabant. TNO-rapport.

Stuurman, Roelof, Gerrit Hendriksen, Rein van Schrojenstein Lantman en Niels van Oostrom, 2010: Inschatting van de kleine grondwateronttrekkingen in de provincie Noord-Brabant. Deltares-rapport 1202114-00-BGS-0001.

Stuurman, Roelof, prof. A.A. Freriks, Hans Peter Broers, 2013: Second opinion rapport grondwaterberekening en Natura 2000. Deltares rapport 1207553-000.

Verdonschot R. (Wageningen Environmental Research), Piet Verdonschot (Wageningen Environmental Research, Universiteit van Amsterdam), Bert Knol, Gertie Schmidt (Waterschap Vechtstromen), Mark Scheepens (Waterschap de Dommel), Bart Brugmans (Waterschap Aa en Maas), Peter van Beers (Waterschap Vallei en Veluwe), John Lenssen (Waterschap Rijn en IJssel), 2020: Effecten van de droge zomer van 2018 op de macrofauna in laaglandbeken, H2O-Online / 2 juni 2020.

Voortman Bernard Ruben , 2018. Phd thesis. Evaporation from dry dune vegetation. KWR 2018.058.

Witte, Jan-Philip M., 2019. Diepe kwel. Over de gevolgen van drinkwaterwinning en kwel op basenminnende habitats in Natura 2000-gebied Kampina & Oisterwijkse Vennen.

Witte, V.J.P.M., R. van Ek, J. Runhaar en G.A.P.H. van den Eertwegh, 2020. Verdroging van de Nederlandse natuur: bijna een halve eeuw onderzoek en politiek. Stromingen.

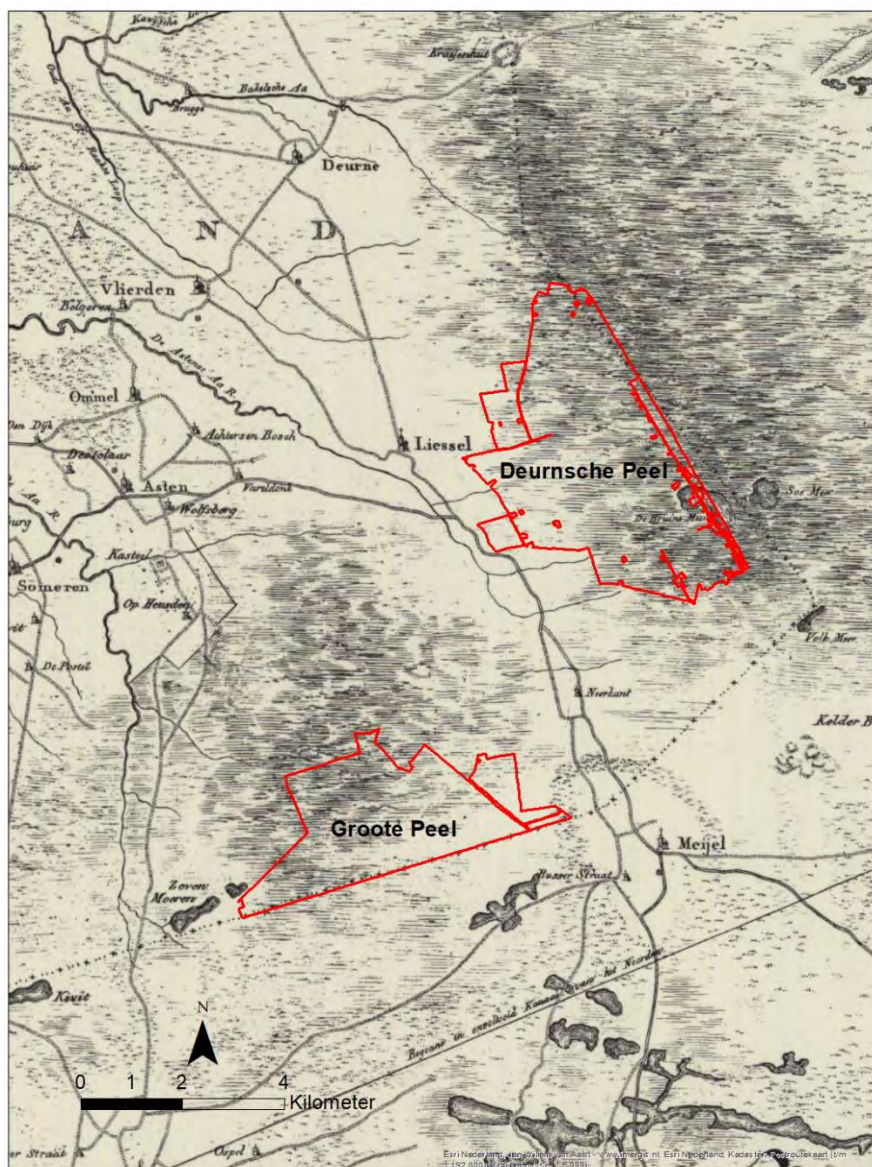
A Beschrijving van de pilotgebieden Merkske, Moerputten, Veldersbosch, Cartierheide, Dommelbeemden en Groote en Deurnse Peel

De resultaten van de scenario berekeningen staan per pilot-natuurgebied in bijlage D.

A.1 Deurnse en Groote Peel

A.1.1 Inleiding

Een groot gedeelte van Noord-Brabant was ooit bedekt met hoogveen. Van het hoogveen in het westelijk deel van Brabant is weinig meer overgebleven, hier is het meeste veen al in de middeleeuwen afgegraven en als turven afgevoerd naar de steden in Holland. De Turfvaart die door de gebieden Pannenhoef, Lange Maten en Ketelmeren loopt richting Breda herinnert nog aan deze ontginningsgeschiedenis. In het oostelijk deel van de provincie, op de grens met de provincie Limburg, is de veenontginning pas veel later op gang gekomen. Hier zijn nog een paar hoogveengebieden gespaard gebleven, te weten de Deurnse Peel en de Groote Peel (Figuur A-2). De Deurne Peel ligt op de Peelhorst, de Groote Peel in de Roerdal- of Centrale Slenk.

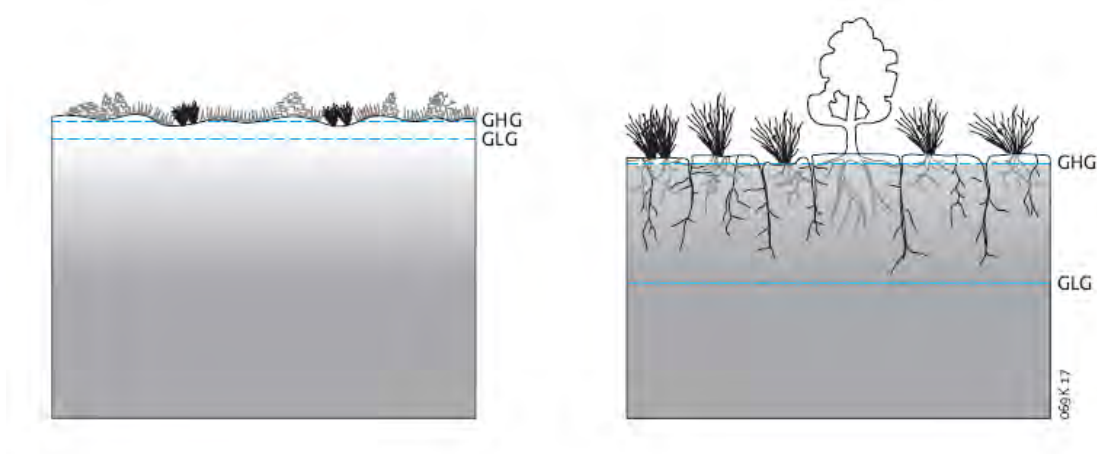


Figuur A-2 Ligging van de Deurnse en de Grooté Peel weergegeven op historische topografische kaart uit 1815.

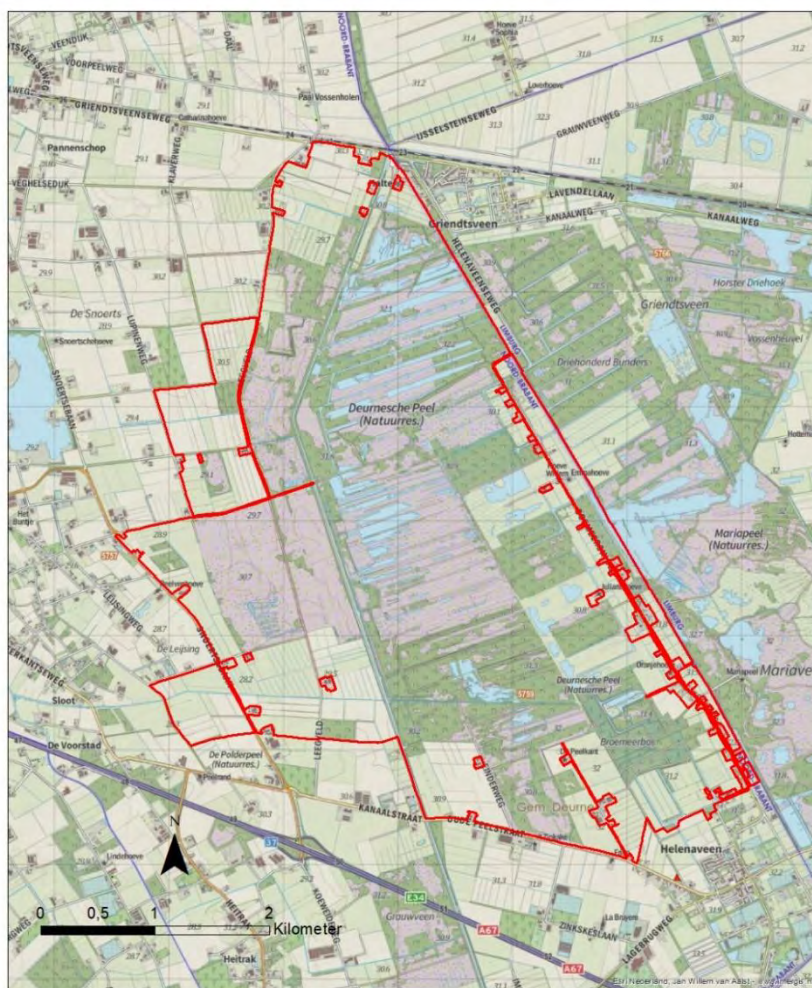
De reservaten zijn vanuit cultuurhistorisch als vanuit natuurbehoud van groot belang. Cultuurhistorisch, omdat ze de laatste overblijfselen vormen van een landschapstype dat ooit een groot deel van Brabant heeft bedekt. Vanuit natuurbehoudsoogpunt omdat hier gestreefd wordt naar herstel van een vrijwel uit Nederland verdwenen ecosysteemtype, te weten levend hoogveen.

Herstel van levend hoogveen is geen eenvoudige opgave. Belangrijke hydrologische voorwaarde voor herstel van hoogveenvegetaties is een zeer gelijkmatig grondwaterregime waarbij het (grond)water het gehele jaar dicht rond maaiveld staat. In ongestoorde hoogvenen zorgt een veenlaag die bovenin bestaat uit levende en recent afgestorven veenmossen (acrotelm) voor een zeer gelijkmatig grondwaterregime. Doordat deze veenlaag veel water kan opnemen zakt de grondwaterstand in normale zomers niet meer dan tot een paar decimeter onder de top van de veenlaag (Figuur A-3 links). In de Peelvenen is het veen door ontwatering echter sterk verdroogd en veraard en is de bergingscapaciteit voor water afgenomen. Bovendien is na ontwatering van het veen de toplaag begroeid geraakt met pijpenstrootje en berken die veel water verdampen. Door de geringe freatische waterberging

en de toegenomen verdamping kan de grondwaterstand in de zomer uitzakken tot een meter of meer (Figuur A-3, rechts). Om hoogveenvegetaties terug te kunnen krijgen is een belangrijke voorwaarde dat er weer veengroei optreedt en zich een nieuwe veen toplaag vormt.



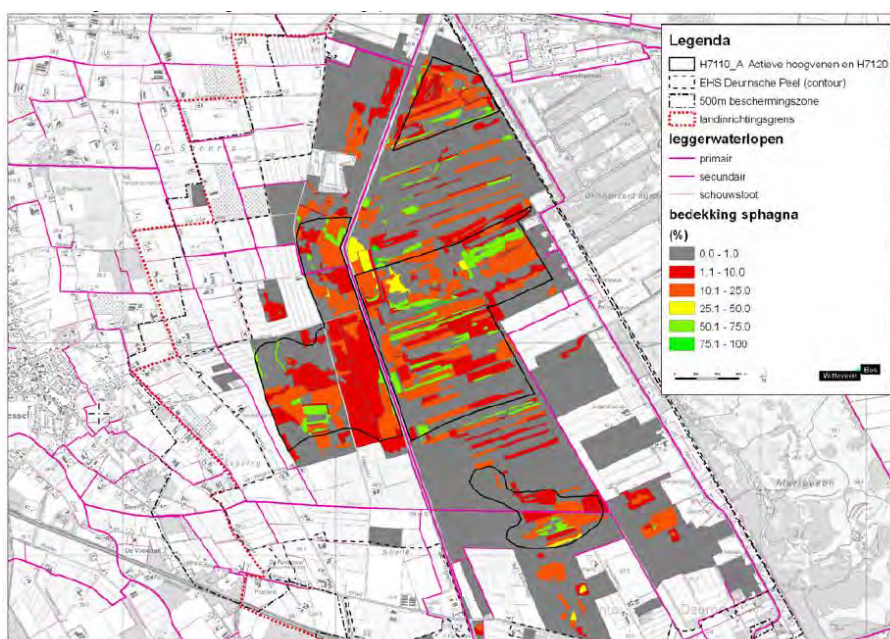
Figuur A-3 Grondwaterstandsfluctuaties in een levend hoogveen met een bovenlaag bestaand uit levend en recent afgestorven veenmos (acrotelm), en in een herstellend hoogveen met een bovenlaag bestaand uit sterk veraard veen. GHG Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, GLG Gemiddeld Laagste Grondwaterstand. Uit: Runhaar et al. 2000.



Figuur A-4 Omgrenzing Natte Natuurparel 124, Deurnse Peel.

A.1.2 Deurnse Peel

Dat op de Peelhorst ondanks de zandige ondergrond en de hogere ligging ten opzichte van het Maasdal en de Brabantse Slenk toch op grote schaal hoogveen is ontstaan komt doordat het gebied geen natuurlijke afwatering had én doordat vanwege enkele geologische breuken in de ondergrond slecht doorlatende lagen zijn ontstaan die afstroming van grondwater belemmeren. Daardoor kon zich in geïsoleerde laagten water verzamelen waarin plantengroei optrad en planten afstierven in een moeras of open water (veenvorming). In de Deurnse Peel is tot in de jaren '80 van de vorige eeuw veen gewonnen. In het gebied zijn de diverse stadia van vervening nog duidelijk terug te vinden. Enerzijds zijn er gedeelten waar het veen nagenoeg volledig afgegraven is. Anderzijds zijn er nog restanten van niet afgegraven veenruggen aanwezig, met name in het noordelijke deel van de Deurnse Peel (W&B, 2011). In grote delen van het resterende veen is op de overgang naar de zandondergrond een slecht doorlatende organische laag (gyttjalaag en/of gliedelaag) aanwezig die weerstand biedt tegen infiltratie van water naar de ondergrond (zie Hagemeijer 1983, p.41 ev.). Wel is de veenlaag op meerder plekken doorgraven door veenwijken die veelal insnijden tot in de zandondergrond.



Figuur A-5 Bedekking veenmossen in Deurnse Peel, situatie 2010. Uit: W&B, 2011.

Om weer nieuwe veengroei te krijgen zijn in het verleden in het veengebied compartimenten aangelegd waarin het regenwater wordt vastgehouden. Doel was dat in de onder water staande veenputten zich een drijvende veenmoslaag zou ontwikkelen. Zoals in Figuur A-5 te zien heeft dit in een beperkt oppervlakte geleid tot ontwikkeling van een nieuwe veenmoslaag bestaande uit Waterveenmos en Fraai veenmos (groene gebieden op kaart). Tot nu toe zijn echter nog nauwelijks veenmosbulten met voor actief hoogveen kenmerkende soorten als Hoogveen-veenmos en Lavendelheide ontstaan. Alleen in het Limburgse deel van het gebied komt op kleine schaal (0,2 ha) actief hoogveen voor met onder meer hoogveenveenmos en lavendelhei (Provincie Noord-Brabant, 2017). De verdere ontwikkeling richting actief hoogveen wordt belemmerd doordat te veel regenwater weglekt naar de ondergrond. Oorzaken daarvoor zijn dat op veel plekken de weerstandbiedende laag is doorsneden en dat de stijghoogte onder het veen laag is. Door ontwatering in de omgeving stroomt het grondwater “te snel” uit het natuurgebied.

A.1.3 Watervraag Deurnse Peel

Zoals in de inleiding aangegeven kan het voor hoogveenvegetaties gewenste zeer gelijkmatige grondwaterregime, met gedurende het hele jaar een grondwaterstand rond 'maaiveld', alleen worden bereikt wanneer zich eerst weer nieuwe veenlaag heeft gevormd bestaand uit levend en recent afgestorven veenmossen. Zoals hier boven aangegeven heeft zich echter in de aangelegde veenputten nog onvoldoende geleid tot vorming van goed ontwikkelde veenpakketten en van vegetaties kenmerkende voor levend hoogveen. Als oorzaken hiervoor worden gezien dat de bestaande veenputten soms te diep zijn en dat de waterstandfluctuatie te groot is door wegzijging van water naar de ondergrond (Streefkerk et al. 2013).

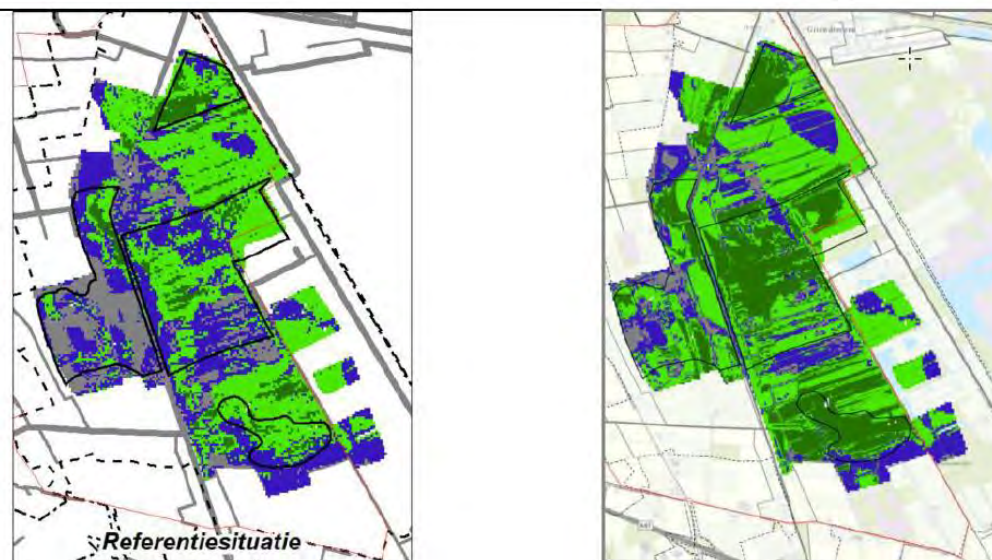
In het Projectplan Waterwet Leegveld (De Rooij et al. 2018) zijn de maatregelen uitgewerkt die deze situatie moeten verbeteren. Het gaat onder meer om:

- optimalisatie van de compartimentering in en buiten het Natura2000 gebied,
- gedeeltelijk opvullen van veenputten die te diep zijn voor ontwikkeling van hoogveen,
- verondiepen en dempen van waterlopen in het natuurgebied en omgeving.

Witteveen&Bos (2018) berekenen voor de in het Projectplan Waterwet Leegveld vastgelegde maatregelen dat de GLG in het grootste deel van de bestaande en nieuwe natuur stijgt met 5 tot 75 cm (zie kaart 6). In enkele gebieden, zoals in het voormalige Soeloopdal, zijn GLG-stijgingen van meer dan 75 cm te verwachten. In Figuur A-6 is aangegeven in hoeverre de hydrologische condities na het nemen van maatregelen voldoen aan de door Streefkerk et al. (2013) geformuleerde criteria voor hoogveenontwikkeling, te weten:

1. De GHG moet maximaal 30 centimeter boven maaiveld staan gedurende het groeiseizoen;
2. De stijghoogte in het zandpakket onder de veenlaag moet permanent hoger zijn dan de basis van het veenpakket. Dit voorkomt dat de grondwaterstanden in droge perioden te ver wegzakken.
3. De wegzijging vanuit het veenpakket naar de zandondergrond mag op jaarbasis niet meer dan 40 mm bedragen.

Zoals in de figuur te zien neemt volgens het gebruikte model de oppervlakte van het gebied waarin wordt voldaan aan al deze drie criteria na het nemen van de maatregelen sterk toe (zie toename donkergroene gebied in rechterfiguur).



Legenda

Cumulatieve score

- 0 (voldoet aan geen enkel criteria)
- 1
- 2
- 3 (voldoet aan alle criteria)

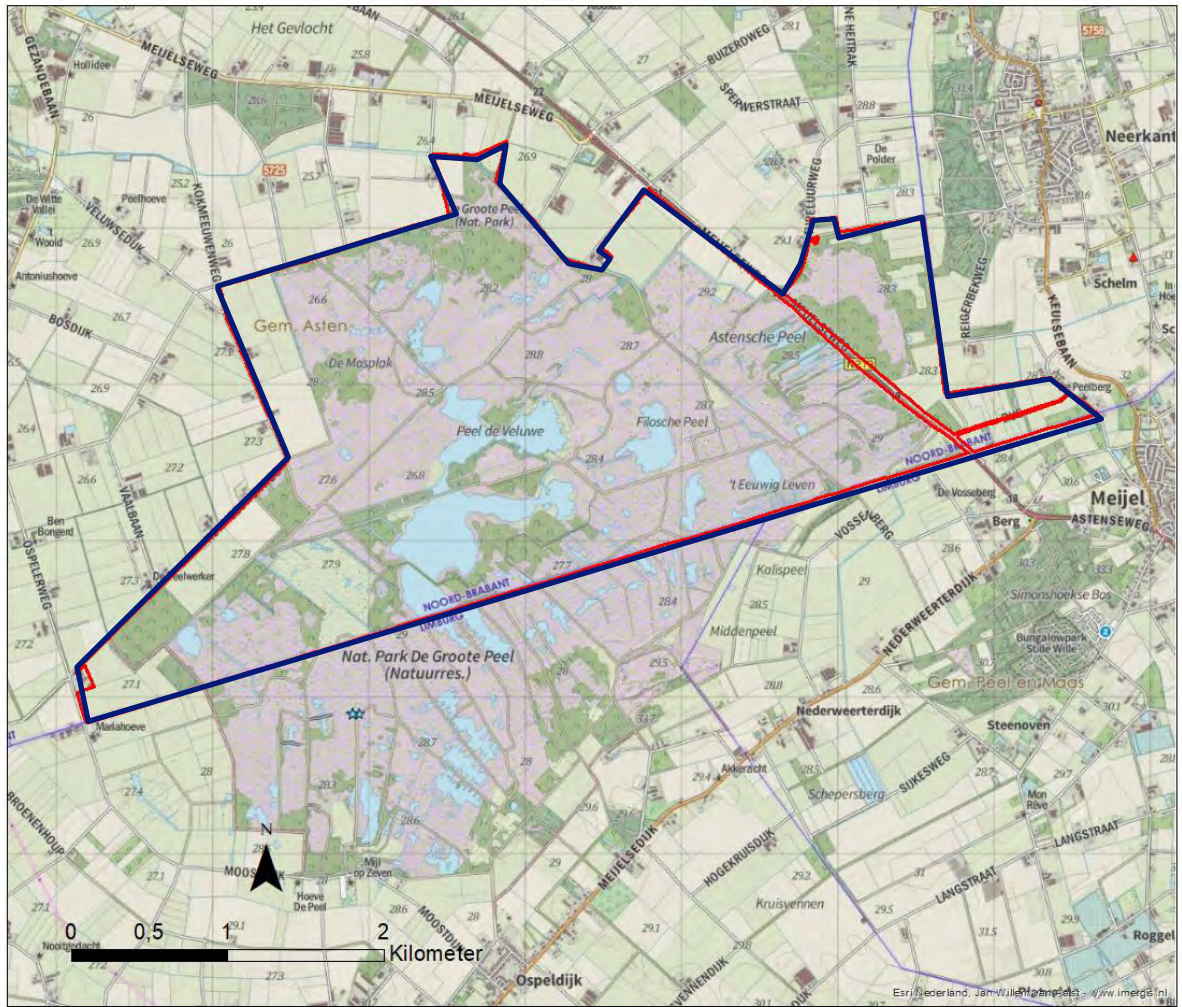
Figuur A-6 Mate waarin hydrologie voldoet aan de gestelde criteria voor hoogveenontwikkeling in referentiesituatie (links) en in situatie na uitvoering maatregelen volgens Projectplan Waterwet Leegveld.

De door Witteveen&Bos (2018) berekende stijging in de GLG is groter dan de met het Brabantmodel berekende veranderingen in grondwaterstand (zie bijlage D). De uitkomsten uit beide modellen zijn echter slecht vergelijkbaar, omdat zowel de schematisatie van het systeem als de maatregelen die worden doorgerekend sterk van elkaar verschillen.

Volgens de scenarioberekeningen met het Brabantmodel heeft stopzetten van de grondwateronttrekkingen (scenario 4) nauwelijks effect op grondwaterstand. Dat sluit aan bij de conclusie uit de studie van Witteveen en Bos (2011) dat stopzetten van beregeningsonttrekkingen slechts een geringe invloed heeft op de grondwaterstand en de wegzijging in de Deurnse Peel. Daarbij kan wel de kanttekening worden gemaakt dat het hier gaat om gemiddelde effecten. De studie van Witteveen en Bos laat ook zien dat berekening uit grondwater in relatief droge zomers (in de studie is 2006 gekozen als droog jaar) kan leiden tot een verlaging van de grondwaterstand in de orde van enkele decimeters tot maximaal 4 decimeter.

Hydrologische maatregelenpakketten doorerekend me het Brabantmodel.

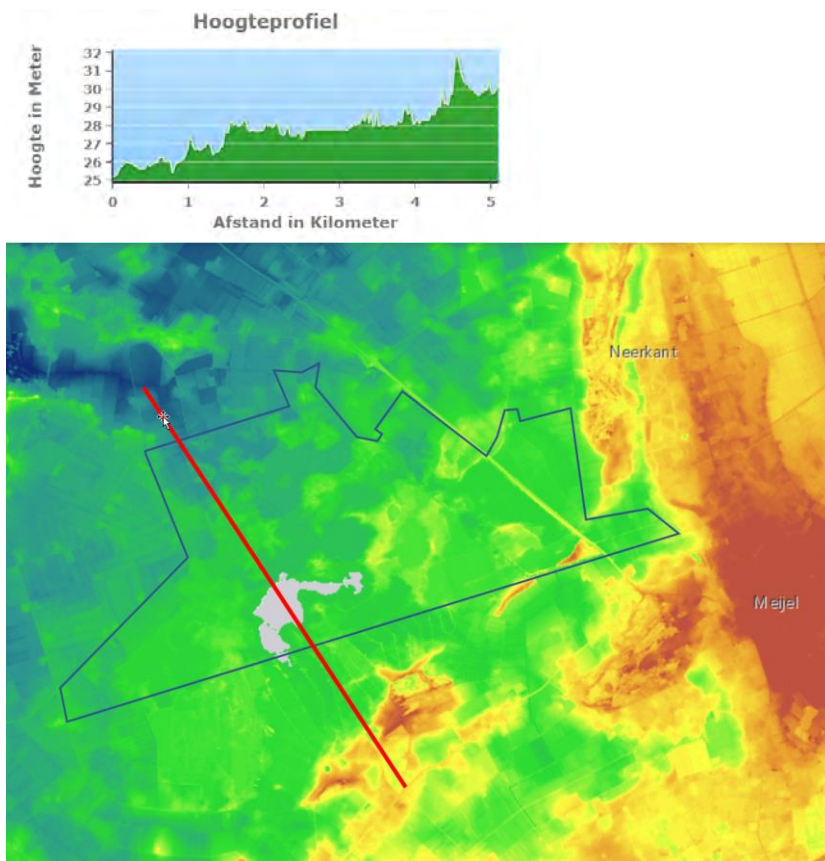
Scenario	Beschrijving	Ingrep watergebruiksfunctie
1	Alle secundaire en tertiaire watergangen in natte natuurgebieden dempen.	Natuur
2	Scenario 1 inclusief het verhogen van het drainageniveau in attentiezones rondom natte natuurgebieden met 20 cm. Dit zijn landbouwgebieden die binnen een afstand van ongeveer 500 meter van de natte natuurgebieden liggen.	Natuur en landbouw
3	Scenario 2 inclusief een reductie van 30 % van alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater.	Natuur, landbouw, drinkwater en industrie
4	Alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater uit.	Landbouw, drinkwater en industrie
5	Alle secundaire en tertiaire watergangen in Brabant dempen.	Natuur en landbouw
6	Scenario 1 inclusief het hydrologisch isoleren van de primaire watergangen (beken) in natuurgebieden. Dit betekent dat de watergang geen drainerende functie heeft en dat grondwater pas wordt afgevoerd wanneer de grondwaterstand aan maaiveld ligt.	Natuur



FiguurA-7 Omgrenzing Natte Natuurple 124, Groote Peel.

A.1.4 Groote Peel

De Groote Peel ligt in de Brabantse Slenk iets ten noorden van de waterscheiding. Het meeste water uit de Groote Peel en omgeving stroomt daardoor in noordelijke richting af richting Den Bosch. De ondergrond bestaat tot op grote diepte overwegend uit zand, met op verschillende diepten leem- en venige lagen die zorgen voor enige weerstand in de bodem. De belangrijkste reden voor het ontstaan van veen vormde echter het gebrek aan natuurlijke afwatering in de geïsoleerde laagten. Binnen de Groote Peel bestaat een grote variatie in maaiveldhoogte (figuur A-8).



Figuur A-8 Maaiveldverloop binnen Brabantse deel Groote Peel, met boven hoogteprofiel in NW-ZO richting (rode lijn in kaartje). Bron: AHN-viewer.

Tot in de tweede helft van de vorige eeuw is in het gebied veen gewonnen. Eerst handmatig, later in het Brabantse deel van de Groote Peel ook machinaal. Door hoogteverschillen in het onderliggende zandpakket varieert de dikte van het resterende veenpakket binnen het gebied. Er zijn plekken waar het veen enkele meters dik is, maar er zijn ook plekken waar het veen minder dan een paar decimeter dik is of ontbreekt. Dikkere veenlagen komen vooral in het Limburgse deel van de Groote Peel voor. In het Brabantse deel komen overwegend dunne veenpakketten met een dikte van minder dan 15 cm voor.

In de jaren tachtig is de Groote Peel in compartimenten onderverdeeld en is het waterpeil opgezet, onder meer door het afdammen en opstuwten van kleine waterlopen. Ook is over grote oppervlakten naaldbout gekapt.

A.1.5 Watervraag Groote Peel

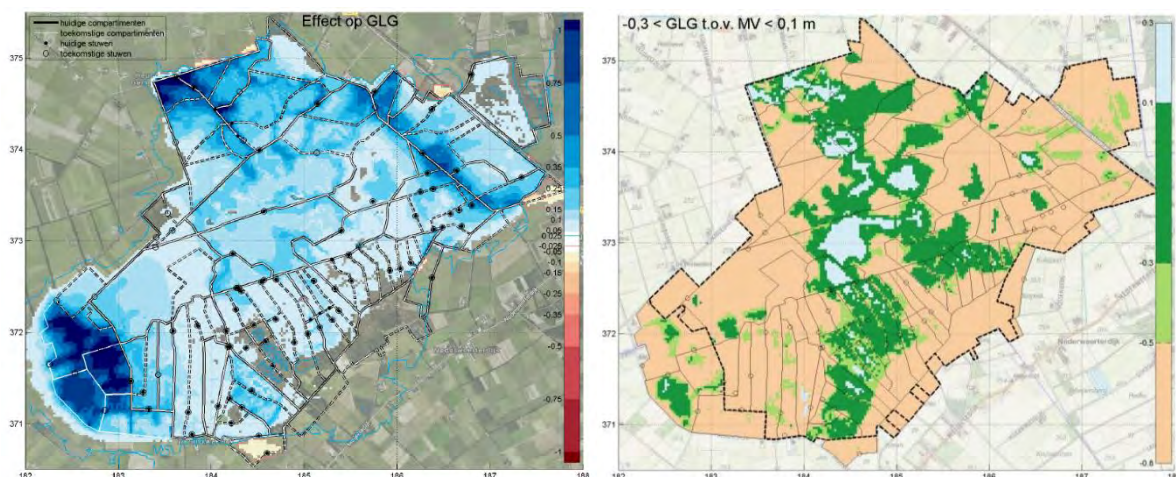
In de Groote Peel is met name in het Brabantse deel de veenlaag vaak dun of ontbreekt de veenlaag zelfs geheel. Hier is veenherstel alleen mogelijk wanneer door vermindering van de ontwatering en de grondwateronttrekking in de omgeving de grondwaterstand zodanig stijgt dat in de laagste delen van het veengebied permanent natte condities kunnen worden gecreëerd. Daarbij is het van belang dat niet alleen de GHG, maar ook de GLG voldoende wordt verhoogd. Alleen dan kunnen permanent onder water staande situaties dan wel permanent drassige situaties zich over grotere oppervlakte uitbreiden. De hoogteverschillen binnen het natuurgebied bieden mogelijkheden om gradiënten te laten ontstaan. In de aanwezige laagten kunnen door afstroming van regenwater en doorstroming van grondwater permanente natte situaties ontstaan. Door oppervlakkige afstroming van oppervlaktewater uit hoger gelegen veencompartimenten en grondwaterstroming uit hoger gelegen zandkoppen

kunnen permanent natte milieus met iets mineraalrijkere en (zeer) zwak gebufferde omstandigheden ontstaan, die bevorderlijk zijn voor de veenmosgroei.

In het kader van een LIFE+-project Groote Peel (BTL advies, 2016) zijn in 2016 en 2017 maatregelen genomen om de grondwaterstand in het gebied te verhogen, te weten:

- dempen van het deel van Eeuwselse Loop die door het oostelijke deel van de Groote Peel Loopt en een ontwaterende werking heeft het aangrenzende veengebied, en vervangen door een nieuwe loop langs de weg N279.
- dempen en afdichten van sloten in de Groote Peel;
- optimalisatie van de compartimentering van het gebied door aanleg/verbetering kaden en aanleg van stuwen;
- aanleg van kwelschermen van 5 meter diep aan noord- en oostkant rand van het gebied om wegstroming van grondwater richting aangrenzend ontwaterde landbouwgronden en nieuwe Eeuwselse Loop tegen te gaan.

Aanvullend op het LIFE+ projectplan is nog gepland om aan de westzijde van het gebied op plaatsen waar kwelschermen ontbreken de aangrenzende landbouwgebieden te vernatten door aanleg van kades, verticale schermen en dempen van sloten. Door Caljé (2016) zijn de effecten van bovengenoemde maatregelen doorgerekend. In Figuur A-9 is te zien dat door de maatregelen in het noordelijk deel van de Groote Peel en rond de gedempte Eeuwselse Loop een sterke stijging zal optreden van de GLG (links), met als gevolg dat rondom bestaande plassen en laagtes permanent natte plekken ontstaan met een berekende GLG van minder dan 3 dm onder maaiveld (rechts). Deze plekken zijn in potentie geschikt voor het ontstaan van actief hoogveen, zeker wanneer door oppervlakkige afstroming en doorstroming van water een lichte buffering optreedt die de koolzuurbeschikbaarheid vergroot en daarmee de groei van veenmossen bevordert.



Figuur A-9 Links berekende stijging van de GLG als gevolg van maatregelen uit het LIFE-projectplan (aangevuld met aantal nog uit te voeren maatregelen). Rechts gebieden waar na uitvoering van de maatregelen de GLG minder dan 3 dm onder maaiveld staat en omstandigheden in principe geschikt zijn voor ontstaan voor levend hoogveen. Uit: Caljé 2016.

De door Caljé (2016) berekende grondwaterstandsstijging is groter dan de stijging zoals berekend met het Brabantmodel. Waar Caljé een gemiddelde stijging van de GLG met ca. 2 dm berekent, leidt in de scenariostudie dempen van interne ontwatering en het verhogen van het drainageniveau in attentiezones rondom natte natuurparels slechts tot een stijging van gemiddeld 2 cm. Zelfs in het extreme scenario 5, waarin alle sloten en greppels in heel Brabant worden gedempt, is slechts sprake van een stijging van de GLG van 9 cm (bijlage D). Het verschil kan verklaard worden door de aanleg van kaden en verticale schermen, waardoor het water hoger op maaiveld komt te staan in de nieuwe natuurpercelen (NNB) dan in Brabant model is berekend.

Door de reeds uitgevoerde en geplande maatregelen zijn de potenties voor ontwikkeling van levend hoogveen in het centrum van het gebied sterk toegenomen. De maatregelen zijn echter onvoldoende om in het hele hoogveenreservaat weer levend hoogveen te doen ontstaan. Om in alle lagere delen weer hoogveen te laten ontstaan zou een stijging van de grondwaterstand met zeker een halve meter nodig zijn.

Scenario	Beschrijving	Ingrep watergebruiksfunctie
1	Alle secundaire en tertiaire watergangen in natte natuurgebieden dempen.	Natuur
2	Scenario 1 inclusief het verhogen van het drainageniveau in attentiezones rondom natte natuurgebieden met 20 cm. Dit zijn landbouwgebieden die binnen een afstand van ongeveer 500 meter van de natte natuurgebieden liggen.	Natuur en landbouw
3	Scenario 2 inclusief een reductie van 30 % van alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater.	Natuur, landbouw, drinkwater en industrie
4	Alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater uit.	Landbouw, drinkwater en industrie
5	Alle secundaire en tertiaire watergangen in Brabant dempen.	Natuur en landbouw
6	Scenario 1 inclusief het hydrologisch isoleren van de primaire watergangen (beken) in natuurgebieden. Dit betekent dat de watergang geen drainerende functie heeft en dat grondwater pas wordt afgevoerd wanneer de grondwaterstand aan maaiveld ligt.	Natuur

A.1.6 Conclusies

De beide hoogveengebieden verschillen van elkaar doordat in de Deurnse Peel het veen over grote oppervlaktes nog redelijk intact is terwijl in Brabantse deel van de Groote Peel het veen voor een groot deel is afgegraven en de weerstand biedende veen- en glijdelaa op veel plekken ontbreken. Daardoor kan in de Deurnse Peel met vernattingsmaatregelen veel bereikt worden, en is het volgens de modelberekeningen mogelijk om met een mix van interne en externe maatregelen in ca. de helft van het veengebied de hydrologische condities geschikt te maken voor de ontwikkeling van levend hoogveen (Figuur A-6).

In de Groote Peel is het door de geringere weerstand van de bovengrond lastiger om de voor hoogveen gewenste hydrologische condities te creëren. Door dempen en afdichten van sloten, optimalisatie van de compartimentering en aanleg van kwelschermen kunnen in het middengebied rondom een aantal bestaande plassen en laagtes de hydrologische condities geschikt worden gemaakt voor ontwikkeling van hoogveen (figuur A-9). Om in een groter deel van het Natura2000 gebied de condities geschikt te maken voor hoogveenherstel zullen de grondwaterstanden verder moeten verhoogd, wat naar verwachting niet kan zonder aanvullende maatregelen in de omgeving.

A.1.7 Referenties

BTL Advies, 2016. Projectplan LIFE+ Groote Peel. BTL Advies, Oisterwijk.

Caljé, Ruben, 2016. Hydrologisch modelonderzoek Groote Peel 2016. Scenario's westzijde. Artesia, Schoonhoven.

De Rooij, Geoffrey, Dorus Daris, Hank Vermulst, Wouter Engel & Boy Possen, 2018. Definitief Projectplan Waterwet Leegveld. RHDV, Eindhoven.

Hagemeijer, M.L., 1983. Hydrologische en vegetatiekundig onderzoek in de Deurnse en Liesselsche Peel. Evaluatie van genomen beheersmaatregelen. Verslag Natuurbeheer nr. 709, Landbouwhogeschool Wageningen.

Provincie Noord-Brabant, 2017. Gebiedsanalyse Deurnsche Peel & Mariapeel (139) en Groote Peel (140). Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2017. Natura 2000-beheerplan Groote Peel, Deurnsche Peel & Mariapeel (139 en 140). Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Den Haag.

Runhaar, J., C.Maas, A.F.M. Meuleman & L.M.L. Zonneveld, 2000. Herstel van natte en vochtige ecosystemen. Handboek. Nationaal Onderzoekprogramma Verdroging, rapport 9-2. RIZA, Lelystad.

Streefkerk, J.G., Bos, T.J.E. & S. Wasch (2013). Hydrologisch Advies Mariapeel. Staatsbosbeheer.

Vermulst, J.A.P.J., Jansen, J. & A. Krikken, 2009. GGOR-inrichtingsvisie Groote peel. Royal Haskoning, Den Bosch.

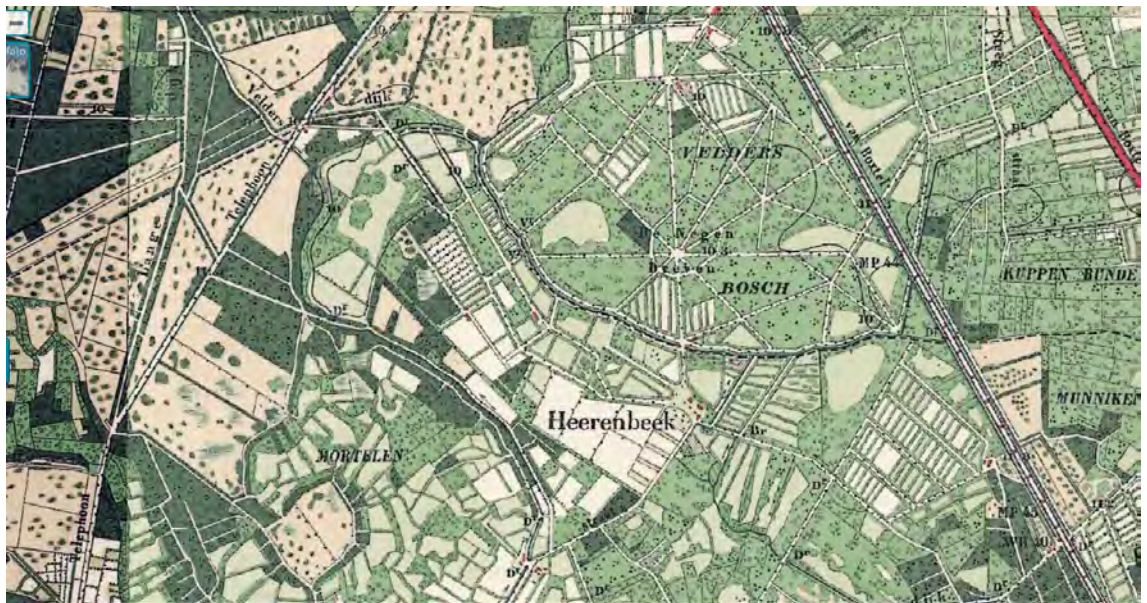
Witteveen en Bos, 2011. GGOR inrichtingsvisie Deurnsche Peel. Definitieve versie d.d. 21 februari 2011. W&B, Deventer.

Witteveen en Bos, 2018, Modellerings uitwerking hydrologische maatregelen Leegveld, W&B Rotterdam

A.2 Veldersbosch

A.2.1 Inleiding

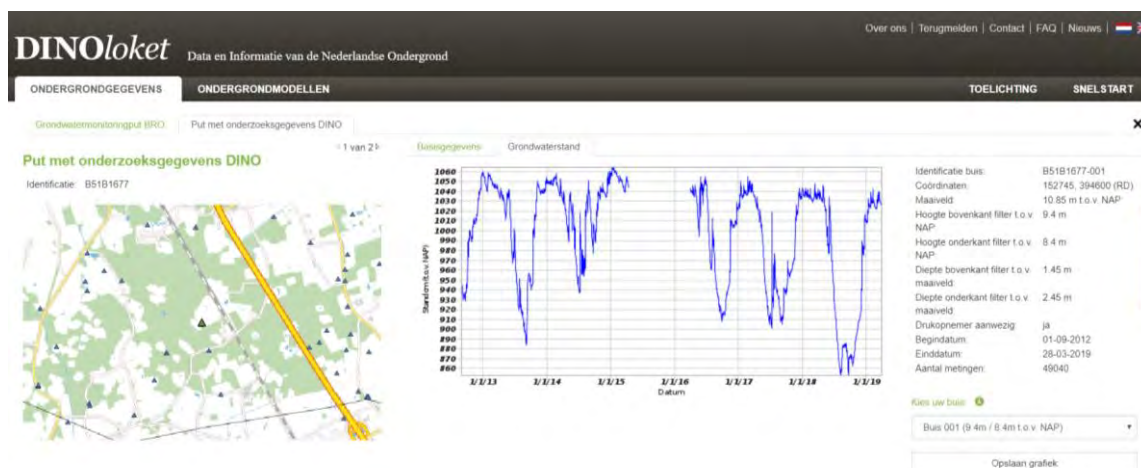
De Mortelen en Veldersbosch liggen in een flauw in noordelijke richting hellend leem- en dekzandgebied dat wordt doorsneden door enkele natuurlijke beken en verschillende gegraven waterlopen. Ten zuiden van de Mortelen ligt de westzuidwest-oostnoordoost georiënteerde Midden-Brabantse Dekzandrug. De meest voorkomende bodemtypen in de Mortelen zijn de beekeerdgrond en de veldpodzol. De beekeerdgronden zijn vooral aan de zuid- en oostzijde van de Mortelen en het Veldersbosch gelegen en bestaan hoofdzakelijk uit lemig fijn zand. Deze gronden worden gekenmerkt door veel roestvlekken in het bovenste deel van het profiel dat wijst op vochtige omstandigheden. Vochtige omstandigheden kunnen te wijten zijn aan hoge grondwaterstanden, maar ook aan een geringe doorlatendheid van de bodem, door bijvoorbeeld het voorkomen van leemlagen. Deze kleilagen zijn karakteristiek voor dit gebied, en worden ook vaak Brabantse leem genoemd. In deze afzetting wordt ondiep hoge kalkgehalten aangetroffen. Vaak is dit zichtbaar als kalkskeletjes en kalkgytja. Volgens Hemel en Stuurman (1999) is deze kalk in een ver verleden afgezet in kalkrijke moerassen die gevoed werden door calciumrijke kwel en overstromend kalkrijk rivierwater. Omdat het ook recent nog een kwelgebied was, en plaatselijk nog is, zijn deze kalkafzettingen geconserveerd. Dus niet uitgeloozd door infiltrerend zuur regenwater.



Figuur A-10 Ligging van de Mortelen en het Veldersbosch en omgeving weergegeven op historische topografische kaart uit 1815.

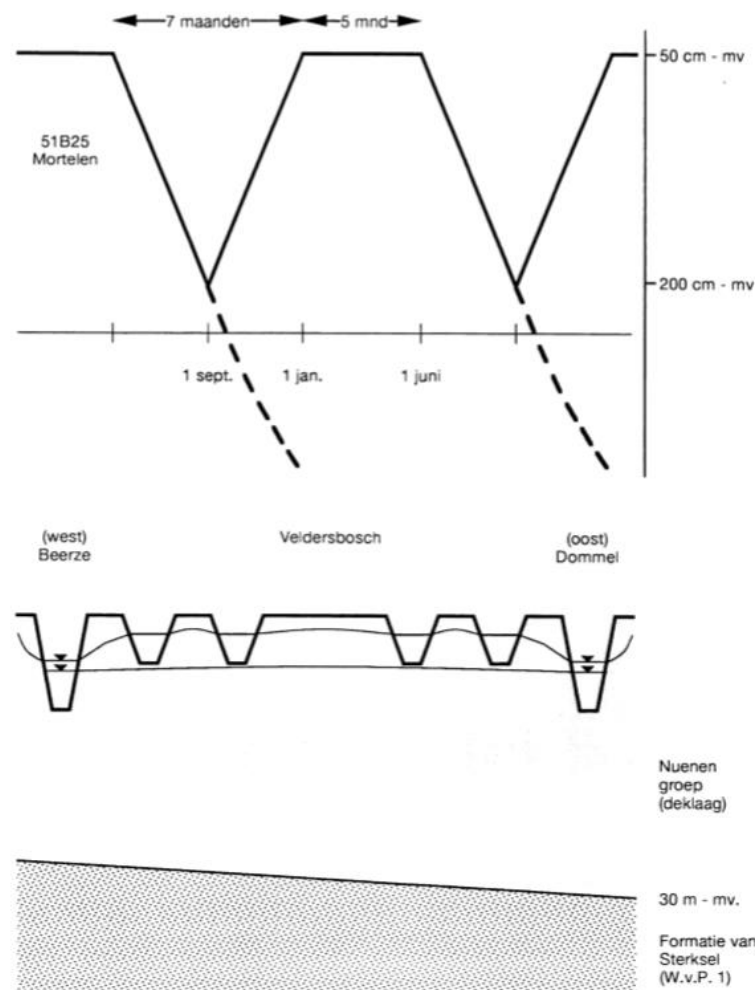
A.2.2 Grondwatersituatie

Op de in 1794 vervaardigde 'Kaart Figuratief' van Verhees (geadmitteerd landmeter te Boxtel) is te zien dat de Mortelen en het Veldersbosch reeds doorsneden worden door talrijke noord-zuid lopende waterlopen. Deze ontspringen in een natte heidezone aan de voet van de zuidwest-noordoost verlopende Midden-Brabantse dekzandrug. Ook direct ten noorden van Best wordt nog een groot (heide-)moeras gekarteerd. De Topografische Militaire Kaart van 1845 geeft een beeld van de Mortelen dat in grote lijnen overeenkomt met de huidige situatie. Een groot deel van het gebied bestaat uit kleinschalig afwisselend landgebruik. De bosgebieden, het Veldersbosch en het Kinderbosch, nemen echter een veel groter areaal in dan momenteel het geval is. Een duidelijk verschil met de toenmalige situatie is dat er sinds 1945 een aanzienlijk aantal afwateringssloten in het gebied zijn gegraven. Ook valt op dat op plaatsen waar Verhees heide aangeeft rond 1850 enkele vennen gekarteerd worden. Dit wijst erop dat daar veenmoerasjes voorkwamen die mogelijk tussen 1704 en 1845 zijn ontveend. De vennen zijn vermoedelijk verdwenen als gevolg van de aanleg van afwateringssloten en het in gebruik nemen van de grond als landbouwgebied. Van de C.O.L.N.-kaarten die net na 1950 zijn gemaakt, is af te lezen dat de gemiddelde laagste grondwaterstanden in die tijd fluctueren tussen 40 tot 70 en 70 tot 100 cm-mv. De gemiddelde hoogste standen liggen in de klassen 20 tot 40 en minder dan 20 cm-mv. Uit meetgegevens van het C.O.L.N.-onderzoek blijkt dat de grondwaterstand in de peilbuizen in de directe omgeving van het Veldersbosch een fluctuatie van gemiddeld 100 cm kende. Het lijkt er op dat deze fluctuatie sterk is toegenomen, grotendeels door de verdichte en verdiepte afwaterings watergangen. Nu worden in het centrum van het gebied (zie onderstaande figuur A-11) fluctuaties van 150 tot 200 cm (droogte 2018) waargenomen.



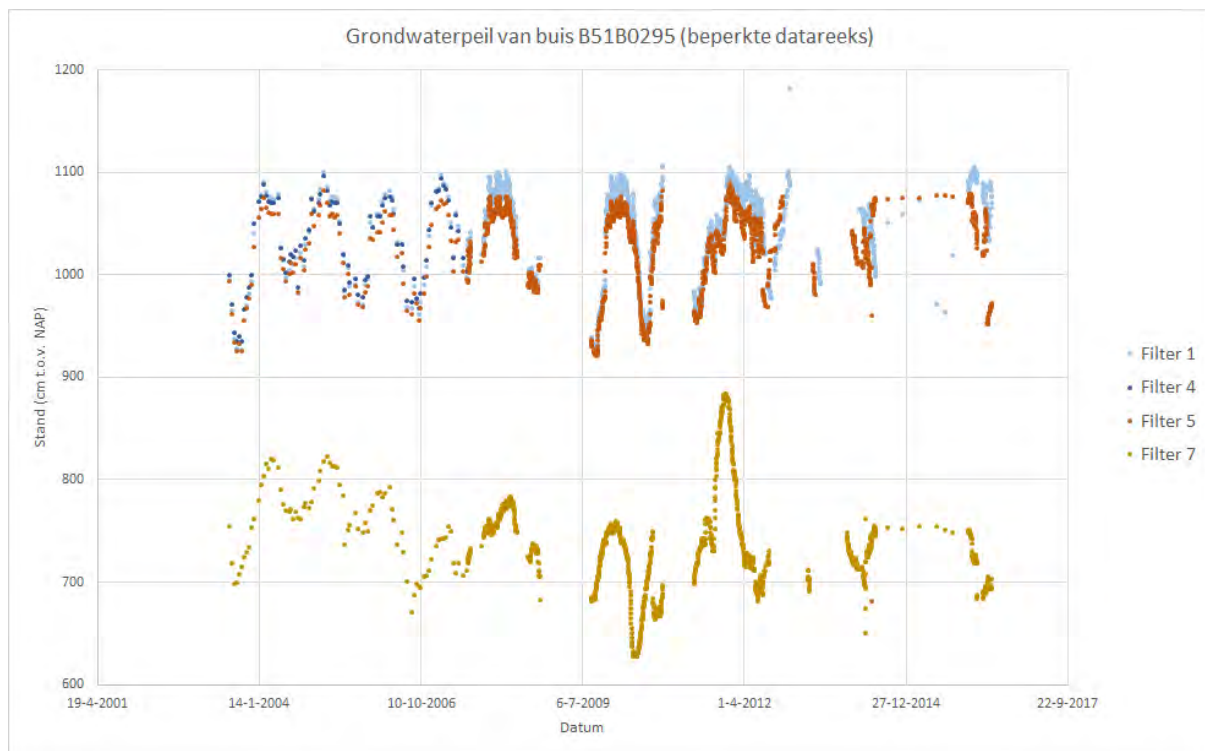
Figuur A-11: De grondwaterfluctuatie in het centrale deel van het Veldersbosch. De tijdreeks toont dat in de natte periode de grondwaterstand niet meer stijgt, omdat grondwateraanvulling dan wordt afgevoerd door het drainagestelsel.

Het gebied kent in de winter hoge grondwaterstanden (enkele decimeters onder maaiveld), maar deze grondwaterstanden dalen daarna snel en diep t.g.v. een dicht stelsel aan rabatten (greppels) en waterlopen (zie figuur A-12).



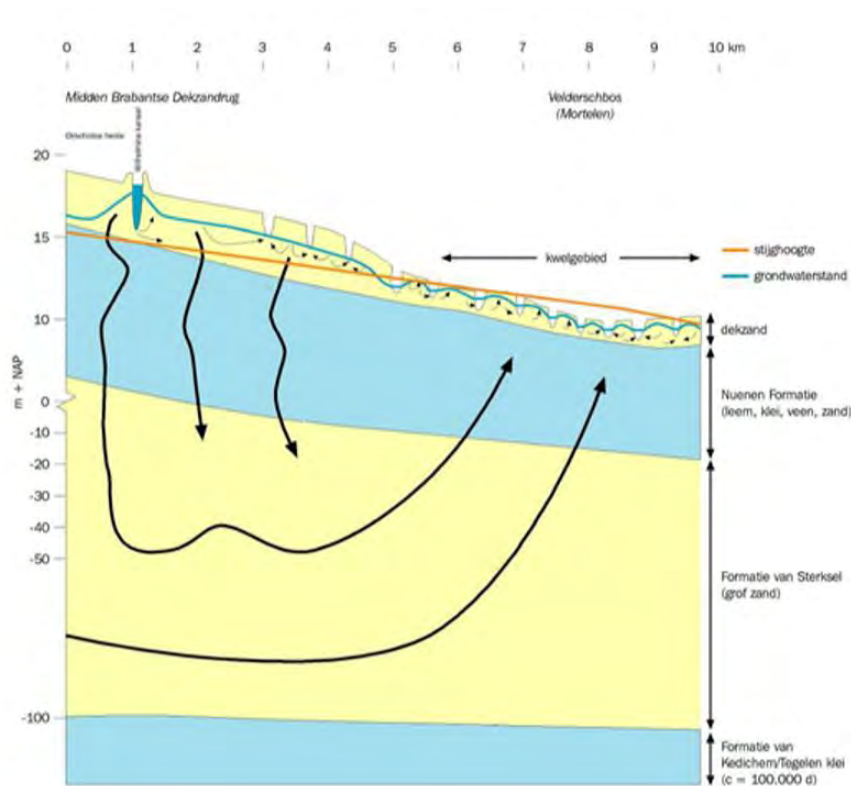
Figuur A-12: een schematisering van de grondwatersituatie (relatie grondwaterstandsverloop en ontwateringssysteem) op basis van plaatselijk gemeten grondwaterstanden (Vlot e.a., 1992).

Het gebied staat van oudsher onder invloed van regionale kwel. Deze kwel is minimaal afkomstig uit het eerste watervoerend pakket (F. van Sterksel), maar mogelijk in het verleden ook uit diepere pakketten. Dit kwelwater heeft een ouderdom van ca. 4000-5000 jaar (Vlot e.a., 1993). Grondwatermeetpunt B51 B295 toont dat de freatische grondwaterfluctuatie en de stijghoogten op 100 en 195 meter diepte (figuur A-13). De freatische grondwaterstand en de stijghoogten in de Formatie van Sterksel vertonen grote gelijkenis. De stijghoogte in het diepe watervoerende pakket is meer dan 3 meter lager. Er is dus sprake van een opmerkelijke grondwatersituatie: grondwater in de F. van Sterksel kan zowel naar boven stromen (kwel), en deels naar beneden. Het is aannemelijk dat deze verlaagde diepe stijghoogte in het verleden meters hoger lag, vermoedelijk meer dan 3 meter.



Figuur A-13: Grondwaterfluctuatie in het Veldersbosch in meetpunt B52B295 langs de Monnikenweg Filter 1 is freatisch, filter 4 op 34 m -NAP (bovenin F. van Sterksel), Filter 5 op 100 m -NAP (onderkant F. van Sterksel) en filter 7 op 195 m -NAP (diepe watervoerende pakket).

In figuur A-14 is het huidige grondwaterstromingspatroon geschetst.

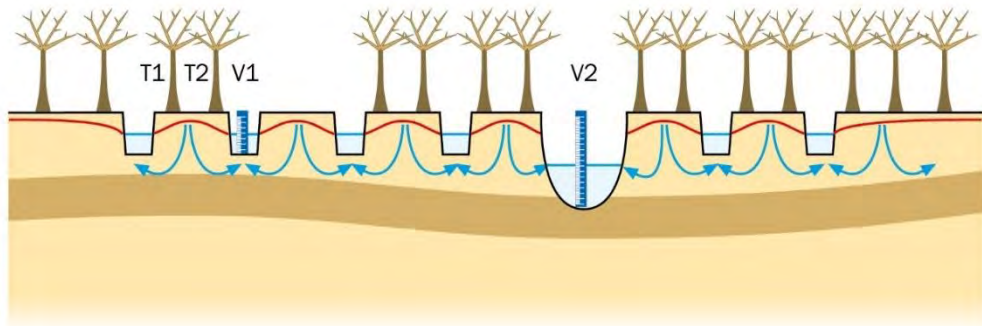


Figuur A-14 Een schematische presentatie van de grondwatersituatie in een noord-zuid profiel.

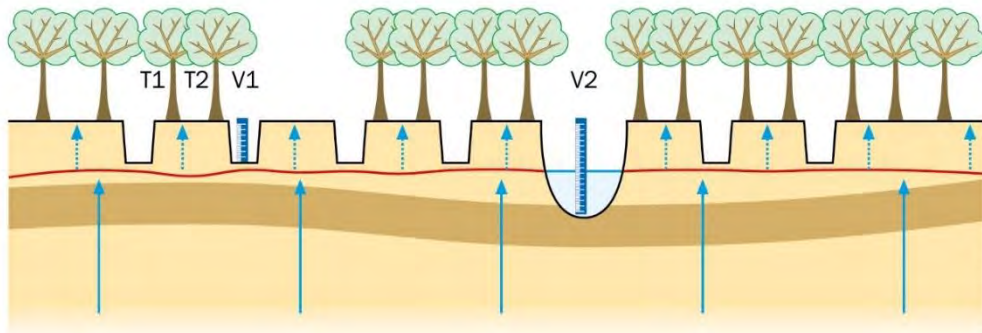
Een bijzondere eigenschap van een groot deel van het gebied is dat de vegetatie (vooral struiken en bomen) in de zomer (en droge tijdens) ook bij lage grondwaterstanden in hun watervraag kunnen voorzien via capillaire werking. Dus, terwijl de watergangen zijn drooggefallen en nauwelijks oppervlaktewater zichtbaar is, is er toch sprake van kwel. In figuur A-15 is deze situatie verder uitgewerkt (Vlot, 1993). In principe wordt een heel groot deel van het de (zure) winterneerslag gedraineerd en afgevoerd, en is de natuur daarna grotendeels afhankelijk van (basische) kwel.

I Dekzandafspoelingsvlakte met bos

winter



zomer



Stuurman 02WI-01

Figuur A-15: Het actuele seizoen afhankelijke oppervlaktewater-grondwater mechanisme in relatie tot waterkwaliteit.

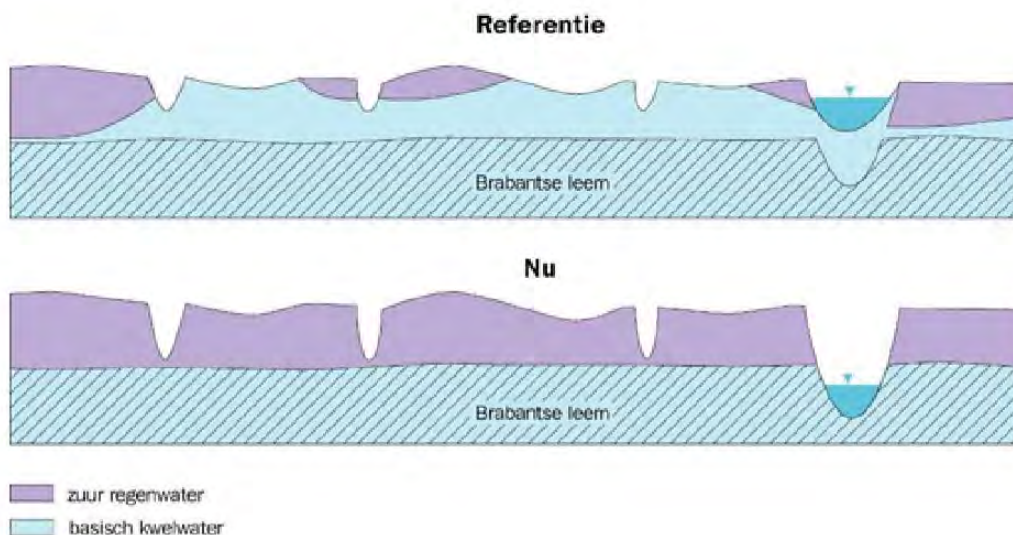
A.2.3 Verdroging

Uit vorige studies (o.a. Vlot e.a., 1993) blijkt dat het gebied vooral is “verdroogd” t.g.v. de gewijzigde drainage in het gebied, vooral door de afwateringssloten die het gebied vanuit het zuiden doorsnijden. Hierdoor zakken de freatische grondwaterstanden vooral in de zomer diepere uit. Daarnaast is de kwel afgenomen (vooral t.g.v., grondwaterwinning en verbeterde drainage landbouwgronden). Hierdoor is ook de invloed van calciumrijke kwel afgenomen.

A.2.4 Herstelmaatregelen

De studie van Vlot e.a. (1993) dat opheffing van verdroging hier vooral om regionale beheersmaatregelen, binnen en buiten het gebied, vraagt. Lokale maatregelen zo als het installeren van een enkele stuw hebben een zeer lokaal effect. De belangrijkste maatregelen zijn het verhogen van de bodems van (alle) afwateringssloten en het herstellen van kwel. Deze verhoging van de waterloop bodems zou in combinatie met verbreding kunnen plaatsvinden om de afwateringsfunctie te behouden.

Als gevolg van toegenomen drainage en verdieping van waterlopen is de grondwaterstand gemiddeld gedaald en daardoor de invloed van calciumrijke kwel afgenomen. In onderstaand figuur wordt de (historische) referentie vergeleken met de actuele grondwatersituatie. Als gevolg van grondwaterstandverlaging lijkt de invloed van calciumrijke kwel op de wortelzone te zijn afgenomen. Om deze invloed te herstellen moet het ontwateringssysteem aangepast worden: (1) vermindering rabatten, (2) bodemverhoging waterlopen en sloten, maar waarbij ook de stijghoogte (F. van Sterksel) hoger blijft/wordt dan de freatische grondwaterstand.



Figuur A-16: effecten op grondwaterkwaliteit t.g.v. een verlaagde grondwaterstand door verdieping van waterlopen en verminderde kwel.

A.2.5

Bepaling waterwens Veldersbosch en Mortelen.

- Toename kwel vanuit de F. van Sterksel in de winter. Hiervoor zullen vooral maatregelen rond het gebied moeten plaatsvinden. Deze stijghoogte moet minimaal hoger dan maaiveld worden. De noodzakelijke stijghoogte verhoging is dan 10-30 cm.
- Vermindering grondwaterdaling in de zomer. Dit kan door aanpak ontwatering in het gebied.
- Met vasthouden in de winter moet voorzichtig worden omgegaan. Het gevaar is aanwezig dat de kwel dan wordt "onderdrukt" door het bovenliggende vastgehouden regenwater.
- Die stijghoogte op grote diepte (diepe watervoerende pakket) is sterk verlaagd. Het is niet bekend of dit invloed op de (herkomst) van de kwel in het Veldersbosch heeft.

A.2.6

Referenties

Joost Cools (Ecologisch Adviesbureau Cools), Ype van der Velde (TNO). Han Runhaar (Alterra), Roelof Stuurman (TNO) (2006): Herstel- en Ontwikkelplan Schraallanden TNO/EAC/Alterra-rapport

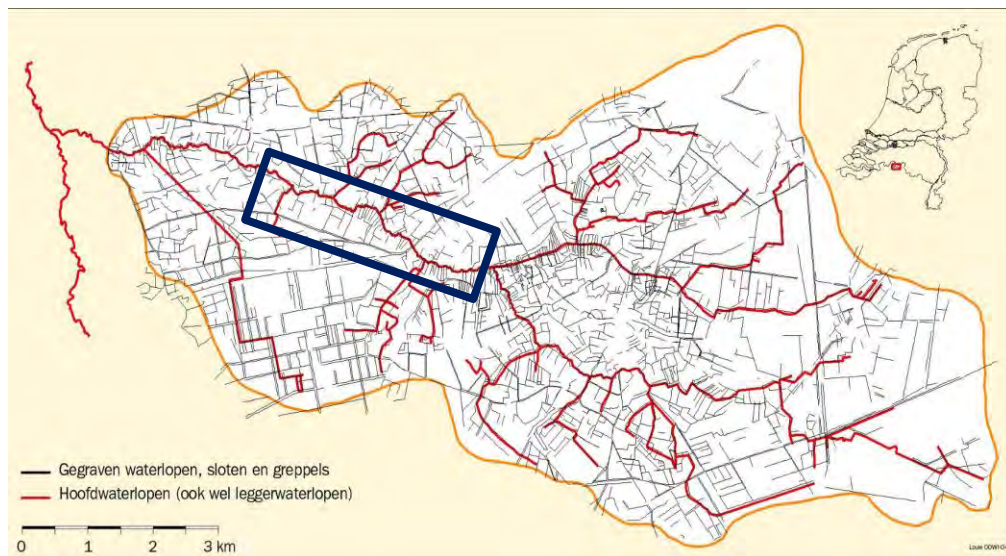
Hemel en Stuurman (1999): Kalk en kwel: Calciumrijke kwel en de verbreiding en genese van kalkrijke sedimenten in de Centrale Slenk (STROMINGEN 5 (1991, NUMMER 2)

B. Minnema, J. Vlot en R.J. Stuurman (1993). Hydrologisch onderzoek naar de regeneratie mogelijkheden van grondwaterafhankelijke natuurwaarden in de Mortelen en het Veldersbosch. TNO rapport OS 92-53A.

A.3 Halsche beemden (Merkske)

A.3.1 Ligging en omgeving

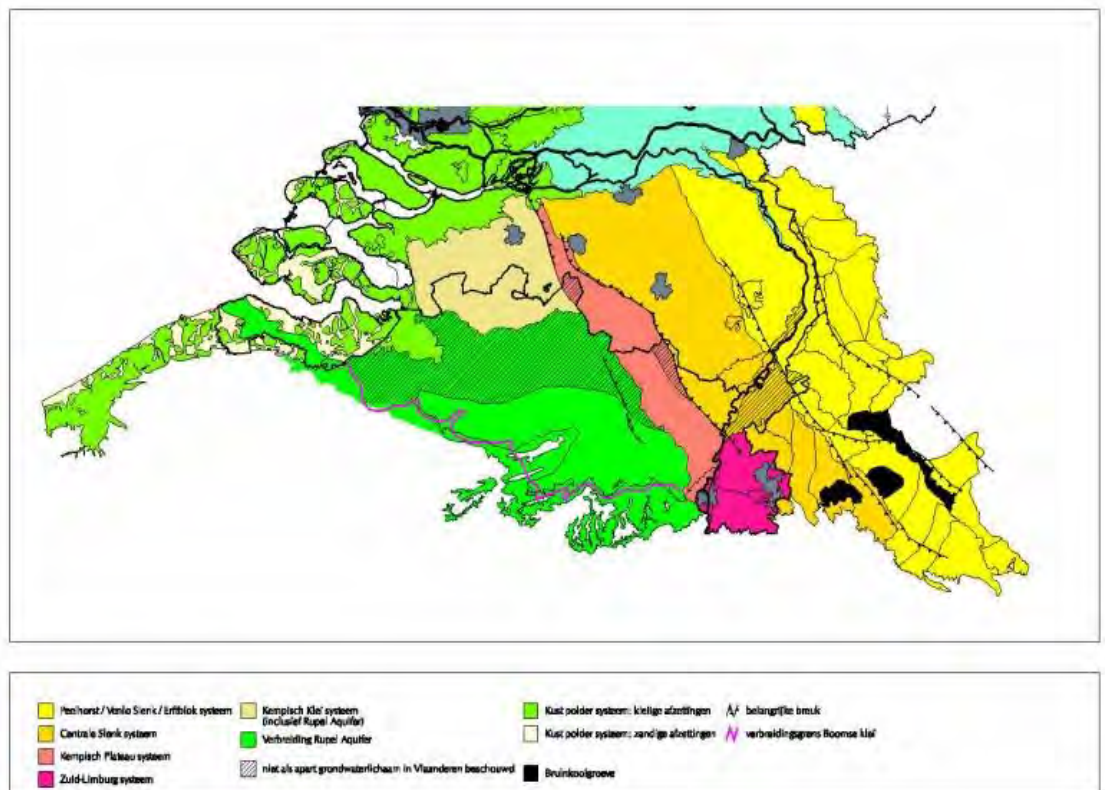
De Halsche Beemden betreffen een smalle strook hooilanden langs de beek tussen de Castelreesche Heide en de Schoorse Heide (onder Baarle Nassau, nabij Hal in België, figuur A-17). De verkavelingstructuur van de Halsche Beemden is goed bewaard gebleven. De aangrenzende akkers, gelegen op een lage dekzandrug tussen de natte heide en het beekdal, waren overigens aan het eind van de 19e eeuw nog geheel bebost! De diepe ontwateringsloop van de Castelreesche Heide door de beemden (de Staakheuvelse Loop) vormt een vergraven relict van een natuurlijke rijt in het Merkske en dient als zodanig bewaard te blijven. Echter, de drainerende werking op de hooilandvegetatie ter plaatse is zodanig dat verondieping sterk gewenst is.



Figuur A-17: Ligging van de Halsche beemden binnen het grensoverschrijdende Merkske stroomgebied

A.3.2 Hydro geologische situatie

Het Merkske bevindt zich in de tektonisch-hydrogeologische eenheid West-Brabant (zie figuur A-18). Deze eenheid wordt van boven naar beneden als volgt gekarakteriseerd: (1) een relatief dunne afzetting van dekzanden, die plaatselijk zijn verstoven tot stuifduinen, (2) een tientallen meters dik pakket van klei en fijnzandige sedimenten, vaak rijk aan organisch materiaal met daaronder (3) een dik pakket van hoofdzakelijk schelpenrijke mariene zanden.



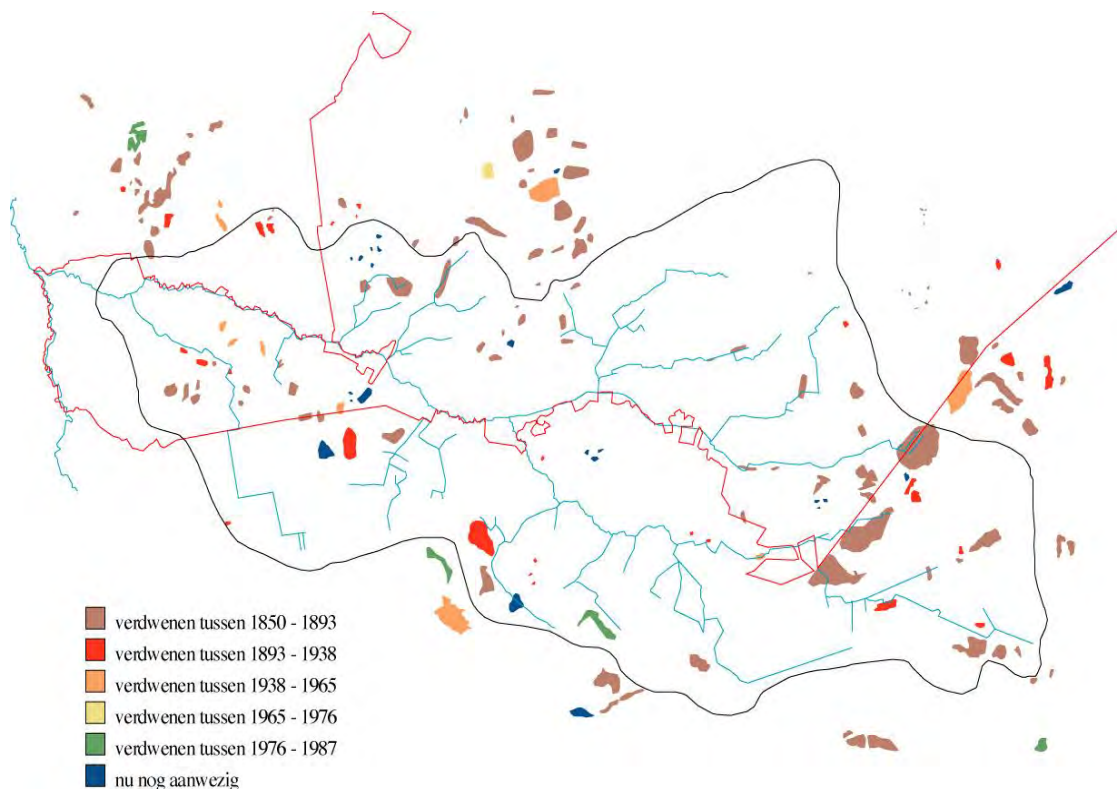
Figuur A-18: Ligging van het Merkske stroomgebied in het kempisch klei systeem van West-Brabant.

A.3.3 Bodem en geomorfologie

Het beekdal bij de Halsche beemden bestaat voor een groot deel uit veen, met op de flanken (oorspronkelijk) beekeerd bodems. Meestal zijn geomorfologisch een tweetal kleine sprongen zichtbaar: (1) de randen van het Pleistocene dal, (2) de randen van het Holocene dal met veenopvulling.

Ten gevolge van grondwaterstandsdeling in het beekdal is het aannemelijk dat er een aanzienlijke maaiveldaling heeft plaats gevonden. Verschillende boringen laten ook nu een relatief dikke zone veraard veen zien.

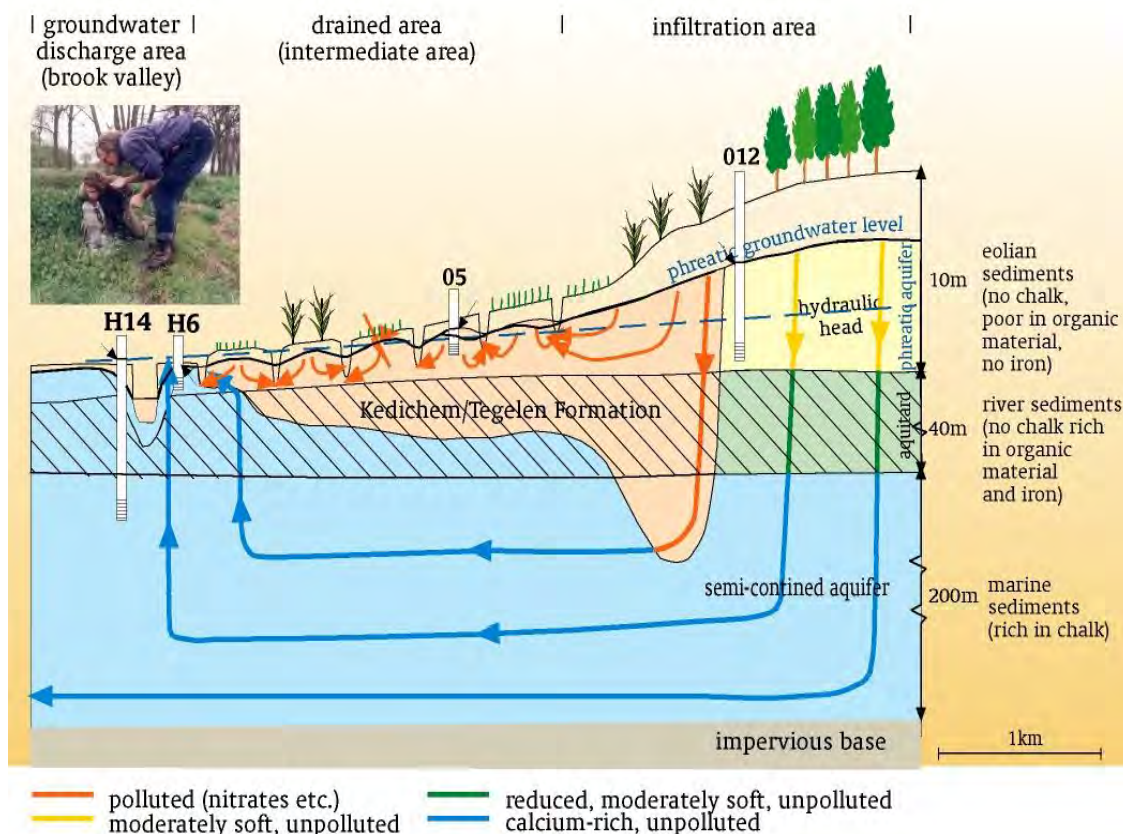
A.3.4 (Grond-) water situatie: van historisch/natuurlijk naar actuele situatie



Figuur A-19: Kartering van verdwenen vennen in het stroomgebied. Het watersysteem is hierdoor sterk veranderd.

In figuur A-20 staat het regionale grondwatersysteem weergegeven dat karakteristiek is voor het Merkske-stroomgebied. Hierin is het hoger gelegen infiltratiegebied en het laaggelegen beekdal duidelijk herkenbaar. Indien de grondwaterstand in het freatische pakket hoger staat dan de stijghoogte in het diepe watervoerende pakket vindt er stroming plaats van het ondiepe freatische pakket naar het diepe watervoerende pakket. Deze gebieden worden infiltratiegebieden of ook wel in/wegzijgebieden genoemd. In de laaggelegen gebieden, zoals het beekdal, is de stijghoogte hoger dan de freatische grondwaterstand en/of het maaiveld, waardoor er diep grondwater in deze gebieden opstijgt (kwel). Deze gebieden worden kwelgebieden genoemd. Het kwelwater heeft mede door de doorkruising van de diepe, mariene kalkrijke lagen en zijn lange reistijd een bijzondere samenstelling. De goede kwaliteit van het opkwellende grondwater is een belangrijke factor voor de natuur in de kwelgebieden. De grootte van de stijghoogte in het diepe watervoerende pakket bepaalt de hoeveelheid kwelwater in het gebied.

Tussen de infiltratie- en kwelgebieden ligt een gebied dat ook wel wordt aangeduid als het intermediair gebied. Dit gebied is sterk ontwaterd en er vindt nauwelijks uitwisseling plaats tussen het diepe en ondiepe systeem. Het regenwater dat in dit gebied valt, wordt meestal direct door de dichtstbijzijnde sloot afgevoerd. Het intermediaire gebied fungeert dus nauwelijks als inzijgebied, terwijl er soms tijdelijk en slechts in zeer beperkte mate lokale grondwaterstroming plaats heeft en van kwelinvloed dus eveneens vrijwel geen sprake is.

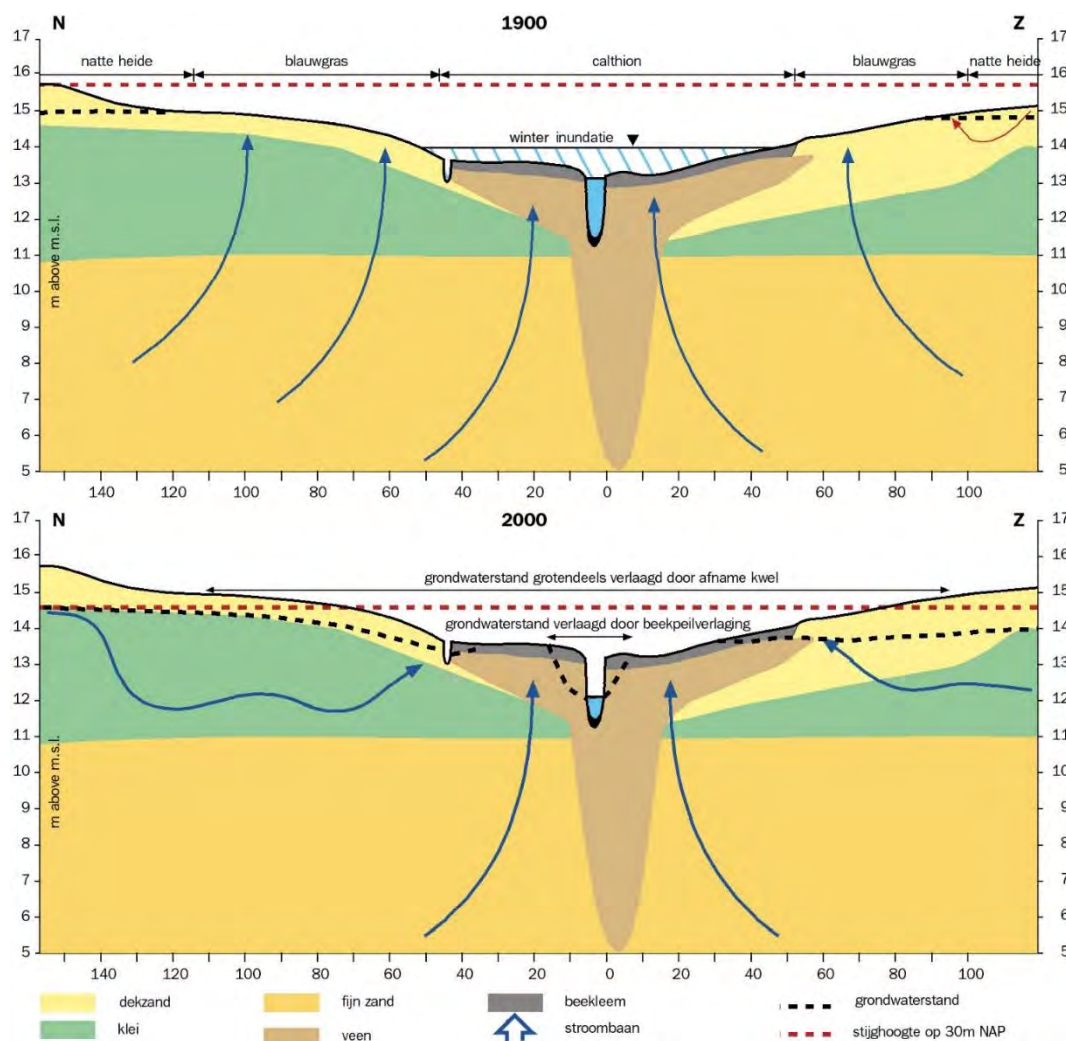


Figuur A-20: schematische weergave van het grondwatersysteem in het Merkske, ook representatief voor een groot deel van West-Brabant.

Door de relatief lage ligging van het beekdal is de stijghoogte in het diepe watervoerende pakket hoger dan het maaiveld (figuur A-21). Hierdoor stroomt er grondwater van het diepe watervoerende pakket naar het maaiveld van het beekdal. Op de meeste locaties in het beekdal komt dit kwelwater alleen in de sloten en greppels aan de oppervlakte. Op enkele locaties, zoals de Halsche Beemden, de Kromme Hoek en de Broskens, treedt het kwelwater ook in het maaiveld uit. De kwel is een zeer belangrijke randvoorwaarde voor de karakteristieke vegetaties. Het kwelwater heeft door de lange reistijd (>1000 jaar) en de verschillende, diepe mariene lagen die het heeft doorkruist, een bijzondere samenstelling. Het is bovendien voedselarm en bevat in principe géén verontreinigingen, maar bezit wel relatief hoge concentraties calciumbicarbonaat en ijzer. Het diepere grondwater heeft gemiddeld een neutrale zuurgraad (ongeveer pH 7).

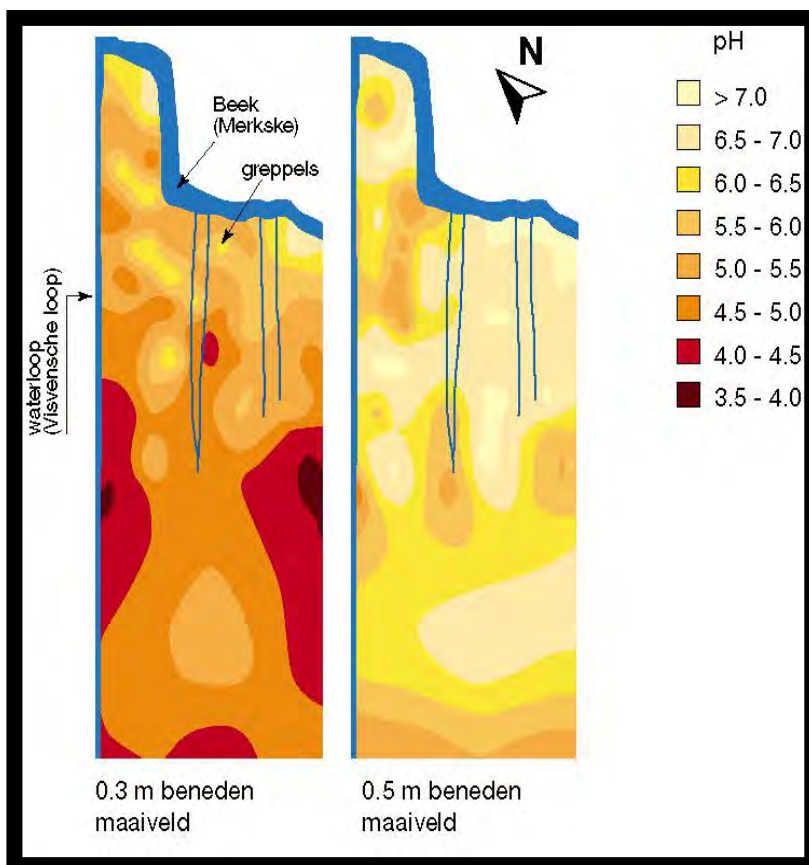
Naast de bijzondere kwaliteit van het kwelwater veroorzaakt de kwel een hoge grondwaterstand in het beekdal. In de winterperiode staat de grondwaterstand tot aan maaiveld van het perceel. Tegenwoordig kan de grondwaterstand in de zomerperiode echter zakken tot 100 cm beneden maaiveld in het lage deel van het beekdal en ca. 150 cm beneden maaiveld in het hogere deel van het beekdal. Dit in tegenstelling tot in het verleden toen de kwelintensiteit hoog genoeg was om de verdamping bij te houden. In het lage deel van het beekdal (zone van 50-75 meter langs de beek) is de kwelintensiteit het hoogst. In dit deel zijn in het verleden door de boeren dan ook vaak uitgebreide netwerken van greppels gegraven om het kwelwater en het oppervlakkige zure neerslagwater uit het perceel af te voeren. In het lage deel kan de kwelintensiteit lokaal sterk verschillen als gevolg van de lokale geohydrologische situatie. In een zone van circa 10-15 meter breed waar de beek zich diep heeft ingesneden en waar een deel van de weerstand biedende laag is weg geërodeerd en veen is afgezet, kan de kwel-intensiteit hogere waardes aannemen (>5mm/dag). Op de rand van het beekdal is de stijghoogte nauwelijks meer hoger dan de grondwaterstand, zodat er van kwel al bijna geen sprake meer is. Dit hoge deel wordt sterk beïnvloed door

toestroming van lokaal grondwater uit de aangrenzende hoger gelegen gebieden. Indien dit landbouwpercelen betreft, vindt er toestroming met door landbouw verontreinigd grondwater plaats.



Figuur A-21: De historische- en actuele (grond) watersituatie in het beekdal.

In de Halsche Beemd -west is ook de bodem-zuurgraad onderzocht (figuur A-22). Deze toont dat de bodem relatief zuur is in de bovenste 30-40 cm, t.g.v. een toegenomen regenwaterinvloed.



Figuur A-22: de pH van de bodem in de Halsche beemd-west.

A.3.5

Ecologische beschrijving

Door regelmatige overstroming met beekwater en de afzetting van beekleem worden de beemden in beekdal van het Merkse van oudsher gekenmerkt door relatief productieve veldrushooilanden en dotterbloemhooilanden, met als meest kenmerkende soorten knolsteenbreek, grote pimpernel en moesdistel. Andere regelmatig voorkomende soorten zijn dotterbloem, echte koekoeksbloem, veldrus en moerasstreepzaad. De overstroming met beekwater is in vergelijking met het verleden sterk afgenomen, maar de beekleem die bij vroegere overstromingen is afgezet zorgt nog steeds voor een iets hogere productiviteit waarbij relatief voedselminnende soorten als knolsteenbreek, grote pimpernel en moesdistel zich kunnen handhaven.

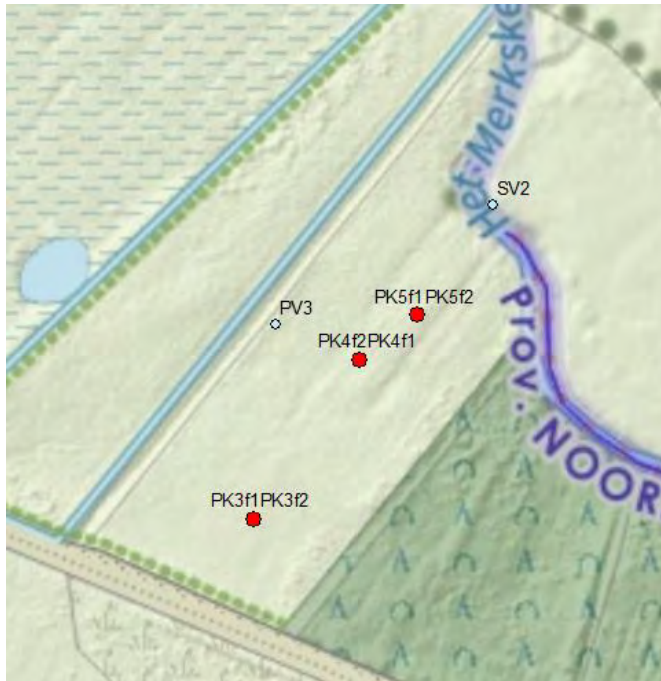


Als gevolg van ontwatering en intensieve landbouwkundige bemesting zijn de meeste veldrushooilanden en dotterbloemhooilanden verdwenen. Alleen in een paar reservaten, waaronder de Halsche Beemden, hebben ze zich kunnen handhaven.

A.3.6 Vanuit natuur gewenste (grond-) water situatie

Voor dit gebied kiest Staatsbosbeheer voor uitgesproken botanische doelen. Samen met de aan de overzijde van de beek gelegen Kromme Hoek vormt de Halsche Beemden immers één van de botanische kerngebieden van het beekdallandschap van het Merkske. De beoogde doelcomponenten met betrekking tot de vegetatie gaan in de richting van natte schraallanden, waarbij Staatsbosbeheer de ontwikkeling van basenhoudende kleine zeggenmoeras als gidsdoeltype voor ogen heeft. Een afwisseling van Blauwgraslandachtige vegetaties, Veldrusschraallanden en de karakteristieke basenrijke Dotterbloemhooilanden met een inslag van kleine zeggengemeenschappen zijn de te realiseren vegetatie- typen. Plaatselijk is het herstel van echte kwelbosjes opportuun. Op de beekdalflank zijn vochtige of

droge Kamgrasweiden, dan wel vochtige Eiken-Berkenbos optioneel. Een belangrijke voorwaarde voor de realisatie van deze doelen is dat de stijghoogte in de ondergrond voldoende hoog is om te zorgen voor aanvoer van basenrijk schoon grondwater naar maaiveld in de beemden.



Figuur A-23: Ligging meetpunten uit beleidsmeetnet verdroging in de Halsche Beemden. Bron: Runhaar en Van Doorn 2017.

A.3.7 Knelpunten en potentiële herstelmaatregelen

Een gesprek met Hans Backx (SBB ecoloog met West-Brabant expertise) bevestigt dat in het gehele beekdal van het Merkske (maar ook de nadere West-Brabantse beken) het grondwaterpeil, vooral in de zomer, veel te laag is. Daardoor veel afbraak van organisch materiaal. Veel van de aanwezige kwel komt niet in de hooigraslanden omhoog, maar stroomt direct naar de beek. Deze daling in de zomer (vooral in de veensituaties) zou slechts enkele decimeters mogen zijn (20 cm), en niet zoals nu vaak meer dan 100 cm. Bij herstel zou ook aandacht moeten worden gegeven aan de herstel van natte heide omstandigheden aan de bovenkant van het beekdal om de gradiënt van zuur naar basisch te herstellen. In de Halsche Beemden liggen drie toestandsmeetpunten uit het Beleids-Meetnet Verdroging (BMV) van de provincie Noord-Brabant (figuur A-23). Bij de evaluatie van het meetnet in 2012 scoren deze punten onvoldoende (Buskens en Vermulst, 2013). De freatische grondwaterstand is voldoende hoog voor het beoogde doeltype (vochtig schraalland), en zelfs iets te hoog in laagstgelegen meetpunt PK5f1. De stijghoogte is echter in alle drie de meetpunten onvoldoende voor kwel en het chloridegehalte van het grondwater is in meetpunt PK3f1 iets verhoogd (21 mg/l, zie A-24). Als mogelijke oorzaak hiervoor wordt genoemd de menging met ondiep grondwater afkomstig uit (voormalige) landbouwpercelen hoger op de flank van het beekdal.

In de evaluatie van het BMV voor 2015 (Runhaar en Van Doorn, 2017) kon alleen voor PK4 een score worden berekend omdat van de andere twee meetpunten actuele grondwatergegevens ontbraken. Dit meetpunt scoort goed omdat de grondwaterstand voldoende hoog is, en de grondwatersamenstelling in dit meetpunt voldoet aan alle criteria voor vochtig schraalland, ook waar het gaat om chloride (chloridegehalte 14 mg/l).

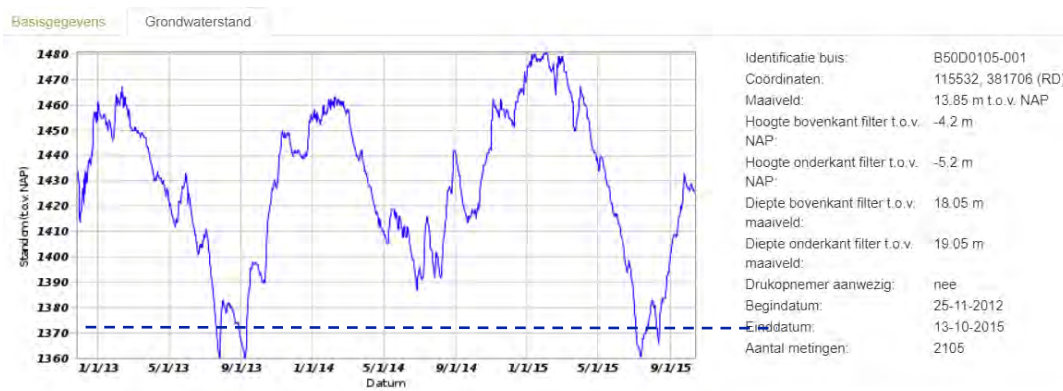
Parameter	Eenheid	2004	2006	2009	2011	2013	2015
temperatuur-veld	oC						19,7
grondwaterstand	m-mv.	1,05	0,97	0,8	0,44	1,01	
zuurgraad-veld		7,1	6,61	6,67			6,52
geleidbaarheid-veld	mS/cm	186	178	177			1911
waterstofcarbonaat-veld	mg/l	99,4	86,1				
IR-Ratio	meq/l						0,716
calcium	mg/l						20
ijzer	mg/l						16
kalium	mg/l						0,5
magnesium	mg/l						4,4
mangaan	µg/l						440
natrium	mg/l						8,7
chloride	mg/l						14
forsfaat-totaal	mg P/l						0,13
fosfaat-ortho	mg P/l						0,05
ammonium	mg N/l						0,16
nitraat	mg N/l						0,23
sulfaat	mg/l						1

Figuur A-24 Grondwaterkwaliteitsgegevens meetpunt BMV09PK4f1



Een voorbehoud wordt gemaakt voor de stijghoogte. De stijghoogte gemeten in filter 2 is in het merendeel van de periode gelijk aan of lager dan de stijghoogte gemeten in filter 1. Gezien de geringe verschillen in filterstelling (25 cm) kan echter aan dit verschil geen grote betekenis worden toegekend. In de overige perioden is geen sprake van een duidelijke kweldruk. Als we kijken naar stijghoogtemetingen uit PV3 (ten tijde van de evaluatie niet beschikbaar), met een filter op 18,5 m onder maaiveld, zien we dat dat in de periode 2013-

2015 de stijghoogte in het midden van de Halsche Beemden het merendeel van het jaar ruim boven maaiveld ligt. Volgens Rolf et al (1993) is een stijghoogte van 14.40 m +NAP in dit meetpunt voldoende voor een kwelflux van 0,2 mm per dag richting maaiveld, en is er vanaf een stijghoogte van 13.20 m +NAP geen sprake meer van een positieve kwelflux. Op basis daarvan is er in de winter en voorjaar sprake van een significante positieve kwelflux, volgens Rolf et al. onverdroogd bij gemiddelde stijghoogte van 14.40, waaraan in dit geval niet wordt voldaan. Vooral sterke daling stijghoogte in nazomer.



Figuur A-25: grondwaterstandsverloop B50D 0105.

Als hydrologische maatregelen wordt (nog steeds conform het advies uit “...van Moesdistel tot Boomkikker door Everts & de Vries, de Louw en Stuurman, 2002) aanbevolen de drainagebasis van de beek te verhogen door de beekbodem op te hogen, het opzetten van grondwaterstanden en het verondiepen van sloten. Daarnaast moet hier gedacht worden aan het herstel van het oorspronkelijk reliëf door verlagen van de (kunstmatige) oeverwal en het ontzanden van eertijds bezande percelen. De akkers op de dekzandrug kunnen deels bebost worden (uit oogpunt van verdrogingsbestrijding niet zo gewenst) of als omheinde akker of ruige weide beheerd worden. Voor de ontwikkeling van de Halsche Beemden als kerngebied is het van groot belang dat ook de aangrenzende infiltratiegronden van de Castelreesche Heide als natuurgebied (bosheidelandschap) worden ingericht. Hiermee wordt beoogd de infiltratie te versterken en daarmee de lokale kwelinvloed in het dal zelf, met name bij de Halsche Beemden. Tevens biedt dit de mogelijkheid om de vervuulende invloed van toestromend ondiep grondwater tegen te gaan. Bovendien wordt daarmee de waterloop die het watersurplus van deze heide-ontginning afvoert overbodig, zodat deze gedeeltelijk opgeheven kan worden en de drainerende werking op de Halsche Beemden ongedaan wordt gemaakt (zie eerdere opmerking over natuurlijke rijt!). Zeer belangrijk is dat met het herstel van het bosheidelandschap op de Castelreesche Heide de volledige vegetatiegradiënt van hogere gronden via de beekdalflank naar het dalcentrum tot ontwikkeling kan komen, zoals in de doel- stellingenkaart is weergegeven. Herstel van het vroegere bosheidelandschap op de hogere gronden zal ook de soortenrijkdom en vooral de volledigheid van de kenmerkende fauna van een beekdallandschap (incl. de fauna van de behorende bij de hogere gronden) ten goede komen.

BMV09PK3f1 Vochtig schraalland					
Aspect		Toestand		Trend	
	op basis van vergelijking met	op basis van vergelijking met			
Grondwaterstanden	referentie	Score	Beschrijving		
GVG		100%	goed	↑	stijgend sinds 1996
Grondwaterkwaliteit					
Kwelaanvoer en zuurbuffering		matig	stijghoogte matig tot slecht, pH goed		
Verontreiniging		matig	buffering, sulfaat goed, chloride matig		
Eindbeoordeling			onvoldoende		
BMV09PK4f1 Vochtig schraalland					
Aspect		Toestand		Trend	
	op basis van vergelijking met	op basis van vergelijking met			
Grondwaterstanden	referentie	Score	Beschrijving		
GVG		100%	goed	↑	stijgend sinds 1996
Grondwaterkwaliteit					
Kwelaanvoer en zuurbuffering		matig	stijghoogte matig tot slecht		
Verontreiniging			geen gegevens		
Eindbeoordeling			onvoldoende		
BMV09PK5f1 Vochtig schraalland					
Aspect		Toestand		Trend	
	op basis van vergelijking met	op basis van vergelijking met			
Grondwaterstanden	referentie	Score	Beschrijving		
GVG		71%	bijna goed	↑	stijgend sinds 1996
Grondwaterkwaliteit					
Kwelaanvoer en zuurbuffering		matig	stijghoogte matig tot goed		
Verontreiniging			geen gegevens		
Eindbeoordeling			onvoldoende		

Figuur A-26: Evaluatie meetpunten uit BMV voor Halsche Beemden, situatie 2012 (Buskens en Vermulst 2013)

De volgende ingrepen zijn nodig om de situatie in de Halsche beemden te verbeteren:

1. De kwelsituatie moet worden verbeterd. Vooral in de zomer. Daarvoor moet de stijghoogte verhoogd en gestabiliseerd worden. De stijghoogte moet vooral in de zomer periode minder dalen (stijging nodig van 50-75 cm). De gemiddeld Laagste grondwaterstand dient ook in de orde van 50-80 cm te stijgen.
2. Het beekpeil moet worden verhoogd. Dit kan bijvoorbeeld door de bodem van de beek te verhogen

A.3.8 Referenties

Buskens, R.F.M. & J.A.P.H. Vermulst, 2013. Beleidsevaluatie Verdrogingsbestrijding 2012. Royal HaskoningDHV, 's-Hertogenbosch, in opdracht van de Provincie Noord-Brabant.

Han Runhaar, Annemieke van Doorn, Hank Vermulst en Boy Possen, 2017.

Toestandsrapportage Verdroging Noord-Brabant over de periode 2012- 2017. Rapport 2017.065, KWR, Nieuwegein.

Rolf, H.L.M., J. Runhaar & J.M.J. Gieske, 1993. Milieubeleidsindicator Verdroging. Fase 2a: Ontwikkeling van de methode en toepassing voor acht lokaties in Brabantse natuurterreinen. TNO rapport OS 93-56A/CML-report 101. TNO-IGG, Delft.

Stuurman, R.J. A.H.M. Kremers, J.L. van der Meij. J.W.A. Foppen, J. Griffioen, 1998. 1.500.000 jaar lang veranderingen in de lokale grondwatersituatie van een Kempisch beekdal. TNO-rapport 98-53-B.

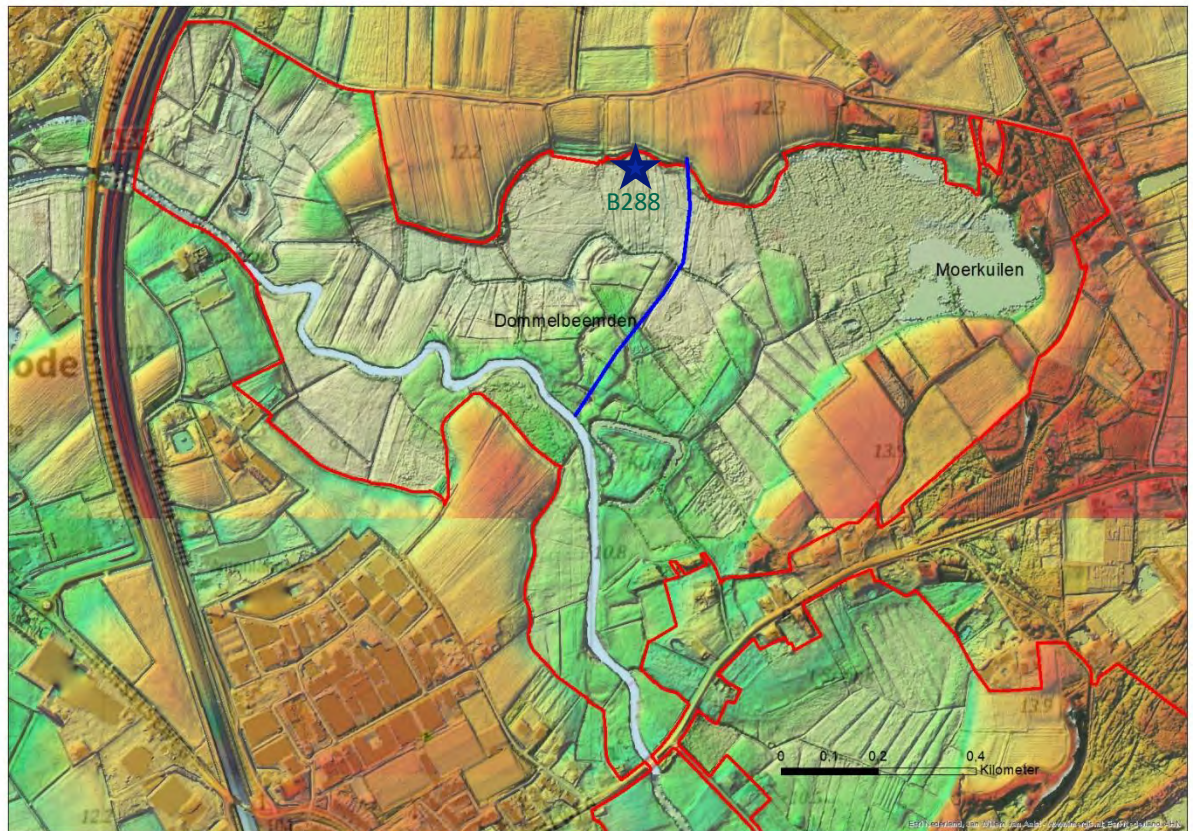
A.4 Watervraag Dommelbeemden

A.4.1 Ligging van het gebied

De natte natuurparel 'De Dommelbeemden' omvat het Dommeldal tussen Son en Breugel en Sint Oedenrode (figuur A-27). De eigenlijke Dommelbeemden liggen in het noordelijk deel van de natte natuurparel, direct ten oosten van Sint Oedenrode. In figuur A-28 is te zien dat deze Dommelbeemden liggen in een oude meander van de Dommel. In dezelfde meander ligt meer naar het oosten ook nog De Moerkuilen, een gebied waar veen is afgegraven. Onderstaande ecohydrologische beschrijving beperkt zich tot de Dommelbeemden bij Sint Oedenrode. In het verleden zullen naar verwachting de meeste beemden in het Dommeldal er hebben uitgezien zoals nu de Dommelbeemden.



Figuur A-27 Ligging Dommelbeemden.

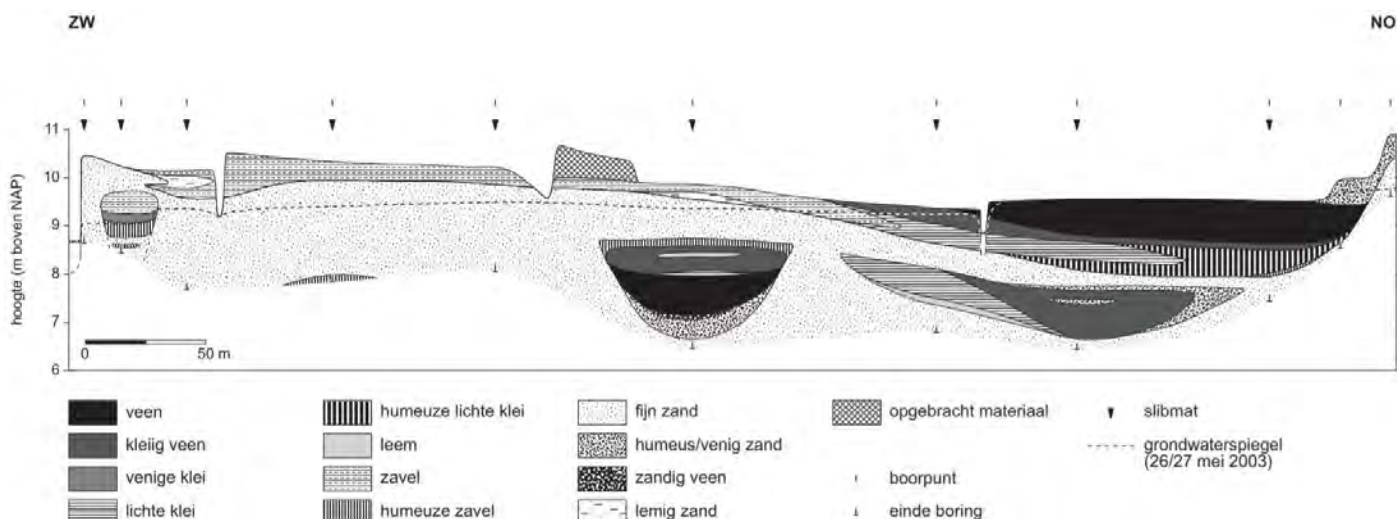


Figuur A-28 Noordelijk deel van de NNP Dommelbeemden met daarin de eigenlijke Dommelbeemden en de Moerkuilen. Blauwe lijn: Ligging transect uit figuur 3. Blauwe ster: ligging peilbuis B51E0288.

A.4.2 Geologie en bodem

A-29 geeft een beeld van de bodemopbouw van de Dommelbeemden (zie figuur A-28) voor ligging dwarsprofiel). Aan de verspreiding van klei en veen zijn de oude lopen van De Dommel te herkennen. De jongste van deze opgevulde meanders ligt in het noordelijk deel van het transect en wordt begrensd door een steilrand die is ontstaan door afkalving in de buitenbocht van de rivier. Nadat meer westelijk een nieuwe loop is ontstaan of is gegraven is de oude meander eerst opgevuld met klei, en later met veen. De ondergrond bestaat tot een diepte van bijna honderd meter uit zandige afzettingen behorende tot de formaties van Bortel en Sterksel.

Figuur A-29 Geologisch dwarsprofiel van de Dommelbeemden. Uit: Sival et al. 2010. Zie figuur A-28 voor ligging profiel

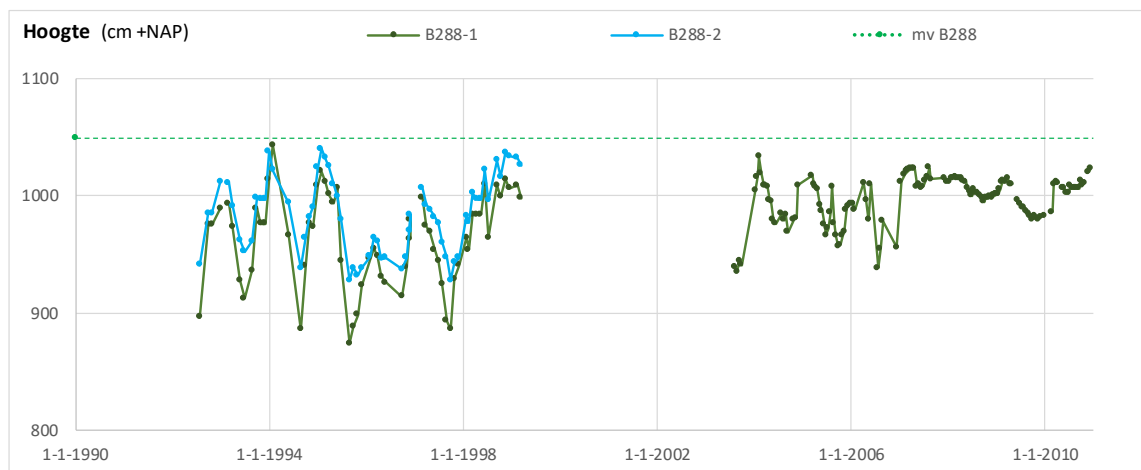


A.4.3 Waterhuishouding

De Dommelbeemden vormen een relatief goed bewaard gebied dat als referentie kan dienen voor de overige beemden binnen het Dommeldal. Belangrijke sturende hydrologische factoren in het gebied zijn:

- de aanwezigheid van kwel,
- en de aanwezigheid van overstromingsgradiënten.

Voor een voldoende aanvoer van grondwater dient de kweldruk voldoende te zijn om de weerstand van de aanwezige klei- en veenlaag te overwinnen. In het noordelijk deel van de Dommelbeemden lag in de periode 1992-2011 peilbuis B51E0288 met twee filters, waarvan het diepe filter helaas alleen in de periode 1992 t/m 1998 is gemeten. Zoals te zien in figuur A-30 ligt in die periode de stijghoogte in het ondiepe filter (op ca 2 m diepte) permanent een paar decimeter lager dan de stijghoogte in het diepe filter (op ca 4 m diepte), het geen wijst op een positieve kweldruk. De stijghoogte ligt in deze periode het merendeel van het jaar boven de maaiveldhoogte in de aangrenzende met veen opgevulde riviergeul, die op ca 9.50 ligt.



Figuur A-30 Grondwaterstanden en stijghoogten in meetpunt B288 in de Dommelbeemden.

Of deze kweldruk voldoende was voor een substantiële kwelaanvoer naar de wortelzone is niet duidelijk. Tijdens veldwerk in de Dommelbeemden in februari 2003 werd door Runhaar en Jansen (2004) waargenomen dat op een paar plekken in het noordelijk deel van de Dommelbeemden zich een opbolling van de veengrond voordeed. Dat is waarschijnlijk het gevolg het gevolg van een ontbrekende of een dunnere kleilaag onder het veenpakket die op deze plek zorgde voor een sterkere aanvoer van kwelwater en daardoor een opbolling van het maaiveld. Dit doet vermoeden dat in elk geval in deze periode op lageregelegen plekken de kweldruk voldoende was voor aanvoer van grondwater naar de wortelzone. Of dat nu nog steeds het geval is, is onzeker. In de een paar honderd meter zuidelijker gelegen peilbuis B51E1707 die van 2010 tot 2018 is bemeten ligt de stijghoogte gemiddeld op 9,5 m +NAP, lager dan einde vorige eeuw gemeten in buis B51E0288 (gemiddeld ca 9,84 m +NAP, zie Figuur). Dat kan komen door een daling van de stijghoogte, maar kan er ook mee samenhangen dat aan de rand van een beekdal de stijghoogte vaak hoger ligt onder invloed van hogere freatische standen buiten het beekdal.

Voor de ontwikkeling van een natuurlijke overstromingsgradiënt is een belangrijke voorwaarde dat het beekdal over de volle breedte als natuurgebied wordt beheerd. In de Dommelbeemden en de Moerkuilen is de afstand tot de rivier zo groot (bijna een kilometer) dat zich hier een volledige gradiënt heeft kunnen ontwikkelen met productieve grote-zeggenvegetaties dicht bij de beek tot door veenmos gedomineerde laagproductieve vegetaties in de Moerkuilen.

A.4.4 Landgebruik

De Dommelbeemden zijn vanwege de natte omstandigheden altijd extensief gebruikt als hooiland.



Figuur A-31 Blauwgrasland in de Dommelbeemden. Foto: Han Runhaar.

A.4.5 Vegetatie

In het westelijke deel van de Dommelbeemden, waar het meeste beekslib wordt afgezet, komen wat meer productieve vegetaties voor zoals grote-zeggenvegetaties en dotterbloemhooilanden. Meer naar het oosten komen minder productieve kleine-zeggenvegetaties en veldrushooilanden voor. Kleine-zeggenvegetaties met Zwarte zegge en Sterzegge werden door Runhaar en Jansen (2004) vooral aangetroffen op plekken met sterkere kwel. Aan de noordrand van de oude beekmeander, op een plek die wat hoger ligt en minder vaak overstroomt, komt ook blauwgrasland met Spaanse ruiter voor (figuur A-31). Kenmerkende soorten voor het gebied zijn onder meer moeraskartelblad, sterzegge, draadrus, zeegroene muur en langbladige ereprijs.

In het meest oostelijke deel van de oude Dommel-meander liggen de Moerkuilen, een gebied dat is ontstaan door de afgraving van het veen. Een groot deel van de resterende veenput is naderhand weer verland. Op de drijvende kragge heeft zich een elzenbroekbos ontwikkeld met in de ondergroei veel veenmos en zeggen.

A.4.6 Hydrologische voorwaarden

Belangrijke voorwaarden voor de instandhouding van de natte hooilanden in het natuurreservaat De Dommelbeemden en voor de ontwikkeling van soortgelijke vegetaties in de overige delen van het Dommeldal zijn:

- voldoende stijghoogte in de ondergrond voor aanvoer van basenrijk grondwater naar de wortelzone, stijghoogte groot deel van het jaar boven maaiveld;
- een voldoende hoog beekpeil om te voorkomen dat kwelwater wordt afgevoerd naar de beek.

Of de stijghoogte in reservaat De Dommelbeemden nog voldoende hoog is om te zorgen voor grondwateraanvoer naar de laagste delen van het beekdalen is niet duidelijk. Zoals hierboven aangegeven lag eind vorige eeuw de stijghoogte aan de noordflank van het beekdal nog een groot deel van het jaar boven het maaiveld in de laagste delen van het beekdal. In de recent bemeten buis B51E1707 ligt de stijghoogte echter minder dan de helft van het jaar boven het maaiveld in de laagste delen van het beekdal. Dit wijst er op dat de stijghoogte niet meer of niet in het hele beekdal voldoet aan het hierboven genoemde criterium.

De Dommel heeft tussen Eindhoven en St-Oedenrode nog een redelijk natuurlijk, dwz. kronkelend verloop. Omdat waterpeilgegevens niet zijn opgenomen in DINO is niet duidelijk hoe diep het waterpeil in voorjaar en zomer staat ten opzichte van het maaiveld in de laagste delen.

A.4.7 Veranderingen in scenarioberekeningen Dommelbeemden

Hydrologische maatregelenpakketten doorgerekend met het Brabantmodel.

Scenario	Beschrijving	Ingrep watergebruiksfunctie
1	Alle secundaire en tertiaire watergangen in natte natuurparels dempen.	Natuur
2	Scenario 1 inclusief het verhogen van het drainageniveau in attentiezones rondom natte natuurparels met 20 cm. Dit zijn landbouwgebieden die binnen een afstand van ongeveer 500 meter van de natte natuurparels liggen.	Natuur en landbouw
3	Scenario 2 inclusief een reductie van 30 % van alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater.	Natuur, landbouw, drinkwater en industrie
4	Alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater uit.	Landbouw, drinkwater en industrie
5	Alle secundaire en tertiaire watergangen in Brabant dempen.	Natuur en landbouw
6	Scenario 1 inclusief het hydrologisch isoleren van de primaire watergangen (beken) in natuurgebieden. Dit betekent dat de watergang geen drainerende functie heeft en dat grondwater pas wordt afgevoerd wanneer de grondwaterstand aan maaiveld ligt.	Natuur

In Bijlage D wordt aangegeven welke veranderingen in de hydrologie gemiddeld zijn te verwachten in de doorgerekende scenario's. Uit de tabel valt op te maken dat een toename van de stijghoogte alleen te verwachten is bij scenario's 3 en 4 waarin de grondwateronttrekking met 30 tot 100 % worden verminderd. In die scenario's neemt ook de (diepe) kwelflux toe. In de overige scenario's neemt door peilopzet de kwelflux af.

A.4.8 Referenties

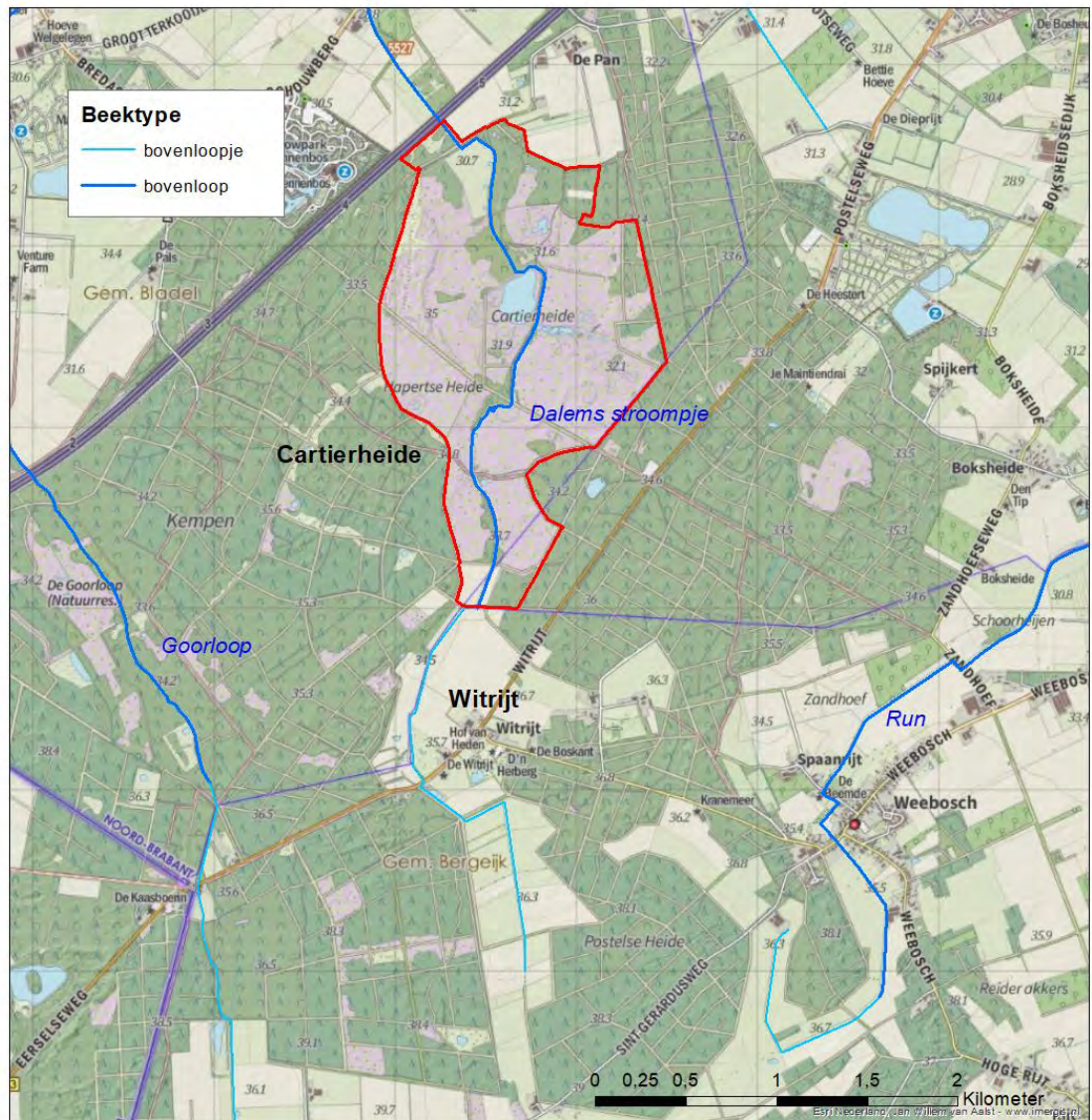
Runhaar, J. & P.C. Jansen, 2004. Overstroming en vegetatie. Vergelijkend onderzoek in 5 beekdalallocaties. Rapport 1079. Alterra, Wageningen.

Sival, F.P., H. ten Beest en R. Engelbertink. Sedimentatie en nutriëntenaanvoer in beekdalgraslanden. Rapport 1064, Alterra Wageningen.

A.5 Cartier heide

A.5.1 Ligging van het gebied

De Cartierheide, 2 kilometer ten zuiden van Dalem en 5 kilometer ten zuidwesten van Eersel, is een 157 ha groot heidegebied dat ten zuidwesten van Eindhoven aan de Belgische grens ligt (figuur A-32). Het gebied is in bezit van Staatsbosbeheer. Midden door het gebied loopt het Dalems Stroompje. Dit beekje komt in noordelijke richting samen met de Aa of Goorloop en vormt verder benedenstrooms de Beerze. Aan weerszijden wordt het gebied begrensd door heidebebossingen. Aan de zuidzijde wordt het gebied begrensd door de landbouwenclave Witrijt. Westelijk van de Cartierheide ligt Natte Natuurpark 'de Goorloop', een andere bovenloop van de Beerze.



Figuur A-32 Overzicht ligging Cartierheide en Dalems Stroompje. In de figuur 1 is onderscheid gemaakt tussen de natuurlijke bovenloop (donkerblauw), dat als beek dan wel als doorstroommoeras altijd een functie heeft gehad in de afwatering van het gebied, en het pas veel later (waarschijnlijk in de late middeleeuwen) door mensen aangelegde bovenloopje (lichtblauw). Onderscheid tussen natuurlijke bovenlopen en gegraven bovenloopjes overgenomen uit Runhaar et al. 2011.

In onderstaande paragrafen ligt de nadruk op het gebied de Cartierheide. Omdat beide natuurparels deel uitmaken van hetzelfde hydrologische systeem, zal echter ook regelmatig aandacht worden besteed aan de Goorloop.

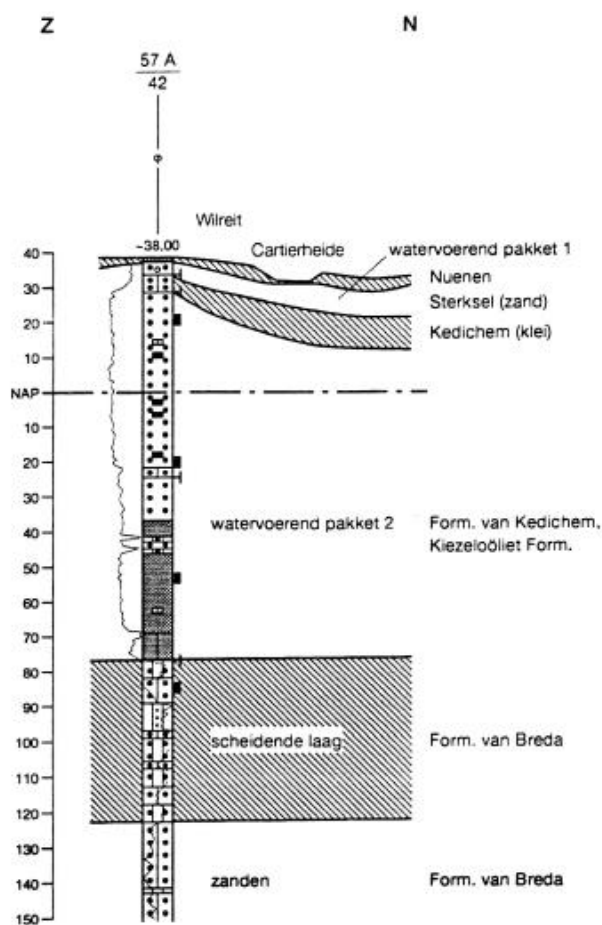
A.5.2 Geologie en bodem

De Cartierheide ligt in het gebied van de Gilze Rijen storing. Dit gebied vormt de overgang van het (geologisch hoog gelegen) Brabants Massief (West-Brabant) en de Centrale Slenk. Een belangrijk kenmerk van het gebied is dat de fijne zanden van de Nuenen groep hier zeer dun of afwezig zijn. De goed doorlatende grindhoudende zanden van de Formatie van Sterksel worden vrijwel aan maaiveld aangetroffen (figuur A-33).

Schematisch is er sprake van drie watervoerende pakketten:

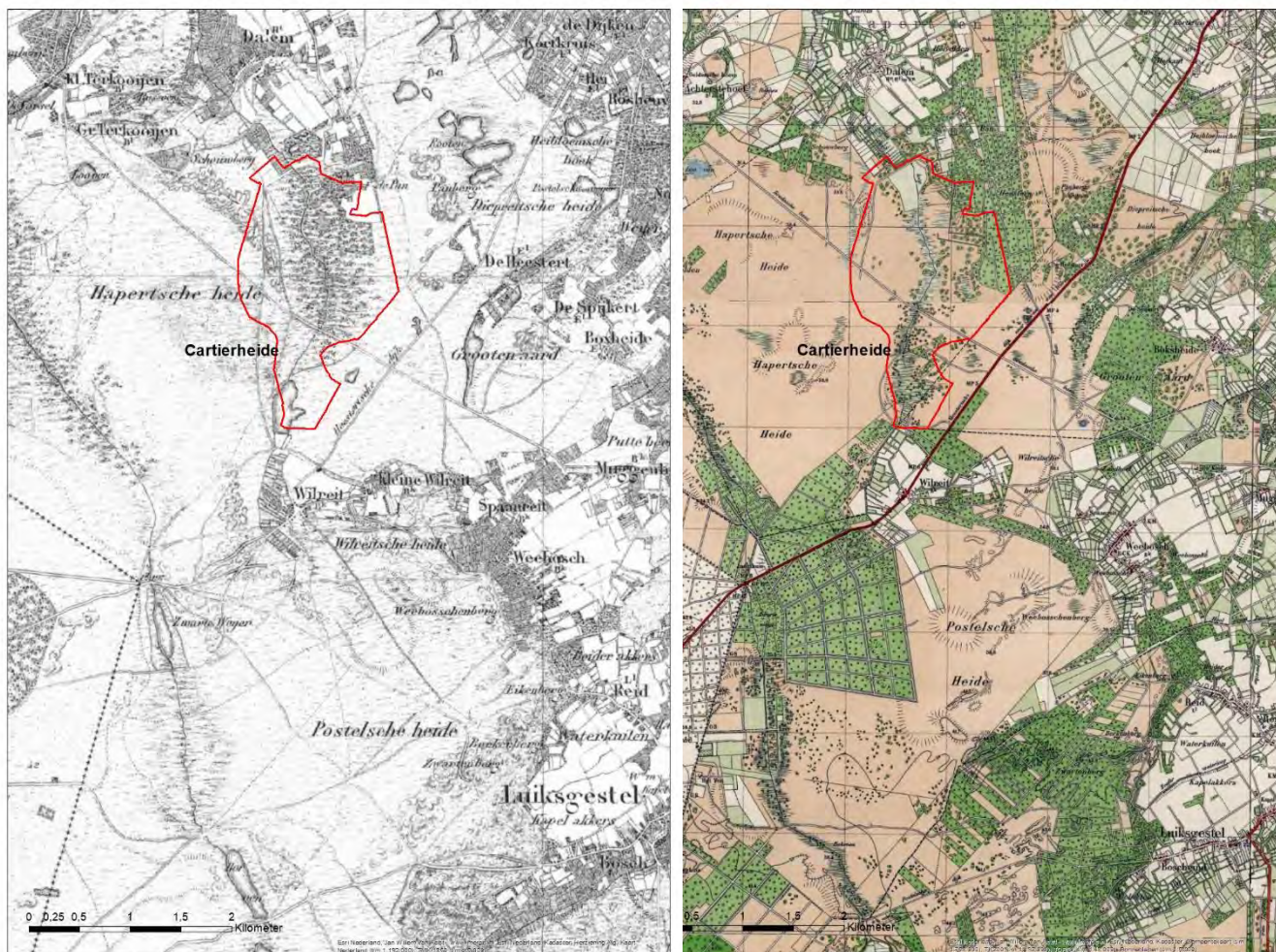
- het 1e watervoerende pakket: 5 à 10 meter dik, de zanden van Sterksel,
- het 2e watervoerende pakket: de zanden onder de Kedichemklei (Kedichem zand en Kiezeloöliet Formatie)
- diepere watervoerende pakketten (zanden van Breda)

Binnen het terrein van de Cartierheide is geen boring die diep genoeg is om het bovenstaande schema te bevestigen. Bekend is dat de Kedichem Formatie in zuidelijke richting minder kleig is ontwikkeld. Boring 57A-42 (3 km ten zuiden van de Cartierheide, zie figuur A-32) geeft een goed beeld van de situatie.



Figuur A-33 Schematische geohydrologische opbouw. Uit: Rolf et al. 1993.

De bodems bestaan grotendeels uit veldpodzolen, op de hoger gelegen terreingedeelten overgaand in haarpodzolen. In het laagste gedeelte van het beekdal komt een veenlaag voor bestaand uit broekveen (bodemtype: vlierveengrond), die waarschijnlijk de opvulling vormt van een vroeger dieper ingesneden beekdal. Op de overgang van veldpodzolen naar de vlierveengrond komen moerige eerdgronden (bodemtype: broekeerdgrond) voor.



Figuur A-34 Cartierheide rond 1850 (links) en rond 1930 (rechts)

A.5.3 Landgebruik

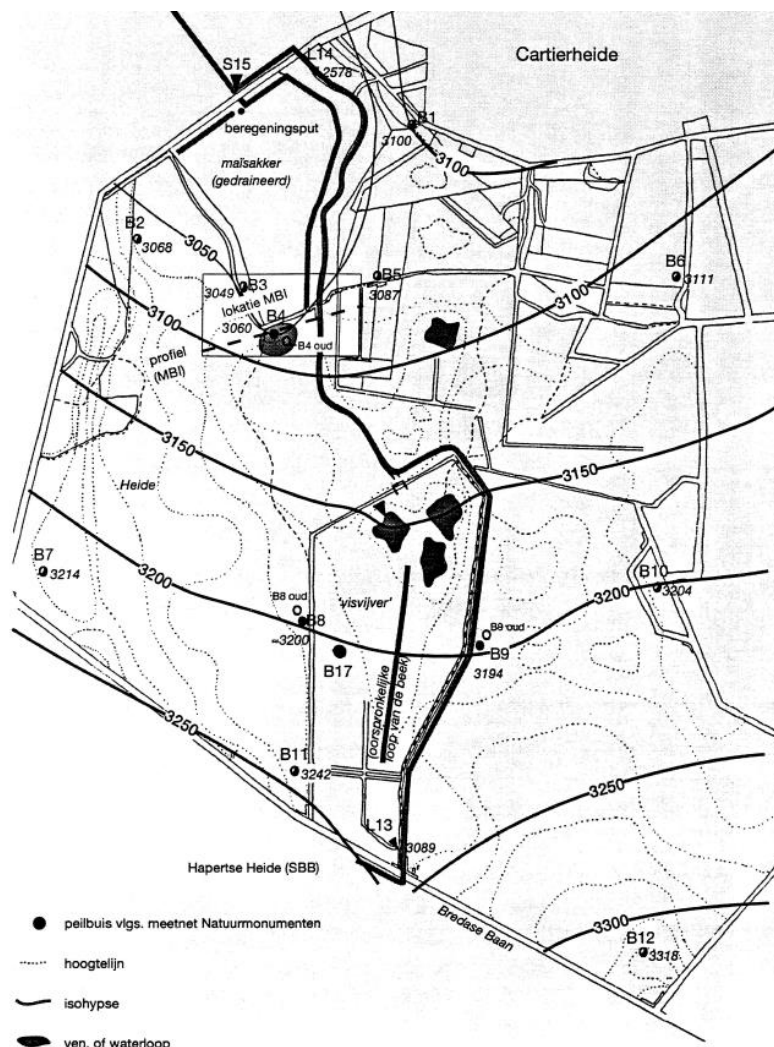
De Cartierheide maakte tot begin vorige eeuw deel uit van een groot aaneengesloten heidegebied, bestaande uit onder meer de Hapertsche Heide en de Postelsche Heide. Ten zuiden van de Cartierheide ligt de landbouwontginning Witrijt (Witreit op oude kaarten) die afwatert op het Dalem's Stroompje. Wanneer we de situatie uit 1850 (figuur A-34, links) vergelijken we met die rond 1930 (figuur A-34, rechts) zien we dat de landbouwenclave Witrijt iets is vergroot in zuidelijke richting, maar vooral zien we het begin van de bebossing van het heidegebied rond Luiksgestel en Witrijt. De voortgaande bebossing heeft geleid tot de huidige situatie, waarin de Hapertsche Heide en de noordzijde van de Postelsche Heide grotendeels zijn omgezet in productiebos, en het zuidelijke deel van de Postelsche Heide is omgezet in landbouwgrond.

A.5.4 Waterhuishouding

De Cartierheide ligt net ten noorden van de waterscheiding tussen Kempen en Brabantse Slenk. In de Cartierheide ligt de bovenloop van de Kleine Beerze, Het Dalem's Stroompje (Figuur). Iets westelijker ligt de bovenloop van de Grote Beerze, de Aa of Goorloop. Oostelijker begint bij Weebosch de Run, een zijloop van de Dommel. Het Dalem's Stroompje ligt in de Cartierheide in een met veen dichtgroeid erosiedal dat aan het einde van de laatste ijstijd is ontstaan. Voor de ontginning van het gebied heeft hier naar verwachting geen beek gelopen maar lag hier een kwelmoeras dat alleen oppervlakkig afwaterde in natte perioden. Het bovenloopje ligt in hogergelegen gebied waar de bodem

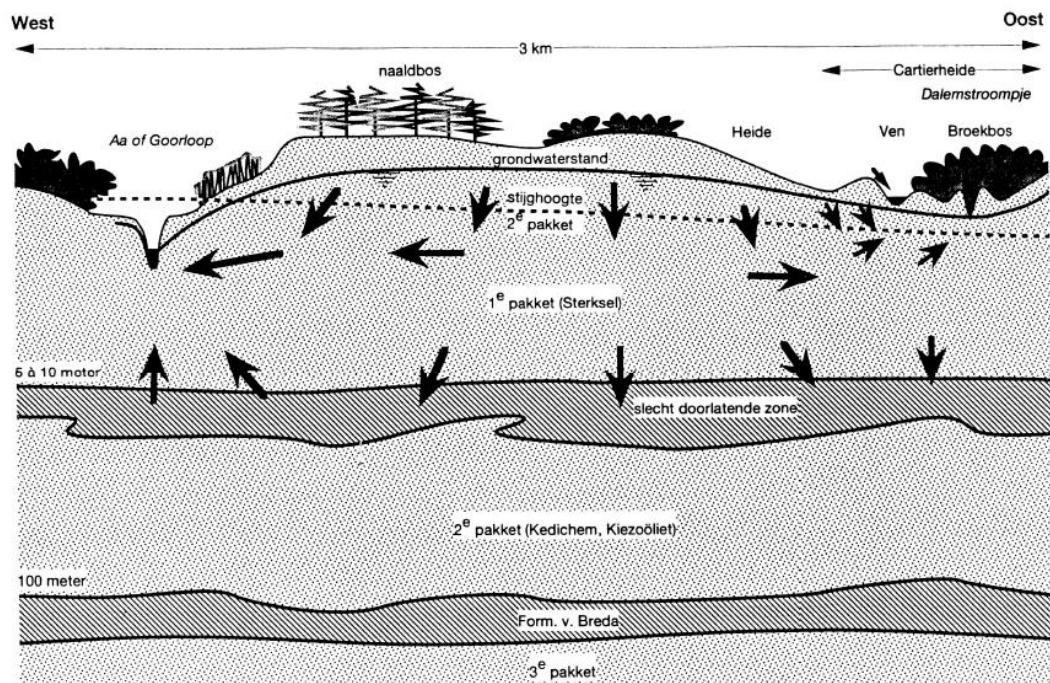
bestaat uit veldpodzolen, en is waarschijnlijk in de late middeleeuwen door de mens gegraven.

Het Dalems Stroompje wordt direct benedenstrooms van de Cartierheide gestuwd. De isohypsen van het eerste (Sterksel) watervoerende pakket (figuur A-35) tonen een zuid-noord gerichte grondwaterstroming. In vergelijking met de westelijker gelegen Aa of Goorloop heeft het Dalems Stroompje slechts een beperkte drainerende uitwerking op het isohypsenpatroon. Dit strookt met de kennis dat de Aa vrijwel het hele jaar water afvoert, terwijl het Dalems Stroompje (althans de bovenloop tot en met de Cartierheide) het grootste deel van het jaar droog staat.

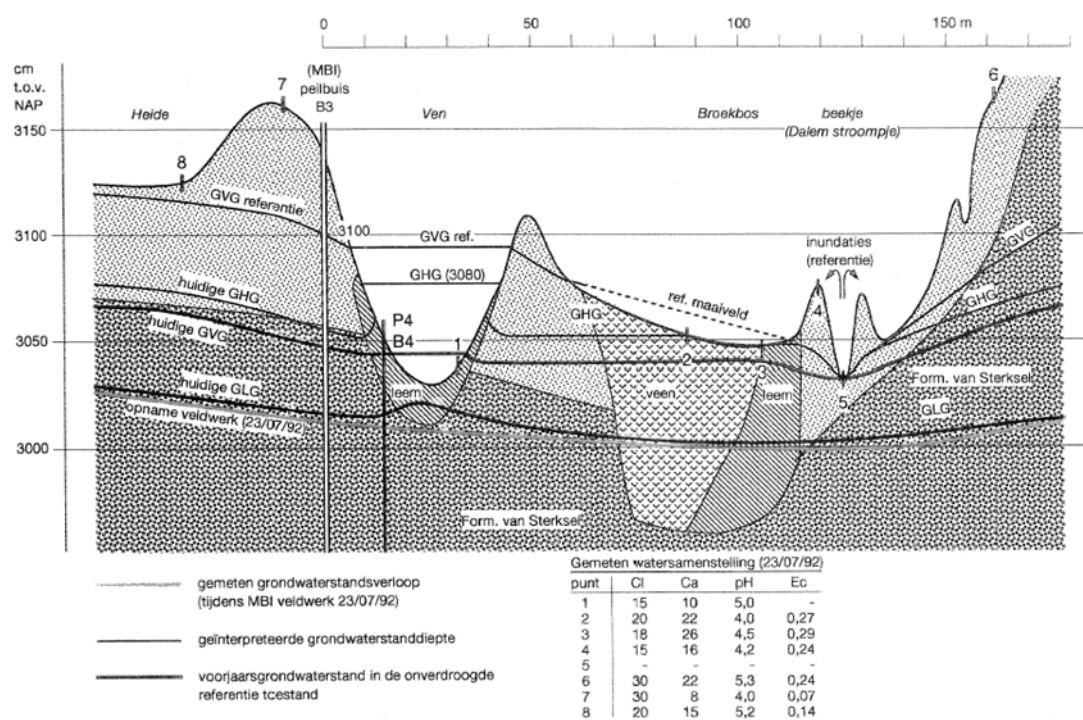


Figuur A-35 Isohypsen 1^e watervoerende pakket binnen natuurterrein Cartierheide, d.d. 28 april 1985. Uit: Rolf et al. 1993.

Het grondwater onder de Cartierheide bestaat overwegend uit schoon, zacht, tamelijk zuur water van lokale herkomst. In de winterperiode voert het Dalems Stroompje vervuild water af, afkomstig van de cultuurgronden in de bovenloop (Stuurman, 1993).



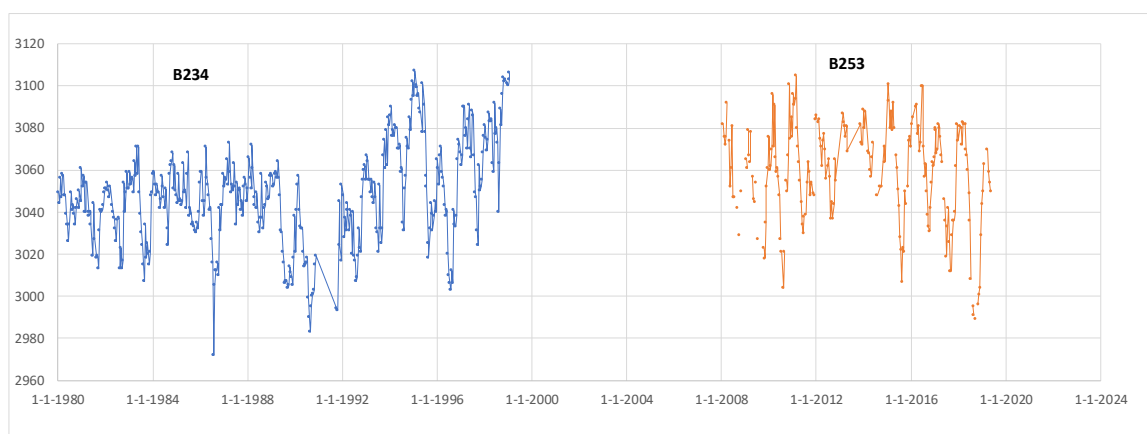
Figuur A-36. Hydrologische doorsnede (schematisch). Uit: Rolf, 1993.



Figuur A-37. Dwarsprofiel door noordelijk deel van de Cartierheide. Uit: Rolf et al. 1993.

Door Rolf et al. (1993) wordt een beschrijving gegeven van de bodemopbouw en de hydrologische situatie in een west-oost transect direct ten zuiden van de akker (figuur A-36, zie voor ligging transect figuur A-35). In het transect is de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand voor de situatie rond 1993 aangegeven (huidige GVG), evenals een schatting van de GVG rond 1950 op basis van bodemkenmerken en historische vegetatiebeschrijvingen (GVG referentie). Een vergelijking van beide laat zien dat in het oostelijk deel van het transect de voorjaarsgrondwaterstand met ca. een halve meter is gedaald ten opzichte van de referentie.

Begin jaren 90 van de vorige eeuw is de landbouwenclave aan de noordzijde van het gebied uit landbouwgebruik genomen en zijn de hier aanwezige sloten gedempt. Grondwaterstandsmetingen in peilbuizen B57A0234 en B57A0253 laten zien dat dit heeft geleid tot een grondwaterstandsstijging van meerdere decimeters (figuur A-38).



Figuur A-38 Grondwaterstanden gemeten in buis B57A0234-f1 en in buis B57A0253-f2 in het noorden van de Cartierheide. In de jaren 90 van de vorige eeuw is de grondwaterstand hier met enkele decimeters gestegen door dempen sloten in voormalige landbouwenclave.

Peilbuis B57A0234 is van 1980 tot en met 2001 bemeten en komt overeen met meetpunt B3 in figuur A-38. Peilbuis B57A0253 is bemeten vanaf begin 2008 en komt overeen met toestandsmeetpunt BMV17PT1 uit het Beleidsmeetnet Verdroging (BMV) van de provincie Noord-Brabant. Weergegeven zijn de grondwaterstanden uit filter 2 omdat dit filter op een vergelijkbare diepte ligt als het filter in buis B57A0234 (resp. 2,1-2,6 en 2,7-3,7 m -mv).

Zoals te zien in de figuur is er na een tijdelijke daling eind jaren '80 begin jaren '90 sprake van een stijging van de grondwaterstand met bijna een halve meter. Ondanks deze vernatting ligt de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in de periode 2008-2016 nog steeds een paar decimeter onder de door Rolf et al. aangegeven referentiewaarde van 31 m +NAP. In 2018 en 2019 zien we een sterke daling van de grondwaterstand als gevolg van twee droge zomers. In het meetpunt is sprake van een infiltratiedruk: de stijghoogte in filter op ruim 1 m diepte ligt gemiddeld 4 cm hoger dan die in filter 2 op ruim 2 m diepte.

A.5.5 Vegetatie

Rond 1950 moet de Cartierheide voor een groot deel hebben bestaan uit vochtige en natte heide, naar het beekdal overgaande in broekbos en veldrushooiland. In de overgangszone, gevoed door lokale kwel met zacht grondwater, kwamen soorten als beenbreek,

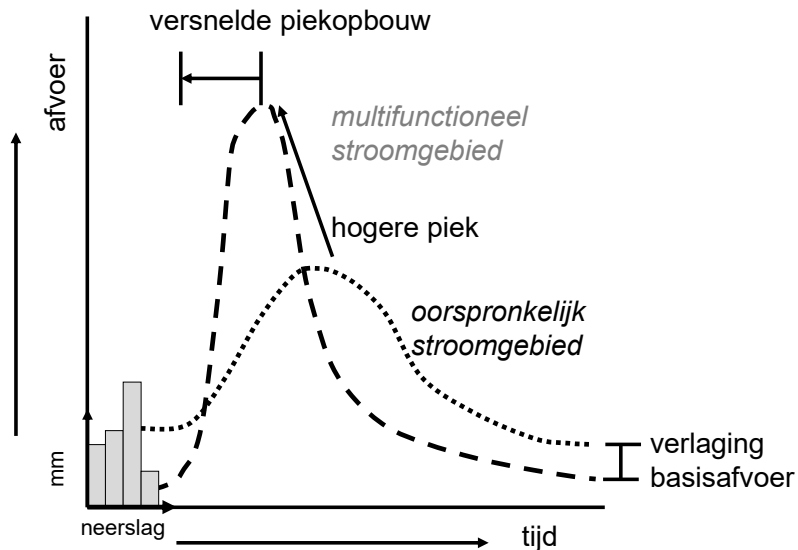
veenmosorchis en klein glidkruid voor (Westhoff en van Dijk, 1950). De twee laatstgenoemde soorten waren in 1976 verdwenen (Lichthart en Piek, 1976).

Voor het dwarsprofiel uit figuur A-37 zijn door Rolf et al. de veranderingen in vegetatie tussen 1950 en 1993 beschreven:

- In het westelijke deel van het transect bij punt 8 kwam volgens opgave van Westhoff in 1961 nog een soortenrijke natte heide voor met soorten als klokjesgentiaan, beenbreek en het veenmos *Sphagnum compactum* voor. In 1993 werden alleen klokjesgentiaan en in het laagste terreingedeelte nog veenbies aangetroffen.
- Het vennetje aan de rand van de heide is in 1957 beschreven door Van Donselaar. In het ven kwam toen een begroeiing voor van waterlelie, klein blaasjeskruid, snavelzegge en het veenmos *Sphagnum cuspidatum*, hetgeen erop wijst dat het venwater in die periode al tamelijk zuur was. Langs de rand van het ven kwamen naast een aantal veenmossen (*S. cuspidatum* en *S. denticulatum*) soorten voor als veenpluis, moerasstruisgras, veldrus, wateraardbei, knolrus, pitrus en ronde zonnedaauw. Van Donselaar schrijft dat het ven in het centrum ruim een meter diep was. Gezien het aanwezige reliëf lijkt dit een overschatting, omdat in de huidige situatie het vennetje nooit meer dan 6 à 7 dm water kan bevatten. Door Westhoff werden hier in 1948 bovendien vlottende bies, veelstengelige waterbies, moerashertshooi en het veenmos *Sphagnum subsecundum* waargenomen. Deze soorten wijzen er op dat er die periode sprake was van een minder zuur milieu (pH rond 6) als gevolg van toestroming van ondiep licht gebufferd grondwater.
- Het laaggelegen broekbos maakte in 1993 een sterk verdroogde en verzuurde indruk. Omstreeks 1950 (Westhoff & Van Dijk, 1950) kwamen hier nog soorten voor als klein glidkruid, sterzegge, zompzegge, wateraardbei, melkeppe en moerasviooltje. In 1961 was klein glidkruid verdwenen maar was het karakter van de vegetatie overigens niet sterk veranderd; de overige mesotrofe freatofyten waren nog aanwezig, bovendien werden nog aanvullende soorten als snavelzegge, waterdrieblad en het veenmos *Sphagnum palustre* aangetroffen. Van de genoemde soorten kwam in 1993 alleen nog zompzegge (vegetatief) voor. De aard van de in 1950 beschreven vegetatie, en met name het voorkomen van Klein glidkruid, doet vermoeden dat hier toentertijd sprake was van toestroming van ondiep grondwater, dat zorgde voor mesotrofe, zwak zure omstandigheden en een geringe fluctuatie in de grondwaterstand. Door Lichthart en Piek wordt het broekbos op grond van het voorkomen van koningsvaren en het vroeger voorkomen van klein glidkruid nog gerekend tot een fragmentarisch voorbeeld van het uit Nederland inmiddels verdwenen Koningsvaren-elzenbroek (*Carici laevigatae-Alnetum*). Dit bostype is gebonden aan matig voedselarm, 'horizontaal bewegend' grondwater en komt voornamelijk voor in hangvenen, beekdalen en bronnen.

A.5.6 Knelpunten en potentiële herstelmaatregelen

Belangrijkste knelpunt in de Cartierheide en in het westelijker gelegen beekdal van de Goorloop vormt de ontwatering van deze voormalige infiltratiegebieden door de aanleg van sloten en greppels en van gegraven bovenloopjes. Het gevolg daarvan is dat een groot deel van het water niet in de bodem infiltreert maar in natte perioden wordt afgevoerd. Dat leidt tot een grotere afvoerdynamiek in het Dalem's Stroompje, met afvoerpieken in de winter en langdurige droogval in de zomer (figuur A-39). Bovendien leiden ontwatering en afwatering tot lagere grondwaterstanden in het infiltratiegebied en daarmee tot verdroging van natte heide en vennen.

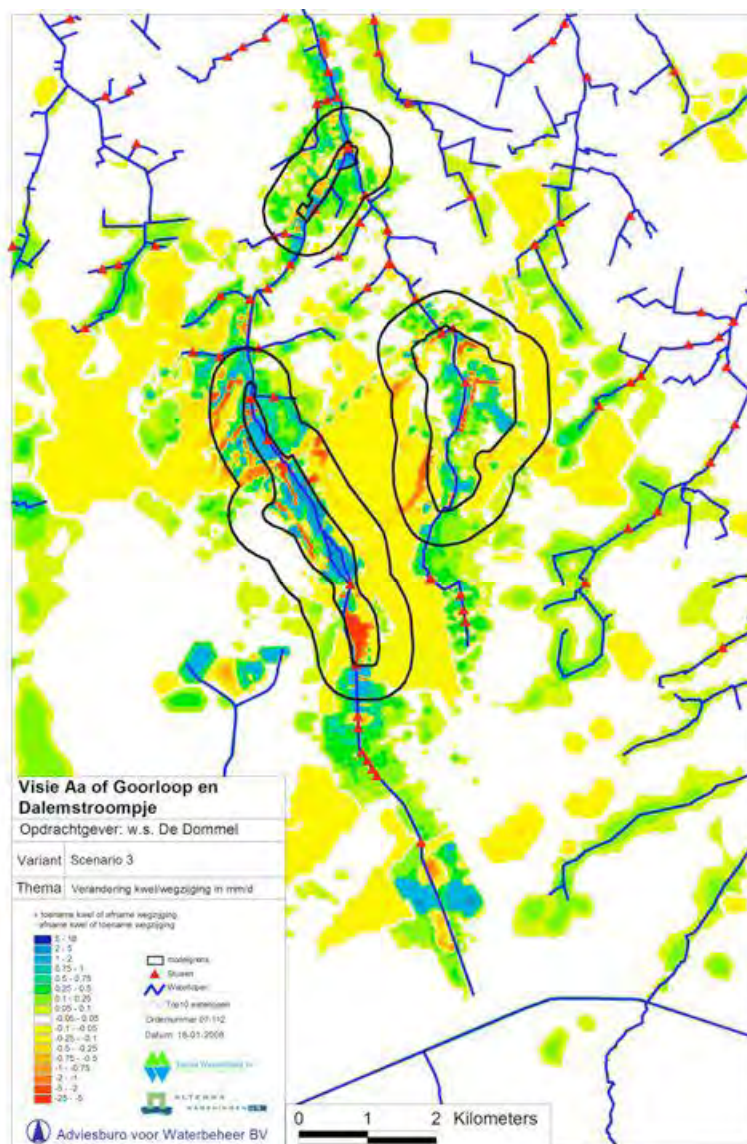


Figuur A-39 Toename van afvoerpieken van beken in multifunctionele stroomgebieden. Door verbeterde ontwatering en afwatering nemen pieken in het natte perioden toe en vermindert de basisafvoer in droge perioden. Uit: Verdonschot et al. 2017.

Om de grondwatervoeding van het systeem te vergroten en afvoer te verminderen zijn de volgende herstelmaatregelen nodig:

- Dempen van het gegraven bovenloopjes die zuidelijker gelegen landbouwenclaves ontwateren;
- Dichten sloten en greppels in aangrenzende bosgebied;
- Omvormen naaldbos naar minder verdampend loofbos of heide;
- Vermindering winningen ten behoeve van drinkwatervoorziening en beregening.

Een modelstudie door Poelman et al. (2008) laat zien dat met de eerste drie van de bovengenoemde maatregelen al een aanzienlijke grondwaterstandsstijging in het infiltratiegebied kan worden bereikt evenals een toename van grondwateraanvoer naar de bovenlopen van de Goorloop en het Dalems Stroompje.



*Figuur A-40 Toename kwel door combinatie van verondieping beeklopen, dempen greppels en kappen bos.
Bron: Poelmam en van Bakel, 2008.*

In een opdracht van Waterschap De Dommel opgestelde visie (Spier et al. 2008) is dit verder uitgewerkt tot concrete maatregelen. Van uitvoering van deze maatregelen is het echter slechts in beperkte mate gekomen, en voor zover maatregelen zijn uitgevoerd hebben deze zich vooral gericht op de Goorloop en omgeving. Zo is in het gebiedje De Halve Maan een parallel aan de Goorloop lopende omleidingsloot gedempt en is in het tussen Goorloop en Cartierheide gelegen bosgebied een begin gemaakt met het omzetten van donker naaldbos. In de Cartierheide hebben de maatregelen zich beperkt tot aanpassingen in de beekloop van het Dalem's Stroompje door aanleg/aanpassing van twee 2 stuwen (mond. informatie Carlo van Doorn, SBB). Van de aankoop/herinrichting van bovenstrooms gelegen landbouwenclaves en de demping/verondieping van de gegraven bovenloopjes en van in het bosgebied gelegen greppels is het echter niet gekomen.

Behalve de demping of verondieping van waterlopen en de omvorming van donker naaldbos naar minder verdampende gewastypen kan ook vermindering van grondwaterwinning bijdragen aan het vasthouden van water in het gebied. In de zuidelijker gelegen landbouwenclaves liggen enkele tientallen beregeningsputten (Poelman en van Bakel, 2008).

Omdat deze overwegend grondwater onttrekken uit de minder diepe watervoerende pakketten is het effect van de winningen op de grondwaterstanden relatief groot. En omdat juist in droge zomers water wordt gewonnen, op een moment dat de natuur al heeft te lijden van watertekorten, is het verdrogende effect op de natuur relatief groot.

A.5.7 Conclusies en aanbevelingen

Om het ecohydrologische systeem weer op een natuurlijke manier te laten functioneren is het nodig om de ontwatering en afwatering in het gebied sterk te verminderen en aanvullende maatregelen te nemen die de voeding van het grondwatersysteem bevorderen. Uiteindelijke doel van de maatregelen is een herstel van het ecohydrologische systeem, waarbij:

- In het infiltratiegebied de grondwaterstand met enkele decimeters tot een halve meter stijgt zodat in de laagste delen het grondwater in het winterhalfjaar tot aan of boven maaiveld komt en zich hier natte heide en vennen kunnen ontwikkelen;
- als gevolg van de gestegen grondwaterstand in het infiltratiegebied aan de randen van de beekdalen van de Goorloop en Het Dalemstroompje kwel optreedt met zacht lokaal grondwater uit het aangrenzende bos- en heidegebied, zodat zich hier soortenrijke natte broekbossen en schraallanden kunnen ontstaan;
- door verminderde afvoer in de winter de beide bovenloopjes van de Beerze langer watervoerend blijven.

Door het langer vasthouden van water in het systeem kunnen de nadelige effecten van klimaatverandering, en dan met name het vaker optreden van zomerdroogte, voor een deel worden opgevangen.

A.5.8 Referenties

- Lichthart R.H. en H. Piek, 1976. De Cartierheide. De Levende Natuur 79 (2): 35-44.
- Poelman, Albert, Freek Willems, Jan van Bakel en Jos Spier. Herstel hydrologische systeem van bovenlopen van Brabantse beken. H2O 2008n (18): 50-54.
- Poelman A. en P. van Bakel, 2008. Modellerings van het stroomgebied van Aa of Goorloop en het Dalemstroompje ten behoeve van visievorming. Adviesburo voor Waterbeheer, Woudenberg/ Alterra, Wageningen.
- Runhaar, J., Verdonschot, P.F.M. & D. Groenendijk, aug. 2011. Leefgebiedsplan Beekdalen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch. Verspreid via website www.brabant.nl.
- Rolf, H.L.M., J. Runhaar & J.M.J. Gieske, 1993. Milieubeleidsindicator Verdroging. Fase 2a: Ontwikkeling van de methode en toepassing voor acht lokaties in Brabantse natuurterreinen. TNO rapport OS 93-56A/CML-report 101. TNO-IGG, Delft.
- Runhaar, Han, Annemieke van Doorn, Hank Vermulst en Boy Possen, 2017. Toestandsrapportage Verdroging Noord-Brabant over de periode 2012- 2017. Rapport 2017.065, KWR, Nieuwegein.
- Spier, J.L., Collombon, M.T. & A. Nienhuis, 2008. Visie Aa of Goorloop en Dalemstroompje, brongebied van 'De Levende Beerze'. Rapport nr. 08-060, 8 september 2008, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Van Donselaar (1957). Vennetje in de Hapertse heide. Intern rapport, archief Natuurmonumenten 's-Graveland.
- Westhoff V. en J. van Dijk (1950). Rapport uitgebracht aan het dagelijks bestuur der vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland, betr. het natuurmonument "de Cartierheide" bij Hoogeloon. Intern rapport, archief Natuurmonumenten,'s-Graveland.
- Poelman A. en P. van Bakel, 2008. Modellerings van het stroomgebied van Aa of Goorloop en het Dalemstroompje ten behoeve van visievorming. Adviesburo voor Waterbeheer, Woudenberg/ Alterra, Wageningen.

Veranderingen in scenarioberekeningen (zie bijlage D)

Hydrologische maatregelenpakketten doorerekend met het Brabantmodel.

Scenario	Beschrijving	Ingreep watergebruiksfunctie
1	Alle secundaire en tertiaire watergangen in natte natuurgebieden dempen.	Natuur
2	Scenario 1 inclusief het verhogen van het drainageniveau in attentiezones rondom natte natuurgebieden met 20 cm. Dit zijn landbouwgebieden die binnen een afstand van ongeveer 500 meter van de natte natuurgebieden liggen.	Natuur en landbouw
3	Scenario 2 inclusief een reductie van 30 % van alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater.	Natuur, landbouw, drinkwater en industrie
4	Alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater uit.	Landbouw, drinkwater en industrie
5	Alle secundaire en tertiaire watergangen in Brabant dempen.	Natuur en landbouw
6	Scenario 1 inclusief het hydrologisch isoleren van de primaire watergangen (beken) in natuurgebieden. Dit betekent dat de watergang geen drainerende functie heeft en dat grondwater pas wordt afgevoerd wanneer de grondwaterstand aan maaiveld ligt.	Natuur

Infiltratiegebied

In het heidegebied zien we dat dempen van drainage in de natte natuurgebieden (scenario 1) en verhogen drainageniveau omringende landbouwgebieden (scenario 2) relatief weinig invloed heeft op de grondwaterstanden in de Cartierheide omdat (sc1) binnen de Cartierheide nauwelijks drainage voorkomt en (sc2) de Cartierheide vooral wordt omringd door bossen in plaats van landbouwgrond. Ook het dempen van de beken (sc 6) heeft slechts een beperkte invloed op de grondwaterstand (toename GHG met 8 cm), waarschijnlijk omdat de beek in de Cartierheide al vrij ondiep ligt en grondwaterstandstijging vooral optreedt in de landbouwenclave buiten de Cartierheide. De gewenste verhoging van 2 dm wordt pas bereikt bij de extreme scenario's 4 (alle grondwateronttrekkingen stopzetten) en 5 (alle secundaire en tertiaire watergangen in Brabant dempen).

De modelstudie van Poelman en van Bakel laat zien dat een verhoging van de grondwaterstand met 1 à 2 dm in het infiltratiegebied ook met minder ingrijpende maatregelen kan worden bereikt. Dat is mogelijk omdat wordt gewerkt met een gebiedspecifieke combinatie van maatregelen, waaronder ook het kappen van bos. Omdat in het gebied veel donker naaldbos voorkomt neemt door boskap de verdamping sterk af.

Beekdal

In het beekdal zelf stijgt vanwege de drainerende werking van de beek de grondwaterstand minder dan in het aangrenzende infiltratiegebied. Dat de kwelflux in de meeste scenario's afneemt komt omdat door demping van watergangen de afvoer van grondwater naar de watergangen afneemt. Dat is een bedoeld effect: het doel van de maatregelen is immers niet om de hoeveelheid grondwater die via de watergangen wordt afgevoerd naar de watergangen te vergroten, maar om er voor te zorgen dat het grondwater de wortelzone van de planten kan bereiken. Zoals te zien in figuur A-40 neemt door vernattingsmaatregelen de kwelflux in de beekloop zelf af (rode gridcellen), maar neemt in de omgeving de kwelflux juist toe. En dat is juist het beoogde effect. De beoogde toename van de basisafvoer in de zomer treedt alleen, in bescheiden mate, op in de scenario's 4 en 5. In scenario 6 neemt de waterafvoer zowel in de winter als in de zomer sterk af. Dat is waarschijnlijk een artefact veroorzaakt doordat het water dat oppervlakkig wordt afgevoerd niet wordt meegeteld in de berekening van de afvoer.

A.6 Moerputten

A.6.1 Inleiding

De Moerputten liggen langs de overgangszone tussen de Brabantse zandgronden en het noordelijker gelegen poldergebied. Het meer dan 120 ha grote Natura 2000 gebied (SBB) is een laagveenmoeras met veenontginningsplassen, en een waterplas rond de spoorbrug die is ontstaan tijdens de aanleg van de brug.

Het gebied kent hooigraslanden (met blauwgraslanden), rietvelden, moerassen en broekbossen. Van oudsher bezat het hoge natuurwaarden, vooral wat betreft schrale graslanden (van Gerven e.a., 1994). De plantengemeenschappen zijn gebonden aan natte en relatief basenrijke omstandigheden. Door o.a. verdroging en verzuring zijn de natuurwaarden in het verleden sterk aangetast. Om deze te nadelige veranderingen te bestrijden zijn verschillende, succesvolle en minder succesvolle maatregelen genomen.



Figuur A-41 Ligging van de Moerputten en omgeving weergegeven op historische topografische kaart uit 1815.

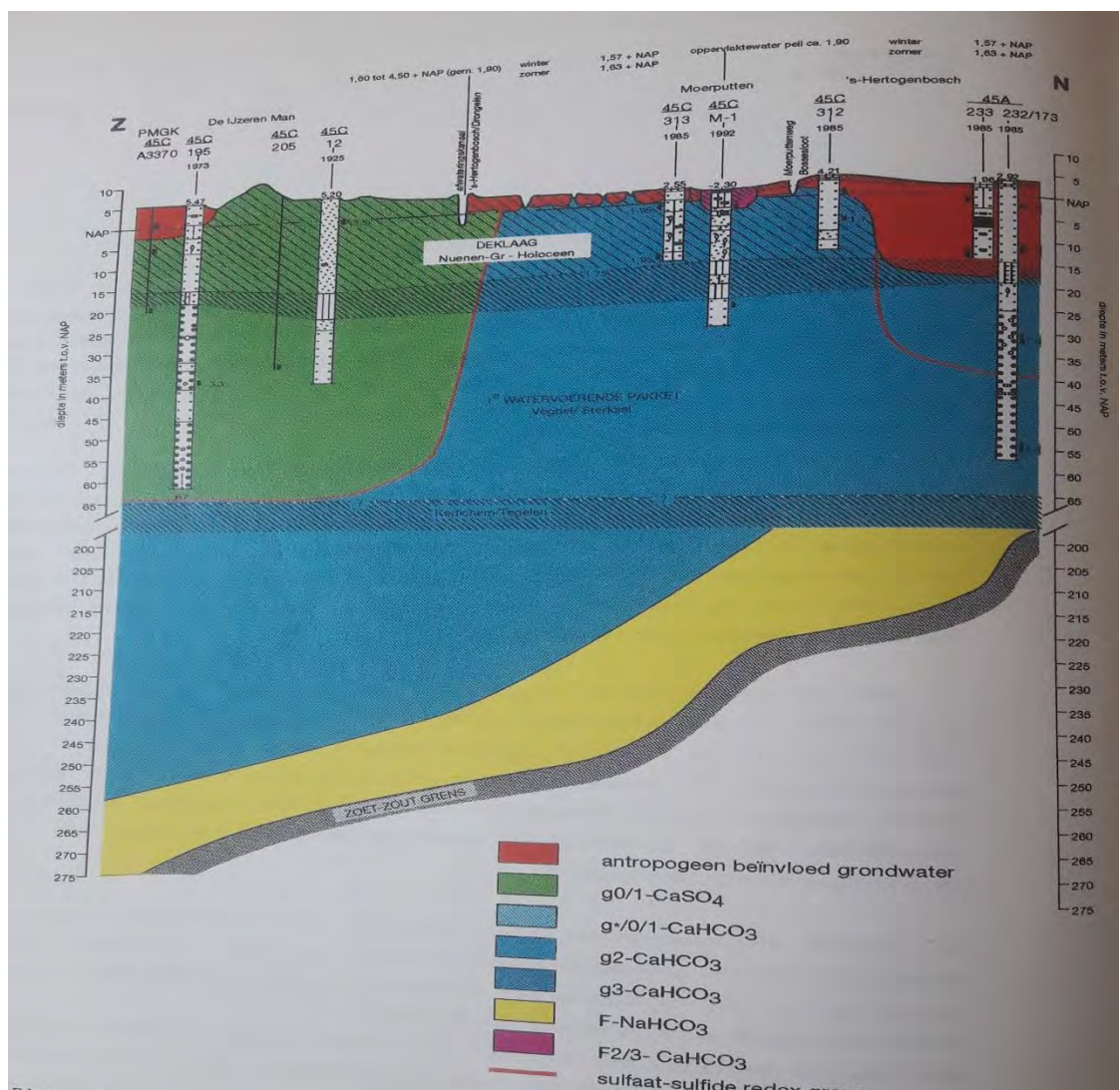
De Moerputten ligt ten westen van Den Bosch rond de niet meer in gebruik zijnde spoorlijn en spoorwegbrug (figuur A-41) van Den Bosch naar Waalwijk. Deze brug werd in het verleden aangelegd omdat het gebied rond de Moerputten deel uitmaakte van het militaire inundatie gebied rond den Bosch.



De spoorbrug midden door de Moerputten

A.6.2 Grondwatersituatie

De moerputten maken deel uit van de overgangszone van de zandgronden naar het noordelijke gelegen poldergebied. Oorspronkelijk vormde dit een bijna aaneengesloten keten hooigraslanden en moerassen tussen Den Bosch en Oudenbosch, met van oost naar west o.a., het Bossche Broek, Moerputten, Vlijmens ven, de Westelijke Langstraat (Labbeget, Dulfer, Dullaard), Teteringen, Haagsche beemden). Deze zone loopt ook verder in oostelijke richting en westelijke door. Dit gebied werd vaak beïnvloed door winteroverstroming door regionale rivieren of de Maas. Daarnaast is het een aaneengesloten kwelgebied waarbij van nature oud (minimaal pre-1920 water, geen tritium Kivits e.a., 2019) diep (calciumrijk) grondwater opstijgt. In figuur A-42 zijn de hydrochemische patronen rond de moerputten geschetst. De figuur toont het voorkomen van regionaal calciumrijk grondwater in de omgeving van de Moerputten. Dit water kwelt in de sloten in het dieper ontwaterde landbouwgebied rondom de Moerputten. De Moerputten zelf zijn tot een infiltratiegebied geworden doordat de waterpeilen en het maaiveld hoger liggen dan in de omringende polders

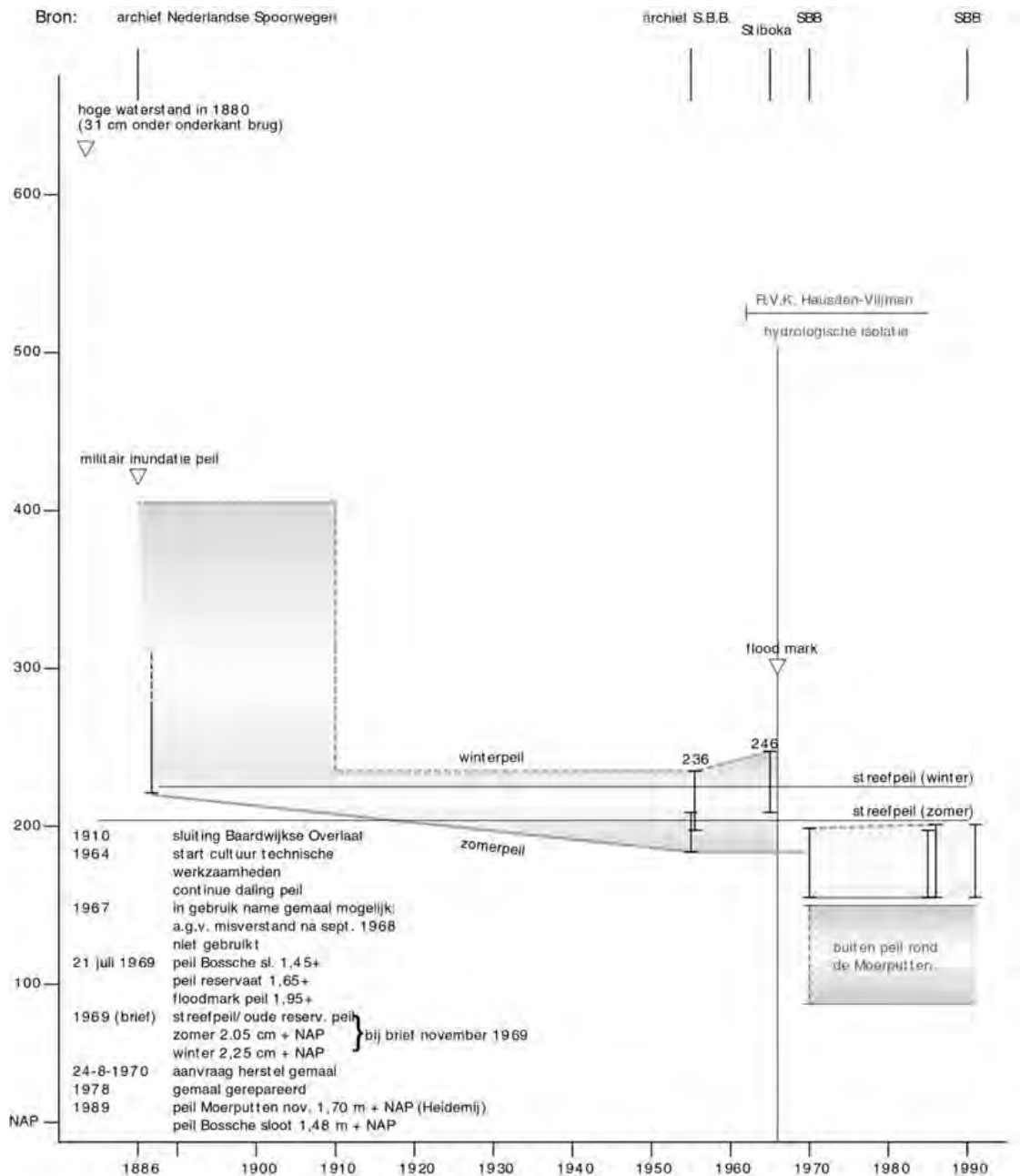


Figuur A-42: de verbreiding van hydrochemische watertypen vgl. de Stuyfzandclassificatie in een noord-zuid profiel over de Moerputten.

A.6.3 Verdroging

Op basis van onderzoek door KIWA (van Gerven e.a. , 1994) zou de achteruitgang van natuurwaarden vooral worden veroorzaakt door de sterk afgenomen inundatie met basenrijk Maas- en beekwater. Volgens deze studie is de kwel binnen het natuurgebied sinds de zestiger jaren vrijwel geheel verdwenen, maar zou dat geen groot effect hebben gehad op de vegetatie. Ook het beheer zou niet optimaal zijn geweest.

In de TNO studie (Stuurman en Foppen, 1992) is een uitgebreide schets gemaakt over de hydrologische historie van dit gebied. Deze is deels in onderstaande figuur A-43 gepresenteerd.

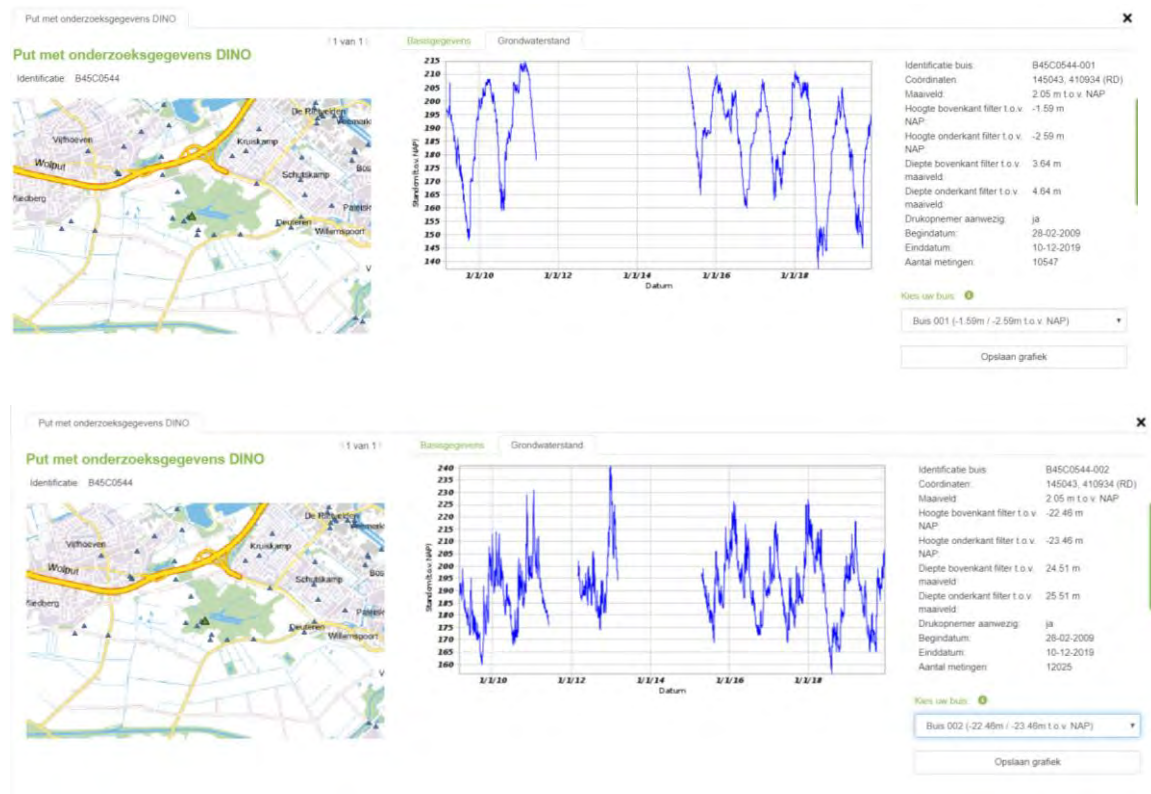


Figuur A-43: Een schematische weergave van de peilveranderingen in en rond de Moerputten sinds 1880.

Belangrijke momenten waren:

1. Het wegvallen van de regelmatige inundatie met Maas- en Dommelwater t.g.v. de sluiting van de Baardwijkse Overlaat rond 1910;
2. De ruilverkaveling Heusden-Vlijmen (rond 1964) waarna de Moerputten achterbleven als “bloempot” in het omliggende agrarische landschap. Hierbij werd geprobeerd het waterpeil in de Moerputten hoger dan in de omgeving te houden. De waterstanden waren wel al verschillende decimeters lager dan voor de ruilverkaveling. Er was een situatie ontstaan dat rond de Moerputten in het landbouwgebied veel kwel direct in de sloten uitstroomde, maar dat de moerputten een infiltratiegebied was geworden. Dur, infiltrerend regenwater.
3. Rond de Moerputten zijn ook een paar grote grondwateronttrekkingen gestart in de zestiger jaren, o.a. Heineken (1994: ca. 8 miljoen m³/jaar) en pompstation Vlijmen (1994: 2,5 miljoen m³/jaar).

Uit gegevens van een grondwatermeetpunt in het zuidelijk deel van het reservaat blijkt dat de grondwaterstand in de zomer tot ongeveer 160-165 cm +NAP uitzaakt. In de laatste droge jaren zelfs tot onder 140-145 cm +NAP (ongeveer het polderpeil in de omgeving). De stijghoogte in het ondiepe watervoerende pakket fluctueert de laatste jaren tussen 205-210 cm en 145-165 cm +NAP.



Op basis van historische- vegetatie en bodemgegevens blijkt dat het gewenste zomerpeil rond 220 cm +NAP (KIWA is tevreden met 180 cm) en winterpeil rond 240 cm +NAP dient te liggen. Hierbij moet worden voorkomen dat regenwater kan infiltreren, dus de invloed van basenrijk water wordt hersteld. In het heel verre verleden was dat het geval omdat het gebied tot 1910 regelmatig werd geïnundeerd door rivierwater en onder invloed stond van kalkrijke kwel.

Rond 1992 schommelde het (grond-)waterpeil tussen 200 en 160 cm -NAP

A.6.4 Herstelmaatregelen Moerputten

Na de ruilverkaveling in de zestiger jaren werd vooral ingezet op water vasthouden. Dit zal/zou op termijn tot "verzuring" leiden. Er werd ook een gemaal aangelegd om oppervlaktewater uit de Bossche Sloot in te laten. Deze werd echter al snel gemolesteerd. Stuurman en Foppen (1992) stelden voor om de grondwater (kwel) invloed kunstmatig te herstellen: (1) door een bronput aan te leggen in het midden van het gebied. Hierdoor krijgen de aangrenzende landbouwgronden ook minder wateroverlast. (2) drainageleidingen onder natuurgebied omgrenzende sloten aan te brengen om daarmee het schone kwelwater op te vangen en naar het natuurgebied het leiden.

Door KIWA (van Gerven, 1994) stelden voor om het peil op te zetten (inundatie) door slootwater in te laten, en regenwater vast te houden, in de periode tussen begin oktober tot 1-14 november. Rond 1 november zou dan het (maximale) winterpeil van 240 cm +NAP moeten zijn bereikt. Vanaf 1 april zou de waterinname moeten worden gestopt. Hierna zou het peil dan dalen t.g.v. de wegzijging. Verwacht werd dat het zomerpeil zou uitzakken tot het polderpeil in de omgeving (160 cm +NAP), 20 cm onder het gewenste zomerpeil (180 cm +NAP). Dit zou kunnen worden voorkomen door de polderpeilen in de directe omgeving te verhogen, of toch ook in de zomer water aan te voeren. Een knelpunt bij wateraanvoer is de waterkwaliteit van de Bossche Sloot.

Inmiddels vindt wateraanvoer op een andere wijze plaats. Nu wordt (basisch) water vanuit het Vlijmens Ven, via de Slingersloot aangevoerd.



De wateraanvoer naar Moerputten komt uit het Vlijmens Ven, wat relatief schone kwel geeft. In "normale" jaren wordt met deze aanvoer de bufferzone ten zuiden van Moerputten op peil gehouden middels gemalen en is er dus sprake van indirecte wateraanvoer (via het ondiepe

grondwater). In zeer droge zomers (2018) wordt het aanvoerwater rechtstreeks in Moerputten in gelaten, zolang er nog aanvoerwater beschikbaar is. De wijze waarop het licht gebufferde grondwater Moerputten dus moet bereiken is dus verre van natuurlijk, maar er is overwegend wel voldoende wateraanvoer mogelijk. Wat tegenwoordig verder ontbreekt zijn de winterse overstromingen en de bijbehorende afzetting van voedselrijker en gebufferd sediment. Een eventueel mineralen tekort hoeft dus niet noodzakelijk alleen aan een gebrek aan kwel te liggen. De mogelijkheid bestaat om ook water uit de Bossche Sloot naar het gebied aan te voeren, maar gezien onduidelijkheid over de waterkwaliteit en de aanwezigheid van diverse exoten in de Bossche Sloot, wordt dat bewust niet gedaan.

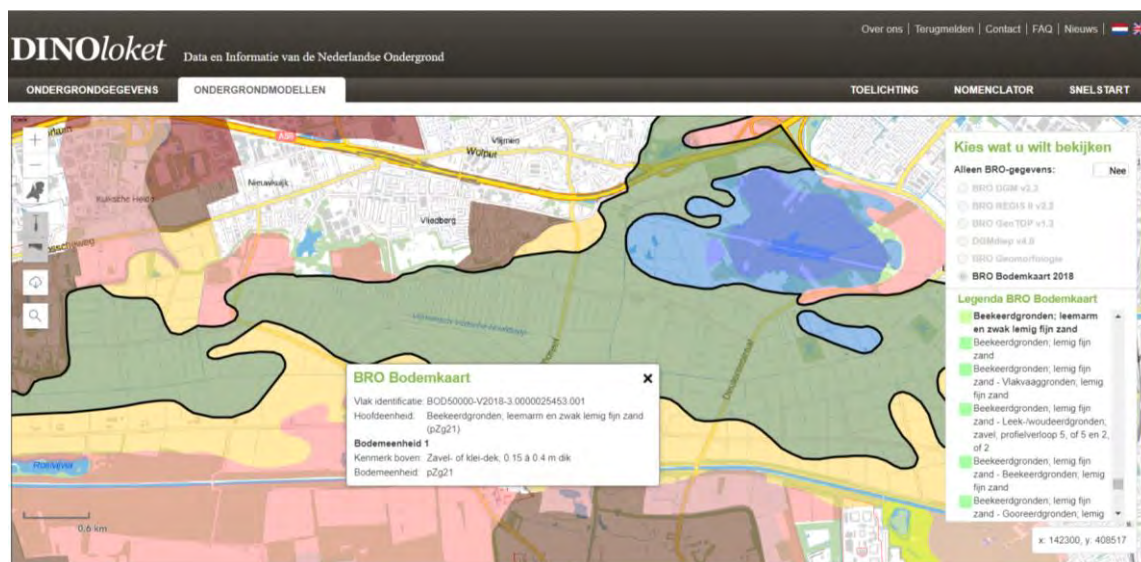
A.6.5 Bepaling waterwens Moerputten

De Moerputten wensen een freatische grondwaterstand tussen 240 cm (winter) en 180 cm (zomer) +NAP. Dit kan momenteel alleen plaatsvinden door base rijk water aan te voeren waarmee het gebied wordt geïnundeerd. Dit is nu gerealiseerd door water vanuit het kwelgebied Vlijmens Ven aan te voeren. Om echt basische kwel te herstellen dient de stijghoogte ca. 50 cm hoger te zijn (290-200 cm +NAP).

A.6.6 Watersituatie en waterwensen aangrenzende natuurgebieden

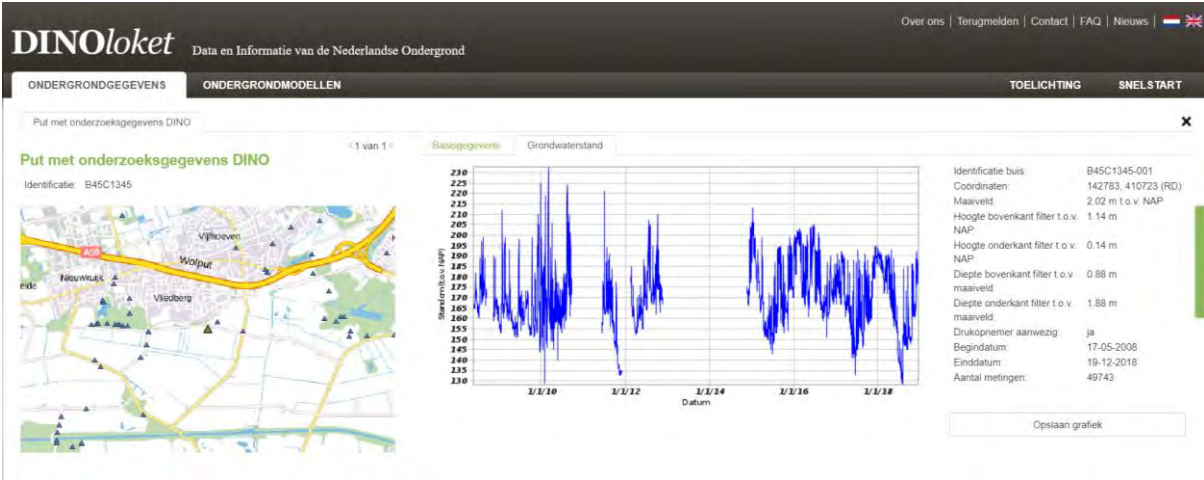
Het Bossche Broek wordt bij de laatste MBI evaluatie (Runhaar e.a., 2017) goed beoordeeld. Grondwaterstandsmetingen (niet MBI meetpunten) laten echter zien dat ook hier de grondwaterstand te diep uitzakt. Dit wordt ook bevestigd door SBB (n.a.v. veldbezoek in 2018). SBB stelt dat in een dergelijk veengebied de grondwaterstand best in korte tijd (in de orde van dagen) 30-40 cm mag zakken, maar gemiddeld (zomer) niet meer dan 10 cm.

DINO meetpunt B45C0541 (maaiveld 2,43 +NAP, waardveengronden) toont dat deze grondwaterstand vanaf maaiveld regelmatig uitzakt tot 60 cm onder maaiveld (figuur 5). Dit is enkele decimeters meer dan gewenst. Er is overigens het hele jaar door sprake van een kweldruk tussen 2,75-2,25 m +NAP. In figuur 6 wordt het tijd-stijghoogtenverloop op verschillende diepten in grondwatermeetpunt B45C0391 (midden in het Bossche Broek) getoond. Deze meting bevestigt de kweldruk vanuit het ondiepe watervoerende pakket (F. van Sterksel), maar laat ook zien dat de diepe stijghoogte veel lager is (grondwaterwinningseffect), en ook gedaald is gedurende de afgelopen 20 jaar.

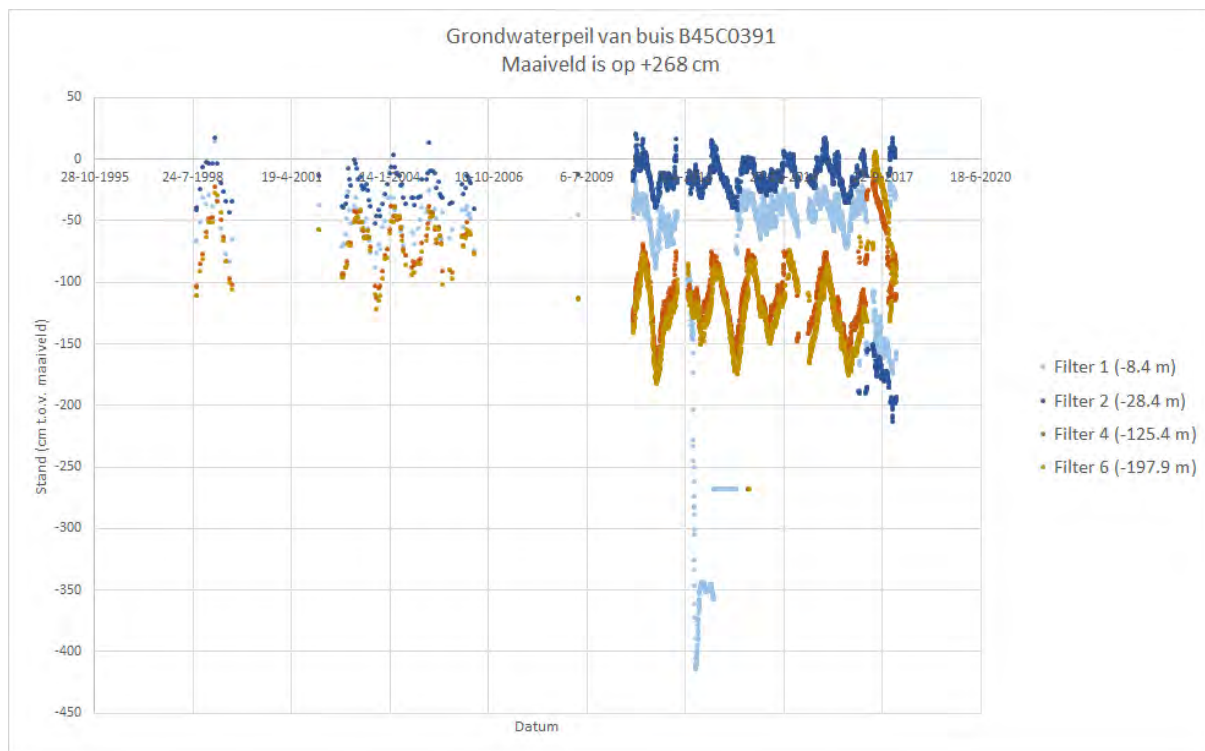


Figuur A-44 Bodemtypen rond de Moerputten

Het Vlijmens Ven (beekeerbodem) kent het gehele jaar door kwel en toont dat de grondwaterstand in de winter net onder maaiveld ligt. In de droge tijd zakt deze grondwaterstand regelmatig tot 50-60 cm onder maaiveld uitzakt. Dit wordt mede veroorzaakt door de aanwezigheid van een watergang die door het gebied loopt.



	wensen	situatie	aanvullend
Bossche Broek	Verhoging freatische grondwaterstand tijdens droge perioden (GLG) met ca. 40 cm. Stijghoogte in zomers hoger (meer kwel)	Winter voldoet goed. Freatische grondwaterstand zakt enkele decimeters te diep uit. Onbekend is of kwel wortelzone beïnvloed.	Historisch zomerpeil ca. 260 +NAP (+huidig maaiveld), vroeger in winter volledig onder water,
Vlijmens Ven	Verhoging zomergrondwaterstand met ca. 20 cm		



Figuur A-55: grondwatermetingen in het midden van het Bossche Broek.

A.6.7 Referenties

Joost Cools (Ecologisch Adviesbureau Cools), Ype van der Velde (TNO), Han Runhaar (Alterra), Roelof Stuurman (TNO) (2006): Herstel- en Ontwikkelplan Schraallanden TNO/EAC/Alterra-rapport

Gerven, M.W. van, A.J.M. Jansen en W. Koerselman (1994): Mogelijkheden voor behoud en herstel van natuurwaarden in de Moerputten. KIWA, SWO 94.391.

Stuurman, R.J. en J.W. Foppen (1993): Perspectieven voor "vernatting" van de Moerputten. TNO-rapport 92-110-A

B Tabel met watertypen

Chemische samenstelling Brabantse watertypen ([gemiddelde of ranges] aan gehalten in mg/l)

watertype	beschrijving	pH	Ca ⁺⁺ ppm	HCO ₃ ppm	NO ₃ ppm	P ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	EC μS/cm
regenwater	Regenwater en sneeuw wordt gekenmerkt door een heel laag gehalte aan opgeloste stoffen (EC <40 μS/cm)	Ca. 4,8	3	0	0	0	13	2	25-60
Ondiep grondwater	De grondwaterkwaliteit in de bovenste meters onder maaiveld is grotendeels gerelateerd aan het landgebruik en de geochemische samenstelling van de bodem. De kwaliteit van (zuur) regenwater speelt op deze (on-)diepte nog een rol. In de dekzand- en stuifzand gronden kunnen extreem lage pH's voorkomen (< pH4, waarbij van nature voorkomende metalen (aluminium) in oplossing kan komen.	4-7	Heel laag in infiltratie (< 3 ppm). In kwel hoog	Onder natuurlijke vegetatie nihil. Onder landbouw hoog.	Deze is heel variabel, afhankelijk van het landgebruik., of in bossen, en vooral in bosranden, door invang van atmosferische depositie. Hoge nitraat- en sulfaat gehalten komen regelmatig vo. Bij lage zuurgraad kunnen ook metalen als aluminium oplossen.			15-150	100-1500
Diep grondwater	Op tientallen tot honderden meters komt in de provincie heel schoon zoet grondwater voor. Dit water is honderden tot duizenden jaren oud. Onder dit watertype komt nog ouder zout grondwater voor.	7	40-120	>100	Diep grondwater is in het algemeen niet beïnvloed door de mens. Dus geen nitraat, meestal ook weinig sulfaat. Meestal is het ijzerrijk. Het kan kleine hoeveelheden natuurlijk fosfaat bevatten.			<12	250-600
Kwel (middeldiep, diep)	De samenstelling van middeldiepe (dieper dan 20 m -mv) en diepe kwel wordt meestal gekarakteriseerd door de afwezigheid van menselijke verontreiniging. Dit water is vaak duizenden jaren oud. Rond Bossche Broek zelfs meer dan 30.000 jaar oud. Door het oplossen	7	40-120		Als diep grondwater			<12	250-600

	van schelpen uit de diepe, ooit door de zee afgezette lagen, is dit watertype rijk aan kalk. Door de zuurstofloze omstandigheden op grote diepte kon ook veel ijzer oplossen.								
Hoogveen Water	Dit watertype lijkt erg op regenwater. Door verdamping en invloed van (afstervende) planten en algen iets verrijkt is aan opgeloste stoffen. Dus een relatieve lage pH. Wel is het verrijkt door atmosferische depositie (o.a. stikstof). Zie: Rapport EC-LNV nr. 2002/084 O Ede/Wageningen, 2002 ISBN 90-806432-6-2								
heidewater	Dit watertype zal in het algemeen niet veel van hoogveenwater verschillen.								
Ven water	De kwaliteit is afhankelijk van het ventype (zie paragraaf vennen). Sommigen bevatten alleen regenwater, de meesten worden direct of indirect (aangevoerd oppervlaktewater) beïnvloed door de kwaliteit van ondiep grondwater. Als dit uit landbouwgebieden afkomstig kan de kwaliteit niet optimaal zijn. Het water kan ook gebufferd worden door ondiep voorkomende natuurlijk mineralen (o.a. kalk).								
Bovenloop water, Drainage slootwater	Deze bovenlopen en sloten draineren meestal het ondiepste water uit landbouwgebieden. Juist dit ondiepe water is vaak erg verontreinigd. Als een bovenloop ontspringt in een gebied met een natuurlijke begroeiing zal de waterkwaliteit lijken op het heide en/of venwater: zuur, weinig opgeloste stoffen, kalkloos.								
beekwater	Beekwater is een mengsel van kwelwater en drainageslootwater. Meestal is het aandeel slootwater overheersend en daardoor de beekwaterkwaliteit slecht. Als de sloten droogvallen neemt de beekwaterafvoer sterk af, maar neemt het aandeel kwelwater relatief toe en verbetert de beekwaterkwaliteit.								
zeewater	Door honderduizenden jaren aanvoer van mineraalrijk water door rivieren en verdamping heeft een concentratie van zouten plaatsgevonden. De EC van Noordzeewater ligt tussen 15000 en 19000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ter vergelijking regenwater 25-60 $\mu\text{S}/\text{cm}$).								
drinkwater	Het drinkwater in de provincie is, op enkele uitzonderingen na (ondiepe winningen) gelijk aan die van diep grondwater en van uitstekende (bronwater) kwaliteit. Meestal is dit water alleen ontgast en ontijzerd.								
Berekening water	Dit wordt onttrokken op 25-75 m diepte. Vaak water van goede kwaliteit.								
RWZI effluent <i>Cl/SO4</i> <i>Gebaseerd op Brabantse Delta 2018 N-totaal en P-totaal gebaseerd op geldende lozings-vergunning (voortschrijdend jaarlijks gemiddelde)</i> <i>→ Voor BZV 20 mg/l Voor CZV 125 Mg/l</i>	RWZI effluent is gezuiverd afvalwater dat is aangevoerd vanuit ons rioolstelsel. Tijdens droge perioden bestaat dit afvalwater grotendeels uit "verbruikt" drinkwater. Tijdens natte perioden wordt dit vermengt met regenwater dat vanaf straten en bebouwing wordt afgevoerd. Na zuivering bevat dit effluent vaak nog te veel nutriënten. Tijdens droge perioden is de watervoerendheid van Brabantse beken sterk afhankelijk geraakt van de lozing van dit effluent water.	7-7,5	> 40	?	N-tot	P-Tot	17-49	42-188	?
					<	<			
					10-15	1-2			

C Modelresultaten per gebiedstype

C.1 Beekdalen Centrale Slenk

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstanden	GHG	mNAP	17,76	0,10	0,14	0,16	0,05	0,25	0,28
	GVG	mNAP	17,63	0,08	0,13	0,14	0,04	0,24	0,30
	GLG	mNAP	17,08	0,03	0,04	0,08	0,09	0,10	0,24
Sterksel	GHS	mNAP	17,90	0,07	0,11	0,14	0,08	0,24	0,24
	GVS	mNAP	17,79	0,06	0,10	0,13	0,07	0,23	0,24
	GLS	mNAP	17,23	0,02	0,04	0,08	0,12	0,11	0,21
	GLG-GLS	cm	15,0	-0,3	-0,3	0,7	3,2	0,3	-3,9
Peize Waalre	GHS	mNAP	17,08	0,03	0,06	0,61	1,81	0,21	0,14
	GVS	mNAP	16,98	0,03	0,06	0,63	1,86	0,21	0,14
	GLS	mNAP	16,25	0,02	0,03	0,68	2,07	0,12	0,13
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainag	Mm3/zomerhalfjaar	10,37	-4,84	-6,48	-6,03	2,94	-7,94	4,31
	Primaire waterlopen	Mm3/zomerhalfjaar	40,44	3,37	5,18	6,96	4,57	10,27	-25,65
	Totale afvoer	Mm3/zomerhalfjaar	50,81	-1,47	-1,29	0,93	7,51	2,32	-21,33
Afvoer winter	Greppels, buisdrainag	Mm3/winterhalfjaar	31,03	-12,35	-15,57	-14,24	5,78	-18,51	12,73
	Primaire waterlopen	Mm3/winterhalfjaar	50,30	6,16	8,61	10,62	4,88	14,87	-32,09
	Totale afvoer	Mm3/winterhalfjaar	81,33	-6,18	-6,97	-3,62	10,66	-3,64	-19,36
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kw	Mm3/jaar	17,71	-1,43	-1,53	0,35	6,11	0,41	-7,81
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainag	mm/dag	0,32	-0,15	-0,20	-0,19	0,09	-0,25	0,13
	Primaire waterlopen	mm/dag	1,26	0,10	0,16	0,22	0,14	0,32	-0,80
	Totale afvoer	mm/dag	1,58	-0,05	-0,04	0,03	0,23	0,07	-0,66
Afvoer winter	Greppels, buisdrainag	mm/dag	0,96	-0,38	-0,48	-0,44	0,18	-0,57	0,40
	Primaire waterlopen	mm/dag	1,56	0,19	0,27	0,33	0,15	0,46	-1,00
	Totale afvoer	mm/dag	2,52	-0,19	-0,22	-0,11	0,33	-0,11	-0,60
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kw	mm/dag	0,55	-0,04	-0,05	0,01	0,19	0,01	-0,24

C.2 Beekdalen West-Brabant

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstanden	GHG	mNAP	6,81	0,08	0,12	0,15	0,08	0,23	0,51
	GVG	mNAP	6,64	0,07	0,11	0,14	0,06	0,23	0,55
	GLG	mNAP	6,06	0,02	0,04	0,07	0,11	0,09	0,37
Sterksel	GHS	mNAP	6,81	0,07	0,12	0,15	0,08	0,23	0,52
	GVS	mNAP	6,65	0,07	0,11	0,14	0,07	0,23	0,54
	GLS	mNAP	6,08	0,02	0,04	0,08	0,12	0,09	0,37
Peize Waalre	GHS	mNAP	7,06	0,04	0,07	0,23	0,51	0,24	0,24
	GVS	mNAP	6,94	0,03	0,06	0,23	0,51	0,25	0,24
	GLS	mNAP	6,05	0,01	0,03	0,31	0,84	0,14	0,18
	GLG-GLS	cm	-0,7	-0,8	-0,9	23,6	73,6	5,4	-18,9
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en	Mm3/zom	0,61	-0,32	-0,39	-0,36	0,19	-0,49	1,05
	Primaire waterlopen (beke	Mm3/zom	6,07	0,36	0,48	0,77	0,79	0,93	-3,71
	Totale afvoer	Mm3/zom	6,68	0,04	0,09	0,41	0,97	0,43	-2,66
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en	Mm3/wint	2,45	-1,05	-1,30	-1,18	0,59	-1,67	3,56
	Primaire waterlopen (beke	Mm3/wint	9,92	0,63	0,82	1,17	0,91	1,39	-6,27
	Totale afvoer	Mm3/wint	12,37	-0,42	-0,48	-0,01	1,50	-0,28	-2,71
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	1,44	-0,24	-0,26	0,06	1,11	-0,04	-0,10
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en	mm/dag	0,09	-0,05	-0,06	-0,06	0,03	-0,08	0,16
	Primaire waterlopen (beke	mm/dag	0,95	0,06	0,07	0,12	0,12	0,14	-0,58
	Totale afvoer	mm/dag	1,04	0,01	0,01	0,06	0,15	0,07	-0,41
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en	mm/dag	0,38	-0,16	-0,20	-0,18	0,09	-0,26	0,55
	Primaire waterlopen (beke	mm/dag	1,55	0,10	0,13	0,18	0,14	0,22	-0,98
	Totale afvoer	mm/dag	1,93	-0,07	-0,07	0,00	0,23	-0,04	-0,42
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	0,23	-0,04	-0,04	0,01	0,17	-0,01	-0,02

C.3 Infiltratiegebieden (natte heide, hoogveen, vennen)

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstanden	GHG	mNAP	17,66	0,07	0,10	0,15	0,13	0,21	0,24
	GVG	mNAP	17,54	0,06	0,10	0,15	0,12	0,21	0,24
	GLG	mNAP	16,84	0,03	0,04	0,09	0,14	0,11	0,17
Sterksel	GHS	mNAP	17,63	0,06	0,10	0,15	0,14	0,21	0,24
	GVS	mNAP	17,52	0,06	0,09	0,14	0,13	0,21	0,24
	GLS	mNAP	16,83	0,03	0,04	0,09	0,15	0,11	0,17
Peize Waalre	GLG-GLS	cm	-0,9	0,0	-0,1	0,3	1,2	0,1	0,1
	GHS	mNAP	16,41	0,04	0,07	0,41	1,12	0,22	0,16
	GVS	mNAP	16,32	0,04	0,07	0,42	1,13	0,22	0,14
	GLS	mNAP	15,54	0,02	0,04	0,45	1,32	0,14	0,51
	GLG-GLS	cm	-129,6	-0,3	-0,5	36,4	118,6	3,2	33,9
Afvoer zomer	Greppels, t	Mm3/zom	3,45	-1,49	-1,79	-1,67	0,77	-1,95	-3,05
	Primaire w	Mm3/zom	4,18	1,21	1,55	1,98	1,12	2,71	-2,54
	Totale afv	Mm3/zom	7,63	-0,29	-0,24	0,31	1,89	0,76	2,51
Afvoer winter	Greppels, t	Mm3/wint	11,38	-3,82	-4,73	-4,26	2,39	-5,16	-5,91
	Primaire w	Mm3/wint	9,15	1,78	2,29	2,86	1,43	3,76	-3,39
	Totale afv	Mm3/wint	20,53	-2,04	-2,44	-1,41	3,82	-1,40	-1,32
Kwelflux diep	Gemiddeld	Mm3/jaar	-7,94	-0,55	-0,65	0,27	3,31	0,27	0,01
Afvoer zomer	Greppels, t	mm/dag	0,09	-0,04	-0,05	-0,05	0,02	-0,05	-0,08
	Primaire w	mm/dag	0,11	0,03	0,04	0,05	0,03	0,07	-0,07
	Totale afv	mm/dag	0,21	-0,01	-0,01	0,01	0,05	0,02	0,07
Afvoer winter	Greppels, t	mm/dag	0,31	-0,10	-0,13	-0,12	0,07	-0,14	-0,16
	Primaire w	mm/dag	0,25	0,05	0,06	0,08	0,04	0,10	-0,09
	Totale afv	mm/dag	0,56	-0,06	-0,07	-0,04	0,10	-0,04	-0,04
Kwelflux diep	Gemiddeld	mm/dag	-0,22	-0,02	-0,02	0,01	0,09	0,01	

C.4 Leembossen

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwat	GHG	mNAP	7,90	0,17	0,21	0,22	0,02	0,30	0,28
	GVG	mNAP	7,71	0,10	0,15	0,16	0,03	0,25	0,27
	GLG	mNAP	6,99	0,01	0,02	0,05	0,08	0,06	0,12
Sterksel	GHS	mNAP	7,93	0,12	0,16	0,18	0,05	0,29	0,22
	GVS	mNAP	7,77	0,07	0,12	0,13	0,05	0,24	0,21
	GLS	mNAP	7,10	0,01	0,02	0,06	0,11	0,06	0,12
Peize Waa	GLG-GLS	cm	11,0	-0,1	-0,1	0,9	3,5	0,2	0,0
	GHS	mNAP	5,11	0,03	0,05	1,45	4,68	0,19	0,11
	GVS	mNAP	4,85	0,03	0,05	1,53	4,91	0,20	0,10
Afvoer zor	GLS	mNAP	3,97	0,01	0,02	1,64	5,31	0,09	0,09
	Greppels, t	Mm3/zom	1,29	-0,58	-0,85	-0,81	0,37	-1,12	0,04
	Primaire w	Mm3/zom	1,41	0,43	0,76	0,98	0,58	1,64	-1,51
Afvoer wir	Totale afv	Mm3/zom	2,70	-0,15	-0,09	0,17	0,95	0,52	-1,47
	Greppels, t	Mm3/wint	7,79	-3,72	-4,51	-4,20	1,61	-4,89	-0,44
	Primaire w	Mm3/wint	4,88	1,27	1,87	2,16	0,64	3,31	-3,42
Kwelflux d	Totale afv	Mm3/wint	12,67	-2,45	-2,64	-2,04	2,24	-1,58	-3,86
	Gemiddeld	Mm3/jaar	0,05	-0,23	-0,28	0,11	1,44	-0,05	-0,94
Afvoer zor	Greppels, t	mm/dag	0,16	-0,07	-0,10	-0,10	0,05	-0,14	0,01
	Primaire w	mm/dag	0,17	0,05	0,09	0,12	0,07	0,20	-0,19
	Totale afv	mm/dag	0,33	-0,02	-0,01	0,02	0,12	0,06	-0,18
Afvoer wir	Greppels, t	mm/dag	0,95	-0,46	-0,55	-0,51	0,20	-0,60	-0,05
	Primaire w	mm/dag	0,60	0,15	0,23	0,27	0,08	0,40	-0,42
	Totale afv	mm/dag	1,55	-0,30	-0,32	-0,25	0,27	-0,19	-0,47
Kwelflux d	Gemiddeld	mm/dag	0,01	-0,03	-0,03	0,01	0,18	-0,01	-0,12

C.5 Naad met diepe kwel

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwater	GHG	mNAP	0,53	0,12	0,15	0,16	0,01	0,25	0,27
	GVG	mNAP	0,28	0,09	0,12	0,12	0,01	0,20	0,31
	GLG	mNAP	-0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,07	0,15
Sterksel	GHS	mNAP	0,58	0,09	0,11	0,12	0,03	0,22	0,21
	GVS	mNAP	0,37	0,07	0,09	0,10	0,03	0,18	0,24
	GLS	mNAP	0,08	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,12
	GLG-GLS	cm	11,3	-0,5	-0,5	0,1	2,2	0,2	-2,6
Peize Waa	GHS	mNAP	0,64	0,03	0,04	0,39	1,14	0,22	0,08
	GVS	mNAP	0,49	0,02	0,04	0,39	1,15	0,19	0,09
	GLS	mNAP	0,06	0,01	0,02	0,42	1,31	0,07	0,05
	GLG-GLS	cm	8,8	-1,9	-2,3	36,6	127,6	0,3	-9,1
Afvoer zor	Greppels, t	Mm3/zom	3,92	-2,27	-2,72	-2,65	0,57	-3,16	-0,79
	Primaire w	Mm3/zom	0,79	1,73	2,20	2,53	0,83	3,34	-1,45
	Totale afv	Mm3/zom	4,71	-0,54	-0,52	-0,12	1,40	0,17	-2,25
Afvoer wir	Greppels, t	Mm3/wint	12,02	-5,91	-7,09	-6,90	0,90	-8,51	0,09
	Primaire w	Mm3/wint	11,58	3,65	4,66	4,97	0,74	6,79	-5,77
	Totale afv	Mm3/wint	23,60	-2,26	-2,42	-1,94	1,65	-1,72	-5,68
Kwelflux d	Gemiddeld	Mm3/jaar	3,50	-1,10	-1,24	-0,87	1,27	-0,91	-2,30
Afvoer zor	Greppels, t	mm/dag	0,37	-0,22	-0,26	-0,25	0,05	-0,30	-0,08
	Primaire w	mm/dag	0,08	0,16	0,21	0,24	0,08	0,32	-0,14
	Totale afv	mm/dag	0,45	-0,05	-0,05	-0,01	0,13	0,02	-0,21
Afvoer wir	Greppels, t	mm/dag	1,15	-0,56	-0,68	-0,66	0,09	-0,81	0,01
	Primaire w	mm/dag	1,10	0,35	0,44	0,47	0,07	0,65	-0,55
	Totale afv	mm/dag	2,25	-0,22	-0,23	-0,18	0,16	-0,16	-0,54
Kwelflux d	Gemiddeld	mm/dag	0,33	-0,10	-0,12	-0,08	0,12	-0,09	-0,22

C.6 Biesbosch rivierenland

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwater	GHG	mNAP	0,11	0,18	0,21	0,21	0,00	0,55	0,20
	GVG	mNAP	-0,22	0,15	0,17	0,17	0,00	0,68	0,17
	GLG	mNAP	-0,65	0,02	0,01	0,02	0,01	0,24	0,02
Sterksel	GHS	mNAP	0,11	0,06	0,08	0,08	0,02	0,45	0,08
	GVS	mNAP	-0,16	0,05	0,06	0,07	0,02	0,56	0,06
	GLS	mNAP	-0,58	0,01	0,01	0,02	0,04	0,23	0,01
Peize Waa	GHS	mNAP	0,09	0,02	0,02	0,20	0,60	0,32	0,03
	GVS	mNAP	-0,10	0,01	0,02	0,21	0,62	0,39	0,02
	GLS	mNAP	-0,50	0,00	0,00	0,21	0,68	0,18	0,01
Afvoer zor	Greppels, t	Mm3/zom	0,43	-0,29	-0,39	-0,37	0,06	-0,37	-0,25
	Primaire w	Mm3/zom	0,08	0,11	0,21	0,23	0,06	0,51	-0,05
	Totale afv	Mm3/zom	0,51	-0,17	-0,17	-0,14	0,12	0,14	-0,30
Afvoer wir	Greppels, t	Mm3/wint	4,86	-1,14	-1,47	-1,45	0,09	-1,80	-0,91
	Primaire w	Mm3/wint	1,62	0,30	0,53	0,54	0,04	1,25	-0,50
	Totale afv	Mm3/wint	6,48	-0,84	-0,94	-0,90	0,13	-0,55	-1,41
Kwelflux d	Gemiddeld	Mm3/jaar	0,67	-0,21	-0,26	-0,23	0,11	-0,10	-0,45
Afvoer zor	Greppels, t	mm/dag	0,14	-0,09	-0,12	-0,12	0,02	-0,12	-0,08
	Primaire w	mm/dag	0,02	0,04	0,07	0,07	0,02	0,16	-0,02
	Totale afv	mm/dag	0,16	-0,05	-0,05	-0,04	0,04	0,04	-0,09
Afvoer wir	Greppels, t	mm/dag	1,52	-0,36	-0,46	-0,45	0,03	-0,56	-0,28
	Primaire w	mm/dag	0,51	0,09	0,17	0,17	0,01	0,39	-0,16
	Totale afv	mm/dag	2,03	-0,26	-0,29	-0,28	0,04	-0,17	-0,44
Kwelflux d	Gemiddeld	mm/dag	0,21	-0,07	-0,08	-0,07	0,04	-0,03	-0,14

C.7 Kreeken polder West-Brabant

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwater	GHG	mNAP	-0,85	0,05	0,07	0,08	0,04	0,26	0,23
	GVG	mNAP	-1,15	0,03	0,05	0,06	0,05	0,18	0,25
	GLG	mNAP	-1,35	0,02	0,02	0,05	0,06	0,06	0,10
Sterksel	GHS	mNAP	-0,77	0,04	0,06	0,09	0,09	0,28	0,17
	GVS	mNAP	-1,01	0,03	0,05	0,08	0,09	0,21	0,18
	GLS	mNAP	-1,19	0,02	0,03	0,07	0,12	0,08	0,09
Peize Waal	GHS	mNAP	-0,52	0,03	0,04	0,09	0,15	0,34	0,10
	GVS	mNAP	-0,73	0,03	0,04	0,09	0,15	0,27	0,10
	GLS	mNAP	-0,95	0,02	0,03	0,10	0,19	0,09	0,07
Afvoer zomer	Greppels, t	Mm3/zom	0,71	-0,30	-0,34	-0,23	0,69	-0,61	0,06
	Primaire w	Mm3/zom	0,40	0,23	0,26	0,40	0,29	0,72	-0,28
	Totale afv	Mm3/zom	1,11	-0,07	-0,09	0,17	0,98	0,11	-0,22
Afvoer winter	Greppels, t	Mm3/wint	1,75	-0,49	-0,69	-0,48	0,79	-1,30	0,68
	Primaire w	Mm3/wint	3,21	0,36	0,50	0,61	0,26	1,41	-1,28
	Totale afv	Mm3/wint	4,96	-0,14	-0,19	0,13	1,06	0,11	-0,61
Kwelflux diep	Gemiddeld	Mm3/jaar	0,75	-0,15	-0,20	0,10	1,00	0,00	-0,31
Afvoer zomer	Greppels, t	mm/dag	0,35	-0,15	-0,17	-0,11	0,34	-0,30	0,03
	Primaire w	mm/dag	0,20	0,11	0,13	0,20	0,14	0,35	-0,14
	Totale afv	mm/dag	0,54	-0,04	-0,04	0,09	0,48	0,05	-0,11
Afvoer winter	Greppels, t	mm/dag	0,86	-0,24	-0,34	-0,24	0,39	-0,64	0,33
	Primaire w	mm/dag	1,57	0,17	0,24	0,30	0,13	0,69	-0,63
	Totale afv	mm/dag	2,43	-0,07	-0,09	0,06	0,52	0,06	-0,30
Kwelflux diep	Gemiddeld	mm/dag	0,37	-0,07	-0,10	0,05	0,49	0,00	-0,15

C.8 Totaal

categorie	parameter	eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	11,76	0,09	0,13	0,16	0,08	0,25	0,28
	GVG	mNAP	11,59	0,08	0,11	0,14	0,07	0,25	0,30
	GLG	mNAP	11,03	0,02	0,04	0,08	0,11	0,10	0,20
Sterksel	GHS	mNAP	11,81	0,07	0,10	0,14	0,10	0,24	0,25
	GVS	mNAP	11,66	0,06	0,09	0,13	0,09	0,24	0,26
	GLS	mNAP	11,11	0,02	0,03	0,08	0,13	0,11	0,18
Peize Waal	GHS	mNAP	11,14	0,04	0,06	0,46	1,33	0,22	0,14
	GVS	mNAP	11,02	0,03	0,05	0,47	1,36	0,23	0,14
	GLS	mNAP	10,34	0,02	0,03	0,51	1,56	0,12	0,12
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	22,98	-10,29	-13,23	-12,33	5,93	-15,87	4,95
	Primaire waterlopen (beken)	Mm3/zomerhalfjaar	54,88	7,52	10,80	14,12	8,54	20,56	-36,44
	Totale afvoer	Mm3/zomerhalfjaar	77,85	-2,77	-2,43	1,79	14,47	4,69	-31,49
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	78,26	-29,10	-36,14	-33,33	12,82	-42,59	18,38
	Primaire waterlopen (beken)	Mm3/winterhalfjaar	93,24	14,31	19,57	23,37	9,27	33,52	-56,63
	Totale afvoer	Mm3/winterhalfjaar	171,50	-14,79	-16,57	-9,97	22,09	-9,07	-38,25
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	17,36	-4,09	-4,63	-0,17	15,18	-0,32	-13,84
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0,22	-0,10	-0,13	-0,12	0,06	-0,15	0,05
	Primaire waterlopen (beken)	mm/dag	0,52	0,07	0,10	0,13	0,08	0,20	-0,35
	Totale afvoer	mm/dag	0,74	-0,03	-0,02	0,02	0,14	0,04	-0,30
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0,74	-0,28	-0,34	-0,32	0,12	-0,40	0,17
	Primaire waterlopen (beken)	mm/dag	0,88	0,14	0,19	0,22	0,09	0,32	-0,54
	Totale afvoer	mm/dag	1,63	-0,14	-0,16	-0,09	0,21	-0,09	-0,36
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	0,16	-0,04	-0,04	0,00	0,14	0,00	-0,13

D Modelresultaten pilot gebieden

Cartierheide Beekdalen Centrale Slenk				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	32.13	0.06	0.08	0.10	0.05	0.15	0.11
	GVG		32.03	0.07	0.10	0.12	0.06	0.19	0.14
	GLG		31.36	0.02	0.04	0.07	0.09	0.14	0.11
Sterksel	GHS	mNAP	32.15	0.05	0.08	0.11	0.07	0.18	0.13
	GVS		32.07	0.05	0.09	0.12	0.07	0.20	0.14
	GLS		31.42	0.01	0.04	0.07	0.09	0.14	0.10
Peize Waalre	GHS	mNAP	32.11	0.04	0.08	0.11	0.11	0.20	0.11
	GVS		32.04	0.05	0.08	0.12	0.10	0.21	0.12
	GLS		31.38	0.01	0.04	0.08	0.13	0.15	0.09
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.17	-0.05	-0.08	-0.07	0.05	-0.08	0.02
	Primaire waterlopen (beken)		0.58	0.03	0.07	0.09	0.06	0.18	-0.31
	Totale afvoer		0.75	-0.02	-0.01	0.02	0.10	0.09	-0.29
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	0.49	-0.17	-0.18	-0.15	0.14	-0.09	0.09
	Primaire waterlopen (beken)		0.73	0.05	0.08	0.11	0.06	0.18	-0.42
	Totale afvoer		1.22	-0.12	-0.10	-0.04	0.20	0.09	-0.32
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	0.50	-0.15	-0.15	-0.10	0.05	-0.03	-0.33
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.30	-0.10	-0.13	-0.12	0.08	-0.15	0.04
	Primaire waterlopen (beken)		1.01	0.05	0.12	0.16	0.10	0.31	-0.54
	Totale afvoer		1.31	-0.04	-0.02	0.04	0.18	0.16	-0.50
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.86	-0.30	-0.32	-0.26	0.24	-0.16	0.16
	Primaire waterlopen (beken)		1.28	0.08	0.14	0.18	0.11	0.31	-0.73
	Totale afvoer		2.14	-0.22	-0.18	-0.08	0.35	0.16	-0.57
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	0.87	-0.26	-0.26	-0.18	0.10	-0.05	-0.58

Cartierheide Infiltratiegebieden				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	33.05	0.03	0.06	0.13	0.19	0.19	0.08
	GVG		32.98	0.03	0.06	0.13	0.18	0.20	0.09
	GLG		32.28	0.01	0.03	0.10	0.20	0.15	0.07
Sterksel	GHS	mNAP	33.03	0.03	0.06	0.13	0.19	0.19	0.08
	GVS		32.97	0.03	0.06	0.13	0.18	0.20	0.09
	GLS		32.28	0.01	0.03	0.10	0.21	0.15	0.07
Peize Waalre	GHS	mNAP	32.94	0.03	0.06	0.13	0.21	0.19	0.08
	GVS		32.88	0.03	0.06	0.13	0.20	0.20	0.09
	GLS		32.20	0.01	0.03	0.11	0.23	0.15	0.07
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.05	0.00	-0.02	-0.02	0.01	-0.04	0.02
	Primaire waterlopen (beken)		0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	-0.01
	Totale afvoer		0.07	0.00	-0.02	-0.01	0.04	-0.02	0.01
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	0.13	-0.01	-0.05	-0.04	0.03	-0.09	0.02
	Primaire waterlopen (beken)		0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	-0.01
	Totale afvoer		0.16	-0.01	-0.05	-0.03	0.06	-0.08	0.01
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	-0.32	-0.04	-0.05	-0.03	0.05	-0.05	-0.03
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.06	0.00	-0.03	-0.02	0.02	-0.05	0.02
	Primaire waterlopen (beken)		0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	-0.01
	Totale afvoer		0.09	0.00	-0.02	-0.01	0.05	-0.03	0.01
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.16	-0.02	-0.06	-0.05	0.03	-0.11	0.03
	Primaire waterlopen (beken)		0.04	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	-0.01
	Totale afvoer		0.20	-0.02	-0.06	-0.04	0.08	-0.09	0.02
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	-0.39	-0.04	-0.06	-0.04	0.06	-0.06	-0.03

De Mortelen_Velderbosch Leembos			Veranderingen t.o.v. referentie						
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	10.07	0.21	0.25	0.26	0.02	0.35	0.31
	GVG		9.87	0.12	0.17	0.19	0.03	0.30	0.30
	GLG		9.07	0.01	0.03	0.06	0.10	0.06	0.13
Sterksel	GHS	mNAP	10.08	0.16	0.21	0.23	0.04	0.34	0.29
	GVS		9.91	0.10	0.15	0.17	0.05	0.29	0.27
	GLS		9.13	0.01	0.03	0.07	0.12	0.07	0.13
Peize Waalre	GHS	mNAP	8.26	0.05	0.08	1.11	3.44	0.23	0.14
	GVS		8.07	0.04	0.07	1.16	3.61	0.23	0.14
	GLS		7.24	0.02	0.03	1.21	3.91	0.10	0.11
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.43	-0.25	-0.32	-0.30	0.16	-0.34	0.05
	Primaire waterlopen (beken)		1.25	0.17	0.28	0.37	0.22	0.59	-0.88
	Totale afvoer		1.68	-0.08	-0.04	0.06	0.38	0.25	-0.83
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	3.27	-1.68	-1.93	-1.79	0.75	-1.89	-0.17
	Primaire waterlopen (beken)		2.23	0.55	0.74	0.86	0.27	1.21	-1.67
	Totale afvoer		5.50	-1.14	-1.20	-0.93	1.03	-0.68	-1.85
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	-0.03	-0.09	-0.09	0.08	0.62	0.02	-0.44
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.12	-0.07	-0.09	-0.09	0.05	-0.10	0.01
	Primaire waterlopen (beken)		0.36	0.05	0.08	0.11	0.07	0.17	-0.26
	Totale afvoer		0.49	-0.02	-0.01	0.02	0.11	0.07	-0.24
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.95	-0.49	-0.56	-0.52	0.22	-0.55	-0.05
	Primaire waterlopen (beken)		0.65	0.16	0.21	0.25	0.08	0.35	-0.49
	Totale afvoer		1.60	-0.33	-0.35	-0.27	0.30	-0.20	-0.54
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	-0.01	-0.03	-0.03	0.02	0.18	0.01	-0.13

Deurnese Peel Infiltratiegebied				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	30.10	0.20	0.21	0.21	0.00	0.24	0.27
	GVG		29.94	0.21	0.23	0.23	0.00	0.26	0.32
	GLG		29.25	0.10	0.10	0.10	0.01	0.12	0.18
Sterksel	GHS	mNAP	30.07	0.19	0.20	0.21	0.00	0.24	0.27
	GVS		29.92	0.21	0.22	0.22	0.00	0.26	0.32
	GLS		29.25	0.10	0.10	0.11	0.01	0.12	0.18
Peize Waalre	GHS	mNAP	30.07	0.19	0.20	0.21	0.00	0.24	0.27
	GVS		29.92	0.21	0.22	0.22	0.00	0.26	0.32
	GLS		29.25	0.10	0.10	0.11	0.01	0.12	0.18
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	1.26	-0.62	-0.63	-0.63	0.02	-0.61	-0.23
	Primaire waterlopen (beken)		-1.37	0.55	0.58	0.59	0.02	0.69	-0.05
	Totale afvoer		-0.11	-0.07	-0.05	-0.03	0.05	0.08	-0.28
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	3.48	-1.14	-1.20	-1.18	0.06	-1.14	0.08
	Primaire waterlopen (beken)		-0.20	0.71	0.77	0.78	0.03	0.89	-0.71
	Totale afvoer		3.28	-0.44	-0.44	-0.40	0.09	-0.25	-0.63
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	-0.25	-0.10	-0.10	-0.09	0.04	0.07	-0.16
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.33	-0.16	-0.16	-0.16	0.01	-0.16	-0.06
	Primaire waterlopen (beken)		-0.35	0.14	0.15	0.15	0.01	0.18	-0.01
	Totale afvoer		-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.01	0.02	-0.07
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.90	-0.29	-0.31	-0.30	0.02	-0.30	0.02
	Primaire waterlopen (beken)		-0.05	0.18	0.20	0.20	0.01	0.23	-0.18
	Totale afvoer		0.85	-0.11	-0.11	-0.10	0.02	-0.07	-0.16
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	-0.06	-0.03	-0.03	-0.02	0.01	0.02	-0.04

Dommeldal bij Dommelbeemden				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	10.82	0.11	0.13	0.17	0.09	0.21	0.46
	GVG		10.72	0.10	0.12	0.15	0.08	0.20	0.48
	GLG		10.17	0.04	0.05	0.09	0.13	0.09	0.52
Sterksel	GHS	mNAP	11.00	0.06	0.08	0.13	0.13	0.18	0.43
	GVS		10.93	0.06	0.08	0.12	0.12	0.18	0.42
	GLS		10.34	0.03	0.04	0.10	0.18	0.09	0.43
Peize Waalre	GHS	mNAP	7.52	0.03	0.04	1.66	5.43	0.16	0.12
	GVS		7.18	0.03	0.04	1.78	5.76	0.18	0.12
	GLS		6.29	0.02	0.02	1.91	6.18	0.10	0.12
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.30	-0.18	-0.20	-0.19	0.13	-0.21	0.28
	Primaire waterlopen (beken)		2.70	0.12	0.15	0.25	0.27	0.29	-2.00
	Totale afvoer		3.00	-0.06	-0.06	0.06	0.40	0.08	-1.71
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	0.87	-0.48	-0.53	-0.49	0.23	-0.58	0.67
	Primaire waterlopen (beken)		2.76	0.21	0.24	0.35	0.27	0.38	-2.02
	Totale afvoer		3.63	-0.26	-0.29	-0.14	0.50	-0.19	-1.35
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	0.75	-0.06	-0.06	0.02	0.28	0.00	-0.50
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.23	-0.14	-0.16	-0.15	0.10	-0.16	0.22
	Primaire waterlopen (beken)		2.09	0.09	0.12	0.19	0.21	0.23	-1.55
	Totale afvoer		2.32	-0.05	-0.04	0.04	0.31	0.06	-1.33
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.68	-0.37	-0.41	-0.38	0.18	-0.45	0.52
	Primaire waterlopen (beken)		2.14	0.16	0.19	0.27	0.21	0.30	-1.57
	Totale afvoer		2.81	-0.20	-0.23	-0.11	0.39	-0.15	-1.05
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	0.58	-0.04	-0.04	0.02	0.22	0.00	-0.39

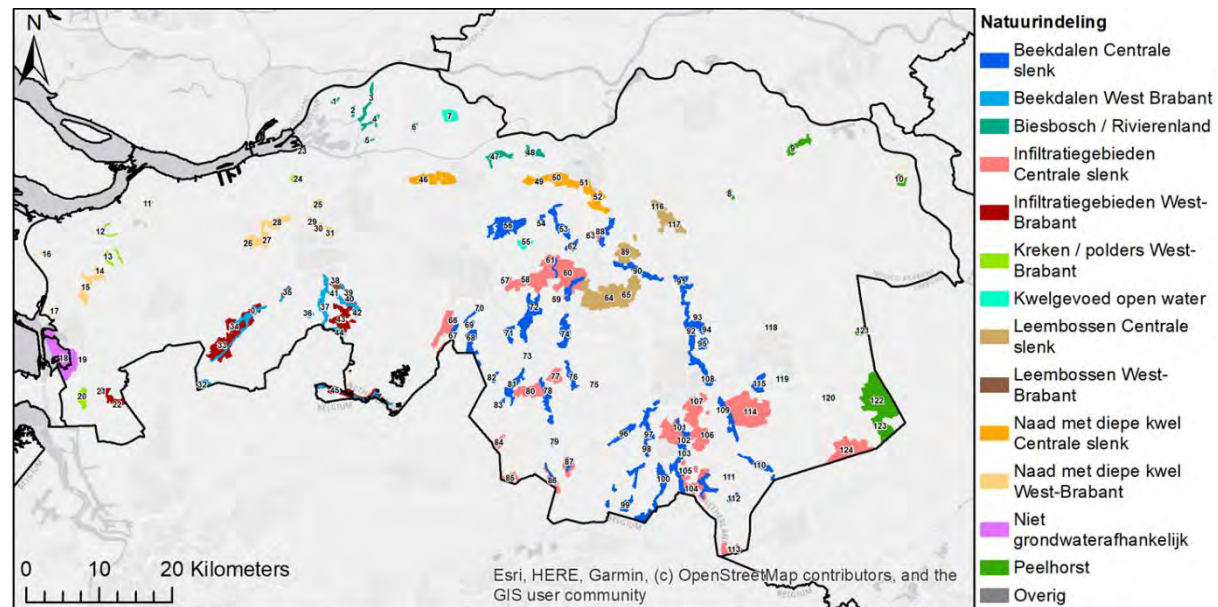
Groote Peel Infiltratiegebieden				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	27.09	0.03	0.08	0.12	0.12	0.23	0.08
	GVG		26.96	0.03	0.07	0.11	0.09	0.23	0.08
	GLG		26.18	0.00	0.02	0.06	0.12	0.09	0.02
Sterksel	GHS	mNAP	27.02	0.03	0.07	0.12	0.12	0.24	0.07
	GVS		26.90	0.03	0.07	0.10	0.09	0.23	0.07
	GLS		26.17	0.00	0.02	0.07	0.14	0.10	0.01
Peize Waalre	GHS	mNAP	26.44	0.02	0.05	0.17	0.36	0.24	0.04
	GVS		26.34	0.02	0.05	0.16	0.35	0.23	0.04
	GLS		25.67	0.00	0.02	0.15	0.42	0.10	0.01
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.13	-0.04	-0.06	-0.06	0.04	-0.09	-0.03
	Primaire waterlopen (beken)		0.09	0.01	0.04	0.07	0.08	0.14	-0.09
	Totale afvoer		0.22	-0.03	-0.03	0.01	0.12	0.05	-0.11
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	0.35	-0.15	-0.19	-0.17	0.15	-0.25	-0.12
	Primaire waterlopen (beken)		0.33	0.02	0.06	0.11	0.14	0.21	-0.18
	Totale afvoer		0.67	-0.13	-0.13	-0.05	0.29	-0.05	-0.30
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	-0.72	-0.01	-0.01	0.05	0.22	0.04	-0.06
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.05	-0.02	-0.03	-0.02	0.02	-0.04	-0.01
	Primaire waterlopen (beken)		0.04	0.00	0.02	0.03	0.03	0.06	-0.03
	Totale afvoer		0.09	-0.01	-0.01	0.00	0.05	0.02	-0.05
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.14	-0.06	-0.08	-0.07	0.06	-0.10	-0.05
	Primaire waterlopen (beken)		0.13	0.01	0.02	0.05	0.06	0.08	-0.07
	Totale afvoer		0.27	-0.05	-0.05	-0.02	0.12	-0.02	-0.12
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	-0.29	0.00	-0.01	0.02	0.09	0.01	-0.02

Moerputten Naad met diepe kwel				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	2.16	0.16	0.18	0.19	0.02	0.22	0.28
	GVG		1.94	0.13	0.15	0.16	0.03	0.20	0.30
	GLG		1.54	0.02	0.03	0.05	0.06	0.05	0.06
Sterksel	GHS	mNAP	2.21	0.09	0.11	0.13	0.06	0.17	0.17
	GVS		2.04	0.08	0.10	0.12	0.06	0.16	0.19
	GLS		1.67	0.02	0.03	0.06	0.10	0.05	0.06
Peize Waalre	GHS	mNAP	1.77	0.02	0.03	0.82	2.61	0.15	0.07
	GVS		1.68	0.02	0.03	0.84	2.66	0.16	0.07
	GLS		1.11	0.01	0.02	0.89	2.87	0.07	0.05
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.33	-0.24	-0.27	-0.26	0.10	-0.30	-0.18
	Primaire waterlopen (beken)		0.13	0.15	0.18	0.23	0.12	0.26	-0.07
	Totale afvoer		0.47	-0.10	-0.09	-0.03	0.22	-0.04	-0.25
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	1.32	-0.76	-0.82	-0.79	0.17	-0.87	-0.30
	Primaire waterlopen (beken)		1.17	0.32	0.38	0.43	0.12	0.51	-0.70
	Totale afvoer		2.49	-0.44	-0.44	-0.36	0.29	-0.37	-0.99
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	0.32	-0.18	-0.18	-0.14	0.18	-0.17	-0.47
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.26	-0.18	-0.21	-0.20	0.07	-0.23	-0.13
	Primaire waterlopen (beken)		0.10	0.11	0.14	0.18	0.09	0.20	-0.06
	Totale afvoer		0.36	-0.07	-0.07	-0.02	0.17	-0.03	-0.19
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	1.01	-0.58	-0.62	-0.60	0.13	-0.66	-0.22
	Primaire waterlopen (beken)		0.89	0.24	0.29	0.33	0.09	0.39	-0.53
	Totale afvoer		1.90	-0.33	-0.33	-0.27	0.22	-0.28	-0.76
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	0.24	-0.14	-0.14	-0.11	0.14	-0.13	-0.36

t Merkske Beekdalen West Brabant				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	15.99	0.09	0.10	0.11	0.02	0.16	0.59
	GVG		15.75	0.09	0.11	0.11	0.02	0.17	0.72
	GLG		15.25	0.04	0.05	0.06	0.03	0.09	0.57
Sterksel	GHS	mNAP	15.95	0.09	0.10	0.11	0.02	0.16	0.63
	GVS		15.74	0.09	0.10	0.11	0.02	0.17	0.74
	GLS		15.27	0.04	0.05	0.06	0.03	0.09	0.58
Peize Waalre	GHS	mNAP	17.29	0.02	0.04	0.13	0.28	0.38	0.20
	GVS		17.17	0.02	0.04	0.13	0.27	0.40	0.22
	GLS		16.43	0.01	0.02	0.17	0.43	0.20	0.18
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.15	-0.08	-0.09	-0.08	0.01	-0.09	0.22
	Primaire waterlopen (beken)		0.98	0.08	0.09	0.12	0.06	0.19	-0.58
	Totale afvoer		1.13	0.00	0.01	0.03	0.07	0.09	-0.36
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	0.51	-0.20	-0.21	-0.20	0.03	-0.22	0.74
	Primaire waterlopen (beken)		1.72	0.12	0.14	0.16	0.07	0.24	-1.04
	Totale afvoer		2.23	-0.08	-0.07	-0.04	0.10	0.02	-0.30
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	0.29	-0.07	-0.07	-0.05	0.07	0.01	0.12
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.14	-0.07	-0.08	-0.08	0.01	-0.08	0.20
	Primaire waterlopen (beken)		0.89	0.07	0.09	0.10	0.06	0.17	-0.53
	Totale afvoer		1.02	0.00	0.01	0.03	0.07	0.09	-0.33
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.46	-0.18	-0.19	-0.18	0.03	-0.20	0.67
	Primaire waterlopen (beken)		1.56	0.11	0.12	0.15	0.06	0.22	-0.94
	Totale afvoer		2.02	-0.07	-0.06	-0.03	0.09	0.02	-0.27
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	0.26	-0.06	-0.06	-0.04	0.06	0.01	0.11

t Merkske Infiltratiegebieden				Veranderingen t.o.v. referentie					
Categorie	Parameter	Eenheid	Referentie	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6
Grondwaterstand	GHG	mNAP	16.25	0.10	0.15	0.17	0.04	0.33	0.35
	GVG		16.09	0.10	0.14	0.16	0.04	0.33	0.36
	GLG		15.42	0.04	0.05	0.07	0.05	0.16	0.23
Sterksel	GHS	mNAP	16.23	0.10	0.15	0.17	0.05	0.32	0.36
	GVS		16.08	0.10	0.14	0.16	0.04	0.33	0.36
	GLS		15.42	0.04	0.05	0.07	0.06	0.16	0.24
Peize Waalre	GHS	mNAP	16.37	0.02	0.04	0.14	0.31	0.39	0.17
	GVS		16.26	0.03	0.04	0.14	0.30	0.41	0.18
	GLS		15.51	0.01	0.02	0.17	0.44	0.21	0.14
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/zomerhalfjaar	0.09	-0.01	-0.02	-0.02	0.01	-0.05	0.03
	Primaire waterlopen (beken)		0.24	0.02	0.02	0.03	0.02	0.07	-0.05
	Totale afvoer		0.33	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	-0.02
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	Mm3/winterhalfjaar	0.41	-0.08	-0.12	-0.11	0.05	-0.17	0.08
	Primaire waterlopen (beken)		0.42	0.03	0.04	0.05	0.03	0.10	-0.10
	Totale afvoer		0.83	-0.05	-0.08	-0.05	0.08	-0.08	-0.02
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	Mm3/jaar	-0.25	-0.04	-0.06	-0.05	0.05	-0.06	0.05
Afvoer zomer	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.10	-0.02	-0.03	-0.02	0.01	-0.05	0.04
	Primaire waterlopen (beken)		0.28	0.02	0.03	0.04	0.02	0.08	-0.06
	Totale afvoer		0.38	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	-0.02
Afvoer winter	Greppels, buisdrainage en maaiveld	mm/dag	0.47	-0.09	-0.14	-0.12	0.06	-0.20	0.09
	Primaire waterlopen (beken)		0.49	0.03	0.05	0.06	0.03	0.11	-0.11
	Totale afvoer		0.96	-0.06	-0.09	-0.06	0.09	-0.09	-0.02
Kwelflux diep	Gemiddelde diepe kwel	mm/dag	-0.29	-0.05	-0.07	-0.06	0.05	-0.07	0.06

E Natuurgebieden en oppervlakten



ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
1	NNP_001	Kreken Biesbosch (Noordwaard)	Boomgat complex	Rivierenland	Biesbosch / Rivierenland	27.71
2	NNP_002	Kreken Biesbosch (Noordwaard)	Bevert	Rivierenland	Biesbosch / Rivierenland	26.07
3	NNP_003	Kreken Biesbosch (Steurgat)		Rivierenland	Biesbosch / Rivierenland	154.93
4	NNP_004	Kreken Biesbosch (Oostwaard)	Bakkerskil / Westkil	Rivierenland	Biesbosch / Rivierenland	93.46
5	NNP_005	Kreken Biesbosch (Oostwaard)	Oostkil	Rivierenland	Biesbosch / Rivierenland	26.22
6	NNP_006	Kornsche Boezem		Rivierenland	Biesbosch / Rivierenland	39.88
7	NNP_007	Pompveld		Rivierenland	Kwelgevoed open water	262.34
8	NNP_008	Wijstgronden Uden		Aa en Maas	Peelhorst	63.53
9	NNP_009	Hoge Raam		Aa en Maas	Peelhorst	254.13
10	NNP_010	De Vilt		Aa en Maas	Peelhorst	124.35
11	NNP_011	Kreken Fijnaart - Tonnenkreekstelsel		Brabantse Delta	Kreken / polders West-Brabant	14.71
12	NNP_012	Molenkreekstelsel		Brabantse Delta	Kreken / polders West-Brabant	31.66
13	NNP_013	Krekensysteem De Beek / Roode Weel		Brabantse Delta	Kreken / polders West-Brabant	89.50
14	NNP_014	Het Oudland		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	162.26
15	NNP_015	Halstersche Laag		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	281.05
16	NNP_016	Rietkreek		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	33.76
17	NNP_017	Lange Water		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	29.51
18	NNP_018	Markiezaatsmeer		Brabantse Delta	Niet grondwaterafhankelijk	1462.31
19	NNP_019	Mattemburgh		Brabantse Delta	Overig	28.83
20	NNP_020	Noordpolder Ossendrecht		Brabantse Delta	Kreken / polders West-Brabant	207.85

ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
21	NNP_021	Kortenhoef		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	74.97
22	NNP_022	Groote en Kleine Meer (Ossendrecht)		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	164.76
23	NNP_023	Den Ham / De Worp		Brabantse Delta	Kreken / polders West-Brabant	28.39
24	NNP_024	Distelweg Hooge Zwaluwe (Zonzeel)		Brabantse Delta	Kreken / polders West-Brabant	93.13
25	NNP_025	Binnenpolder Terheijden		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	151.38
26	NNP_026	De Berk / Strijpen / Kelsdonk / Zwermlaken	De Berk / Strijpen	Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	238.99
27	NNP_027	De Berk / Strijpen / Kelsdonk / Zwermlaken	Kelsdonk / Zwermlaken	Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	222.74
28	NNP_028	Weimeren /Rooskensdonk		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	310.68
29	NNP_029	Lange Bunders / De Hartel	Lange Bunders en Slangwijk	Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	72.41
30	NNP_030	Lange Bunders / De Hartel	De Hartel	Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	35.10
31	NNP_031	Lage Vuchtpolder		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel West-Brabant	115.03
32	NNP_032	De Matjens		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	156.33
33	NNP_033	Turfvaart / Bijloop (Zuid)		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	783.73
34	NNP_034	Pannenhoef		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	815.80

ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
35	NNP_035	Vloeiweide		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	83.71
36	NNP_036	Galdersche Beek		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	33.37
37	NNP_037	BovenMarkdal		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	363.53
38	NNP_038	Ulvenhoutsche Bosch		Brabantse Delta	Leembossen West-Brabant	137.05
39	NNP_039	St. Annabosch / Chaamse Bossen	St. Annabosch	Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	50.58
40	NNP_040	St. Annabosch / Chaamse Bossen	Chaatse Bossen	Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	107.02
41	NNP_041	Chaatse Beek / Het Broek	Chaatse Beek	Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	73.72
42	NNP_042	Chaatse Beek / Het Broek	Het Broek	Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	72.22
43	NNP_043	Strijbeekse Heide		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	467.45
44	NNP_044	Strijbeekse Beek		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	116.80
45	NNP_045	t Merkske		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden West-Brabant	586.47
46	NNP_046	Langstraat		Brabantse Delta	Naad met diepe kwel Centrale slenk	625.06
47	NNP_047	Hooibroeken		Aa en Maas	Biesbosch / Rivierenland	244.01
48	NNP_048	Sompen en Zooislagen		Aa en Maas	Biesbosch / Rivierenland	170.66
49	NNP_049	Vlijmsch Ven		Aa en Maas	Naad met diepe kwel Centrale slenk	207.07
50	NNP_050	Moerputten		Aa en Maas	Naad met diepe kwel Centrale slenk	518.65
51	NNP_051	Bossche Broek	Bossche Broek (Noord)	Dommel	Naad met diepe kwel Centrale slenk	176.52
52	NNP_052	Bossche Broek	Bossche Broek (Zuid)	Dommel	Naad met diepe kwel Centrale slenk	351.26

ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
53	NNP_053	Helvoirtsche Broek / Brokkenbroek	Helvoirtsche Broek	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	338.68
54	NNP_054	Helvoirtsche Broek / Brokkenbroek	Brokkenbroek	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	85.70
55	NNP_055	Leemkuilen (Udenhout)		Dommel	Kwelgevoed open water	131.46
56	NNP_056	De Brand		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	781.12
57	NNP_057	Oisterwijksche bossen en vennen	Voorste stroom (Oisterwijk)	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	63.39
58	NNP_058	Oisterwijksche bossen en vennen	Oisterwijksche vennen	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	846.36
59	NNP_059	Kampina en omgeving	Kleine Oisterwijksche Heide	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	37.38
60	NNP_060	Kampina en omgeving	Kampina / Logtsche Heide	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	1515.84
61	NNP_061	Kampina en omgeving	Nemelaer	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	233.70
62	NNP_062	Kampina en omgeving	Uilenbroek	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	88.34
63	NNP_063	Kampina en omgeving	Den Eikenhorst	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	27.47
64	NNP_064	De Mortelen / Velderbosch		Dommel	Leembossen Centrale slenk	1490.85
65	NNP_065	De Scheeken		Dommel	Leembossen Centrale slenk	575.14
66	NNP_066	Leij / Regte Heide		Brabantse Delta	Infiltratiegebieden Centrale slenk	553.98
67	NNP_067	Poppelsche Leij		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	71.44
68	NNP_068	Gorp en Rovert		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	338.51
69	NNP_069	Rovertsche Leij / Nieuwe Leij	Rovertsche Leij / De Vloeder	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	80.44
70	NNP_070	Rovertsche Leij / Nieuwe Leij	Nieuwe Leij	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	58.78
71	NNP_071	Spruitenstroompje / De Gooren		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	134.86

ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
72	NNP_072	Moergestels Broek / De Gement		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	731.81
73	NNP_073	Turkaa		Dommel	Kwelgevoed open water	9.25
74	NNP_074	Landgoed Baest		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	362.47
75	NNP_075	Grootmeer (Vessem)		Dommel	Overig	37.48
76	NNP_076	Molenbroek / Spekdonken		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	190.90
77	NNP_077	Landschotsche Heide		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	251.49
78	NNP_078	Groote Beerze	Groote Beerze (beekdal)	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	332.99
79	NNP_079	Groote Beerze	Goorland Hapert	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	27.22
80	NNP_080	Mispeleindsche / Neterselsche Heide		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	488.71
81	NNP_081	De Utrecht	Reuseldal	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	270.34
82	NNP_082	De Utrecht	Hoogeindsche beek	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	65.08
83	NNP_083	De Utrecht	Broekkant	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	46.50
84	NNP_084	Beleven		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	105.13
85	NNP_085	Het Goor / Reuselse Moeren		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	181.13
86	NNP_086	Cartierheide / Witrijt / De Goorloop	Goorloop (boswachterij De Kempen)	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	211.35
87	NNP_087	Cartierheide / Witrijt / De Goorloop	Cartierheide	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	257.66
88	NNP_088	Dommel bij Gemonde		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	238.19
89	NNP_089	De Geelders / Dommeldal	De Geelders	Dommel	Leembossen Centrale slenk	560.44

ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
90	NNP_090	De Geelders / Dommeldal	Dommeldal (Boxtel St. Oedenrode)	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	362.71
91	NNP_091	Dommeldal bij Dommelbeemden		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	376.55
92	NNP_092	Dommeldal (Nederwetten-Breugel)	Dommeldal Zuid	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	270.72
93	NNP_093	Dommeldal (Nederwetten-Breugel)	Breugels Broek	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	88.23
94	NNP_094	Dommeldal (Nederwetten-Breugel)	Breugelsche Beemden	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	185.27
95	NNP_095	Nuenensch Broek		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	137.94
96	NNP_096	Grootgoor		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	221.76
97	NNP_097	Dommeldal bij Waalre		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	357.62
98	NNP_098	Beekloop / Keersop	Keersopdal	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	203.31
99	NNP_099	Beekloop / Keersop	Beekloopdal	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	239.62
100	NNP_100	Malpie en Plateaux		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	615.68
101	NNP_101	Waalre / Valkenswaardse bossen		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	597.79
102	NNP_102	Tongelreep	Tongelreep / Visvijvers	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	281.34
103	NNP_103	Tongelreep	Tongelreep langs Leenderbos	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	348.16
104	NNP_104	Strijper Aa / Het Goor		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	649.00
105	NNP_105	Leenderbos / Groote Heide	Leenderbos vennen	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	153.80
106	NNP_106	Leenderbos / Groote Heide	Groote Heide / Valkenhorst	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	946.82
107	NNP_107	Leenderbos / Groote Heide	Gijzenrooische Zegge	Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	285.42
108	NNP_108	Urkhovensche Zeggen		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	351.12
109	NNP_109	Kleine Dommel bij Heeze		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	374.61

ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
110	NNP_110	Sterkelse Aa		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	269.54
111	NNP_111	Buulder Aa / Buulderbroek	Buulder Aa	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	26.85
112	NNP_112	Buulder Aa / Buulderbroek	Buulderbroek	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	59.36
113	NNP_113	Vennen Budel		Dommel	Infiltratiegebieden Centrale slenk	226.06
114	NNP_114	Strabrechtse Heide		Dommel, Aa&Maas	Infiltratiegebieden Centrale slenk	1892.37
115	NNP_115	Sang en Goorkens		Aa en Maas	Beekdalen Centrale slenk	255.22
116	NNP_116	Wijboschbroek / Heeswijk	Landgoed Heeswijk	Aa en Maas	Leembossen Centrale slenk	108.43
117	NNP_117	Wijboschbroek / Heeswijk	Wijboschbroek	Aa en Maas	Leembossen Centrale slenk	531.74
118	NNP_118	Aa bij Helmond (De Bundertjes)		Aa en Maas	Beekdalen Centrale slenk	21.35
119	NNP_119	Oude Gooren		Aa en Maas	Kwelgevoed open water	33.06
120	NNP_120	Astense Aa (De Berken)		Aa en Maas	Beekdalen Centrale slenk	35.43
121	NNP_121	De Bult		Aa en Maas	Peelhorst	115.93
122	NNP_122	Deurnese Peel		Aa en Maas	Peelhorst	1798.87
123	NNP_123	Het Zinkske / Heitraksche Peel		Aa en Maas	Peelhorst	524.00
124	NNP_124	Groote Peel		Aa en Maas	Infiltratiegebieden Centrale slenk	1040.67
1033	NNP_033	Turfvaart / Bijloop (Zuid)		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	1.11
1034	NNP_034	Pannenhoef		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	2.48
1035	NNP_035	Vloeiweide		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	0.51
1038	NNP_038	Ulvenhoutsche Bosch		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	0.25
1039	NNP_039	St. Annabosch / Chaamse Bossen	St. Annabosch	Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	0.31
1040	NNP_040	St. Annabosch / Chaamse Bossen	Chaaamse Bossen	Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	0.73
1041	NNP_041	Chaaamse Beek / Het Broek	Chaaamse Beek	Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	0.41
1043	NNP_043	Strijbeekse Heide		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	0.02
1045	NNP_045	t Merkske		Brabantse Delta	Beekdalen West Brabant	0.37

ID	Natte natuurparel	Naam	Deelgebied	Waterschap	Type	Oppervlak (ha)
1052	NNP_052	Bossche Broek	Bossche Broek (Zuid)	Dommel	Naad met diepe kwel Centrale slenk	0.04
1060	NNP_060	Kampina en omgeving	Kampina / Logtsche Heide	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	0.22
1061	NNP_061	Kampina en omgeving	Nemelaer	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	0.18
1086	NNP_086	Cartierheide / Witrijt / De Goorloop	Goorloop (boswachterij De Kempen)	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	0.70
1087	NNP_087	Cartierheide / Witrijt / De Goorloop	Cartierheide	Dommel	Beekdalen Centrale slenk	0.47
1088	NNP_088	Dommel bij Gemonde		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	0.22
1104	NNP_104	Strijper Aa / Het Goor		Dommel	Beekdalen Centrale slenk	0.45

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl