Op weg naar herstel van een iconisch ven

- het Greveschutven -

2017

COLOFON

Titel: Op weg naar herstel van een iconisch ven - het Greveschutven -

Auteurs: [redacted]

Stichting Bargerveen | Nijmegen | 2017

www.stichtingbargerveen.nl | www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 4
1 Introductie 7
1.1 Natuurwaarden ontstaan door landschappelijke en cultuurhistorische gradiënten 7
1.2 Beheer van het Greveschutven 8
1.3 Projectdoelen 8
2 Hydro-ecologische analyse Greveschutven 11
2.1 Methode 11
2.2 Historisch landgebruik 12
2.3 Reliëf 18
2.4 Geomorfologie en veenvorming 19
2.5 Geologie en geohydrologie 21
2.6 Grondwaterstroming 23
2.7 Oppervlakte- en oppervlakkige grondwaterstroming 23
2.8 Waterkwaliteit 25
2.9 Bodem 27
3 Water- en bodemchemie 31
3.1 Oppervlaktewaterkwaliteit 32
3.2 Grondwater 34
3.3 Waterbodem 36
3.4 Bodemvocht 39
3.5 Vermestende invloed van inlaatwater in een hersteld Greveschutven 40
3.5.1 Omvang van vermesting 40
3.5.2 Maatregelen om vermesting te verminderen 43
3.6 Conclusies 45
4 Hydrologie 47
4.1 Inleiding 47
4.2 Waarom een nieuw waterstroming model 49
4.3 Hydrosysteem Greveschutven 50
4.4 Onderzoek doorlatendheid bodem en ondergrond 52
4.5 Permeabiliteit venbodem 54
4.6 Hydrologisch meetnet 56

4.7 Modellering ... 67
4.8 Conclusies ... 88
5 Flora en fauna ... 91
5.1 Flora ... 91
5.2 Dagvlinders ... 97
5.3 Sprinkhanen ... 97
5.4 Watermacrofauna ... 98
5.5 Libellen ... 100
5.6 Vogels ... 104
5.7 Vissen ... 105
6 Synthese ... 107
6.1 Visie op het Greveschutven en zijn omgeving ... 109
6.2 Water en bodemchemie ... 109
6.3 Peilbeheer ... 111
6.4 Herstel volledige gradiënt ... 112
6.5 Herstel en inrichting Verkooijen ... 123
6.6 Herstel droge heiden en stuifzandheiden ... 129
6.7 Structuurrijke overgangen ... 130
7 Referenties ... 131
8 Kaarten met maatregelen ... 133
9 Begroting ... 135
10 Dankwoord ... 137
11 Bijlagen ... 138
11.1 Onderzoek leemlagen in bodem en ondergrond omgeving Greveschutven ... 138
11.2 Validatie meetgegevens van meteostation Greveschutven met data van KNMI stations ... 140
11.3 Modelering van de waterbalans ... 141
11.4 PCRaster-Modflow ... 144
11.5 Topmodel ... 146
11.6 Macrofauna aan de noordoostzijde van het Greveschutven in 2006 en 2015/16. Weergegeven zijn dichtheden (aantal individuen · m^{-2}). ... 147
11.7 Libellen op punttellingen rond het Greveschutven in 2016. Weergegeven zijn getelde aantallen per periode. ... 150

11.8 Libellen op transecttellingen rond het Greveschutven in 2016. Weergegeven zijn getelde aantallen per periode. 151

1 Introductie

1.1 Natuurwaarden ontstaan door landschappelijke en cultuurhistorische gradiënten

Het Greveschutven is onderdeel van het Natura2000 gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux. Het ven ligt hoog op de helling, dat vanuit het dal van de Tongelreep op loopt naar de Groote Heide. Delen van het ven worden gerekend tot de habitattypen zure (H3160) en zwakgebufferde vennen (H3130) met op de oevers vochtige heide (H4010A) en pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150). Hoger op de oevers liggen droge heide (H4030) en stuifzandheide (H2310), terwijl de onderkant van de gradiënt wordt gevormd door de alluviale bossen (H91EoC) van de Tongelreep.

Naast de natuurlijke landschappelijke gradiënt waarop het Greveschutven ligt, heeft ook menselijk gebruik een belangrijke bijdrage geleverd aan de soortenrijkdom van het Greveschutven. Het ven wordt al sinds 1900 gebruikt voor de kweek van vis. Naast inlaat van water uit de Tongelreep werd het ven regelmatig bemest, bekalkt en drooggelegd voor de visvangst. In 2000 is de intensieve viskweek door de Organisatie voor de Verbetering van de Binnenvisserij gestaakt en kwam het ven in beheer bij het Brabants Landschap (eigenaar sinds 1978), waarbij het bestaande beheer (m.u.v. bemesting en intensieve viskweek) werd voortgezet. Al hoewel in het verleden in een groot deel (60%) van de Brabantse vennen opzettelijk water werd ingelaten ten behoeve van o.a. viskweek (Arts et al. 1988), is het Greveschutven tegenwoordig een van weinig vennen waar dit nog steeds gebeurt.

Waterinlaat en het gebruik van het ven als viskweekvijver maakte het voorkomen van zeldzame soorten mogelijk. Zo kwamen er in het ven wouwaapjes, Kempense heidelibel, speerwaterjuffer en gevlekte glanslibel voor. Recent worden in het ven en haar directe omgeving nog steeds soorten aangetroffen die baat hebben bij het gebruik als viskweekvijver: jaarlijks broeden er ca. vier paar roerdompen en sinds 2014 broedt er een koppel zwarte wouw. Aan de oostzijde van het ven, waar naast een periodieke invloed van ingelaten beekwater ook water uittreedt uit een lokaal oppervlakkig grondwatersysteem, komen kenmerkende vennensoorten voor zoals klein en plat blaasjeskruid, draad- en snavelzegge, kleine zonnedauw, beenbreek, duizendknoopfonteinkruid en gevlekte witsnuitlibel. Naast de overgang van gebufferd naar zuur water profiteren bijzondere diersoorten hier ook van het relatief stabiele waterpeil dat door de water inlaat mogelijk wordt gemaakt.

De staat van instandhouding van habitattype H3130 en de hierboven genoemde landelijk en internationaal zeldzame soorten is niet optimaal in het Greveschutven. Het afgelopen decennium zijn de populaties van gevlekte witsnuitlibel, gevlekte glanslibel en speerwaterjuffer afgenomen. De afgelopen paar jaar is de laatste soort zelfs niet meer waargenomen. Daarnaast heeft zich in de loop der tijd in het centrale deel van het ven een sliblaag ontwikkeld, die plaatselijk wel 70 cm dik is. Hierdoor heeft het overgrote deel van het ven geen natuurwaarden.

1.2 Beheer van het Greveschutven

Vanwege haar bijzondere natuurwaarden is het Greveschutven opgenomen in het Natura2000 gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux. In het Natura 2000-beheerplan is ervoor gekozen om de inlaat van water uit de Tongelreep te handhaven om daarmee het bijzondere karakter en de soorten van het ven te behouden. Ondanks de neerwaartse trend van diverse soorten heeft het ven enorme potenties voor de ontwikkeling en het behoud van haar oorspronkelijke soortenrijke gradiënten in waterkwaliteit: de waterkwaliteit van de Tongelreep is aanzienlijk verbeterd, de drainerende landbouwgrond ten noorden van het ven is uit productie genomen, kenmerkende soorten zijn nog in het ven of de directe omgeving aanwezig en alle benodigde regelwerken voor waterinlaat functioneren.

Er zijn echter een aantal onzekerheden (o.a. Verslag deskundigendag Natura2000 beheerplan 29-9-2010) omtrent het optimale beheer voor het ven. Het betreft de kwantitatieve en kwalitatieve interacties tussen het lokale oppervlakkige grondwatersysteem en aangevoerd oppervlaktewater uit de Tongelreep enerzijds en de chemische samenstelling van de onderwaterbodem anderzijds.

Daarnaast is er onduidelijkheid over de richting die het beheer op moet met het land van Verkooijen, een voormalig landbouwgebied grenzend aan de noordzijde van het Greveschutven. Dit gebied is eigendom van Brabants Landschap en een aantal jaren geleden pachtvrij gekomen. Het was niet duidelijk in hoeverre natuurontwikkeling op dit perceel de situatie in het ven gunstig kan beïnvloeden en op welke wijze de natuurlijke potentie van het perceel het beste ontwikkeld kan worden.

1.3 Projectdoelen

Hoofddoel van het project is om voor het Greveschutven en zijn omgeving beheersmaatregelen te formuleren ten behoeve van behoud, herstel en uitbreiding van Natura2000 habitattypen en soorten.

Daartoe dienen bovenbeschreven onduidelijkheden opgehelderd te worden en vertaald naar een optimaal beheer van het Greveschutven. Het project heeft daarom de volgende doelen:

- Inzicht verkrijgen in de potentiele natuurwaarden.

  Metingen aan water- en bodemchemie, bodemopbouw, grond- en oppervlaktewaterstanden zullen in combinatie met modellering van de hydrologie worden ingezet om te achterhalen wat de mogelijkheden zijn voor de ontwikkeling van gemeenschappen van zwakgebufferde vennen of van laagveenvennen. Daarbij is zowel aandacht voor de noordoostzijde van het ven, dat momenteel classificeert van H3130, als voor het openwater van het ven, waar de huidige natuurwaarden door de aanwezigheid van een vervuilde sliblaag gering zijn.

  De natuurlijke potenties worden ook in beeld gebracht voor de zuidelijke oever van het Greveschutven waarvan delen nog sterk ontwaterd zijn.

- Inzicht krijgen in het optimale waterpeilbeheer.

Metingen aan lokale grondwatersystemen en aanvoer van water uit de Tongelreep komen samen in een hydrologisch model. Het zeer lokale detailniveau van het model maakt het mogelijk om de detailafstemming van het waterpeil in het ven vast te stellen. In dit model (waterbalans en dynamisch 3D) zullen verschillende scenario's worden gebruikt om te voorspellen wat de impact is van maatregelen in de omgeving van het ven, zoals verdrogingsbestrijding aan de zuidoever, omvorming van bos en hydrologisch herstel op de voormalige landbouwgronden aan de noordzijde van het ven.

- Vaststellen van de huidige natuurwaarden in en om het ven.

  Om bij de uitvoering van beheerwerkzaamheden rekening te kunnen houden met de resterende natuurwaarden in het ven worden deze in beeld gebracht. Het gaat daarbij om broedvogels, dagvlinders, libellen, watermacrofauna en flora. Omdat de nulsituatie op een kwantitatieve wijze wordt vastgelegd kunnen de gegevens ook gebruikt worden voor de evaluatie en bijsturen van het gevoerde beheer.

- Natuurontwikkelingsplan voor voormalige pachtgronden Verkooijen

  Aan de noordzijde van het ven ligt het land van Verkooijen waar voorheen landbouw werd bedreven. Via een landschapsecologische analyse is inzichtelijk gemaakt wat de kansen voor natuurontwikkeling zijn op dit land. Deze zijn in beeld gebracht in samenhang met het herstel van het Greveschutven.

- Uitwerken van een bestek voor uitvoering van herstelmaatregelen en natuurontwikkeling

  Op basis van de uitkomsten van het voorbereidende onderzoek worden pasklare herstelmaatregelen geformuleerd om de kansen voor natuur in het Greveschutven te optimaliseren. Hiervoor worden tevens oude data van bodemverontreiniging opnieuw geïnterpreteerd i.v.m. veranderde wetgeving over de afzet van vervuilde grond. Daarnaast wordt een monitoringsprogramma voorgesteld voor de eerste jaren na uitvoering om de ontwikkelingen in het ven te kunnen volgen en bij te kunnen sturen. Deze monitoring zal aansluiten bij de monitoring in het kader van SKNL. Het geheel aan herstel- en beheermaatregelen en monitoring wordt begroot om direct aansluitend op het vooronderzoek subsidie aan te kunnen vragen.

2 Hydro-ecologische analyse Greveschutven

2.1 Methode

In een hydro-ecologische analyse wordt vastgesteld welke hydrologische processen de vegetatie van een gebied en zijn omgeving bepalen (Van der Molen et al., 2010). Op basis van deze analyse wordt in dit hoofdstuk het functioneren van het hydro-ecologisch systeem op landschapsschaal beschreven. Daarvoor werden bestaande data bestudeerd:

- Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN), dat op verschillende schaalniveaus gedetailleerde informatie verschaft over de hoogte van het maaiveld en het reliëf. Het maaiveldverloop stuurt de grondwaterstroming, samen met de geologische opbouw van de (diepere) ondergrond;
- Het Dino-loket, waarin diepe en minder diepe geologische boringen te vinden zijn. Door boringen te selecteren kunnen geologische dwarsprofielen worden vervaardigd. Hoewel deze – vaak zijn er maar weinig boringen beschikbaar – een schematisch en niet altijd even betrouwbaar beeld van de werkelijkheid geven, vooral niet van de ondiepere ondergrond met zijn grote variatie in afzettingen, kan met deze profielen een goede indruk worden verkregen van de grondwaterstroming op grotere diepte en van lithologische variatie die van invloed is op de stroming van dat diepe(re) grondwater.
- Diverse informatie over het (voormalige) landbouwgebied Verkooijen, zoals Swierstra (2013); Tomassen (2013), leemverbreiding (vdSande landbouw en natuurbeheer, z.j.) en het Projectplan NNP Valkenhorst – Groote Heide (De Glopper et al., 2013).

Tijdens een veldbezoek van 12 april 2016 zijn door Hein van Kleef en André Jansen aanvullende gegevens verzameld (zie onder). Tijdens dit veldbezoek werd informatie verzameld over:

- Het EGV (Elektrisch geleidingsvermogen) en de pH. Deze in het veld eenvoudig te verzamelen waterkwaliteitsparameters geven een beeld van ruimtelijke patronen in de chemische samenstelling van het water boven maaiveld in watergangen, greppels en rabatten, plassen op maaiveld en in het open water van het Greveschutven en de waterinlaatbekkens. Het EGV is een maat voor de totale ionenrijkdom van het water, terwijl de met pH de zuurgraad van het water wordt beschreven. Een hoge pH betekent dat de zuurgraad laag is d.w.z. dat er weinig H^+-ionen in het water zijn opgelost, terwijl een lage pH juist het tegenovergesteld aangeeft. Water met een pH van 7 is neutraal d.w.z. noch zuur, noch basisch (alkalisch). De pH en het EGV werden gemeten met een Hanna Instruments Combo pH & EC meter HI 98129.
- De stroming en stagnatie van oppervlaktewater. Deze werd visueel vastgesteld
- Het voorkomen van roestverschijnselen & ijzerbacteriën. Ook deze werd visueel vastgesteld;
- De aanwezigheid van plantensoorten die indicatief zijn voor lateraal stromend grondwater. Deze opname is incompleet en niet gedetailleerd, maar had als doel op

hoofdlijnen de verspreiding van deze soorten vast te stellen. Het gaat om wilde gagel (*Myrica gale*), beenbreek (*Narthecium ossifragum*), veldrus (*Juncus acutiflorus*), duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) en holpijp (*Equisteum fluviatile*). Ook het voorkomen van diverse soorten van basenrijke standplaatsen werd vastgelegd;

- De bodem door het uitvoeren van grondboringen met een Edelmanboor tot een diepte van 1.20 meter onder maaiveld (-mv). De bodem is het geheugen van het landschap en geeft o.a. inzicht in het vroegere verloop van de grondwaterstand, de aanwezigheid van veen en de mate van verdroging daarvan (vast te stellen aan de mate van humificatie), het voorkomen van oppervlakkige slecht doorlatende lagen en de doorlatendheid voor water aan de hand van de korrelgrootte samenstelling van de bodem. Door de pH op verschillende diepten in het bodemprofiel te meten (met pH-staafjes pH 2.0 - 9. 0 MColorpHast, Merck) wordt informatie verkregen over de chemische samenstelling van het bodemvocht en/of grondwater en daarmee indirect over de stromingsrichting van het grondwater.

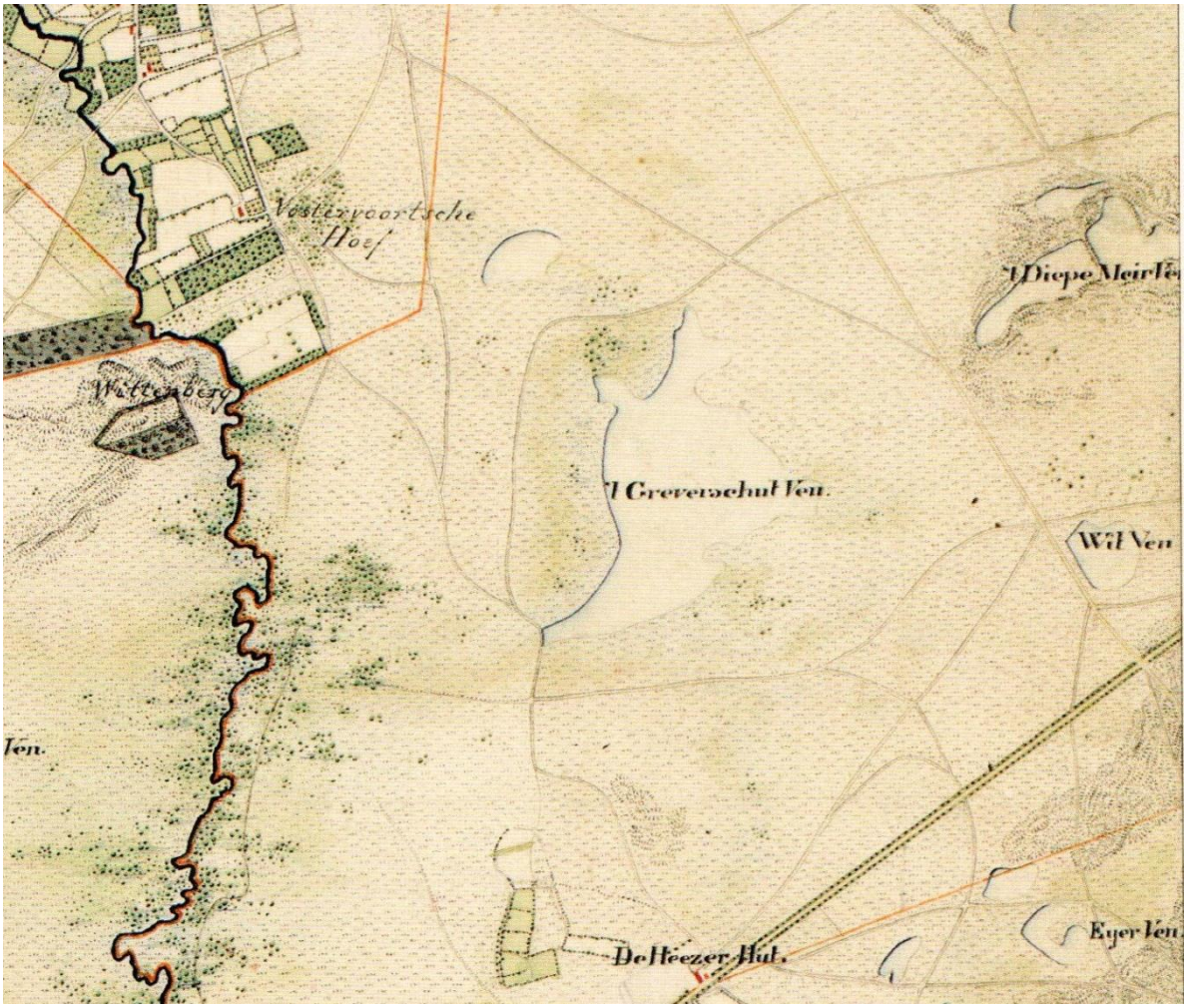
Van de verzamelde data zijn kaarten vervaardigd en van de grondboorbeschrijvingen profielen.

Als voorbereiding op te treffen maatregelen bleek het noodzakelijk een het inzicht over het functioneren van de waterhuishouding, zowel kwantitatief als kwalitatief, te verdiepen. Daartoe zijn aparte, uitgebreidere deelstudies verricht. De daarbij gevolgde werkwijzen komen aan de orden in de hoofdstukken 3 en 4.

2.2 Historisch landgebruik

Volgens De Glopper et al. (2013) zijn **"**Op de kaart rond 1830 (zie figuur 1.2) turfkuilen te vinden bij de Moerputten en ook de strakke rechtlijnige vorm van het Groot Huisven lijkt op eenzelfde activiteit te duiden. Het Greveschutven werd aangeduid als Het Spit Moeras, wat verband houdt met activiteiten zoals turfsteken." (Figuur 1). De figuur laat tevens zien dat direct ten oosten van het Greveschutven een zandverstuiving ligt. Ten westen van het Greveschutven ligt een zandweg en naar het noordwesten ligt nog een ven.

Figuur 1 Het Greveschutven (Het Spit) op een kaart van het begin van de 19e eeuw. Bron: www.topotijdreis.nl.



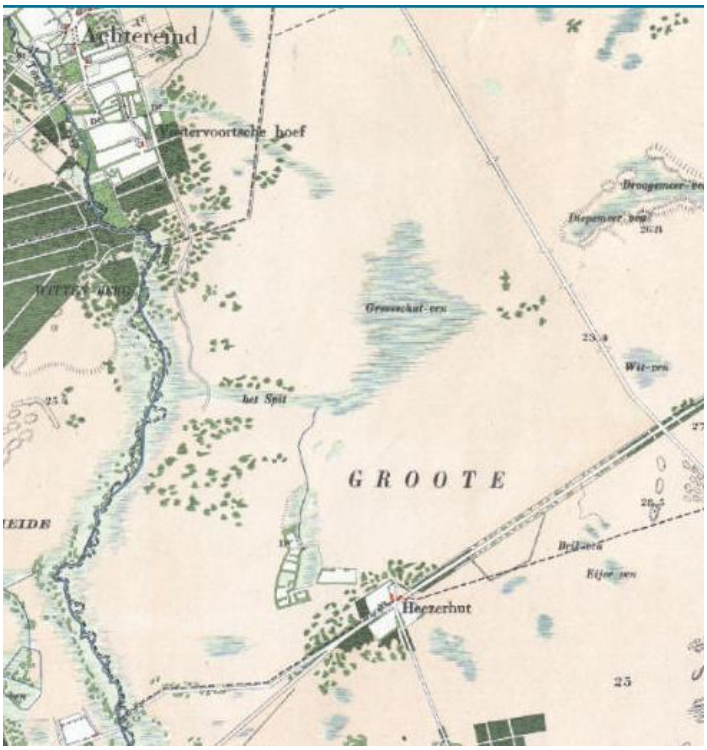
Figuur 2 Topografische kaart 1836-1843 Valkenswaard met het Greveschutven. Bron: Nieuwland (2008).

Dit ven ligt in het voormalige landbouwgebied Verkooijen, zoals op de topografische kaart van 1836-1843 (Figuur 2; Nieuwland, 2008) en op de topografische kaart van het einde van de 19e eeuw (Figuur 3) goed zichtbaar is aan het verloop van het wegenpatroon (Figuur 2 en Figuur 3) en een vroegere gemeentegrens (Figuur 3).

Het Greveschutven zelf is op de kaart van 1836-1843 omringd door heide. In de directe omgeving van het ven is die lichtblauw of lichtgroen getint. Dit duidt op het voorkomen van natte begroeiingen in die heide, vermoedelijk natte heide of kleine-zeggenmoerassen. Plaatselijk is bos of struweel aangegeven (donkergroen). Ten westen en noorden van die blauw-groen getinte heide ligt een zandweg, die nog steeds bestaat en aan de noordzijde het ven en Verkooijen van elkaar scheidt. In het zuiden is Eikenlaan herkenbaar als zandweg en verder zuidwaarts de goederenspoorweg met Heezerhut (in het westen) en 't Witven (in het oosten).

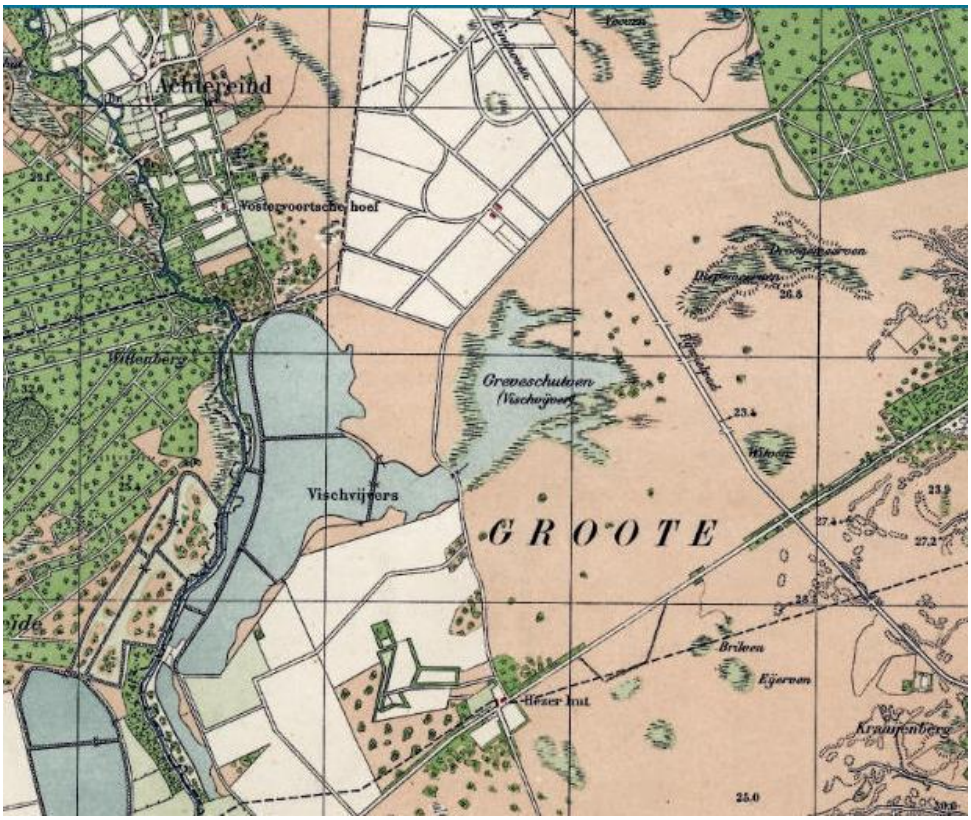
Op de topografische kaart van het begin van de 20e eeuw (Figuur 4) is de heide rondom het Greveschutven nog niet ontgonnen. Het ven lijkt via een langgerekte laagte, met de naam het Spit, verbonden met het beekdal van de Tongelreep. Verder is het Spit via een slootje verbonden met een complex van hooilandjes ten noordwesten van de Heezerhut nabij de huidige boerderij Boscheinde. Verder valt op dat er ter hoogte van de Vorstervoortsehoeve een langgerekte laagte (slenk) staat weergegeven (in blauwe arcering).

Figuur 3 Het Greveschutven op de topografische kaart van het einde van de 19e eeuw (1887). Bron: www.topotijdreis.nl.

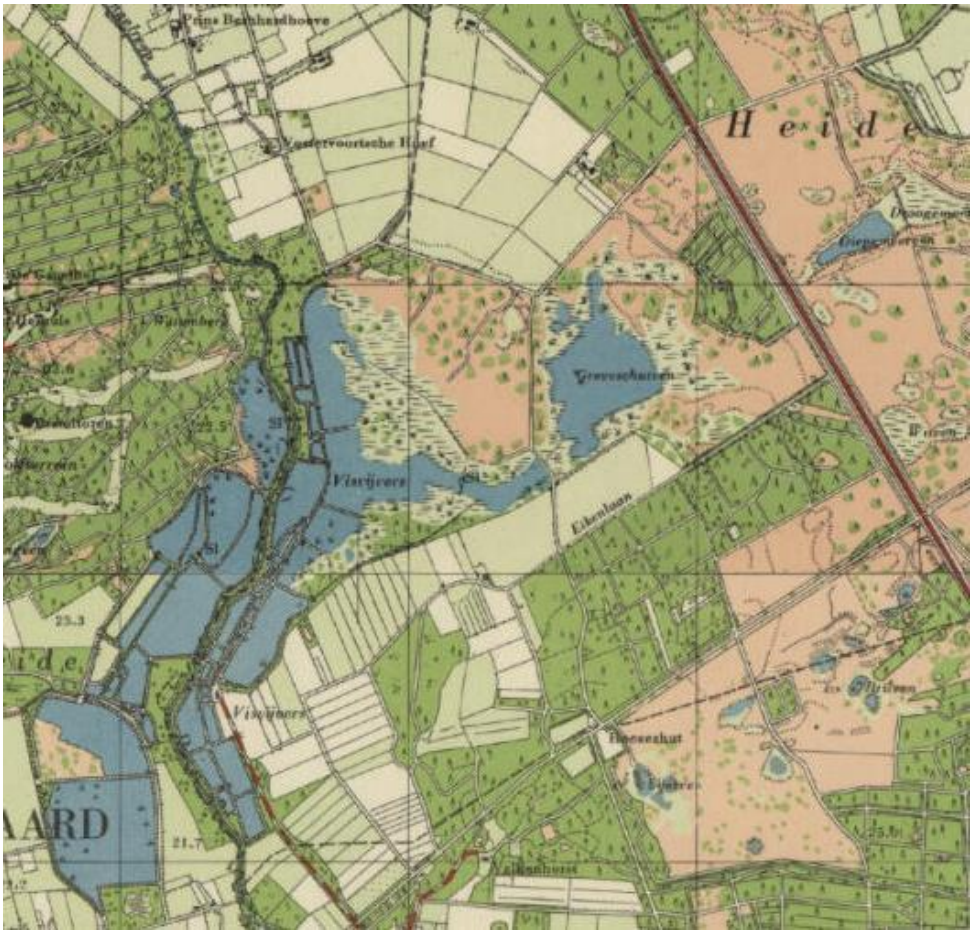


Figuur 4 Het Greveschutven op de topografische kaart van het einde van de 19e eeuw (1915). Bron: www.topotijdreis.nl.

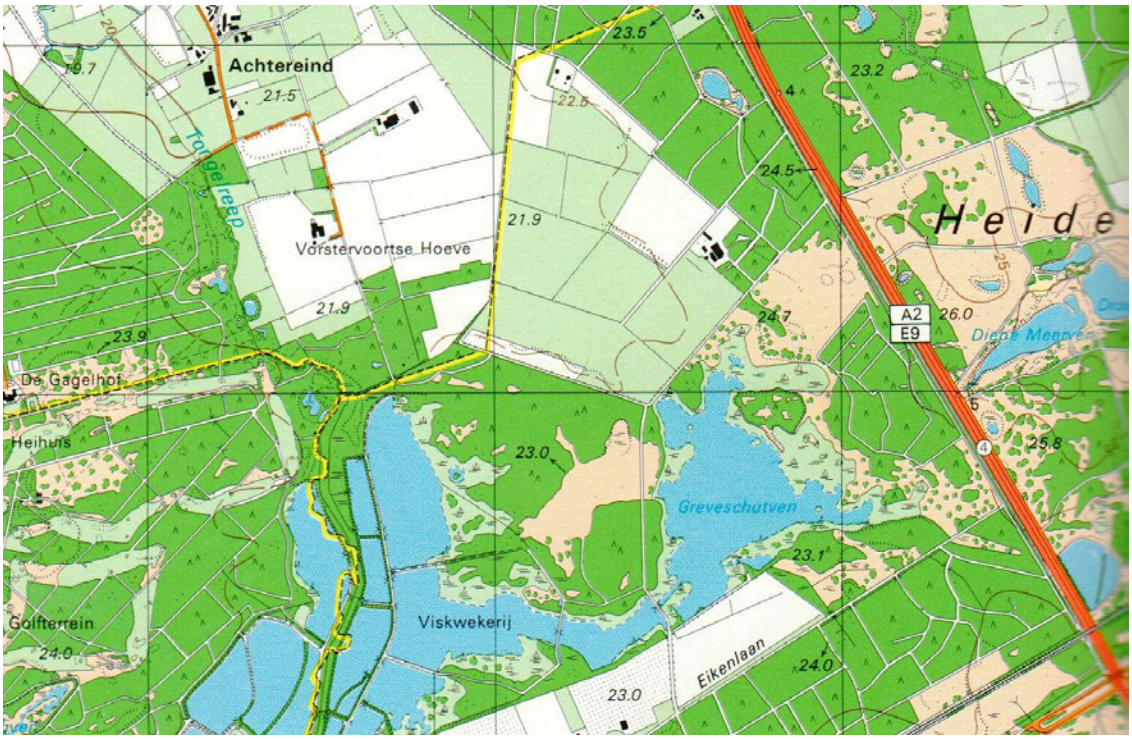
Het oostelijk deel van deze slenk ligt in het voormalige landbouwgebied Verkooijen, ter hoogte van de 22,5 m hoogtelijn op de topografische kaart van het einde van de 20e eeuw (Wolters-Noordhoff Atlasproducties, 1990; Figuur 7). De Tongelreep is gekanaliseerd, maar de oude bochten zijn alle bewaard gebleven.



Figuur 5 Het Greveschutven op de topografische kaart van 1927. Bron: www.topotijdreis.nl.



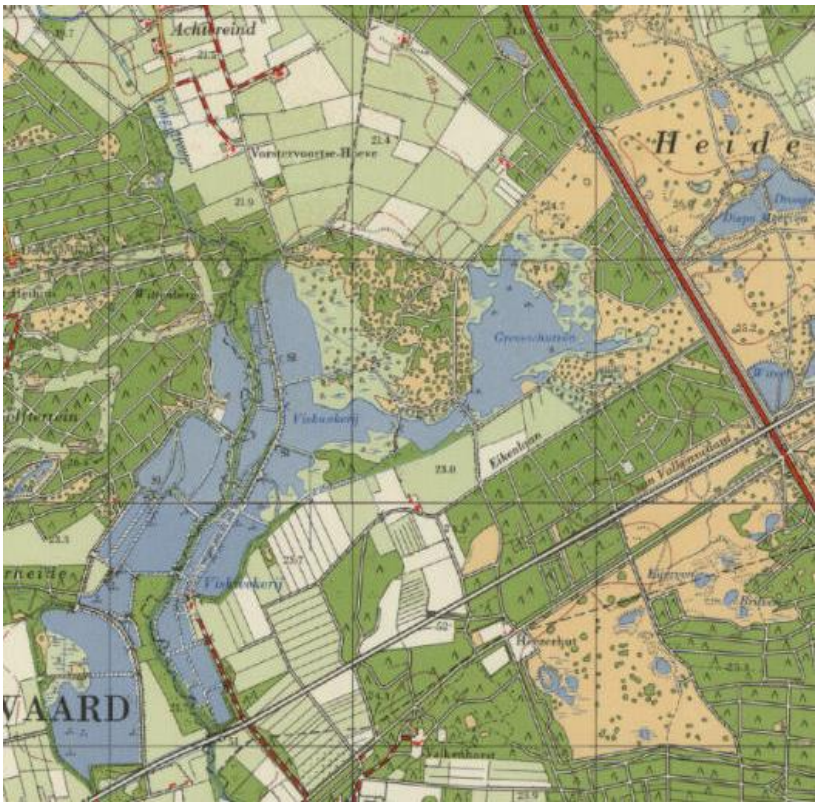
Figuur 6 Het Greveschutven op de topografische kaart van 1954. Bron: www.topotijdreis.nl.



Figuur 7 Het Greveschutven met visvijvercomplex op de topografische kaart van het einde van de 20e eeuw (1983-1989). Bron: Wolters-Noordhoff Atlasproducties (1990).

Volgens de topografische kaart van 1927 (Figuur 5) zijn grote delen van de heide ontgonnen tot landbouwgrond, zoals Verkooijen en delen van de heide rondom de Eikenlaan. Dan zijn ook de visvijvers aangelegd, waarmee het Greveschutven verbonden is. Ten westen van de grotendeels gekanaliseerde Tongelreep – de oude loop is herkenbaar als gemeentegrens – is de heide bebost. Ten oosten daarvan, rondom het Greveschutven en tot ver ten oosten daarvan, is de heide nog aan ontginning ontsnapt. Het lijkt erop dat eerst de beste, meest vruchtbare delen zijn ontgonnen, en pas later de natste en allerhoogste delen (stuifzanden). Deze delen zijn ontgonnen dan wel bebost tussen 1927 en 1954 (pas in dat jaar is er een herziene topografische kaart), vermoedelijk in de vooroorlogse crisisjaren van 1930 (Figuur 6).

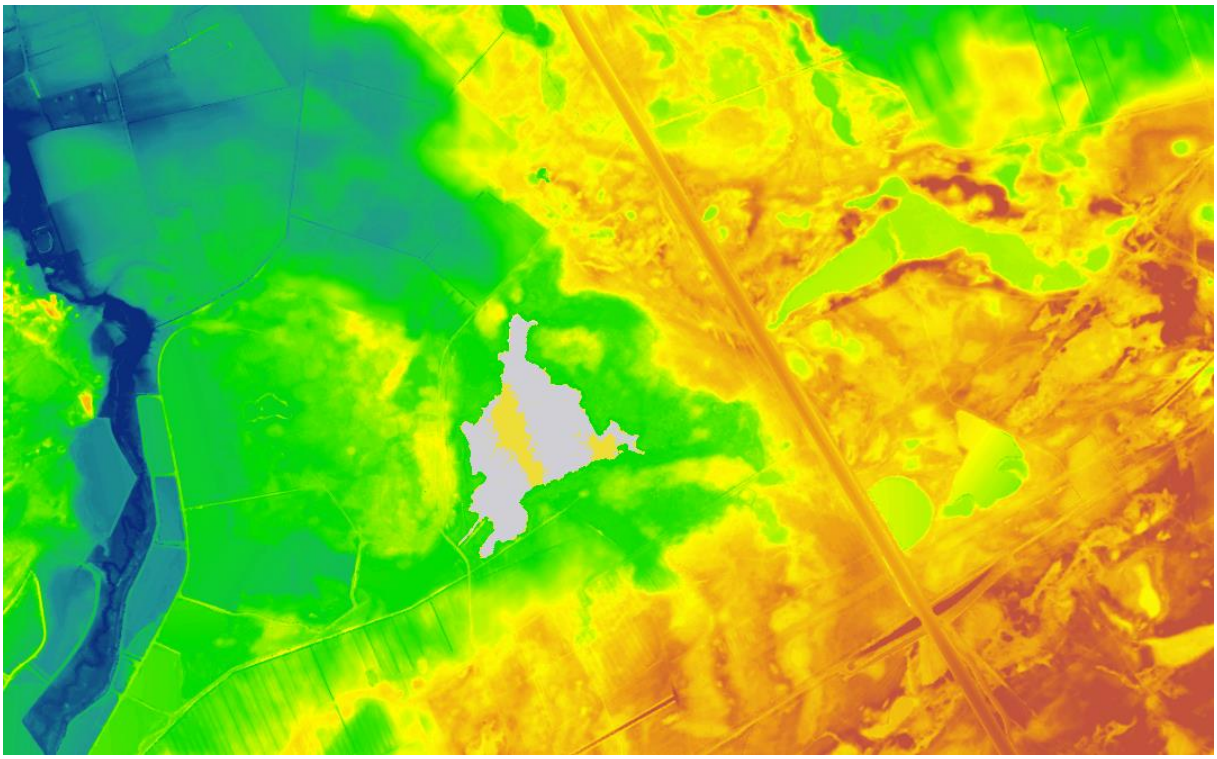
In de jaren 1960 en 1970 verbossen de heiden en moerassen – een deels drooggevallen visvijver– tussen het Greveschutven en de noordelijke visvijvers geleidelijk (Figuur 8). De heide is later in de jaren 1980 weer deels boomvrij gemaakt (Figuur 7); het overige deel en het moeras raken door het achterwege blijven van beheer verder begroeid met struweel en bos (Figuur 7).



Figuur 8 Het Greveschutven op de topografische kaart uit de jaren 1960 en 1970 (1970). Bron: www.topotijdreis.nl.

2.3 Reliëf

Het Greveschutven ligt in een betrekkelijk vlakke komvormige laagte, die vrijwel geheel omringd is door hogere gronden (Figuur 9). Het is daarom van nature een laagte met een geringe oppervlakkige afvoer. Deze situatie zorgde voor gunstige omstandigheden voor veenvorming.

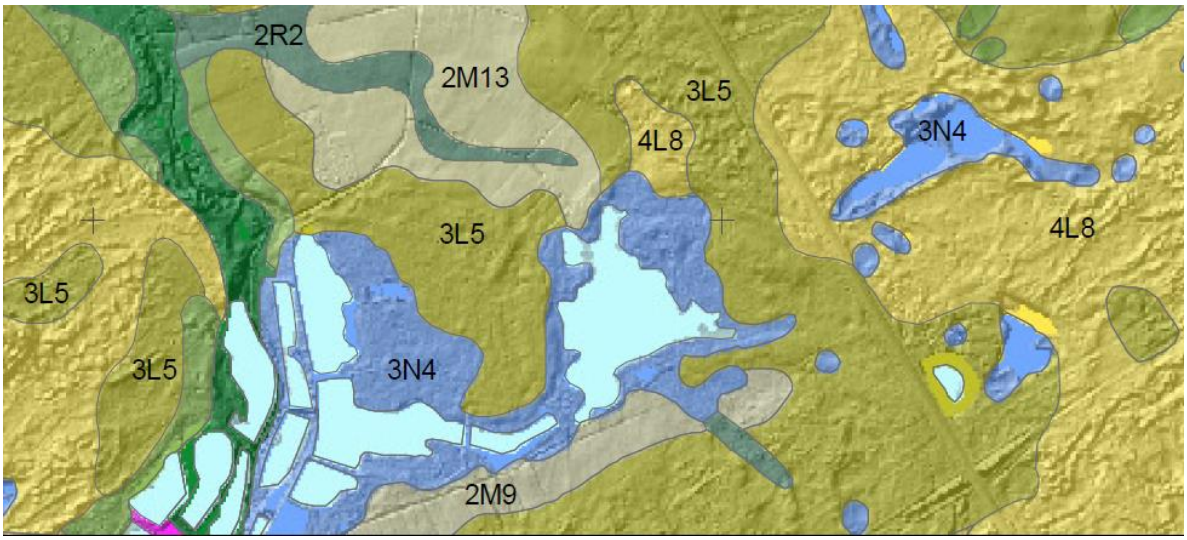


Figuur 9 Hoogtekaart van het Greveschutven en omgeving. Bron: www.ahn.nl / https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/

Het ven is via twee langgerekte laagten verbonden met het dal van de Tongelreep. Eén ligt aan de zuidwestzijde en maakt nu deel uit van het visvijvercomplex langs de Tongelreep waarmee het ven is verbonden. Deze laagte is ook op de topografische kaarten van 1836-1843 en het einde van de 19e zichtbaar (Figuur 2 en Figuur 4). Voor zover er oppervlakkige afvoer plaatsvond uit de komvormige laagte, waarin het veen werd gevormd - en later na het afgraven van dat veen het Greveschutven ontstond, -, was het via deze slenk. De slenk ten noordwesten van het Greveschutven, deels gelegen in het voormalige landbouwgebied Verkooijen, is in het noordoosten door een lage zandrug, die in Verkooijen deels door afgraven is verlaagd, gescheiden van het ven. Op die rug is later (vermoedelijk in de 19e eeuw) een dijk gelegd die verder zuidwaarts een uitloper van het Greveschutven heeft afgesneden. Deze uitloper ligt nu in het zuidwestelijke deel van Verkooijen en is intensief ontwaterd. Het vroegere Greveschutven was dus groter en kende geen of in ieder geval een sterk belemmerde oppervlakkige afvoer naar het noorden vanwege de aanwezige lage zandruggen (groen gekleurd in figuur 9). Ook de historische kaarten uit de 19e eeuw tonen een Greveschutven dat gescheiden is van natte laagten en/of plassen in wat thans Verkooijen is.

2.4 Geomorfologie en veenvorming

Het in de vorige paragraaf beschreven reliëf, bepaalt de patronen zoals die zijn weergegeven op de Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000 (Figuur 10).

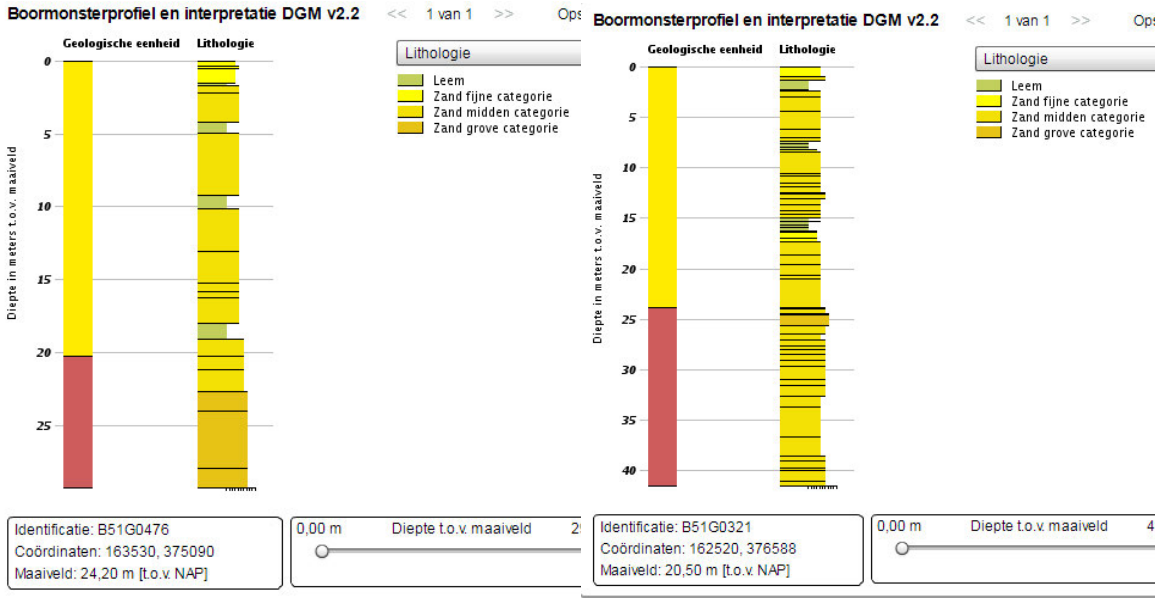


Figuur 10 Geomorfologische kaart van het Greveschutven en omgeving. Bron: Geormorfologische kaart van Nederland 1:50.000 blad 51 W/O (Stiboka, 2008). *3K15 en 3L5 = dekzandruggen; 4L8 = lage landduinen met bijbehorende vlakten/laagten; 2M9 = vlakte van ten dele verspoelde dekzanden; 2M13 = dekzandvlakte;* 3N4 = *moerassige laagte zonder randwal; 2R2 = dalvormige laagte, zonder veen;*

Het Greveschutven en de visvijvers liggen in een "moerassige laagte zonder randwal"(3N4) , die aan alle zijden omgeven is door "dekzandruggen"(3L5). Delen van die dekzandruggen zijn in het verleden verstoven ("lage landduinen met bijbehorende vlakten/laagten"; 4L8) waarin ten oosten van snelweg vennen liggen. Het Witven is geologisch beschouwd een laagte van oudere datum en ligt op een "dekzandrug" (3K14). Ten noorden en noordwesten van het Greveschutven wordt het dekzandruggenlandschap (3L5) doorsneden door een brede laagte ("dekzandvlakte", 2M13), waarin een slenk ligt ("dalvormige laagte, zonder veen", 2R2). Verkooijen ligt in deze "dekzandvlakte met dalvormige laagte". Ten zuiden van het Greveschutven ligt een langgerekte laagte ("vlakte van ten dele verspoelde dekzanden", 2M9). Net als de dekzandvlakte waarin Verkooijen is gelegen, is ook deze dekzandvlakte ten noorden van de Eikenlaan ontgonnen tot landbouwgronden; alleen de laagste delen met "moerassige laagte zonder randwal (3N4) en "dalvormige laagte, zonder veen" (2R2) zijn niet ontgonnen. Ze bestaan nog steeds grotendeels uit heide. Deze laagten vormen samen met die in het westen de langgerekte bovenlopen van het oorspronkelijke veen in het Greveschutven. De veenvorming is waarschijnlijk als vermorsingsveen begonnen onder invloed van de stijgende grondwaterstanden in het begin van het Holoceen, na de laatste ijstijd en heeft zich daarna mogelijk ontwikkeld – bij een verdere stijging van het regionale grondwaterniveau en dankzij de aanwezigheid van slecht doorlatende leemlagen (zie paragraaf 2.9) – tot een verlandingsveen. Gelet op de positie van het ven in een dekzandlandschap zal het een matig zuur tot zwak gebufferd verlandingsveen geweest zijn. Onder die betrekkelijk zure omstandigheden konden vrij eenvoudig kernen ontstaan met een sterke invloed van neerslagwater, waarin veenmossen groeiden. Deze scheidden protonen af en verzuurden hun omgeving. Dankzij het stabiele grondwaterregime in de laagte konden de veenmossen zich snel uitbreiden, hun omgeving verder verzuren en een stabiele acrotelm, ontwikkelen. Zo ontstond een klein hoogveen, dat later (al voor de 19^{e} eeuw) werd verveend.

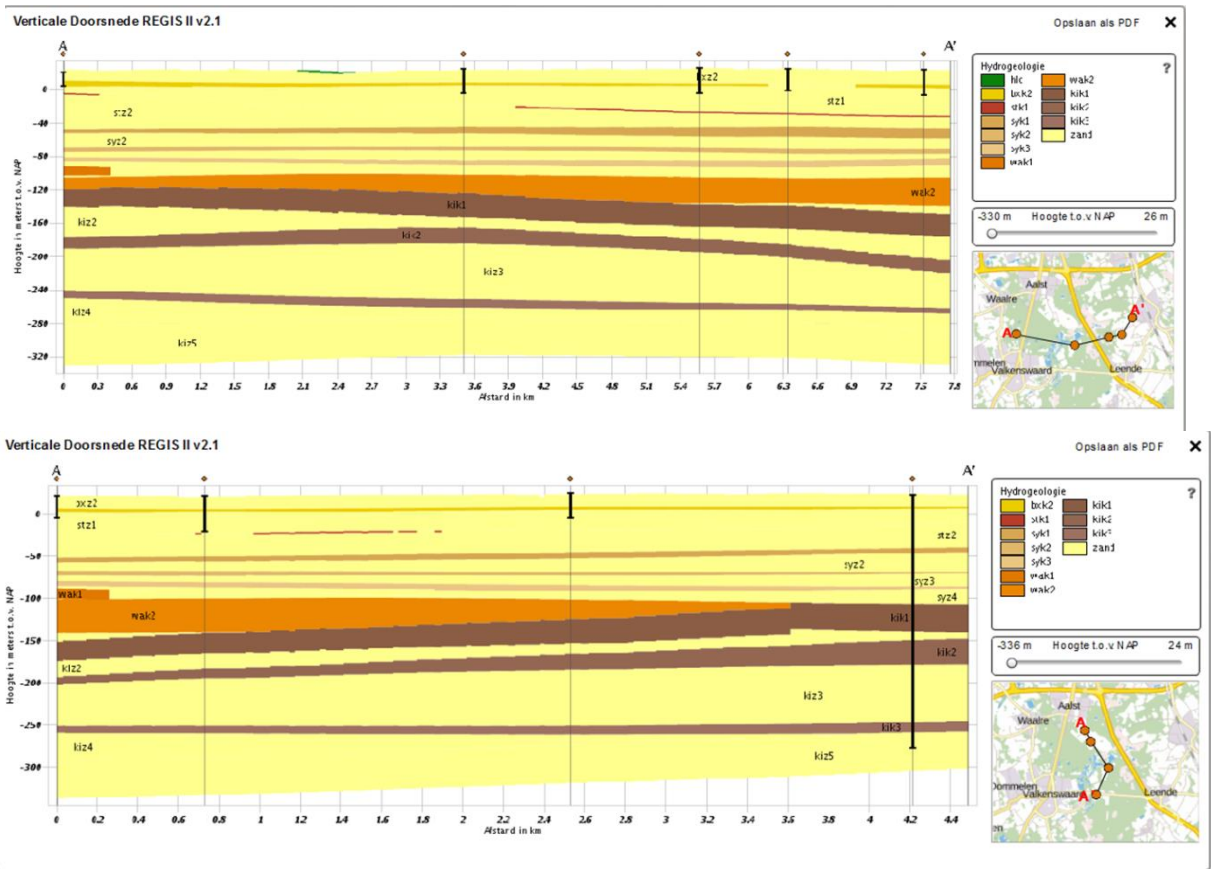
2.5 Geologie en geohydrologie

Geologisch beschouwd ligt het Greveschutven in een dik pakket van dekzanden die tot de Formatie van Boxtel worden gerekend (Bxz2). Dit zijn matige fijne, zwak siltige zanden met een dikte van die plaatselijk kan oplopen tot meer dan 20 meter (Figuur 11). In deze zanden liggen op meerdere diepten (sterk zandige) leemlagen, die eveneens tot de Formatie van Boxtel wordt gerekend.



Figuur 11 Twee boringen uit de nabijheid van het Greveschutven. De linker (B51G0476) ligt ten zuiden van het Greveschutven, nabij de Eikenlaan en de rechter (B51G0476) ten noordwesten ervan, nabij de Vorstervoortsehoeve.

De meest oppervlakkige leemlaag is dun tot matig dik (20 tot 90 cm cm) en ligt op 1.30 tot 1.50 m onder maaiveld. Op grotere diepte liggen meerdere dikkere zandige leemlagen, waarvan de ligging ten opzichte van maaiveld kan verschillen. Ten zuiden van het ven, nabij de Eikenlaan, liggen ze respectievelijk tussen 4 en 5, 9 en 10 en 18 en 19 meter onder maaiveld en ten noordwesten ervan op 7 en 15 meter –mv. Onder de zanden van de Formatie van Boxtel ligt een circa 50 meter dik, matig grof tot grof zandpakket van de Formatie van Sterksel (Figuur 12). In de zanden van de Formatie van Sterksel ligt een dunne onderbroken leemlaag, zowel in zuidelijke als in oostelijke richting.



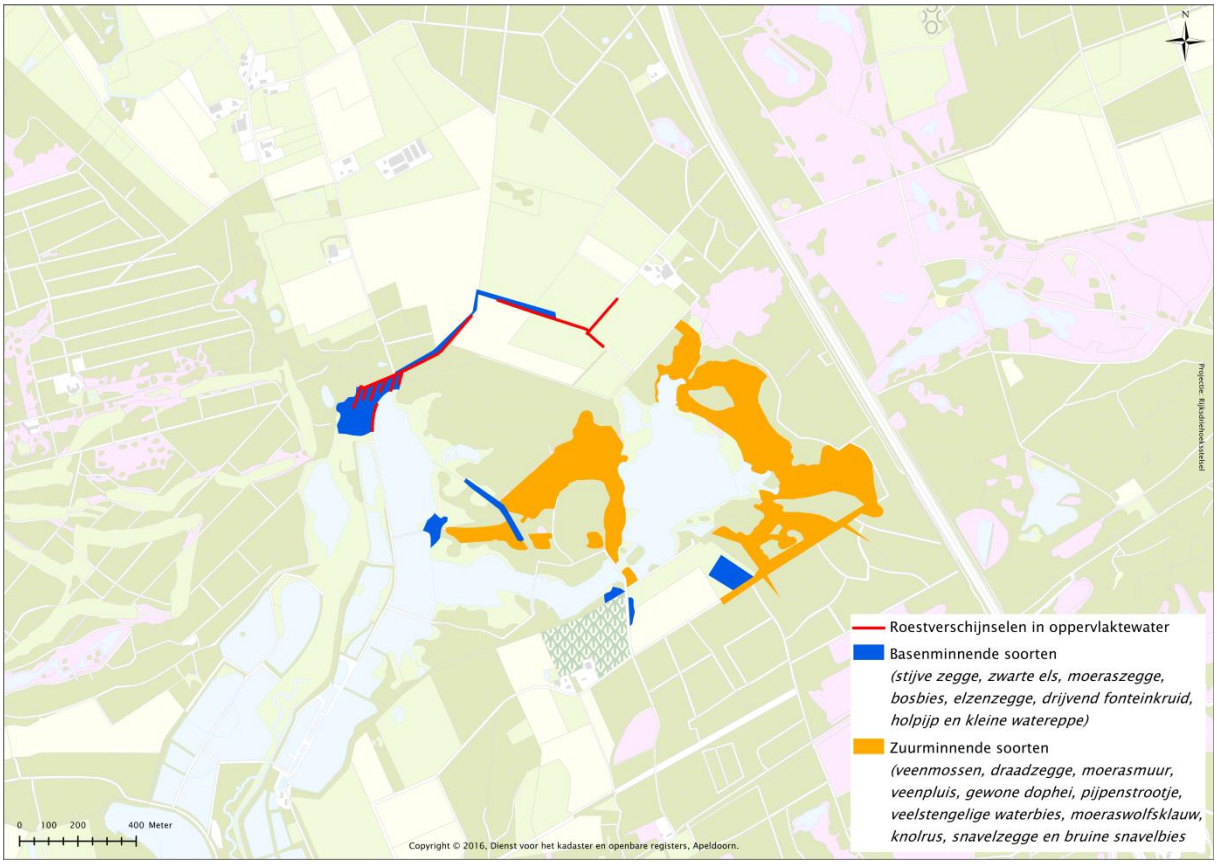
Figuur 12 Twee geologische doorsneden gebaseerd op boringen. De ligging van de boringen is weergegeven aan de rechterzijde van de doorsneden. De bovenste doorsnede loopt van zuid naar noord, de onderste van west naar oost. Bron: www.dinoloket.nl.

In oostelijke richting is deze leemlaag onderbroken ter hoogte van het dal van de Tongelreep. Dat betekent dat grondwater dat in contact is geweest met de (matig) grove zanden van de Formatie van Sterksel hier met heel weinig weerstand kan uittreden in dat dal van de Tongelreep. Gelet op het regionale hoogteverval zal dat grondwater van (zuid)oost naar noordwest stromen (Figuur 53). In die richting wordt het bovenste watervoerende pakket eveneens geleidelijk dunner. Daardoor zal een deel van het dit grondwater worden gedwongen het pakket te verlaten. Dat doet het in ieder geval op de laagste delen van het landschap, in casus het dal van de Tongelreep.

Op grotere diepten (>50 meter –mv) kan de Formatie van Sterksel kalkhoudend tot kalkrijk zijn en vanaf 20 m –m rijk aan glauconiet (Westerhoff, 2003). De zanden en de lemen van de Formatie van Boxtel zijn over het algemeen kalkloos, hoewel in (oude) dekzanden kalkrijkere lagen kunnen voorkomen (Schokker et al., 2005). Grondwater dat in contact is geweest met jonge dekzanden is over het algemeen zuur tot matig zuur en arm aan basen.

2.6 Grondwaterstroming

Roestverschijnselen die zouden kunnen duiden op het uittreden van grondwater van grotere diepte (watervoerend pakket in de Formatie van Sterksel) zijn tijdens het veldbezoek van 12 april 2016 aangetroffen in een diepe sloot die Verkooijen doorsnijdt, de sloot die dit water afvoert naar de Tongelreep en in laagten langs de Tongelreep (Figuur 13). In en/of langs deze watergangen groeien soorten van basenrijke omstandigheden (Figuur 13). Enkele van zulke soorten werden ook gevonden aan de zuidzijde tussen het Greveschutven en de Eikenlaan, in enkele diepe watergangen ten zuiden en westen van het Greveschutven en in één van de visvijvers. Verder zuidwaarts en ten oosten van het Greveschutven werden alleen soorten van zure of matig omstandigheden aangetroffen. IJzer- en basenrijk grondwater is dus hoofdzakelijk aanwezig aan de stroomafwaartse zijde van het Greveschutven en in diepere watergangen aan de zuidzijde.



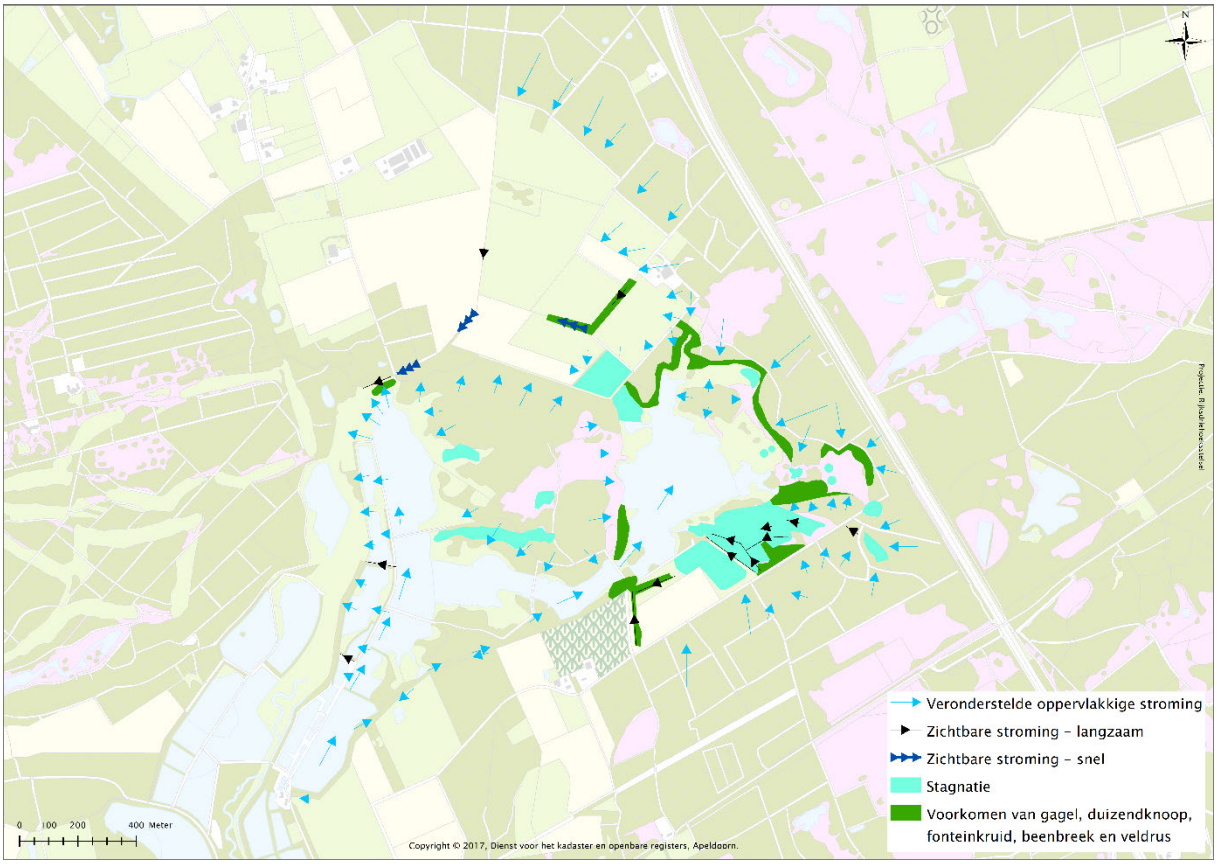
Figuur 13 Voorkomen van zichtbare kwelkenmerken (roestverschijnselen) en van basen- en zuurminnende plantensoorten op 12 april 2016.

2.7 Oppervlakte- en oppervlakkige grondwaterstroming

Op 12 april is de zichtbare stroming van het oppervlaktewater vastgelegd (Figuur 14). Vanuit het zuiden wordt oppervlaktewater uit de Tongelreep ingelaten in het ven via een sloot en een tussenvijver. Ook wordt vanuit het zuiden water ingelaten in en doorgevoerd via een keten van visvijvers in noordelijke richting. Een deel van dit water infiltreert onder invloed van

peilverschillen tussen naast elkaar gelegen vijvers en stroomt ondiep zijdelings af. Een deel treedt na een korte verblijftijd in de bodem weer uit, in de naastgelegen visvijver met een lager peil of in het dal van de Tongelreep zoals tijdens het veldbezoek te zien was aan de rand van het meest noordwestelijke deel van de visvijvers. De waterstroming vanuit de Tussenvijver naar het Greveschutven is in het algemeen zeer gering of zelfs omgekeerd. Stroming van betekenis naar het Greveschutven komt eigenlijk alleen voor in het voorjaar wanneer het zomerpeil wordt ingesteld via de inlaat van Tongelreepwater (zie verder hoofdstuk 4). Water uit het Greveschutven (en de tussenvijver) en uit de oostelijke visvijvers verlaat deze plassen weer via een stelsel van sloten, met een geringe stroming, zoals in het westen goed zichtbaar is.

Ook in Verkooijen is de stroming van oppervlaktewater zichtbaar (Figuur 14), vooral in de hellende delen. Dit water stroomt in een diepe watergang aan de westzijde van deze voormalige landbouwgronden. Deze watergang kent een groot verval, zoals kan worden afgeleid uit de hoge stroomsnelheid van roestrood gekleurde (gedraineerde grond)water (Foto 1).



Figuur 14 Veronderstelde en zichtbare stroming van oppervlaktewater en oppervlakkig grondwater op basis van waargenomen stromingsrichting van het ingelaten oppervlaktewater en kwelkenmerken (ijzerbacteriefilms en roestverschijnselen) en veronderstelde stroming op basis van peil- en hoogteverschillen.

Ten slotte kan uit de verbreiding van meerdere plantensoorten worden opgemaakt dat vanuit de hoge randen aan de zuid- oost- en noordzijde van het Greveschutven zijdelings en oppervlakkig grondwater naar het Greveschutven stroomt. In het zuiden stroomt

oppervlaktewater via watergangen – onder zichtbare stroming – uit het hoger gelegen achterland naar het Greveschutven.

Het Greveschutven ontvangt dus zowel lokaal grondwater als oppervlaktewater. Het oppervlaktewater wordt aangevoerd via een stelsel van sloten en visvijvers en bestaat uit (verdund) Tongelreepwater of stroomt vanuit het zuiden toe via greppels en sloten en bestaat uit gedraineerd lokaal grondwater.

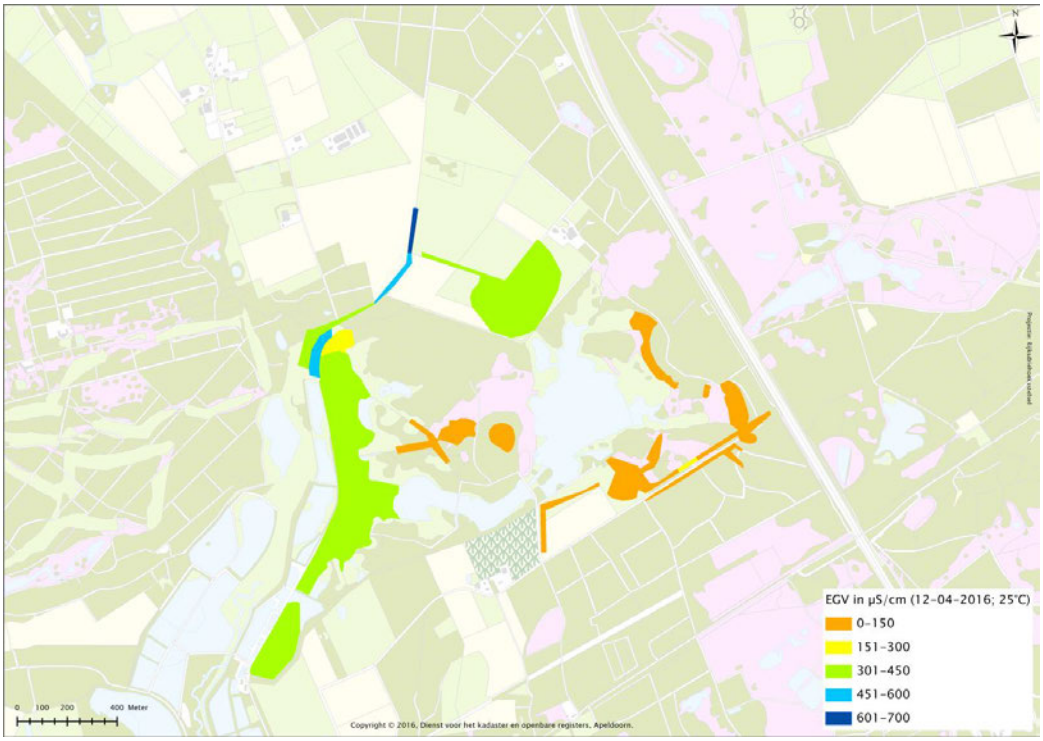
Foto 1 Diepe sloot in Verkooijen met in de oevers uittreden roestrood grondwater. Het afkalven van de slootoever wordt veroorzaakt door het uittreden van dit grondwater onder hoge intensiteit, waardoor de oever wordt ondermijnd.

2.8 Waterkwaliteit

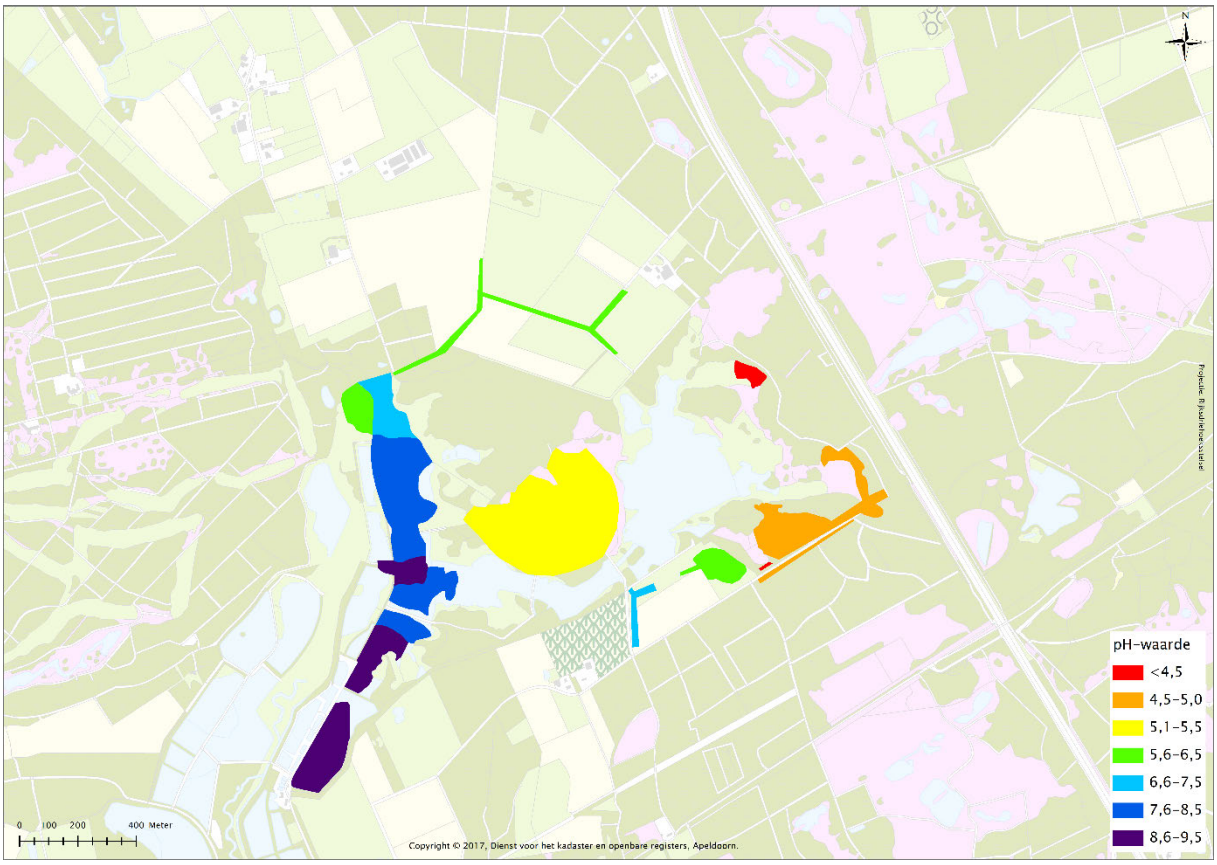
De zichtbare en veronderstelde stroming van grond- en oppervlaktewater uit zich in de chemische samenstelling van het grondwater. Zo zijn er zijn grote verschillen in het Elektrisch Geleidingsvermogen (EGV) van het oppervlaktewater en op maaiveld stagnerend water (Figuur 15). Rond het Greveschutven is overal ionenarm water gevonden d.w.z. water met een EGV < 100. Dit ionenarme water heeft grote verwantschap met regenwater of recent geïnfiltreerd regenwater d.w.z. jong grondwater. Het water in de visvijvers en Verkooijen heeft een EGV die tussen 300 en 450 ligt. Het zal over het algemeen basenrijk water zijn. Water in de Tongelreep en de diepe sloot die daarin uitmondt (westzijde Verkooijen) is zeer ionenrijk. Het ionenrijke

karakter zal niet alleen samenhangen met het hoge aandeel ijzer en basen, maar ook van verontreinigingen zoals nutriënten, chloride en sulfaat aangezien deze watergangen water uit landbouwgebieden afvoeren.

Het patroon in het EGV keert terug in dat van de pH (Figuur 16). pH-waarden < 5,5 zijn in heiden, bossen en gagelstruwelen aan de oost- en westzijde zijde van het Greveschutven gevonden. Op de afgegraven voormalige landbouwgrond en de diepe watergang aan de zuidzijde van het Greveschutven werden pH-waarden tussen 5,5 en 7,5 gevonden. Het gaat hier om zwak zure tot neutrale omstandigheden, die samenhangen met het (vroegere) landbouwkundige gebruik, vermoedelijk bekalking. Ook de watergang op Verkooijen, de sloot die het water daar vandaan afvoert op de Tongelreep en de Tongelreep zelf voeren matig gebufferd water (pH = 5,6-6,5). Tezamen met de grote ijzerrijkdom van dit water duidt dat op een herkomst uit een watervoerend pakket van grotere diepte. Het water in de visvijvers heeft een pH hoger dan 7,5.



Figuur 15 Het Elektrisch Geleidingsvermogen (EGV) van oppervlaktewater en stagnant water op maaiveld op 12 april 2016.



Figuur 16 De pH van oppervlaktewater en stagnant water op maaiveld op 12 april 2016.

2.9 **Bodem**

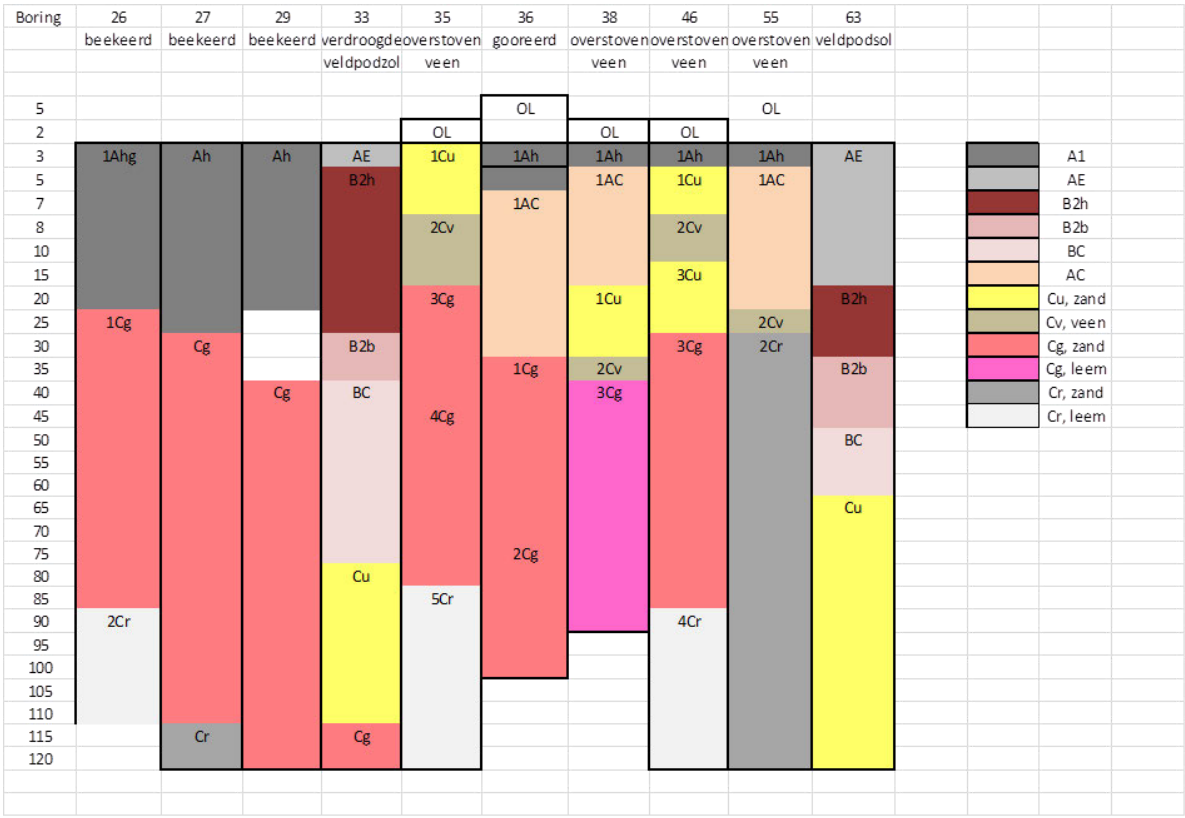
Bodemtypen geven informatie over hydrologische processen en chemische samenstelling van het grondwater. De bodemtypen in alle profielen (Figuur 17) indiceren vochtige tot natte omstandigheden. In het noorden, oosten en westen werden op de hogere dekzandgronden veldpodzolen gevonden, een type van vochtige tot iets natte omstandigheden waar inzijging van regenwater optreedt. In het zuidoosten werden met zand overstoven veengronden gevonden. Vanwege de hoge mate van humificatie van het veen kon de aard van het veen niet worden vastgesteld, maar het ligt voor de hand dat het om volledig veraard zeggen- dan wel veenmosveen gaat. Dat dat veen onder enige grondwaterinvloed is ontstaan, en niet alleen in een regenwatermilieu, wordt aangeduid door de aanwezigheid van een gooreerdgrond, die iets stroomafwaarts in de hoge oever van het Greveschutven, in de zone met Gagel en veenmossen, werd aangetroffen. Deze eerdgrond geeft aan dat er invloed is van iets met ijzer aangerijkt grondwater (lichte roestkleuring), maar dat dat water niet al te lang nabij het maaiveld verblijft. De waterstandschommelingen zijn betrekkelijk groot. Gooreerdgronden worden vaak aangetroffen op hellingen in het dekzandlandschap, in de overgang van veldpodzolen en beekeerdgronden. De grondwaterbeweging is lateraal, het grondwater veelal jong.

Figuur 17 Bodemtypering van de uitgevoerde grondboringen op 12 april 2016.

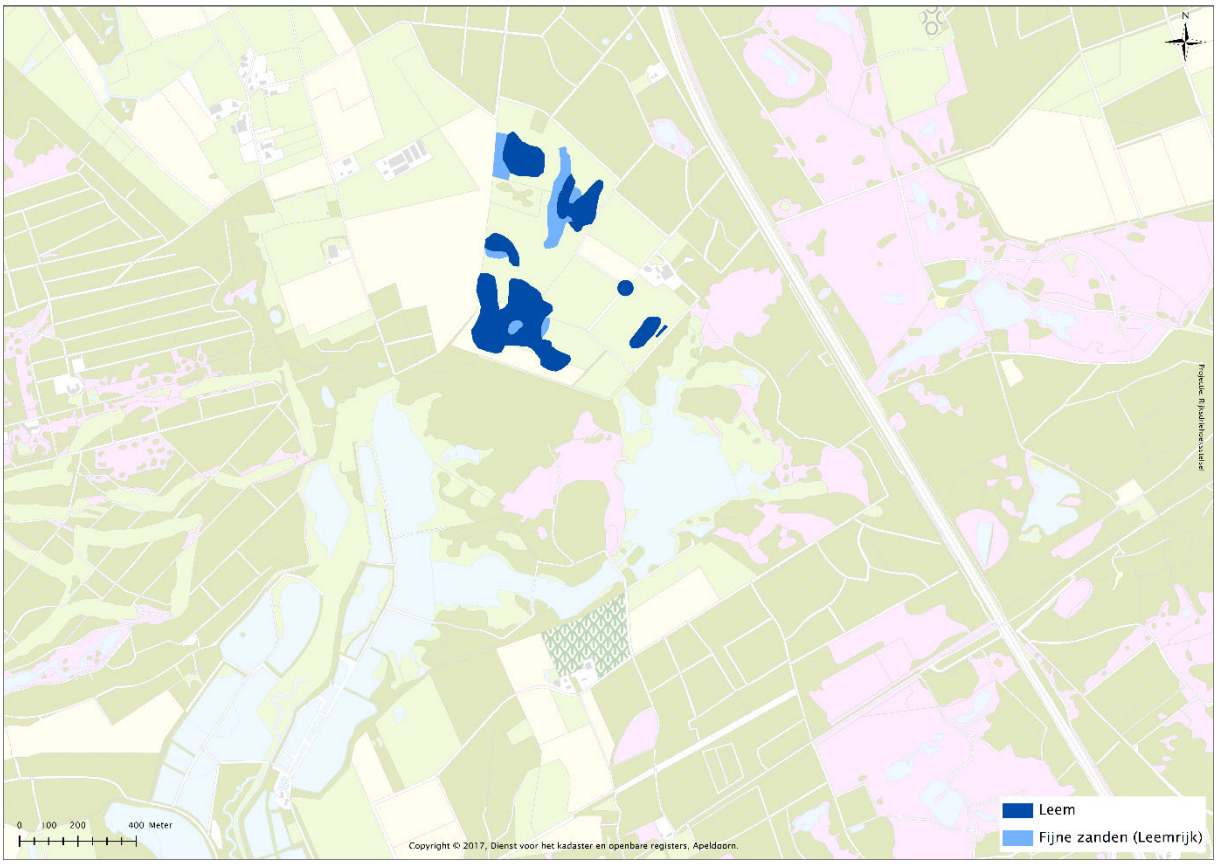
Foto 2 Profiel van de beekeerdgrond die werd gevonden op boorlocatie 26 in Verkooijen. Voor ligging van de boorlocatie zie Figuur 17.

Beekeerden werden aangetroffen in de percelen van Verkooijen. Dit bodemtype is gekenmerkt door sterke roestkleuring en een dikke humusrijke A-horizont (Foto 2). Deze bodems zijn gebonden aan locaties met een sterke kwel van ijzerrijk grondwater, veelal afkomstig van grotere diepte, waardoor de grondwaterstanden zich gedurende het winterseizoen nabij het maaiveld bevinden en 's zomers niet te diep wegzakken, met andere woorden deze bodems zijn gekenmerkt door een hoge Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). In de boringen 26, 27 en 29 bevindt de GLG zich tussen 20 en 40 cm (Figuur 17 en Figuur 18), door de huidige ontwatering is de GLG echter gedaald. Het geeft echter aan dat in Verkooijen plaatselijk zeer goede mogelijkheden zijn voor herstel van basenminnende, grondwater gevoede plantengemeenschappen na het nemen van antiverdrogingsmaatregelen. De hoge ijzerrijkdom van het grondwater kan zorgen voor het vastleggen van fosfaat en samen met oppervlakkige afvoer van water over maaiveld zogen voor voedselarmere omstandigheden.

In Verkooijen, maar ook in en rondom het Greveschutven, liggen op geringe diepte slecht doorlatende leempakketten (Figuur 18, Figuur 19 en Figuur 31). Het zijn in Verkooijen vermoedelijk geen aaneengesloten lagen, zoals mag worden afgeleid uit de eigen boringen en die van Van de Sanden (2012), die bovendien een golvend oppervlak kennen (Buskens & Van Sijl, 2013). De slenkvormige laagte die op de topografische kaarten van voor de ontginning zichtbaar is (zie paragraaf 2.2), heeft vermoedelijk door het deel gelopen zonder slecht doorlatende lagen.



Figuur 18 Bodemprofielen van de uitgevoerde grondboringen op 12 april 2016.

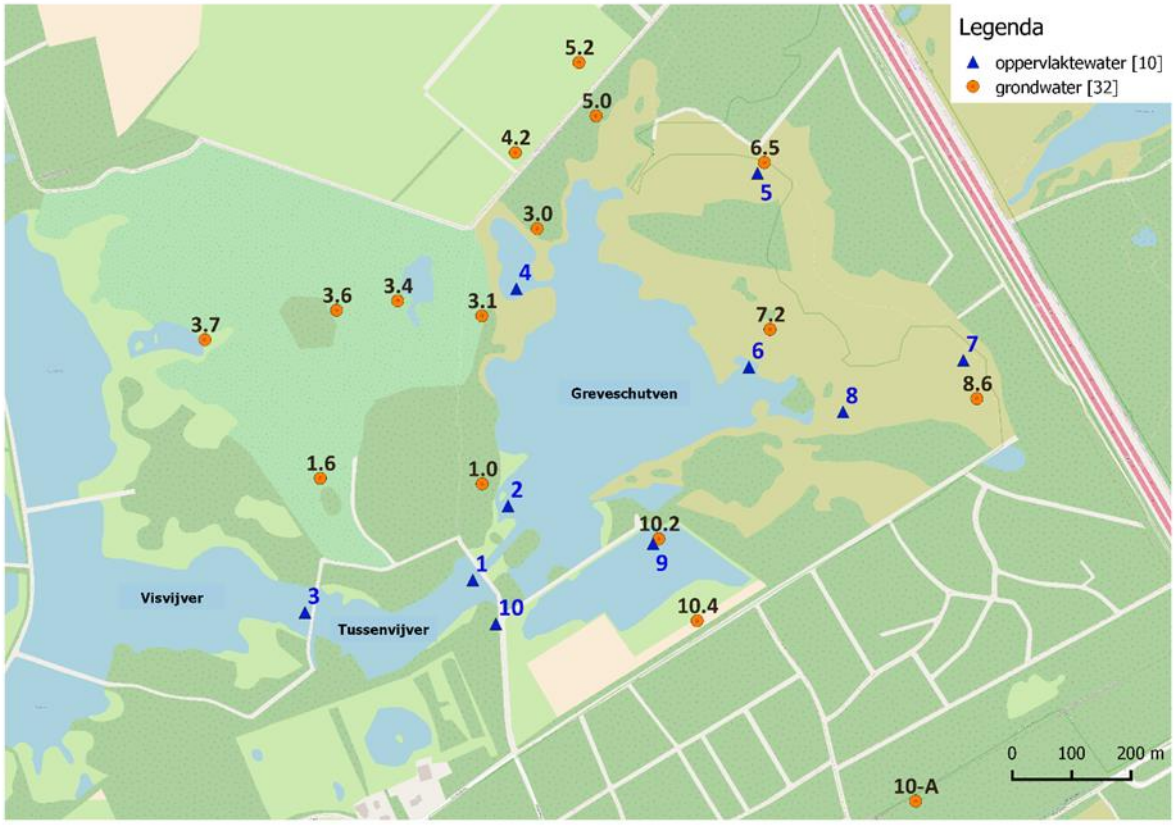


Figuur 19 Verspreiding van de oppervlakkige slecht doorlatende leemlaag in Verkooijen op basis van de grondboringen van 14 april 2016 en vdSande Bosbouw en Natuurbeheer (z.j., zie bijlage a). In figuur 31 staat de verbreiding van de slecht doorlatende leemlaag in en om het Grevenschutven.

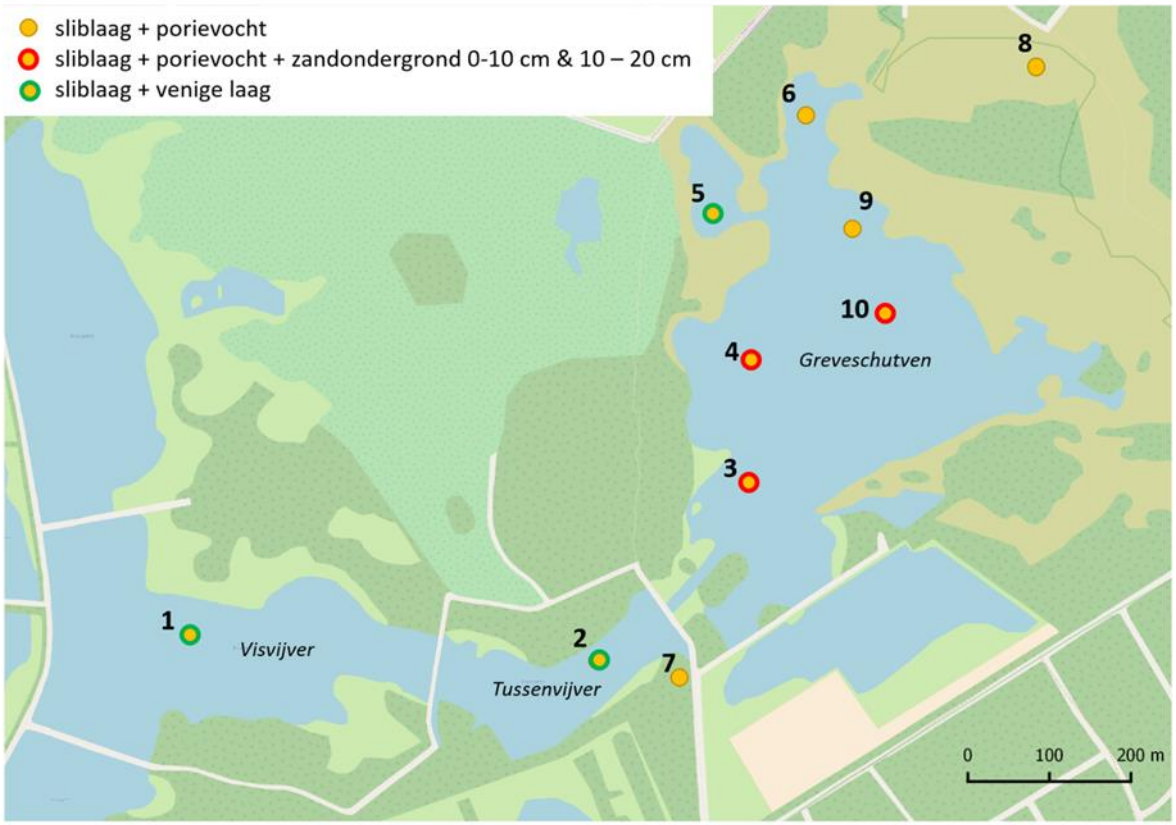
Hier zijn door ons beekeerdgronden aangetroffen, wat aangeeft dat hier ijzerrijk grondwater uittrad tot in maaiveld. Nu gebeurt dat nog in de diepe watergangen die het perceel doorsnijden (Figuur 13). Deze waterkwaliteit is sterk afwijkend van die welke in en rond het Greveschutven is gevonden. Het grondwater, dat in deze slenk uittrad en in de diepe sloten nu nog steeds uittreedt, stroomde tijdens het veldbezoek duidelijk zichtbaar naar de diepe sloot ten westen van Verkooijen (Figuur 14).

3 Water- en bodemchemie

Om inzicht te krijgen op de factoren die de waterkwaliteit en plantengroei in het Greveschutven bepalen is het oppervlaktewater, het grondwater en de waterbodem bemonsterd (Figuur 20 en Figuur 21). In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de chemische analysen. Daarbij worden eerst de resultaten van oppervlaktewater- en grondwateranalysen gepresenteerd en vervolgens de resultaten van het bodemonderzoek. Tot slot worden de uitkomsten geïntegreerd en worden opties besproken voor beheer en aanpassing van de waterhuishouding.



Figuur 20 Locaties waar oppervlaktewater (lichtblauw) en peilbuizen (oranjegeel) zijn bemonsterd op 6 april 2016 en op 14 september 2016.



Figuur 21 Locaties waar de waterbodem is bemonsterd (14 september 2016). Steeds is het bovenste deel van de sliblaag (0-20 cm) bemonsterd en in het centrale deel van het Greveschutven ook de bovenkant van de onderliggende zandgrond (0-10 cm en 10-20 cm).

3.1 Oppervlaktewaterkwaliteit

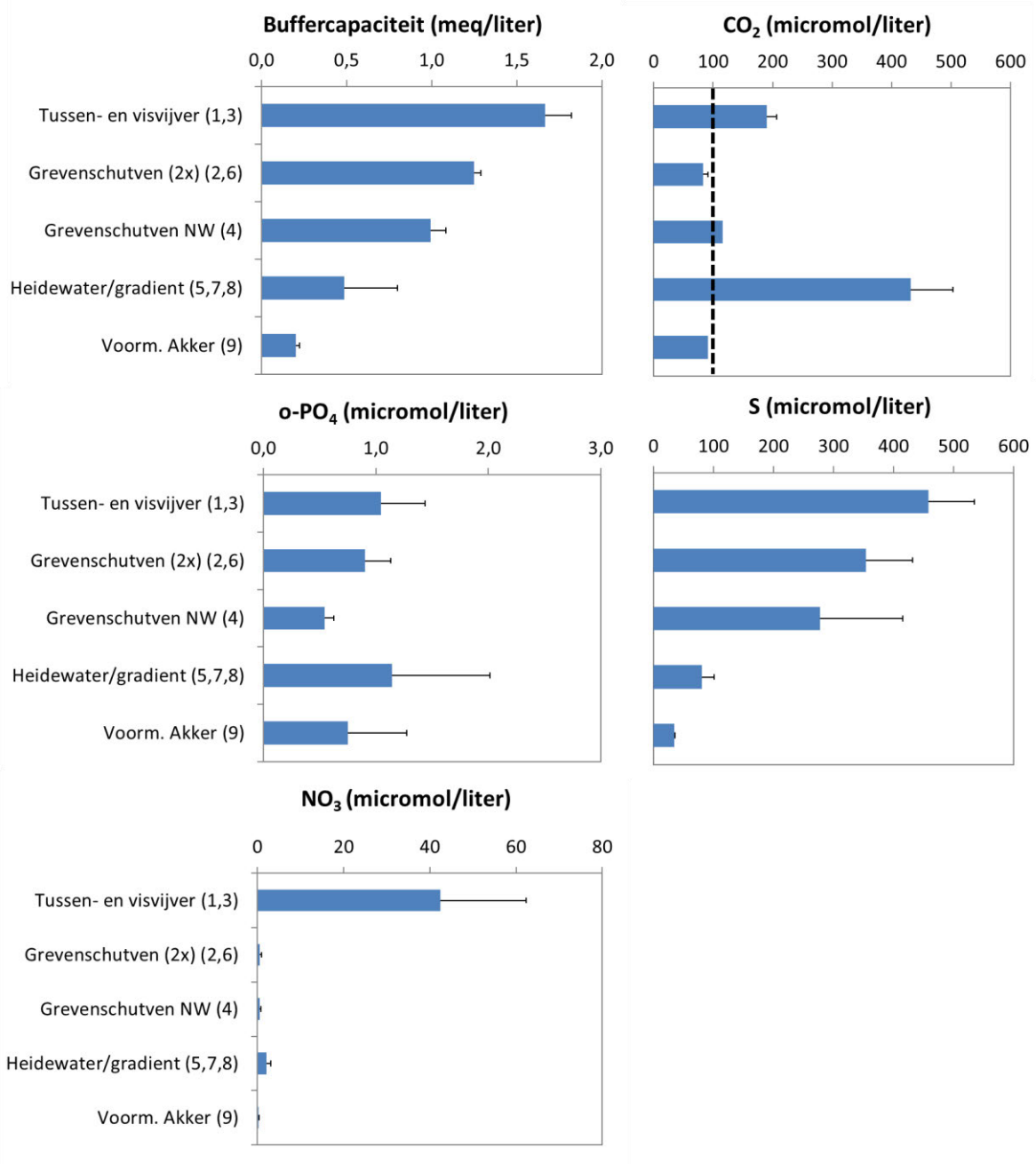
Op verschillende locaties in de gradiënt van de visvijvers naar het Greveschutven zijn oppervlaktewatermonsters genomen (Figuur 20). Oppervlaktewater wordt vanuit het zuidwesten aangevoerd vanuit de Tongelreep naar de tussenvijver (meetpunt 1 in Figuur 20). Verder wordt het ven vanuit het zuidoosten periodiek gevoed met grondwater dat onder meer via slenken (meetpunt 5, 7 en 8) naar het ven toestroomt. Centraal ligt het Greveschutven (meetpunt 2 en 6, Figuur 20) en in het noordwesten en noordoosten liggen twee delen die (gedeeltelijk) geïsoleerd zijn van het centrale ven (meetpunt 4 en 5). In het zuiden ligt een voormalige akker die is afgeplagd en onder water gelopen is (meetpunt 10).

De buffercapaciteit (alkaliniteit) laat duidelijk zien dat een oppervlaktewatergradiënt aanwezig is. Het aanvoerwater in de opgeleide beek die aftakt ter hoogte van Zeelberg, zuidoost van Valkenswaard, heeft in het najaar van 2015 een buffercapaciteit van ruim 2 milli-equivalent per liter en bevat dan ruim 100 micromol nitraat en 2 micromol fosfor (Brouwer & van Kleef, 2016). Dit water wordt om de visvijvers ten zuiden van de N396 (Valkenswaard-Heeze) heen geleid en voedt de vijvers ten noorden hiervan, onder meer de tussenvijver. Vanuit de tussenvijver stroomt nog altijd goed gebufferd water (1,5 meq/l; pH 7,4) naar het ven. Het oppervlaktewater in het centrale deel van het ven is met 1,0 - 1,2 meq/l matig gebufferd en heeft een circumneutrale zuurgraad (pH 7). Alleen in de noordoostelijke uitloper van het ven is de invloed

van zuur water uit de hoge zandgronden groter, en is het water zwak gebufferd (0,5 meq/l) en zwak zuur (pH 5,3). Op deze locatie is ook de opgeloste hoeveelheid CO_2 relatief hoog (>400 µmol/l) in vergelijking met het open water van het ven (100 µmol/l).

De sulfaatconcentraties (gemeten als totaal zwavel) laten een vergelijkbare gradiënt zien met relatief hoge concentraties in de opgeleide beek (500 µmol S/l) en de tussenvijver en visvijver (400 - 500 µmol S/l), en lage waarden in de uitlopers van de gradiënt aan de noordoostzijde en de slenken die lokaal wateraanvoeren (< 100 µmol S/l). Het centrale deel van het Greveschutven is relatief rijk aan zwavel (350 µmol S/l). De ortho-fosfaatconcentraties in het ven zijn vrij hoog (0,9 µmol o-PO_4/l), evenals de totaal-P-concentraties (1,8 µmol P/l). Dit is vrijwel even hoog als in het water van de opgeleide beek. De gradiënt aan de oostzijde van het ven is ook vrij rijk aan fosfaat (ca. 1,1 µmol o-PO_4/l), maar op deze locatie werden ook hoge concentraties ijzer aangetroffen (200 µmol/l), waardoor het fosfaat waarschijnlijk ook weer gebonden wordt en de wateraanvoer netto oligotrofiërend werkt. Alle delen van het ven zijn arm aan ammonium (2 - 3 µmol NH_4/l), behalve in de gradiënt aan de oostzijde, waar een opvallend grote spreiding zat in de concentratie in de meting in april en september (2 - 865 NH_4 µmol/l). De hoeveelheid nitraat neemt sterk af over de gradiënt: in de visvijvers resteert ca. 40 µmol NO_3/l van de 100 µmol NO_3/l die wordt aangevoerd met beekwater. In het Greveschutven zelf zijn de concentraties NO_3 zeer laag (<2 µmol NO_3/l), althans tijdens de twee metingen in het vegetatieseizoen. In de winter liggen bacteriële omzettingen vrijwel stil en zal aangevoerd zwavel en vooral nitraat veel minder snel uit het oppervlaktewater verdwijnen.

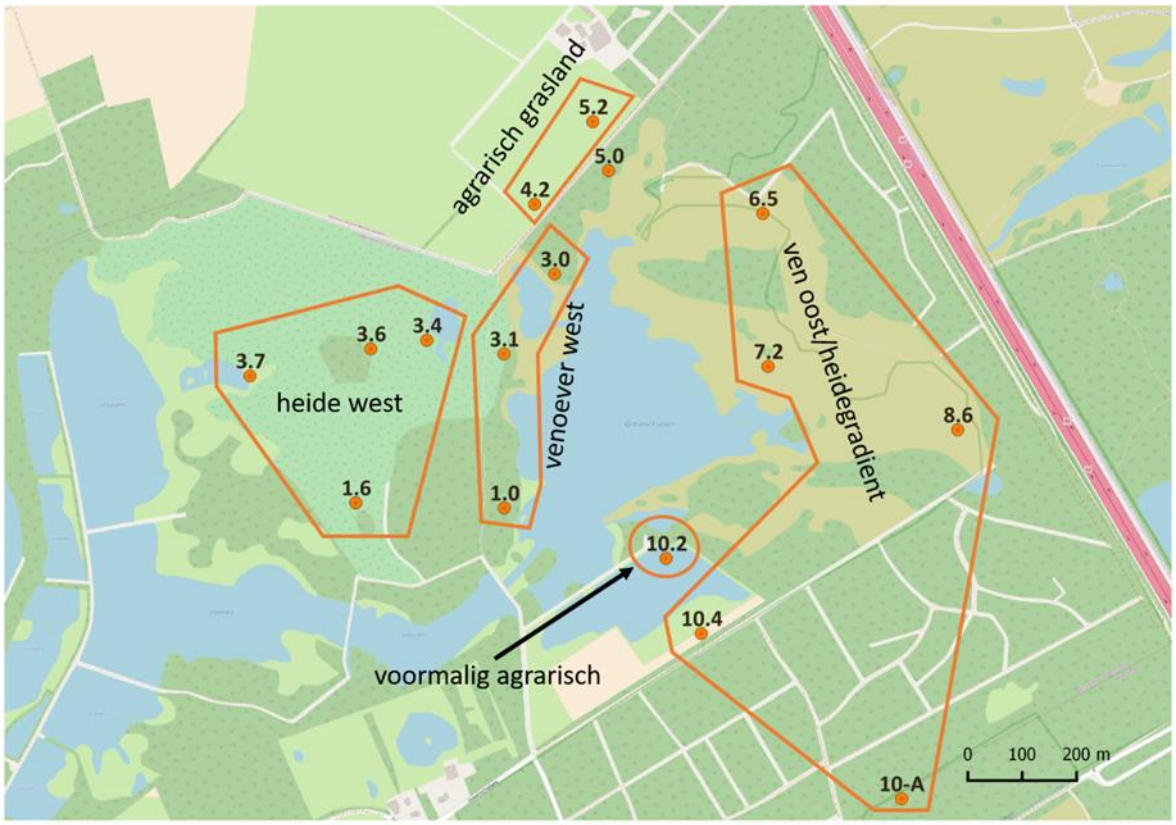
In het kort komt het erop neer dat vanaf de visvijvers tot en met de uitlopers aan de oostkant van het Greveschutven een vrij sterke gradiënt aanwezig is in de samenstelling van het oppervlaktewater. De invloed van matig tot sterk gebufferd, vrij sulfaatrijk en matig nitraat- en fosfaatrijk water is groot en alleen in de uithoeken van het ven veel kleiner. Op zijn weg door het systeem, en waarschijnlijk ook in de loop van het jaar, worden met nitraat en in mindere mate sulfaat uit de waterlaag verwijderd door bacteriële omzettingen. Sulfaat wordt hierbij als zwavel vastgelegd in de waterbodem. Opvallend is dat het aangevoerde fosfaat nauwelijks wordt verwijderd uit de waterlaag; kennelijk is de waterbodem van het Greveschutven dermate opgeladen met fosfor dat er geen extra binding meer plaatsvindt.



Figuur 22 Oppervlaktewaterchemie: de buffercapaciteit (alkaliniteit) en de concentratie CO_2, orthofosfaat en zwavel in het oppervlaktewater in de verschillende delen van het watersysteem.

3.2 Grondwater

De peilbuizen die geplaatst zijn voor de hydrologische modellering zijn tevens voor een deel bemonsterd om de grondwaterkwaliteit te bepalen. Daartoe zijn de peilbuizen geclusterd in verschillende deelgebieden (Figuur 23). Aan de oostzijde ('ven oost/heidegradient') is grondwater verzameld dat vanuit de oostzijde als kwel toestroomt naar het Greveschutven. Het droge heidegebied en de venoever in het westen vormen twee andere deelgebieden, en in het noorden staan twee peilbuizen op grasland dat in agrarisch gebruik is.

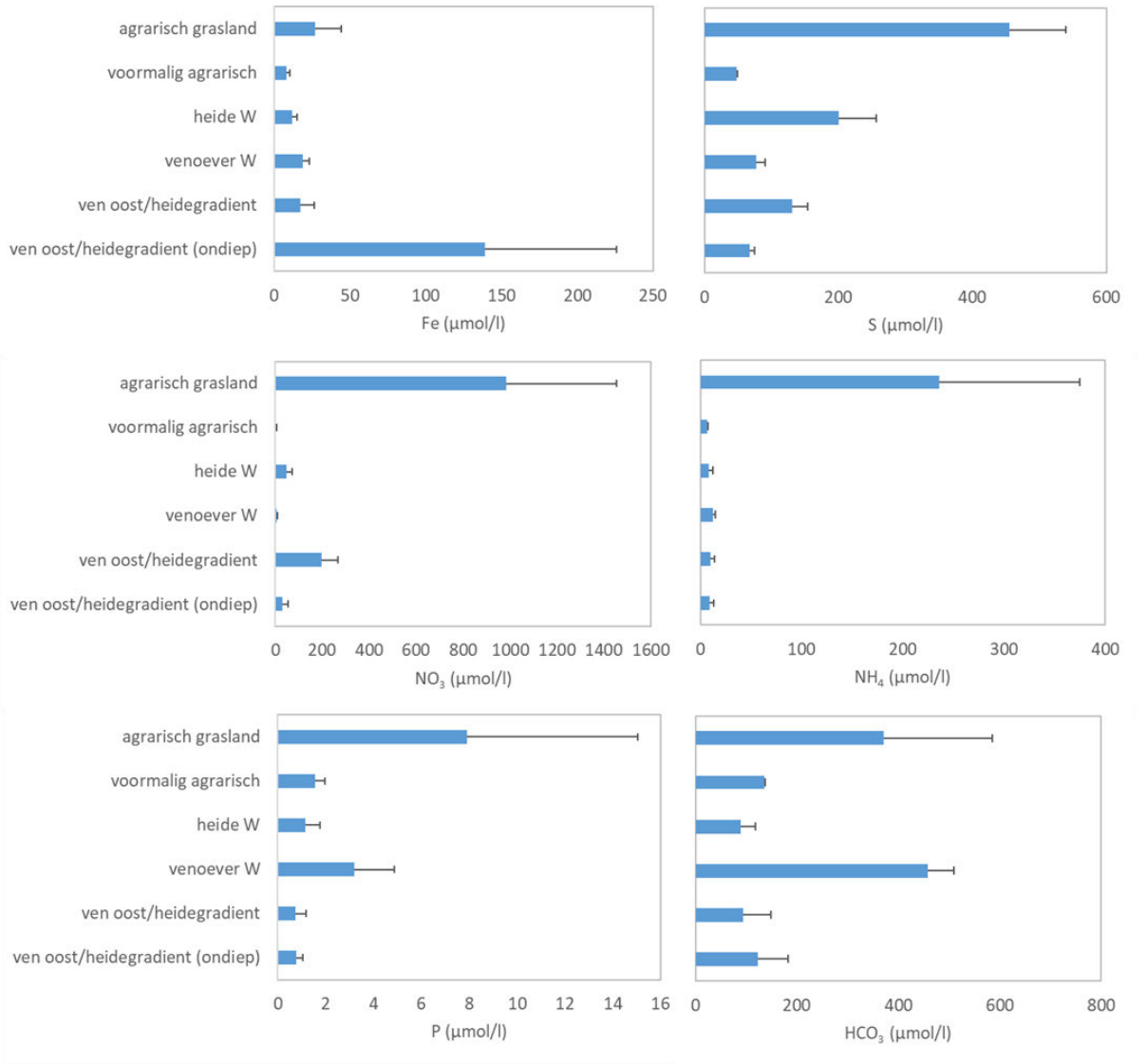


Figuur 23 Overzicht van de deelgebieden op basis waarvan de grondwateranalysen zijn weergegeven in *Figuur 24*. Uit de hydrologische analyse komt naar voren dat grondwater richting het ven wordt aangevoerd vanuit het zuidoosten ('ven oost/heidegradient').

Het grondwater (Figuur 24) onder de natuurterreinen is op een diepte van circa 2 tot 3,5 meter over het algemeen zeer zwak gebufferd (<100 µmol HCO_3/l) met als uitzondering de venoever in het westen waar het grondwater op 2 a 2.5 m rijker is aan bicarbonaat en daardoor zwak gebufferd is (450 µmol HCO_3/l). De fosforconcentraties zijn over het algemeen laag (1-3 µmol P-tot/l) en in het toestromende kwelwater aan de oostzijde zelfs zeer laag (0,75 µmol P-tot/l). Het grondwater is hier matig rijk aan ijzer (12-19 µmol Fe/l); het ondiepe deel aan de oostzijde van het ven is zeer rijk aan ijzer (139 µmol Fe/l). Er wordt echter ook een redelijke hoeveelheid zwavel aangevoerd (70-130 µmol S/l), waardoor de vastlegging van fosfor aan ijzerverbindingen vermoedelijk maar beperkt plaatsvindt. De nitraatconcentraties zijn over het algemeen relatief laag (<50 µmol NO_3/l), maar in het ondiepe grondwater aan de oostzijde is een wat verhoogde concentratie nitraat gemeten (200 µmol). De ammoniumconcentraties in het grondwater zijn zeer laag (6-12 µmol NH_4/l).

In het grondwater van het agrarisch grasland aan de noordzijde van het Greveschutven (locatie Verkooijen) zijn sterk verhoogde concentraties van fosfor (7,9 µmol P-tot/l), ammonium (240 µmol NH_4/l) en nitraat (1000 µmol NO_3/l) gemeten als gevolg van het landbouwkundig gebruik. De relatief hoge zwavelconcentratie (450 µmol S/l), wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat nitraat in de ondergrond reageert met pyriet (FeS_2), waarbij ijzer neerslaat en sulfaat vrijkomt. Ook de verdroging als gevolg van de ontwatering kan aan dit proces bijdragen. Vanwege de

lagere ligging in vergelijking met het ven is het niet waarschijnlijk dat deze nutriënten het ven zullen verrijken. De verwachting is dat deze concentraties na enkele jaren zullen dalen zodra het agrarisch gebruik op de percelen is gestopt, de ontwatering wordt teruggeschroefd en het beheer specifiek gericht is op het verwijderen van voedingsstoffen.



Figuur 24 Grondwaterchemie: de concentratie bicarbonaat, fosfor, ijzer, zwavel, nitraat en ammonium in het grondwater in de verschillende delen van het watersysteem (zie ook *Figuur 23*).

3.3 Waterbodem

In diverse delen van het Greveschutven is de slibdikte gemeten en zijn monsters genomen van de waterbodem om de mate van nutriëntennalevering in te schatten. In het centrale deel van het Greveschutven ligt een sliblaag van 20 tot 35 cm dik. In sommige delen, zoals het gedeeltelijk geïsoleerde water aan de noordwestzijde, zijn op verschillende punten zelfs slibdiktes gemeten tot 60 cm. Aan de oostzijde is de sliblaag wat dunner (5-10 cm). De

waarnemingen aan de slibdikte wijzen op een dikteverdeling die vooral gestuurd wordt door windwerking: ophoping van slib in de luwe delen.

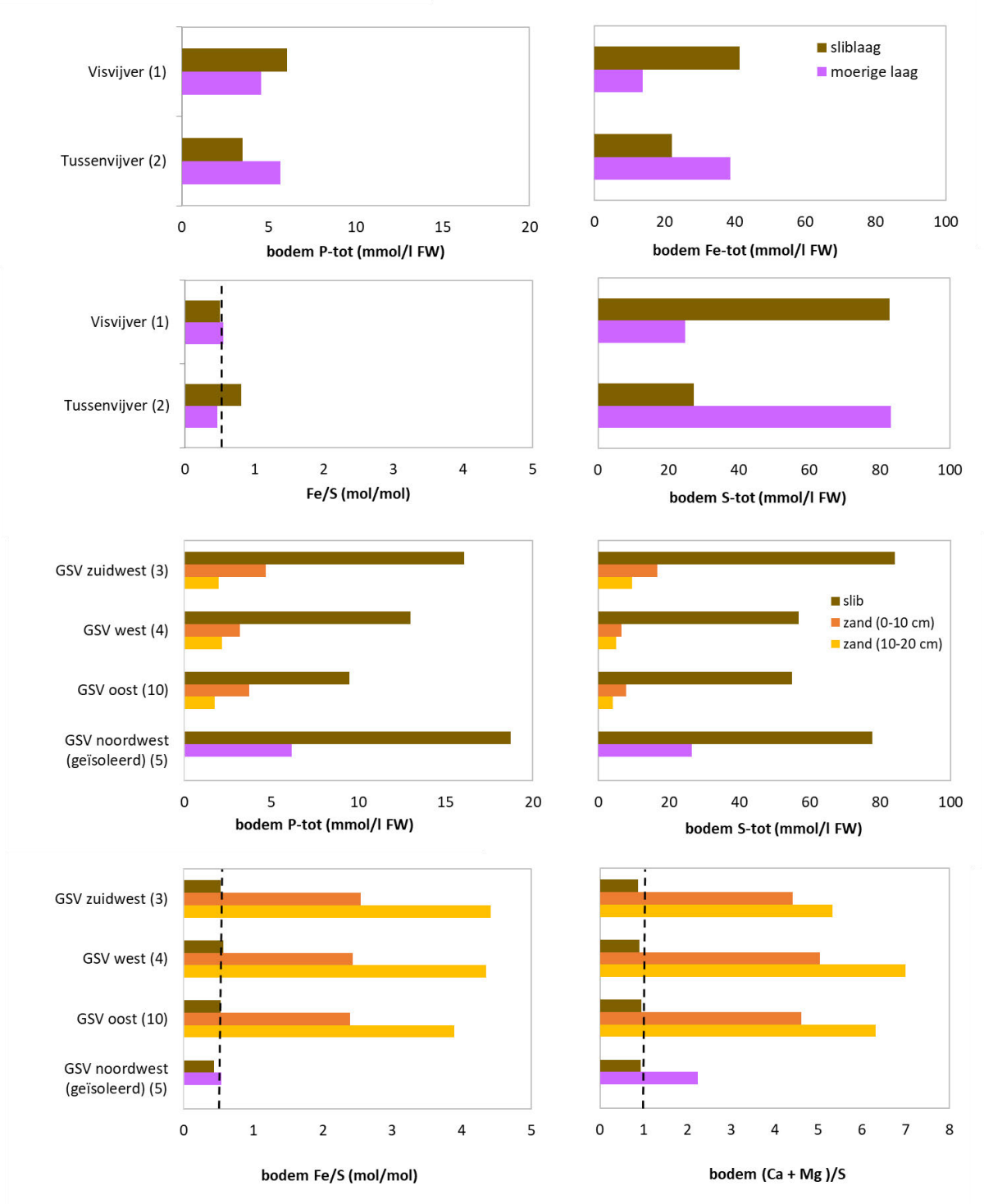
Figuur 25 laat zien dat de sliblaag in het Greveschutven met 9-19 mmol P/l veldverse bodem rijk is aan fosfor. Dit fosfor kan aan ijzer gebonden worden, indien hiervoor genoeg vrij ijzer in de bodem aanwezig is. Er is in de slibbodem in principe genoeg ijzer aanwezig; 30-40 mmol/liter bodem. Echter, zwavel bindt nog beter aan ijzer dan fosfor en is in staat het fosfor van ijzer te verdringen. Omdat daarbij uiteindelijk het onder gereduceerde omstandigheden stabiele pyriet gevormd wordt (FeS_2), kan elk ijzer-atoom twee zwavel-atomen binden. Dit lijkt ook gebeurd te zijn; in de sliblaag is steeds 2x zo veel zwavel aanwezig dan ijzer, een aanwijzing dat beide stoffen in de vorm van pyriet zijn vastgelegd. Hiermee is de capaciteit van ijzer om fosfaat te binden al volledig uitgeput door zwavel en is de kans op fosfaatnalevering aan de waterlaag groot. Onder anaerobe omstandigheden, zoals waarschijnlijk het geval is in de sliblaag, gaat het fosfaat in oplossing en bestaat het risico op eutrofiëring van de bovenliggende waterlaag (Figuur 26). De fosfaatconcentratie in het aanvoerwater verschilt weinig van die in het Greveschutven. Dit wijst er op dat nalevering van fosfaat aan de waterlaag en transport naar de waterbodem (bijvoorbeeld via bezinkende algen) elkaar in evenwicht houden.

De onderliggende zandlagen zijn vrij arm aan fosfor (2 – 4,5 mmol P/l) en zwavel (4 – 16 mmol S/l); de waarden komen overeen met die van niet beïnvloede, pleistocene zandbodems. De Fe/S-ratio van de ondiepe zandlaag (0 - 10 cm) is ca. 2,5 en dieper ligt deze op 4,5. Dat betekent dat in deze lagen wel voldoende ijzer beschikbaar is om fosfor te binden.

De verhouding tussen calcium, magnesium en zwavel in de bodem geeft een indicatie van het risico op verzuring bij droogval van het ven. Bij droogval wordt pyriet geoxideerd, waarbij zwavel wordt omgezet in zwavelzuur (H_2SO_4). Dit zwavelzuur wordt vervolgens geneutraliseerd door basische kationen (calcium en magnesium). Is er meer zwavel aanwezig dan basische kationen (ratio < 1 in Figuur 25), dan blijft er zwavelzuur over en treedt er verzuring op. In de sliblaag is de verhouding circa 0,9 Bij een ratio lager dan 1 kan de hoeveelheid zuur (H^+) die geproduceerd wordt door de oxidatie van pyriet niet meer geneutraliseerd worden door de (bi)carbonaatbuffering en de kationenuitwisseling. Dus wanneer de sliblaag droogvalt, kan de pH sterk dalen. In de onderliggende zandbodem is naar verhouding veel minder zwavel aanwezig en meer calcium en magnesium (Figuur 25). Na verwijdering van de sliblaag is er nauwelijks risico op sterke verzuring.

In de tussenvijver en de bemonsterde visvijver ligt een 10-20 cm dikke sliblaag met daaronder een moerige waterbodem. In vergelijking met de sliblaag in het ven bevat deze sliblaag relatief weinig fosfor (3,5 - 6 mmol P/l FW; figuur 25). In de waterbodem is in principe voldoende ijzer aanwezig (20 – 40 mmol Fe/l FW) of fosfor te binden, maar vooral in de visvijver (meetpunt 1) zijn de zwavelconcentraties relatief hoog, waardoor het risico op enige fosfaatnalevering bestaat. In de tussenvijver is concentratie zwavel ongeveer even hoog als de concentratie ijzer (25 mmol S/l) en ook is de Fe/S- ratio iets gunstiger in vergelijking met de visvijver en het ven. Deze tussenvijver wordt met enige regelmaat drooggezet, waardoor pyrietoxidatie plaatsvindt en het gevormde sulfaat afgevoerd kan worden naar de visvijvers en naar het Greveschutven. In natte perioden zal vanwege de hoge alkaliniteit en sulfaatconcentraties in het aanvoerwater

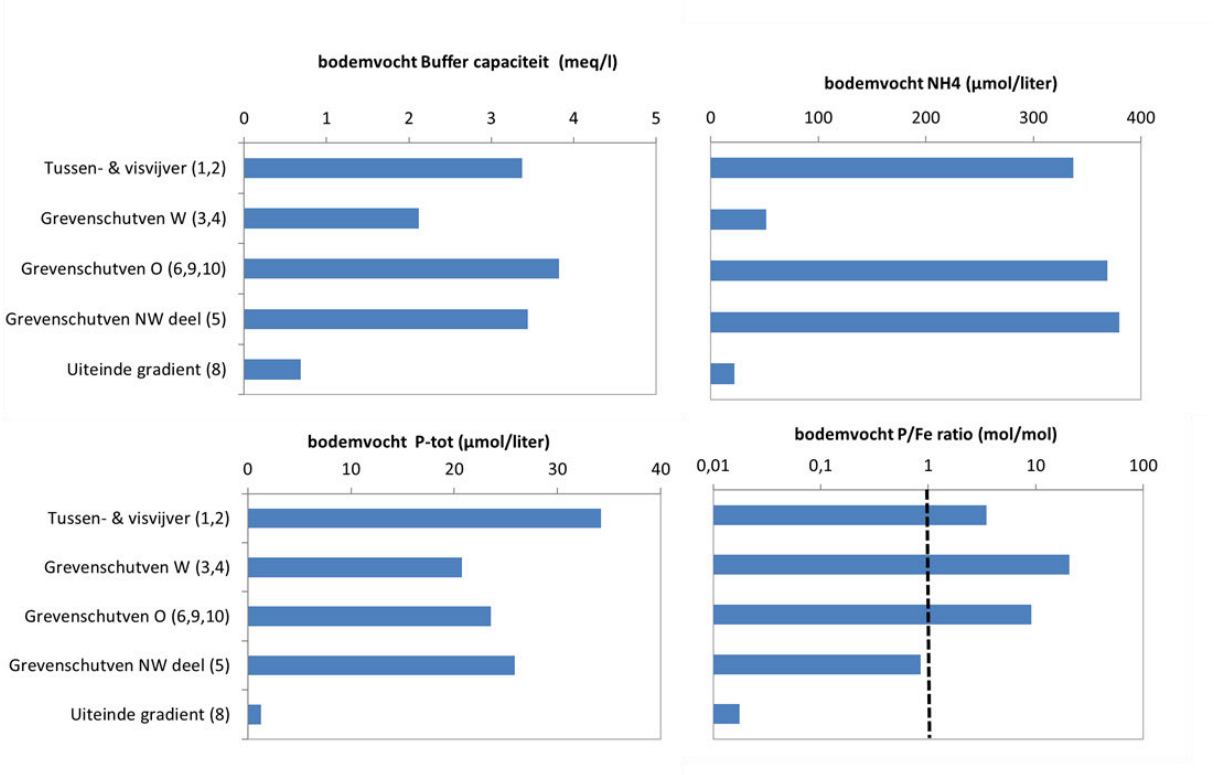
juist veel sulfaatreductie en vervolgens vorming van pyriet plaatsvinden. Het hiervoor benodigde ijzer laat dan fosfaat los, dat naar de waterlaag diffundeert, wat een mogelijke verklaring is voor de relatief lage fosforconcentraties in de waterbodem van de tussenvijver en bemonsterde visvijver.



Figuur 25 Bodemchemie: Totaal fosfor- en zwavelconcentratie, de ijzer:zwavel ratio (Fe/S) en de verhouding tussen calcium en magnesium en zwavel in de sliblaag (bovenste 20 cm) en de onderliggende zandlaag (0-10 en 10-20 cm). GVS = Greveschutven. In paars is de moerige laag weergegeven die is aangetroffen op het meetpunt in het noordwesten. Zie Figuur 21 voor locaties van de monsterpunten.

3.4 Bodemvocht

Ook de verhouding van fosfor en ijzer in het bodemvocht geeft een indicatie van het risico op fosformobilisatie naar de waterlaag. Het fosfor dat uit het slib vrijkomt (Figuur 25) komt eerst terecht in het bodemvocht (Figuur 26), van waaruit het kan uitspoelen naar de waterlaag. In welke mate dat gebeurt hangt onder meer af van de hoeveelheid opgelost ijzer in het bodemvocht. In de aërobe overgang tussen de sliblaag en de waterlaag kan ijzer neerslaan met fosfor. In de sliblaag is veel fosfor aanwezig (20-25 µmol P/l), met een ongunstige verhouding ten opzichte van ijzer (P/Fe-ratio > 1) (Figuur 2.7). Niet alle opgeloste fosfor kan gebonden worden door ijzer en een deel zal naar de waterlaag diffunderen. Het oppervlaktewater in het ven wordt daardoor verrijkt met fosfor. In het geïsoleerde noordwestelijke deel van het ven is ongeveer 0,5 micromol orthofosfaat gemeten, terwijl in niet vermeste vennen doorgaans minder dan 0,2 micromol aanwezig is. In het centrale deel van het ven lopen de concentraties orthofosfaat nog verder op, omdat daar ook periodiek veel fosfaatrijk oppervlaktewater wordt aangevoerd.



Figuur 26 Bodemvocht in de waterbodem: buffercapaciteit, ammonium, totale fosforconcentratie en de verhouding P/Fe (mol/mol) in de sliblaag (bovenste 20 cm) op verschillende locaties in het ven.

De hoge buffercapaciteit (2 – 3.5 meq/l) en de hoge concentraties ammonium (tot 350 µmol NH_4/l) in het bodemvocht duiden op afbraakprocessen in de sliblaag (Figuur 26). De hoge buffercapaciteit wordt deels veroorzaakt door zwavelreductie, waarbij sulfaat door sulfaatreducerende bacteriën gereduceerd wordt tot gasvormig waterstofsulfide (H_2S) of sulfide. Bij deze reactie wordt netto buffercapaciteit geproduceerd, omdat naast het sulfide ook (bi)carbonaat gevormd wordt. Het ammonium in het bodemvocht is waarschijnlijk zowel afkomstig van de anaerobe afbraak van organisch materiaal als van de reductie van nitraat uit de waterlaag; beide processen dragen bij aan de hoge buffercapaciteit. Het ammonium accumuleert in de sliblaag, omdat onder de anaërobe condities nitrificatie uitblijft. Wanneer door windwerking zuurstofrijk water de bodem bereikt, kan oppervlakkig nitrificatie plaatsvinden en mogelijk ook denitrificatie. Op luwe plekken kan de waterlaag boven het slib juist zuurstofloos worden en kan ammonium worden nageleverd aan de waterlaag.

Daar waar water- en oeverplanten wortelen in het slib, worden ammonium en fosfaat direct opgenomen uit de sliblaag. Dan is er ook zonder nalevering aan de waterlaag een direct vermestend effect.

3.5 Vermestende invloed van inlaatwater in een hersteld Greveschutven

3.5.1 Omvang van vermesting

De twee belangrijkste maatregelen die nodig zijn om een soortenrijk ven te herstellen, zijn het verwijderen van de sliblaag en de inlaat van water om uitdroging van de gradiënt in de noordoosthoek te voorkomen. Een risico hierbij is dat de inlaat van water op langere termijn weer gaat leiden tot vermesting van het ven. Om de mate van hernieuwde eutrofiering te kunnen inschatten, wordt in het navolgende de beschikbaarheid van vrij ijzer berekend, die in grote mate de fosfaatconcentratie in de waterlaag bepaalt.

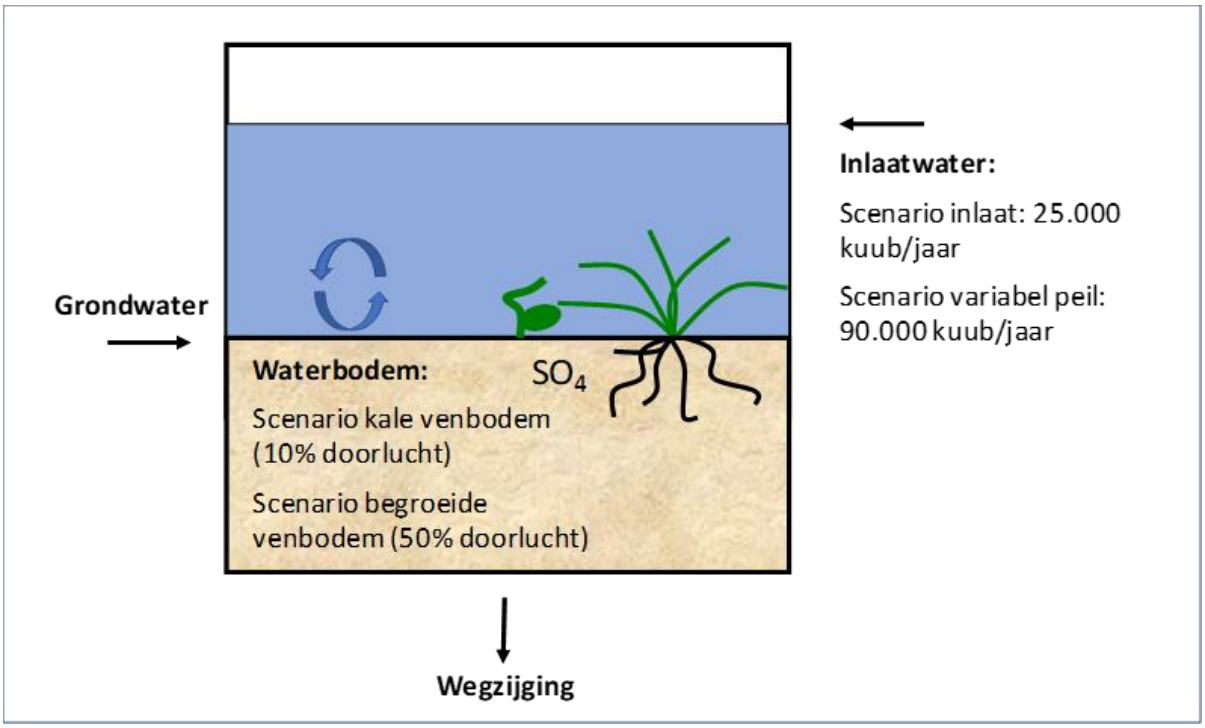
Een veelheid van factoren is van invloed op deze ijzer-fosfaatbalans, en slechts een deel van deze factoren is onderzocht. Er is daarom een aantal aannames gemaakt:

- Alleen de bovenste 10 centimeter van de bodem is actief in de uitwisseling van stoffen tussen waterbodem en waterlaag
- Na opschonen heeft het ven een zandige bodem, die geleidelijk begroeid gaat raken met waterplanten. Windwerking en wortelende planten vormen zuurstof aan naar de waterbodem. Het is moeilijk te voorspellen in welke mate hiermee de waterbodem van zuurstof wordt voorzien. Er is gewerkt met twee scenario's. In een eerste scenario wordt uitgegaan van een vegetatie-arm ven, waarbij alleen door windwerking zuurstof wordt aangevoerd (10% venbodem doorlucht). In een tweede scenario wordt uitgegaan van een goed begroeid ven, waardoor 50% van de waterbodem wordt doorlucht.
- In doorluchte bodem wordt geen sulfaat vastgelegd. Sulfaat spoelt uit in venwater concentratie (gemiddeld 300 micromol/liter in scenario variabel peil en 150 micromol in scenario inlaat). Alle ijzer is daar gebonden en spoelt niet uit bij wegzijging.
- In niet doorluchte bodem wordt alle sulfaat vastgelegd. Het ijzer lost deels op (10 micromol/liter) en spoelt daardoor uit bij wegzijging.
- Het aangevoerde sulfaat wordt vastgelegd tot een concentratie van 100 micromol/liter is bereikt in de waterlaag. In de praktijk nemen we daarom aan dat de lage sulfaatgehalten in

het grondwater niet worden vastgelegd, en dat van de 500 micromol per liter inlaatwater 400 micromol wordt vastgelegd.

Daarnaast kunnen een aantal factoren als vast getal worden meegenomen. Dat zijn o.a.:
- Samenstelling inlaatwater: 2 micromol totaal-P, 500 micromol sulfaat, geen ijzer
- Samenstelling grondwater: 1 micromol totaal-P, 130 micromol sulfaat, 15 micromol ijzer
- Minimaal benodigde waterinlaat: hiervoor worden twee scenario's doorgerekend, het scenario inlaat (continu hoog, 25.000 kuub/jaar) en het scenario met een laag winterpeil (90.000 kuub/jaar)
- Toestroom grondwater: deze is volgens het hydrologisch model ongeveer 250 kuub/dag
- Inzijging: deze is volgens het hydrologisch model ongeveer 350 kuub/dag

Per oppervlakte-eenheid kan nu worden uitgerekend hoeveel vrij ijzer beschikbaar is om fosfaat te binden en hoe snel dat in de verschillende scenario's bezet raakt met zwavel en fosfor.



Figuur 27 Schematisch overzicht van de vier scenario's, waarvoor is uitgerekend op welke termijn er ijzeruitputting gaat plaatsvinden.

De uitkomsten van de 4 scenario's lopen sterk uiteen. Wanneer jaarlijks in de winter water wordt afgelaten, moet dit in het voorjaar weer worden aangevuld met inlaatwater. Dit leidt in een schaars begroeid ven naar schatting al binnen 15 jaar tot uitputting van de ijzervoorraad (Tabel 1). In een (liefst met isoetide) waterplanten begroeid ven duurt dit langer, omdat in de beter doorluchte waterbodem sulfaat in oplossing blijft en dus kan uitspoelen richting het grondwater. IJzer lost juist niet op en spoelt ook niet uit.

In het scenario inlaat is ruim 3x minder inlaatwater nodig omdat het winterse neerslagoverschot van gebiedseigen water veel beter benut wordt. Hierdoor is de sulfaatconcentratie in het water lager, maar ook de afvoer van sulfaat via wegzijging. Het duurt nu naar schatting 60 jaar voordat het ijzer in een schaars begroeide situatie weer uitgeput is.

Voor een goed begroeid ven lijkt het er zelfs op dat er nauwelijks oplading van ijzer met sulfaat plaatsvindt in de waterbodem.

Tabel 1 Overzicht van de berekeningen van de 4 scenario's. Aangegeven is de aanvoer van oppervlaktewater (ow), grondwater (gw) en de daarin opgeloste stoffen. In het onderste deel is uitgerekend hoe snel de berekende ijzervoorraad in de zandbodem onder het slib verzadigd raakt met zwavel en fosfor.

	Kuub/jaar	liter/m2/jaar	Zwavel (mol/m2/jr)	Fosfor (mol/m2/jr)	Ijzer (mol/m2/jr)
OW-aanvoer scenario inlaat	25000	200	0,08	0,0004	0
OW-aanvoer scenario variabel peil	90000	720	0,288	0,00144	0
GW-Aanvoer scenario inlaat	91250	730	0	0,00073	0,01095
GW-aanvoer scenario variabel peil	91250	730	0	0,00073	0,01095
Afvoer zwavel wegzijging kaal ven	127750	1022	0,03066		
Afvoer zwavel wegzijging begroeid	127750	1022	0,1533		
Afvoer ijzer wegzijging kaal ven	127750	1022			0,009198
Afvoer ijzer wegzijging begroeid	127750	1022			0,00511
Jaarlijkse toename verzadiging ijzer	Inlaat	Kaal	0,062		
is aan- en afvoer S, P, Fe (mol/m2/jr)		Begroeid	-0,007		
	Variabel peil	Kaal	0,256		
		Begroeid	0,125		
Aantal jaren voor fosfaatverzadiging	Inlaat	Kaal	64,210		
		Begroeid	nvt		
	Variabel peil	Kaal	15,625		
		Begroeid	31,951		

De hierboven gemaakte, globale inschatting laat zien dat het handhaven van een variabel peil door jaarlijks veel water af te laten en weer in te laten op vrij korte termijn tot ijzeruitputting en dus ernstige vermesting van het Greveschutven leidt. Het zo veel mogelijk minimaliseren van de waterinlaat door het wateroverschot in de winter maximaal te benutten lijkt een goede manier om deze ijzeruitputting af te remmen, maar ook dan zijn er op termijn vrij grote eutrofiëringsrisico's. Alleen in combinatie met een venbodem die goed doorworteld is met waterplanten lijkt ook op lange termijn geen ijzeruitputting op te treden.

Dit wil nog niet zeggen dat bij een voldoende ijzerbeschikbaarheid geen eutrofiëringsverschijnselen kunnen optreden. Met het inlaatwater komt ook ongeveer 1 micromol orthosfosfaat mee, wat gelijk staat aan 0,03 milligram fosfor. Dit is 5-10x hoger dan gewenst en zal tijdens perioden met inlaat tot uiting komen in versterkte algengroei, zowel in het water als op de waterplanten. En tot de groei van wat meer eutrafente waterplanten zoals gesteeld glaskroos, naaldwaterbies, bronmos en watervorkje.

Ook is in de berekeningen geen rekening gehouden met mogelijke andere eutrofiëringsbronnen. In een gebied met veel vogeldoelstellingen, ligt extra fosfaataanvoer via vogels voor de hand. De combinatie van grote aantallen watervogels en waterinlaat leidt vrijwel zeker op korte termijn tot nieuwe vermesting en slibvorming, ook al door de nog steeds hoge stikstofdepositie.

Al met al ontstaan bij het inlaten van grote hoeveelheden water vrij grote risico's voor de waterkwaliteit, zowel op de korte als op de lange termijn.

3.5.2 Maatregelen om vermesting te verminderen

Mogelijkheden voor voorzuivering inlaatwater Greveschutven

Voorzuivering van het inlaatwater is een mogelijk middel om het risico op hernieuwde vermesting na opschonen van het Greveschutven te verkleinen. De belangrijkste stoffen die bijdragen aan vermesting van het Greveschutven zijn sulfaat, nitraat en fosfaat. De enige praktische locatie voor zo'n voorzuivering is de tussenvijver. Op dit moment wordt water ingelaten in de tussenvijver en vervolgens grotendeels naar de overige visvijvers gestuurd en voor een kleiner deel naar het Greveschutven. Gezien de grote hoeveelheden inlaatwater die nodig zijn om het Greveschutven op peil te houden, zal het moeilijk worden om dit inlaatwater voldoende te kunnen voorzuiveren. In ieder geval zijn dan twee randvoorwaarden nodig: 1) het water in de tussenvijver wordt alleen gebruikt voor inlaat in het Greveschutven, 2) de verblijftijd in de tussenvijver moet voldoende lang zijn.

De concentraties van de drie genoemde vermestende stoffen kunnen ieder op een andere manier middels voorzuivering worden verlaagd. Nitraat en sulfaat kunnen in de zuurstofarme vijverbodem als elektronacceptor dienen, voor elektronen die vrijkomen bij de afbraak van organisch materiaal. Hierbij wordt sulfaat omgevormd naar elementair zwavel, dat vervolgens aan ijzer bindt om pyriet te vormen. Nitraat wordt omgezet naar nitriet en kan vervolgens ontsnappen als gasvormig stikstof; naarmate de omstandigheden sterker reductief zal een groter deel worden omgezet naar ammonium dat grotendeels aan de bodem bindt. Voor de genoemde omzettingen is het dus van belang dat er voldoende, makkelijk afbreekbaar organisch materiaal beschikbaar is. De fosfaatconcentratie wordt vooral verlaagd doordat fosfaat bindt aan ijzer, met name ijzerhydroxiden. Voor de stabiliteit van deze binding is het van belang dat de bodem periodiek goed doorlucht wordt. Ook kan periodieke droogval helpen om te sterke ophoping van pyriet tegen te gaan.

Als de tussenvijver als voorzuiveringsbekken wordt ingezet, is er dus behoefte aan afbreekbaar organisch materiaal, en zal het bekken om de paar jaar droog moeten worden gezet. Ook is er behoefte aan een flinke ijzervoorraad.

Een goede bron van organisch materiaal en ijzer is wellicht het toevoegen van ijzerslib dat als afvalproduct vrijkomt bij de waterwinning. Een eenmalige toevoeging van bijvoorbeeld een 10 cm dikke laag brengt waarschijnlijk voldoende ijzer in de bodem. Een duurder alternatief is het aanbrengen van ijzerchloride of ijzersulfaat. Voor het binden van alle fosfaat uit 100.000 m2 inlaatwater is zo'n 13 kilo ijzerchloride nodig. Schatting hiervoor is als volgt. In 100.000 kuub inlaatwater met 1 micromol fosfaat, zit 100 mol fosfaat. Om dit te binden is 100 mol ijzerchloride nodig oftewel 100x126 gram/mol = 12,6 kilogram. In de praktijk is wel een ruime overdosis nodig om een efficiënte binding te krijgen. Ook moet er rekening mee worden gehouden dat het inlaatwater zo'n 500x meer sulfaat bevat dan fosfaat, en dat dit sulfaat ook ijzer gaat vastleggen. In de praktijk is dus eerder ongeveer een ton ijzerchloride nodig. Ook kan aanbrengen van ijzer tot een eenmalige zuurschok leiden; dit kan dus het beste worden aangebracht in een droge situatie zodat er geen vissen en overige fauna dood kan gaan.

Voor de verwijdering van sulfaat en nitraat is organisch materiaal nodig. Dit moet vrij voedselarm materiaal zijn, zodat bij afbraak niet te veel voedingsstoffen vrijkomen. Dit kan bijvoorbeeld maaisel of plagsel zijn, of overtollige waterplanten uit de overige vijvers. Ook kan wellicht de groei van bomen rond de tussenvijver worden gestimuleerd, zodat er meer bladinwaai plaatsvindt.

Onder permanent natte condities wordt het ijzerhydroxide geoxideerd en raakt ijzer uitgeput door de vorming van ijzer-zwavelverbindingen (pyriet). Om de zuiveringscapaciteit te behouden is het nodig om de tussenvijver om de paar jaar droog te zetten. Het opgehoopte zwavel komt nu weer vrij in de vorm van sulfaat, dat oplost in het water wanneer de vijver zich weer vult. Dit sulfaatrijke water moet dan worden afgevoerd. Op die manier wordt ijzer als het ware geregenereerd en kan het weer opnieuw fosfaat (en sulfaat) uit het inlaatwater binden. Droogvalperioden zijn wellicht momenten waarop watercrassula zich zo kunnen vestigen in de tussenvijver. Tijdens droogval kan hierop worden gelet, en de droogvalperiode kan vrij kort worden gehouden; ongeveer 6 weken.

Een mogelijke bron van ijzer en organisch materiaal is ook het slib uit het Greveschutven zelf. In de huidige toestand is dit veel te zwavelrijk. Dit kan echter veranderen door het slib in depot te zetten en enkele malen flink te besproeien met bijvoorbeeld inlaat (Tongelreep-)water. In het depot kan zuurstof doordringen in het slib, waardoor pyriet wordt omgezet in ijzer (wat achterblijft) en zwavelzuur (wat oplost als zuur en sulfaat). Door flink te besproeien kan zuur, sulfaatrijk water worden afgevoerd en blijft ijzerhoudend slib achter. Waarschijnlijk is het verstandig om het slib ook te bekalken, omdat anders sterke verzuring en uitspoeling van zware metalen kan optreden.

Kort samengevat is voorzuivering in de tussenvijver afhankelijk van de volgende ingrepen:

1) Geen wateraanvoer meer naar de overige vijvers via de tussenvijver. Deze wordt alleen nog gebruikt om het Greveschutven te voeden
2) Periodiek droogzetten van de tussenvijver. Nadat deze zich weer vult, moet er een mogelijkheid zijn om het dan zeer sulfaatrijke water af te laten richting bijvoorbeeld de Tongelreep
3) Aanbrengen van een voldoende grote ijzervoorraad in de tussenvijver
4) Zorgen voor voldoende organisch materiaal in de tussenvijver
5) Een zo hoog mogelijke waterstand in de tussenvijver aan het eind van de winter, liefst met zo veel mogelijk gebiedseigen water

Mogelijkheden voor droogval van het Greveschutven

Dezelfde processen van droogval, oxidatie en reductie, die in voorgaande paragraaf zijn beschreven voor de Tussenvijver, kunnen worden gebruikt om de ijzervoorraad in de bodem van het Greveschutven periodiek te reactiveren. Hiervoor kan men het ven periodiek (bijvoorbeeld eens per 20 jaar) leeg laten lopen. Omdat bij de oxidatie van ijzersulfiden veel ongewenst sulfaat vrijkomt is het van belang dat af te voeren. Dat kan door na de eerste droogval een dunne laag (enkele decimeters) Tongelreepwater in te laten en voor een tweede keer het ven leeg te laten lopen. Tenslotte wordt het ven weer gevuld met Tongelreepwater.

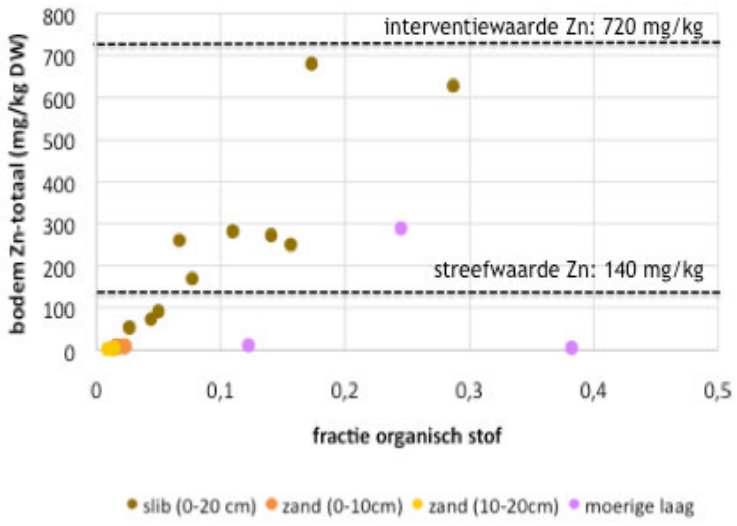
Gezien de intolerantie voor droogval van de bijzondere fauna in de noordoostelijke uitloper is deze maatregel risicovol. Om schade aan de levensgemeenschap te voorkomen moet er in de uitloper een tijdelijk dijkje wordt aangelegd waarmee dit deel van het Greveschutven watervoerend blijft.

3.6 Conclusies

Met betrekking tot de sliblaag en de waterbodem:

- De sliblaag in het Greveschutven is enkele decimeters dik. Deze vormt een anaërobe laag, waarin geen kieming kan plaatsvinden van karakteristieke plantensoorten van (zeer) zwak gebufferde vennen. Bovendien leidt in het centrale deel van het Greveschutven de opwerveling van het slib tot vertroebeling van de waterlaag. Ondergedoken waterplanten, zoals oeverkruid (*Litorella uniflora*) en drijvende waterweegbree (*Luronium natans*), kunnen zich onder deze condities niet vestigen.
- De sliblaag is rijk aan fosfor en zwavel en relatief arm aan ijzer. Het aanwezige ijzer is niet voldoende in staat om fosfor te binden en daardoor vindt nalevering plaats vanuit de sliblaag naar de waterlaag. In de huidige situatie is de netto nalevering klein; er vindt ook fosfaataanvoer plaats via het oppervlaktewater en via uitzakkende algen is het fosfaattransport naar de bodem ook groot. Ook wanneer de aanvoer van fosfaatrijk oppervlaktewater wordt gestopt, zal de fosfaatconcentratie te hoog blijven als gevolg van nalevering vanuit de waterbodem. In het geval van (tijdelijke) droogval bestaat het risico dat verzuring optreedt doordat gereduceerde zwavelverbindingen geoxideerd worden. De protonen die daarbij vrijkomen kunnen waarschijnlijk niet geheel geneutraliseerd worden vanwege de beperkte aanwezigheid van calcium en magnesium in de sliblaag. Wel is het mogelijk om door droogval grote hoeveelheden zwavel uit het systeem af te voeren, maar een dergelijke droogval is onwenselijk vanwege de bijzondere macrofauna die zomerse droogval slecht verdraagt.
- De onderliggende zandlaag heeft relatief lage fosfor- en zwavelconcentraties en een voldoende ijzervoorraad. Indien de sliblaag verwijderd wordt biedt dit een goede uitgangsituatie voor herstel van ven-levensgemeenschappen.

De zinkconcentraties in de sliblaag zijn over het algemeen <300 mg Zn/kg droge bodem (Figuur 28). Op twee locaties (de geïsoleerde delen in het noordwesten en het noordoosten) zijn concentraties tot 680 mg Zn/kg gemeten. Deze concentraties zijn lager dan de wettelijk vastgelegde interventiewaarde van 720 mg Zn/kg voor vervuilde bodems.



Figuur 28 Zinkconcentraties (mg/kg droge bodem) in de waterbodem. De bruine punten zijn de concentraties in de sliblaag (0-20 cm). De stippellijnen geven de achtergrondwaarde en de maximale waarde kwaliteitsklasse industrie aan van 140 respectievelijk 720 mg Zn/kg droge bodem (Regeling Bodemkwaliteit, www.wetten.nl). Deze komen overeen met de vroegere streef- en interventiewaarden uit de Circulaire Bodemsanering 2009.

Met betrekking tot grond- en oppervlaktewater:

- De invloed van matig tot sterk gebufferd Tongelreepwater dat is belast met fosfaat, nitraat en sulfaat is groot tot in de centrale delen van het Greveschutven. Alleen in de uitlopers naar het oosten is een gradiënt aanwezig naar zuur, voedselarm heidewater. In het noordoostelijk deel komen nog steeds plant- en diersoorten voor van zwak gebufferde wateren.
- Het oppervlaktewater in het centrale deel van het ven is relatief rijk aan fosfaat en zwavel en arm aan ammonium. De hoge belasting met fosfor wordt veroorzaakt door aanvoer van oppervlaktewater en door nalevering uit de aanwezige sliblaag.
- Uitgezonderd het agrarische perceel aan de noordzijde is het grondwater relatief arm aan fosfor, ammonium, nitraat en zwavel.
- Grondwater dat vanuit de oostzijde toestroomt naar het ven is zeer zwak gebufferd met een bicarbonaatconcentratie van circa 100 µmol HCO_3/l). Het is tevens zeer arm aan fosfor en ammonium. In het ondiepe grondwater (1,2m –mv) zijn licht verhoogde nitraatconcentraties aangetroffen.
- Onder de agrarische percelen aan de noordzijde (Verkooijen) zijn als gevolg van het landbouwkundig gebruik in het grondwater sterk verhoogde concentraties fosfor gemeten, alsook nitraat en ammonium.

4 Hydrologie

Foto 3 Greveschutven

4.1 Inleiding

De waterkwaliteit van het Greveschutven is redelijk, maar kan mogelijk verbeteren door het nemen van hydrologische beheersmaatregelen. In de huidige situatie ontvangt het Greveschutven naast regenwater tevens grondwater uit de omgeving en water afkomstig van de Tongelreep. De waterkwaliteit van deze beek kan binnen het gebied Valkenhorst niet worden verbeterd. Uit grootschalige modellering van het gehele stroomgebied van de Dommel (Waterschap De Dommel 2010) is naar voren gekomen dat het Greveschutven deels is geïsoleerd van het regionale grondwatersysteem, wat betekent dat zich onder het ven een slecht doorlatende laag of lagen bevinden. Bij die modellering is ook de aanvoer van water via het slotenstelsel buiten beschouwing gelaten. Het was dus niet bekend in welke mate Tongelreepwater de waterkwaliteit van het Greveschutven zou kunnen beïnvloeden en ook niet hoeveel grondwater –van goede kwaliteit- naar het Greveschutven toestroomde. Omdat de aanvoer van grondwater naar het Greveschutven mede bepaald wordt door het verschil in waterstand tussen Greveschutven en grondwater in de omgeving, zijn maatregelen (bosomvorming) ter hand genomen. Hierdoor zal de verdamping (evapotranspiratie) verminderen, zodat de netto neerslagsom (neerslag minus verdamping) zal toenemen en het grondwaterpeil stijgen, met als gevolg dat er meer grondwater naar het Greveschutven zal kunnen toestromen. Het was echter niet mogelijk de effectiviteit van die maatregelen te bepalen, zonder gedetailleerde en kwantitatieve kennis van de waterbalans van het Greveschutven. Het gaat daarbij om de hoeveelheden water die wordt aangevoerd naar, en afgevoerd vanaf het Greveschutven.

Voor het bepalen van de stroming van grondwater van en naar het grondwatersysteem is nadere kennis gewenst van de aanwezigheid en spreiding van slecht doorlatend lagen in en om het Greveschutven. Ook voor de modellering is dergelijke kennis een vereiste. Derhalve is extra inspanning verricht in het in kaart brengen van de bodemlagen rondom het Greveschutven (tot maximaal 4 m diepte) en van de verzadigde doorlatendheid van de venbodem.

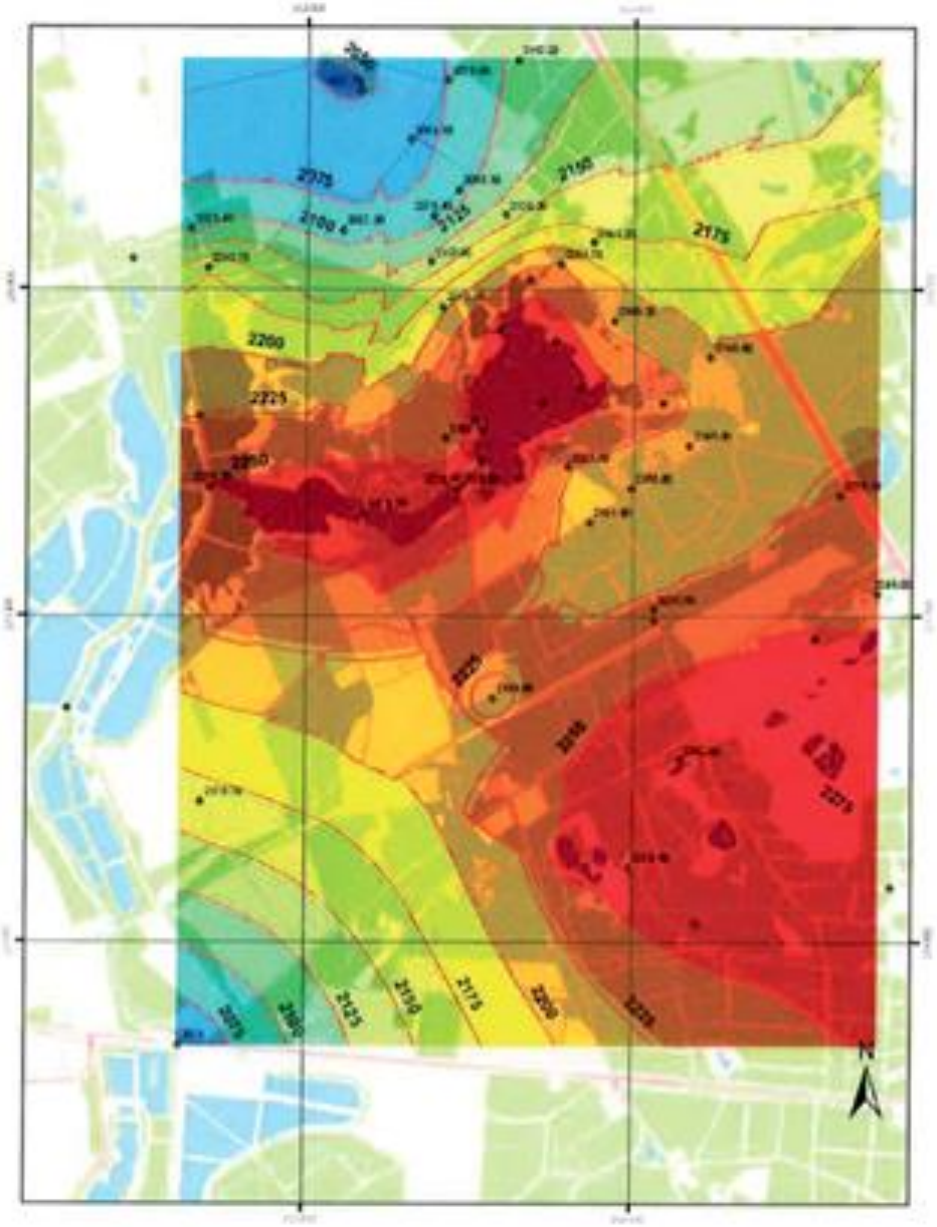
Het te ontwikkelen hydrologisch modelinstrumentarium zou het mogelijk moeten maken om bepaalde scenario's van waterbeheer door te rekenen op effectiviteit. De scenario's zijn gericht op minimalisatie van de inlaat van water afkomstig van de Tongelreep.

Doelen van het hydrologisch modelonderzoek waren:

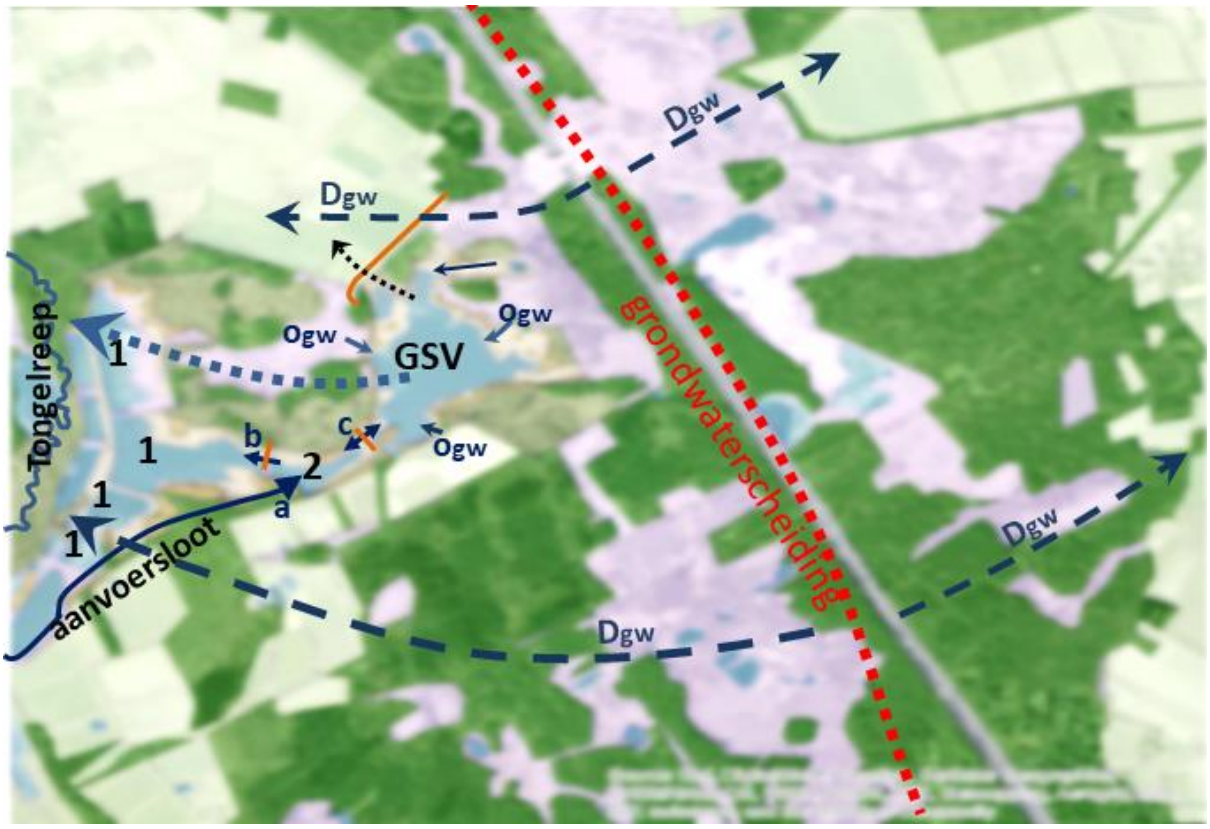
- het opstellen van de waterbalans van het Greveschutven

- het analyseren van de variatie in de tijd van de verschillende posten van de waterbalans

- het berekenen van de effecten van beheermaatregelen op de waterbalans en waterpeil van het Greveschutven (scenario analyse)



Figuur 29 Isohypsen Valkenhorst en omgeving van 11-14 oktober 2005. (Goijer en Appel, 2006).



Figuur 30 Hydrosysteem Greveschutven. GSV=Greveschutven; 1=visvijvers,2=Tussenvijver; a= inlaat stuw K1; uitlaatstuw K2; duiker K3; Dgw=stroombanen regionaal grondwatersysteem; Ogw=stroombanen ondiep grondwater en oppervlakkige afspoeling; ononderbroken lijn= stroming oppervlaktewater.

4.2 Waarom een nieuw waterstroming model

Het bestaande modelinstrumentarium zoals op basis van TRIWACO ontwikkeld door Haskoning (Waterschap De Dommel 2010) vormt een uitstekende informatiebron voor de stroming van grond- en oppervlaktewater en van de waterpeilen in regionaal perspectief. De resolutie van het TRIWACO-model is ter plaatse van het Greveschutven 25 m., wat redelijk nauwkeurig is, ook voor de doelen van dit onderzoek. Omdat het een regionaal model is zijn hydraulische details, zoals stuwen, duikers, e.d. niet expliciet opgenomen. Om de waterstroming van en naar het Greveschutven dynamisch (per dag) te kunnen berekenen zijn zulke details wel noodzakelijk. Vooral om verschillende beheersmaatregelen te kunnen evalueren op haalbaarheid en effectiviteit met betrekking tot de gewenste waterstanden en waterkwaliteit is het nodig om de in- en uitstroomhoeveelheden te kennen.

Een tweede reden om een gedetailleerde modellering op te zetten is dat het Greveschutven zijn aanwezigheid dankt aan het voorkomen van een 5-60 cm dikke sliblaag (IWACO, 2001) onder het ven. Er is sprake van een ven waarin het water niet of niet voortdurend in contact is met het grondwater, dat 1-2 m dieper staat. In het TRIWACO-model zijn de vennen met een dergelijk schijngrondwaterspiegel niet expliciet gemodelleerd, mede omdat de verbreiding van de leemlagen niet gedetailleerd bekend is.

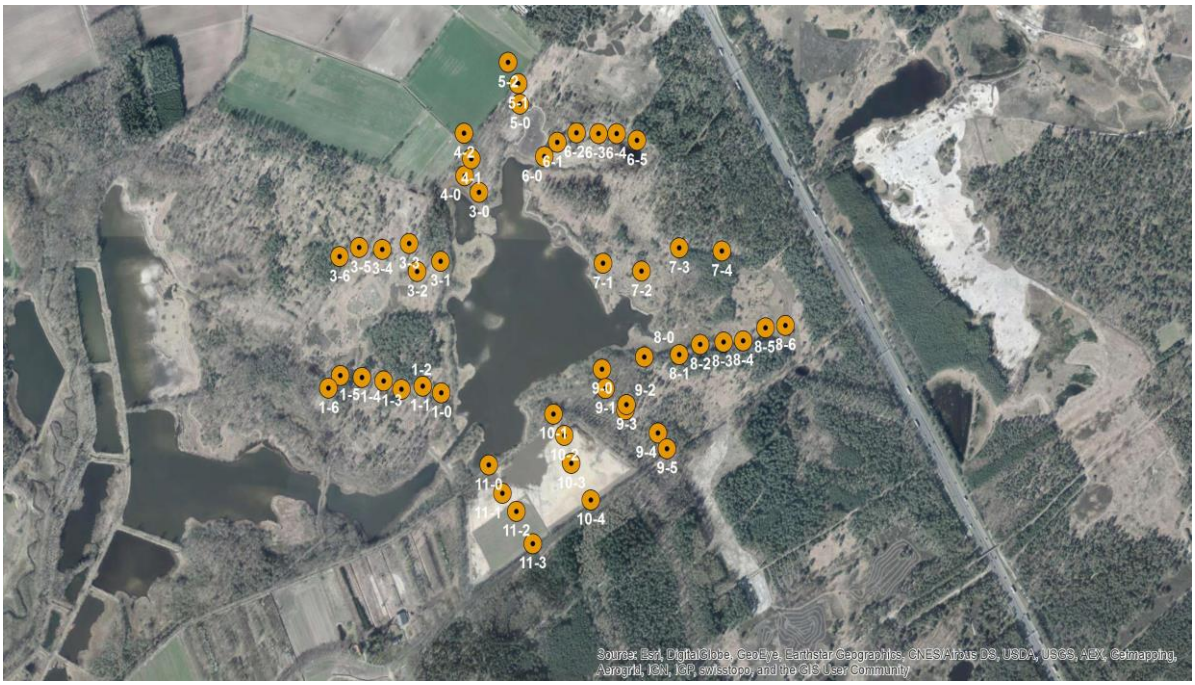
Getuige de isohypsen van oktober 2005 (Figuur 29) treedt er overwegend infiltratie en percolatie op van een deel van neerslagoverschot (som neerslag min verdamping) naar het grondwater. Óf er in het voorjaar enige grondwaterkwel tot stand komt hang af van het waterpeil in het ven en de voorjaarstijghoogte van het grondwater om het ven. Door monitoring van de waterstanden in grondwaterstijgbuizen, met filters op dieptes boven en onder de leemlaag, gedurende 1 jaar is onderzocht of er kwel optreedt in het voorjaar. Hoe groot de kwelflux is kan uit deze gegevens niet worden afgeleid.

Met een gedetailleerd hydrologisch model kan worden berekend hoeveel water per dag (waterflux) het ven inkomt als neerslagwater, inlaat water (Tongelreep), en (eventueel) grondwater alsmede de uitgaande waterflux door wegzijging naar grondwater en verdamping. Tevens kan worden bepaald in welke delen van het ven er vooral wegzijging optreedt, wat noodzakelijke informatie is voor het opstellen van plannen voor verbetering van de waterkwaliteit in het ven en handhaving van gewenst waterpeil bij minimalisatie van de inlaat van gebiedsvreemd water (uit de Tongelreep). Na kalibratie van het model kan met scenario's (inlaat stoppen, bosomvorming, e.a.) de veranderingen in de bijdragende waterflux naar het ven worden gekwantificeerd (voorspeld).

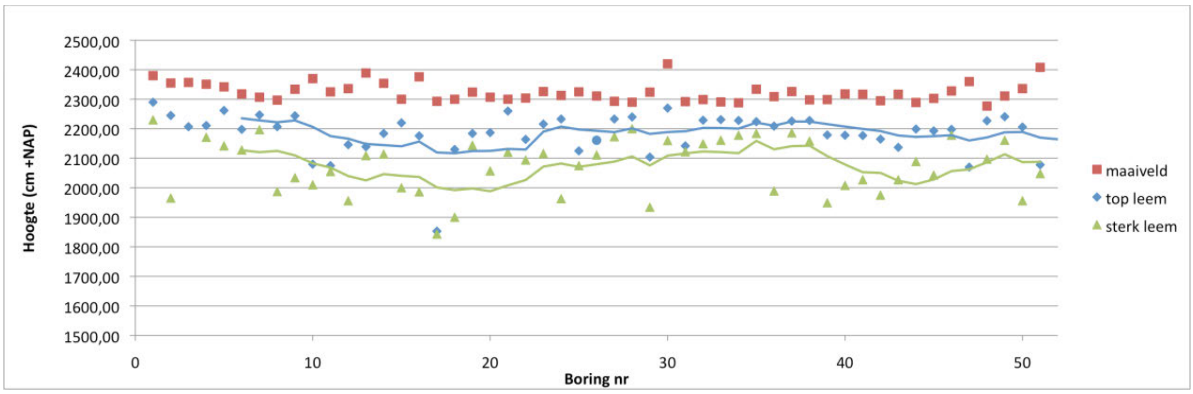
Voor het ontwikkelen van een gedetailleerd model (resolutie: 5 m., tijdstap: dag) is het nodig om over meer informatie te beschikken van het voorkomen van slecht doorlatende leemlagen rondom het ven, van de neerslag en (referentie)verdamping en van de inlaat van water.

4.3 Hydrosysteem Greveschutven

Het Greveschutven is gelegen op de westflank van het regionale grondwatersysteem tussen Tongelreep in het westen en de Groote Aa ten Oosten. De Tongelreep vormt de drainagebasis voor het lokale grondwatersysteem aan de westzijde van de waterscheiding. Direct ten noorden van het Greveschutven ligt een agrarisch gebied met diepe sloten die soms droogvallen, maar bij hoge grondwaterstand waterafvoeren en daardoor het lokale grondwatersysteem beïnvloeden. In het gebied ten oosten van de waterscheiding is eveneens een netwerk van diepe deels droogvallende sloten aanwezig. De drainagebasis voor het lokale grondwatersysteem wordt in het gebied ten oosten van het Greveschutven vooral bepaald door peil in het slotenstelsel. Tussen het Greveschutven en de Tongelreep liggen een aantal visvijvers, waarvan het waterpeil varieert afhankelijk van beheer. Via een stelsel van stuwtjes en duikers kunnen vijvers worden drooggelegd of opgevuld met water uit de Tongelreep. Het peil van deze visvijvers is mogelijk van groot belang voor het lokale grondwatersysteem. Het waterpeil in de vijvers wordt niet geregistreerd.

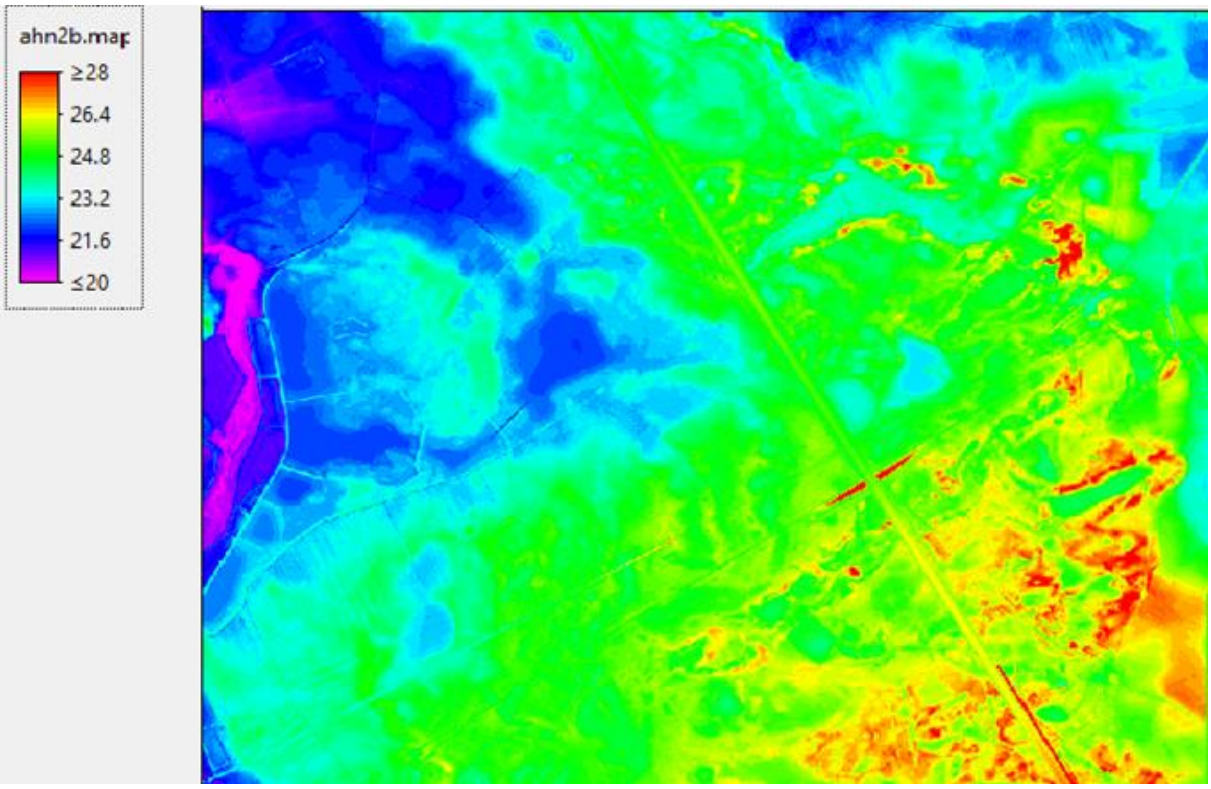


Figuur 31 Boorlocaties bodemonderzoek (Hanhart Consult, maart 2016).



Figuur 32 Verspreiding leemlaag (Hanhart Consult, maart 2016).

Net als de visvijvers wordt het waterpeil van het Greveschutven beheerst met een stelsel van duikers en stuwen. Water afkomstig van de Tongelreep wordt via een aanvoersloot geleid naar een inlaat stuw in de zuidwesthoek van de Tussenvijver. Het waterpeil in de aanvoersloot wordt vooral bepaald door de instelling van het waterverdeelwerk Driebruggen ten zuiden van het Greveschutven. Onderweg haalt visclub "de venbergen" water uit de watergang voor hun hengelvijvers. Het peil in de aanvoersloot is niet constant. Indien het waterpeil in de aanvoersloot hoger is dan de stuw stroomt water naar de Tussenvijver. Aan de westzijde van de Tussenvijver kan water via een stuw wegstromen naar de visvijvers in het westen. De hoeveelheden die wegstromen zijn afhankelijk van het peil in de Tussenvijver en de stuwhoogte. De Tussenvijver staat via een duiker in open verbinding met het Greveschutven. Indien het peil in het Greveschutven lager is dan in de Tussenvijver stroomt er water naar het Greveschutven en omgekeerd.



Figuur 33 Hoogtekaart van het Greveschutven en omgeving. PCRasterkaart ontleend aan AHN-2 en waterbodemonderzoek IWACO (2001).

In het algemeen wordt in de winter (november-maart) een verlaagd peil in het Greveschutven aangehouden teneinde rietmaaien en verwijderen van boom- en struikopslag te vergemakkelijken (mededeling Mari de Bijl). Deze peilveranderingen worden gerealiseerd door schotbalken toe te voegen of weg te halen van zowel de inlaat stuw als de uitlaatstuw. Er is geen duidelijke richtlijn voor het instellen van de stuwhoogten. Indien het gewenste waterpeil in Greveschutven wordt overschreden of onderschreden wordt de stuwhoogte bijgesteld, maar dat gebeurde niet continue of systematisch.

Het Greveschutven staat in verbinding met het grondwater onder het ven en met het grondwater in de omgeving. Het was niet bekend in welke mate het Greveschutven grondwater uit de omgeving ontving. Omdat de waterdoorlatendheid van de venbodem evenmin bekend was bestond er geen goed inzicht in de mate waarin het Greveschutven water 'verliest' aan het grondwater. Algemeen werd aangenomen dat onder het ven slecht doorlatende bodemlagen aanwezig waren, maar over de dikte en het ruimtelijk voorkomen van die lagen bestond geen gedetailleerde informatie.

4.4 Onderzoek doorlatendheid bodem en ondergrond

De dikte en eigenschappen (korrelgrootte) van de sliblagen op en in de venbodem zijn bepaald door boringen uitgevoerd door IWACO (2001). In dit onderzoek is de waterbodem bemonsterd tot op ca 120 cm. beneden de waterspiegel. Daarbij is een sliblaagdikte gemeten van 5-70 cm dik met daaronder zandige lagen met soms kleilagen.

Uit het vooronderzoek is gebleken dat via het DINO-loket geen informatie beschikbaar is van het voorkomen van leemlagen in de bovenste bodemlagen. Vrijwel alle gegevens van boringen beginnen bij een diepte van 10 m of meer beneden maaiveld, terwijl voor het lokale grondwatersysteem van het Greveschutven gegevens van de eerste 10 m vooral van belang zijn.

Daarom is een boorprogramma opgezet met als doel het voorkomen en de ruimtelijke verspreiding van ondiepe leemlagen in het gebied om het Greveschutven te bepalen. Dit boorprogramma is uitgevoerd namens Hanhart Consult (Wim Hoek).

De selectie van boorpunten is gebaseerd op de te verwachten relaties door grondwaterstroming tussen Greveschutven en het lokale grondwatersysteem. Hiertoe zijn 10 raaien met in totaal 51 boringen opgenomen in het boorplan (Figuur 31). Geboord is handmatig tot maximaal 4 m diepte met een Edelman boor en onder de waterspiegel met een pulsboor. Tijdens de boringen zijn de korrelgrootte, kleur en diepte van het grondwater vastgesteld. Voor de hydrologie is vooral de korrelgrootte van belang omdat die een indicatie is voor de waterverzadigde doorlatendheid. (Bijlage 11.1 Boringen: op CD) Vrijwel overal is bij de boringen leem aangetroffen, variërend van vaste, stugge leem welke nauwelijks doorlatend is, tot zandige leem die beperkt doorlatend is in vergelijking tot zand. Op diverse plaatsen is meer of minder veraard veen aangetroffen of humusrijke zandlagen, vaak bedekt met stuifzand. Veen en humusrijk zand hebben net als leem een geringere doorlatendheid dan zand. Van alle boorlocaties is de hoogte (in m +NAP) opgemeten met differentiële gps-apparatuur. Waar D-GPS niet goed werkte zoals onder dicht bos zijn de hoogtewaarden van het algemeen hoogtemodel van Nederland (AHN-2) gebruikt.

Leemlagen hebben de grootste invloed op de waterdoorlatendheid. In de omgeving van het Greveschutven beginnen de leemlagen (Figuur 32) op een diepte van 50-210 cm –mv (gemiddeld 131 cm -mv, StDev 84 cm) en sterk leem begint op 100-400 cm –mv (gemiddeld 235 cm -mv, StDev 110 cm). Er is geen duidelijk patroon in het voorkomen van de leemlagen vast te stellen. In de polder ten noorden het Greveschutven beginnen volgens de Bodemkartering Valkenhorst (Gijs van de Sande, 2012), waarbij tot 100 cm diepte is geboord, de leemlagen op een diepte van 50-90 cm –mv, terwijl door Hanhart Consult op een aantal plaatsen het leem pas veel dieper begint. Het maaiveld in de polder ten noorden van het Greveschutven is echter lager dan in de omgeving van het Greveschutven waar de boringen zijn gezet.

Het is niet duidelijk geworden of de leemlagen doorlopen of meer lensvormig zijn zoals bekend is van de Nuenen Formatie. De leemlagen zijn oorspronkelijk afgezet gedurende periglaciale perioden (ijstijden toen het landijs zich op grote afstand van het gebied bevond) door vlechtende riviersystemen. Als de afzettingen lensvormig zijn is het te verwachten dat de waterdoorlatendheid tussen die lenzen aanmerkelijk hoger is. In het bodemonderzoek zijn zulke plaatsen niet aangetroffen.

Ten noorden en ten oosten van het Greveschutven zijn ijzerrijke afzettingen aangetroffen op en in de leemlagen, wat duidt op de aanwezigheid van zuurstof in die bodemlagen. Dat betekent dat op die plaatsen sprake is, of is geweest van tamelijk sterke inzijging en verdroging van de bovengrond. Ten Zuiden en ten oosten van het Greveschutven is in de bovengrond veel

humeus materiaal en veen aangeboord. In het zuidelijk deel zijn ook veenlagen dieper in de bodem aangetroffen. Die veenlagen liggen op een NAP-hoogte die overeenkomt met de (oorspronkelijke) bodem van het Greveschutven. Dit duidt erop dat het Greveschutven oorspronkelijk deel uitmaakte van een omvangrijker veen of moerasgebied dat zich uitstrekte van noord naar zuid over een lengte van ten minste enkele kilometers.

Vooral ten zuiden en ten oosten van het Greveschutven is door duinvorming veel stuifzand afgezet over de leemrijke zandlagen. Diverse dekzandruggen en paraboolarmen zijn herkenbaar in het landschap, geaccentueerd door begroeiing met relatief hoge grove dennen (Figuur 33).

In verband met de aanleg van visvijvers, waar ook het Greveschutven deel van uitmaakte, zijn er dammen en dijken aangelegd welke de waterhuishouding aanmerkelijk hebben veranderd. Het veen/moerasgebied werd geïnundeerd met water uit de Tongelreep. Een dam ten noorden van het Greveschutven (Greveschutweg) zorgde ervoor dat het water werd opgestuwd en het Greveschutven ontstond. Ten noorden van de dam werd het grondwater juist verlaagd ten behoeve van landbouwactiviteiten door middel van een stelsel van greppels en later in het midden 20^{e} eeuw werden drains aangelegd en diep geploegd. Als gevolg van deze ingrepen en de drinkwaterwinningen in dit deel van Noord-Brabant zijn de grondwaterstanden verder gedaald. Delen van de bodem verdroogde en door de toename van zuurstof oxideerde bodemijzer. Dit verklaart de aanwezigheid van veel geoxideerd ijzer (roestlagen) in de bodem vooral aan de noord en west kant van het Greveschutven.

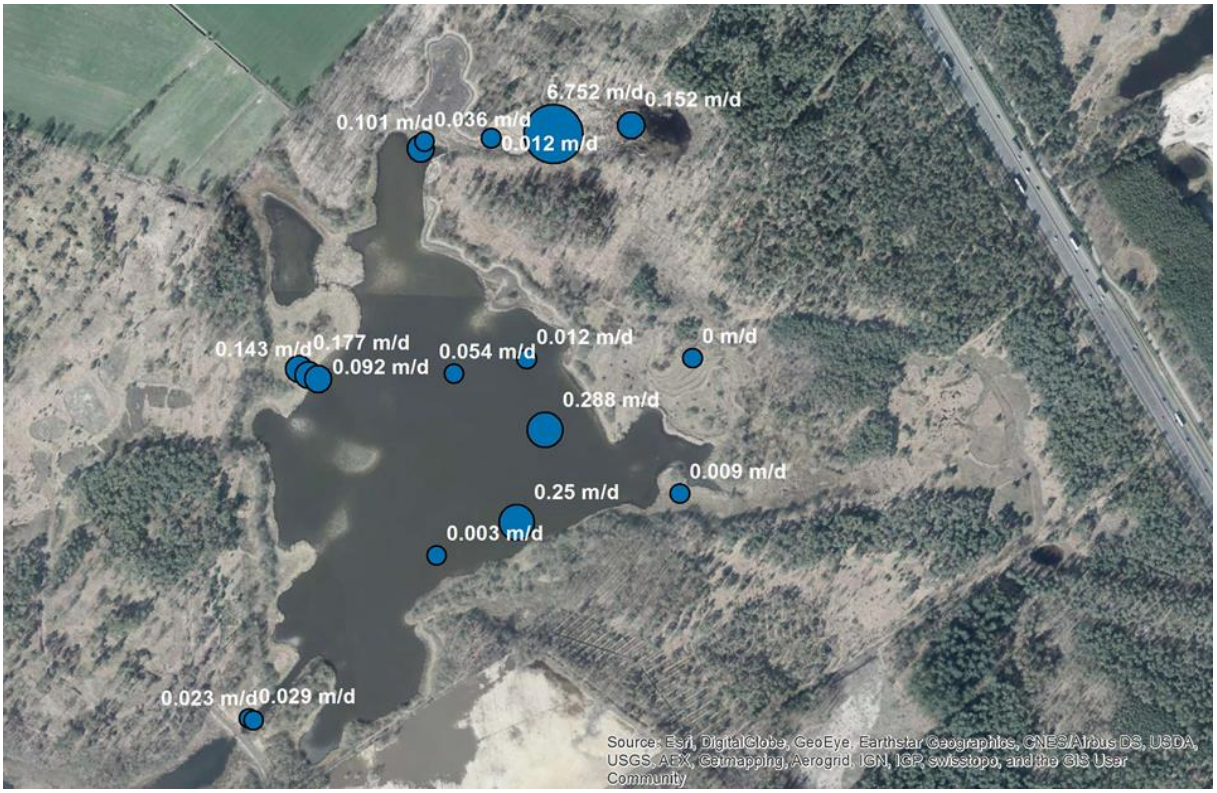
4.5 Permeabiliteit venbodem

Het waterpeil van het Greveschutven daalt in langere droge perioden niet alleen door verdamping van het wateroppervlak, transpiratie van het rietland en de broekbossen, maar ook door inzijging naar het dieper grondwater. De mate waarin inzijging optreedt, is afhankelijk van de waterhoogte boven de venbodem, de doorlatendheid van de venbodem, en de grondwaterstijghoogte onder de venbodem. De evapotranspiratie, waterstanden in het Greveschutven en in het grondwater worden elders in het deel hydrologie van dit rapport behandeld. Voor de analyse van de waterbalans en modellering van het watersysteem van het Greveschutven is kennis van doorlatendheid van de waterbodem van het ven noodzakelijk. Daarom is in maart 2016 een specifiek onderzoek naar de waterdoorlatendheid van de venbodem uitgevoerd (Bleyenga 2016).

Methode van de veldexperimenten

Buizen van PVC (diameter 10 cm.), aan de onderzijde voorzien van een scherpe zaagtand, zijn tot op verschillende dieptes in het bodemsediment gedrukt, waarbij door draaiende beweging eventuele rietwortels werden doorsneden. Het bodemsediment komt op deze wijze nagenoeg ongestoord in de buizen terecht. In de buizen werd vervolgens een hoge waterstand aangebracht.

Figuur 34 Veldmetingen waterbodem doorlatendheid.



Figuur 35 Resultaten metingen waterbodem doorlatendheid.

Met twee methoden is de infiltratiesnelheid bepaald.

1. Door het handhaven van een bepaalde hoogte van de waterstand in de buis met een boven de buis geplaatst watervat ("constant head" methode). Vanuit het watervat stroomt water in de buis als het water zakt in de buis. Op deze wijze blijft het waterpeil in de buis gehandhaafd. De hoeveelheid water (flux) die per tijdseenheid inzijgt wordt afgelezen van de waterstand in het watervat met notatie van de tijd (Figuur 34)
2. Door meting van de daalsnelheid van het waterpeil in de buizen ("falling head" methode) met druksensor-loggers (Keller).

Met behulp van de vergelijking van Darcy is met de gemeten gegevens van de waterhoogte in de buis boven het sediment en de berekende waterfluxen de waterverzadigde doorlatendheid (Ksat) van het sediment in de buis bepaald.

Met deze methoden zijn 22 veldproeven uitgevoerd. Hiervan zijn 13 veldproeven gedaan in rietland, omdat in rietland een hogere waterdoorlatend van de venbodem werd verwacht vanwege de vele grote rietwortels.

Resultaten

Uit de resultaten van de berekeningen op basis van de veldproeven blijkt dat er geen duidelijk patroon is te vinden in de doorlatendheid. Zowel in het noordelijk als zuidelijk deel van het Greveschutven komen hogere en lagere waarden van Ksat voor (Figuur 35). Op één plaats in de Noordoostelijke uitloper van het Greveschutven is een uitschieter tussen de overige waarden van de doorlatendheid gemeten (Ksat=6.75 m/d). Bij weglating van dit ene punt was de gemiddelde doorlatendheid 0.12 m/d (Stdev 0.15). Onder rietland is een iets hoger gemiddelde doorlatendheid bereken dan onder open water, maar de verschillen zijn niet groot (rietland: Ksat=0.14, Stdev=0.18; openwater Ksat=0.10, Stdev=0.10).

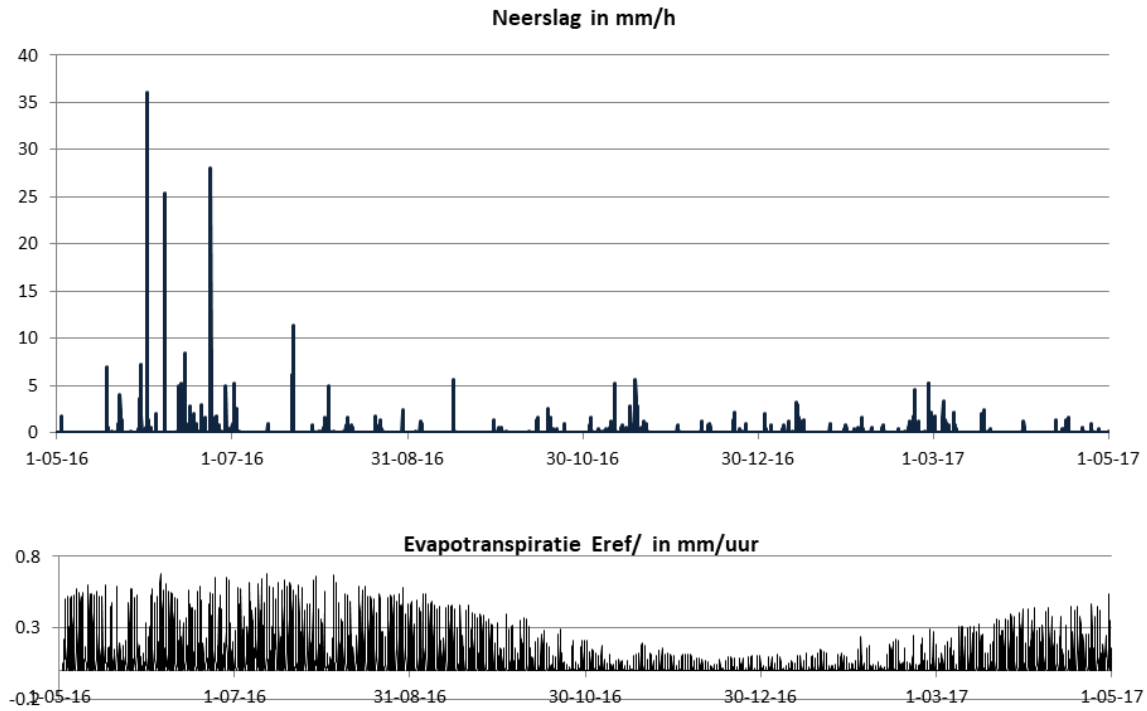
4.6 Hydrologisch meetnet

Om de dynamiek van de waterbalans van het Greveschutven en van het lokale hydrosysteem te onderzoeken is een meetnet opgezet waarin grondwaterstanden, oppervlaktewaterstanden en neerslag zijn gemeten en waarmee de verdamping is berekend.

Neerslag en verdamping

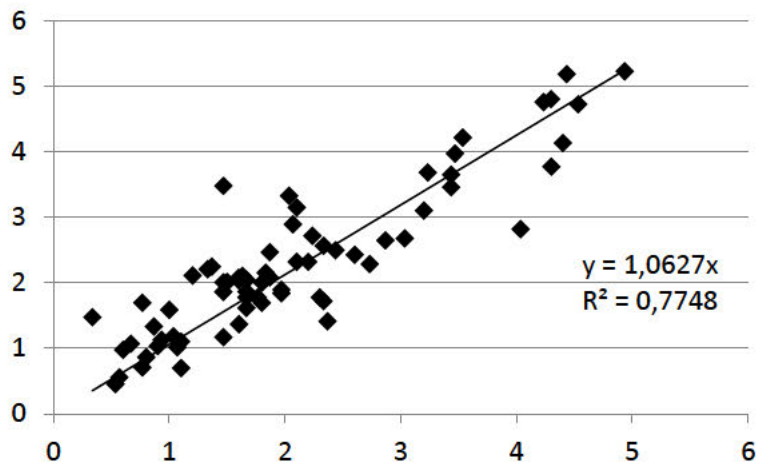
Figuur 36 Automatisch meteorologisch meetstation ("Meteo station Greveschutven"), geplaatst in de tuin van Hr. van der Kerkhof.

Voor het opstellen van de waterbalans per dag voor het Greveschutven en omgeving zijn gegevens nodig van de neerslag en verdamping (E: evaporatie en ET: evapotranspiratie) Deze gegevens kunnen worden betrokken van KNMI-stations. De afstand tot de meest nabije stations waar verdampingsgegevens van worden gepubliceerd bedraagt 12.5 km (Station Eindhoven) en 25 km (station Ell). Voor dit project zijn deze afstanden te groot. In de zomer kan vooral de neerslag, ten opzichte van het studiegebied, tot meer dan 10% afwijken. Voor het onderzoek is daarom gedurende 1 jaar een klein automatisch meteostation geïnstalleerd (HOBO) waarmee de dagelijkse neerslag (N), temperatuur (T), globale straling (R) en luchtdruk (P) zijn gemeten en per uur geregistreerd (Figuur 35). Uit (T en R) is vervolgens de "referentieverdamping" (Makkink) berekend. De gegevens verkregen met het meteostation Greveschutven zijn vergeleken met dat afkomstig van KNMI-meetstations Eindhoven en Ell over perioden van maart-augustus 2016 (Bijlage 11.2). De neerslaggegevens van station Greveschutven wijken af van die van het KNMI, wat te verklaren valt uit de afstand tussen deze meteorologische stations. De evapotranspiratie berekend (volgens Makkink) met de gegevens van het meteostation Greveschutven komen goed overeen met die van het KNMI over de controle periode.



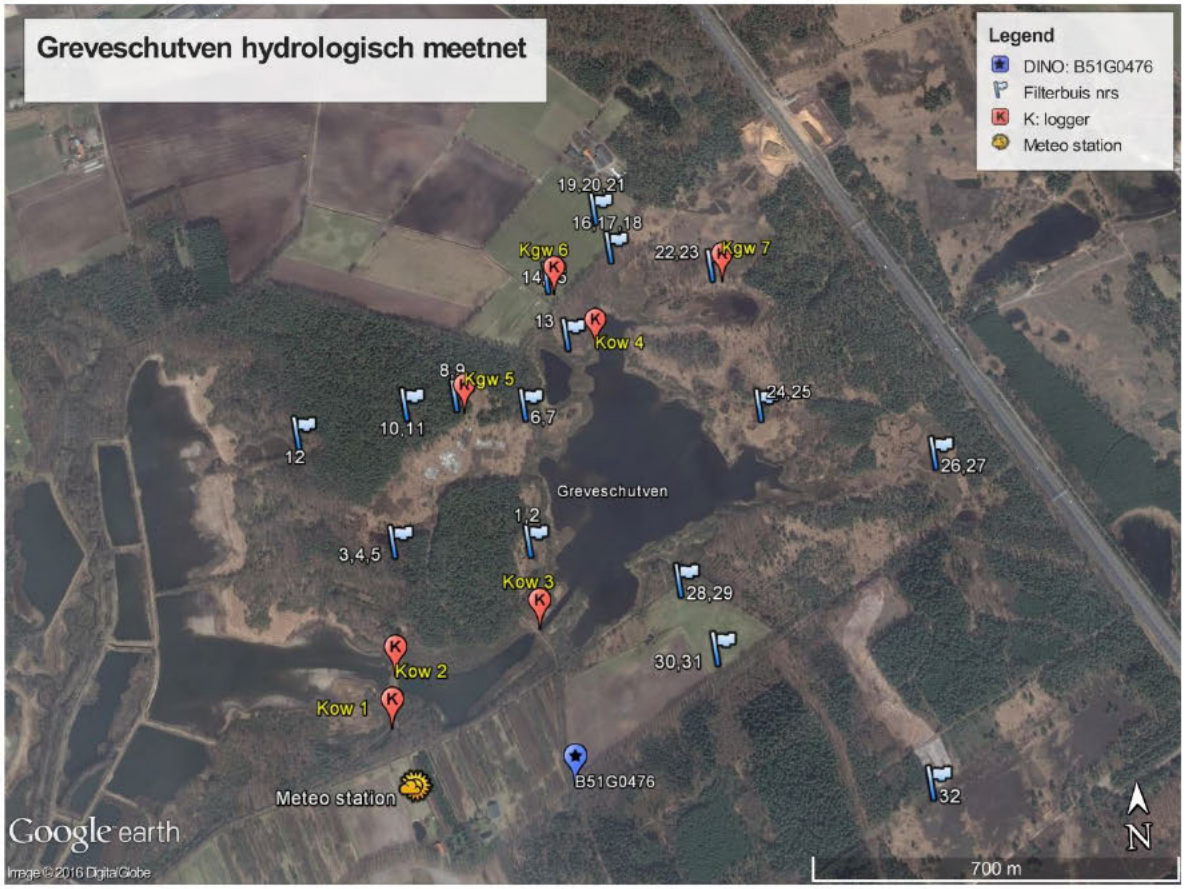
Figuur 37 Geregistreerde neerslag in mm/uur (boven) en uit straling en temperatuur berekende referentie verdamping (Eref) in mm/uur (onder).

De resultaten van de registratie van neerslag door het meteostation (meteo station Greveschutven) en de berekende referentie verdamping zijn weergegeven in Figuur 37. De referentieverdamping (evapotranspiratie E_{ref}) is berekend volgens de methode Makkink. De Makkink vergelijking berekent standaard de E_{ref} per dag. Omdat voor de berekeningen van in en uitgaande debieten van het Greveschutven gegevens per dag onvoldoende nauwkeurig zijn is de E_{ref} eveneens per uur berekend. In Figuur 38 is het resultaat weergegeven van de vergelijking tussen de 24 uur som van per uur berekende E_{ref} op basis van gegevens van het KNMI met de door het KNMI opgegeven E_{ref} per dag. Hoewel de Makkink vergelijking niet is gedefinieerd voor berekeningen per uur blijken de E_{ref} waarden redelijk goed overeen te komen met de standaard per dag berekende E_{ref} (R^2= 0.77). Hieruit is geconcludeerd dat de berekende gegevens van E_{ref} per uur gebruikt kunnen worden voor het onderzoek. De referentie verdamping is de basis voor berekening van het waterverlies door evapotranspiratie per land gebruiks type (E_{lgt}) welk bij de waterbalansberekeningen en de 3D modellering worden gebruikt (Paragraaf 4.7).

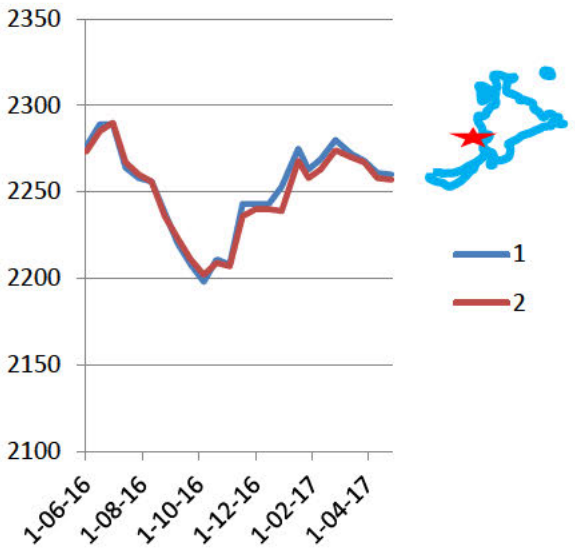


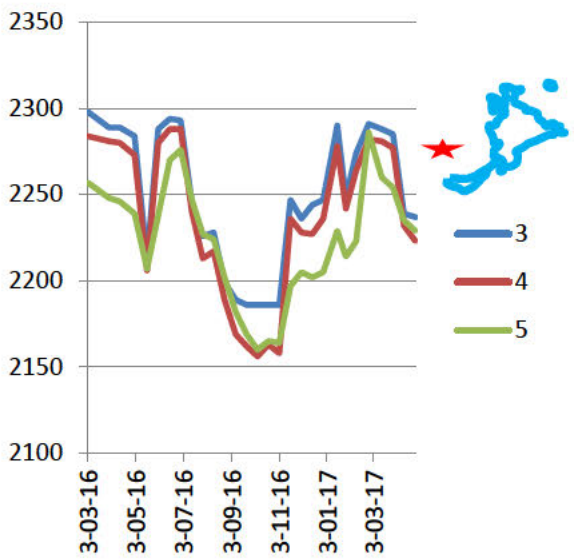
Figuur 38 Vergelijking tussen per uur berekende E_{ref} gesommeerd over 24 uur (Y-as) met door KNMI opgegeven E_{ref} (X-as) per dag in de periode 5/3 – 14/5 2016. De KNMI-gegevens zijn berekend als gewogen gemiddelde van de afstanden tussen de KNMI station Eindhoven en Ell en het Greveschutven. Waarden in mm/dag.

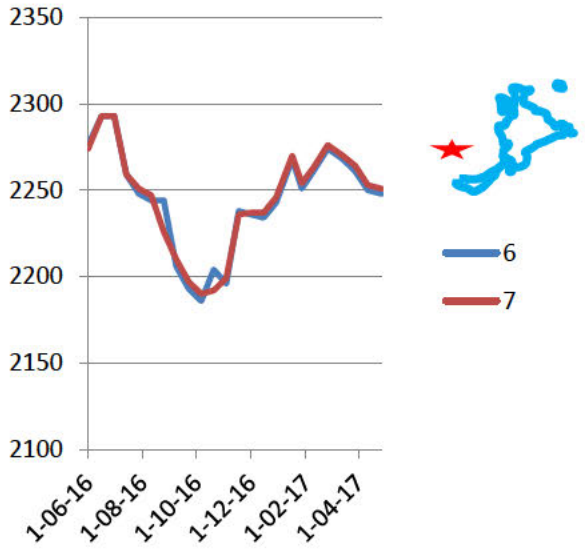
Grondwater

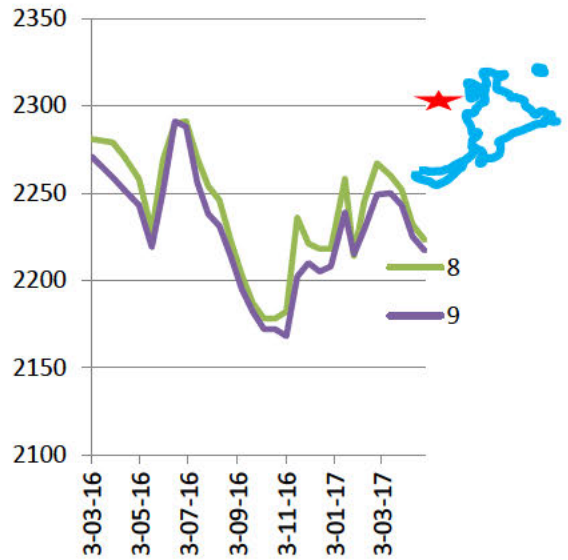


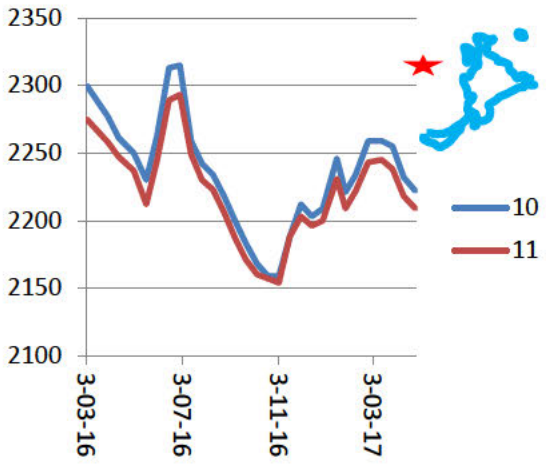
Figuur 39 Hydrologisch meetnet Greveschutven. Blauwe vlag met nummer verwijst naar locatie grondwaterfilter met filternummer; Kgw= locatie logger grondwater; Kow= locatie logger oppervlaktewater.

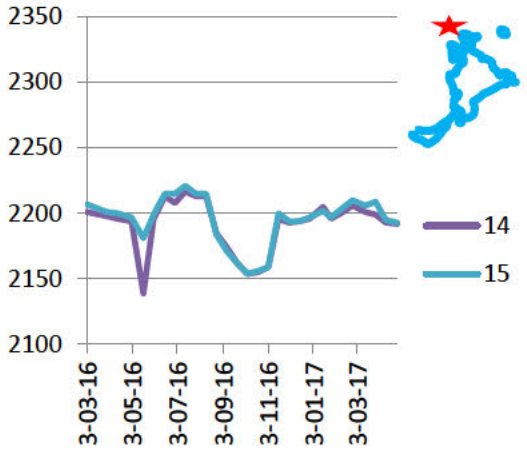

2350
2300
2250
2200
2150
2100
1-06-16
1-08-16
1-10-16
1-12-16
1-02-17
1-04-17
1
2

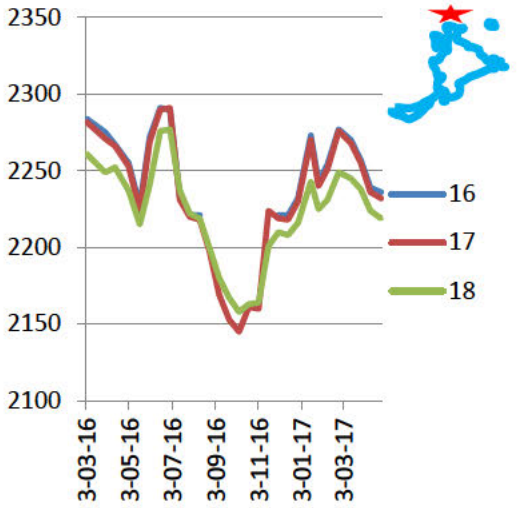

2350
2300
2250
2200
2150
2100
3-03-16
3-05-16
3-07-16
3-09-16
3-11-16
3-01-17
3-03-17
3
4
5

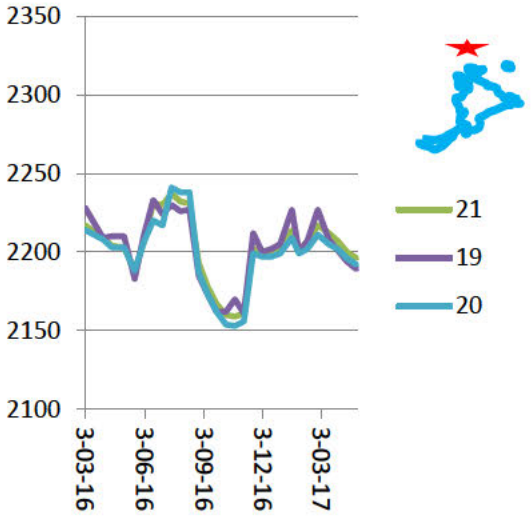

2350
2300
2250
2200
2150
2100
1-06-16
1-08-16
1-10-16
1-12-16
1-02-17
1-04-17
6
7

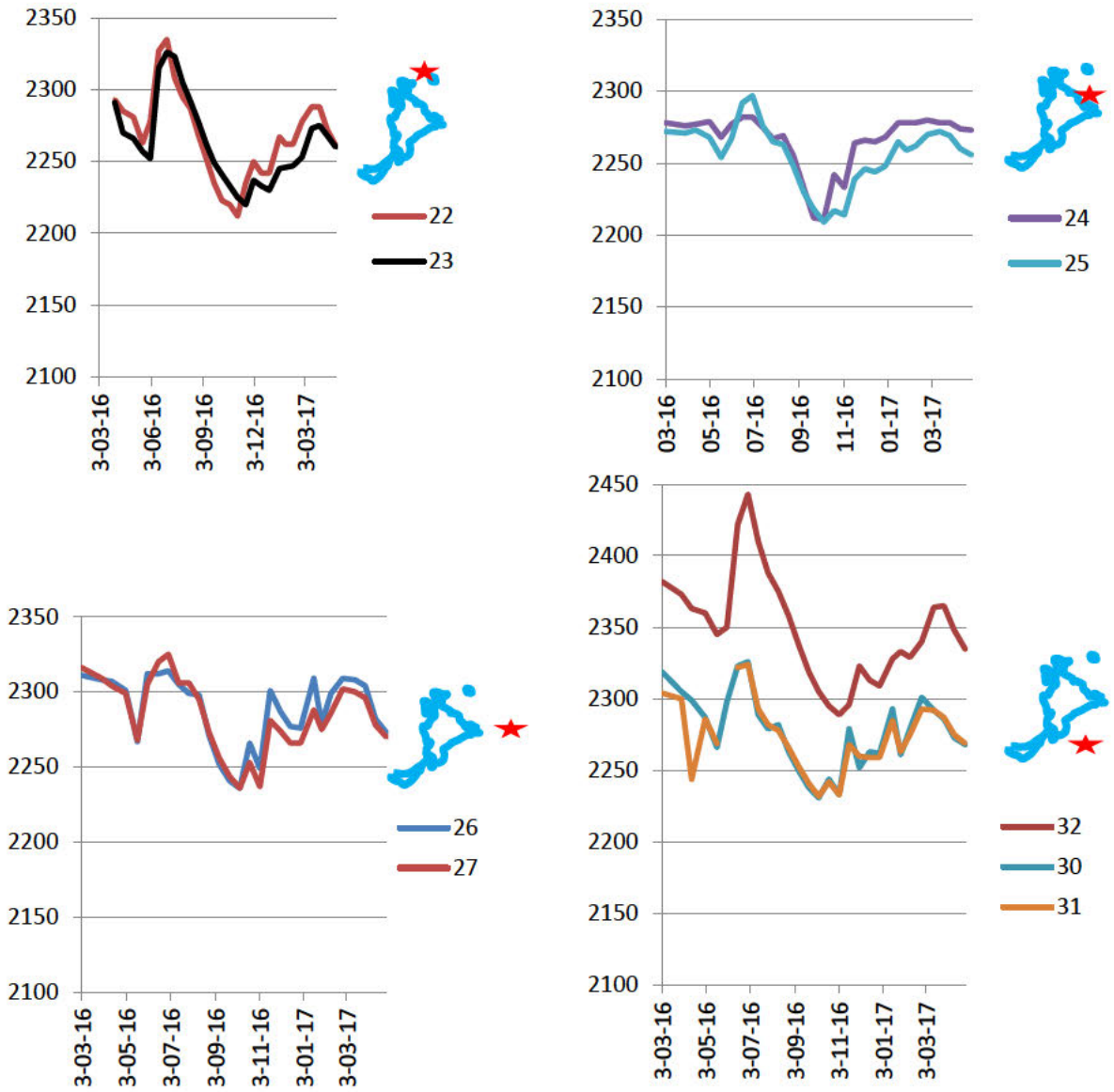

2350
2300
2250
2200
2150
2100
3-03-16
3-05-16
3-07-16
3-09-16
3-11-16
3-01-17
3-03-17
8
9


2350
2300
2250
2200
2150
2100
3-03-16
3-07-16
3-11-16
3-03-17
10
11

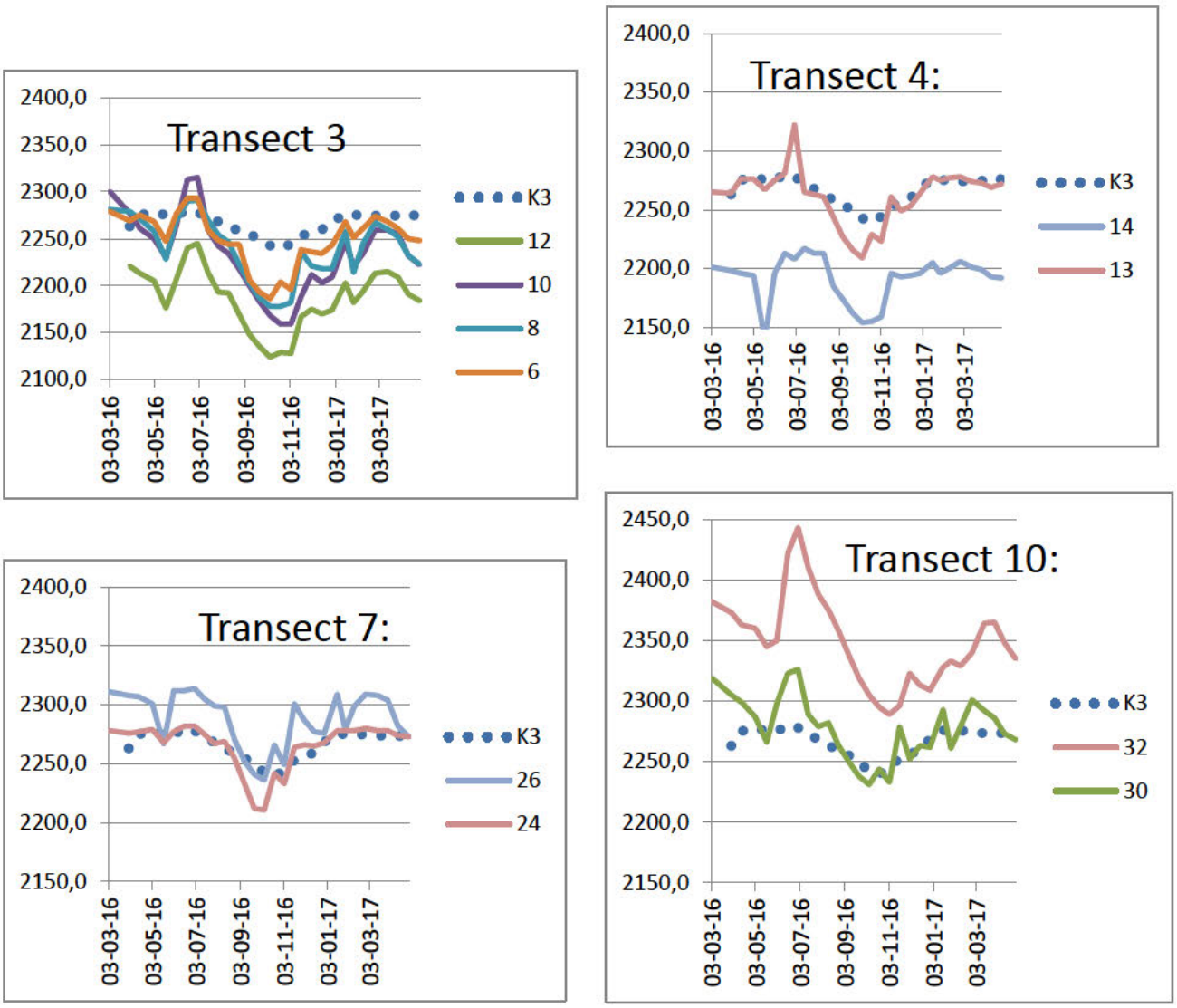

2350
2300
2250
2200
2150
2100
3-03-16
3-05-16
3-07-16
3-09-16
3-11-16
3-01-17
3-03-17
14
15


2350
2300
2250
2200
2150
2100
3-03-16
3-05-16
3-07-16
3-09-16
3-11-16
3-01-17
3-03-17
16
17
18


2350
2300
2250
2200
2150
2100
3-03-16
3-06-16
3-09-16
3-12-16
3-03-17
21
19
20



Figuur 40 Grondwaterstijghoogteverloop per locatie. Nummering filterbuizen per locatie volgens diepteligging filter. Filter Nr 32 ligt op een andere locatie ten zuiden van het Greveschutven. Rode ster: locatie ligging ten opzichte van Greveschutven (blauwe contour).



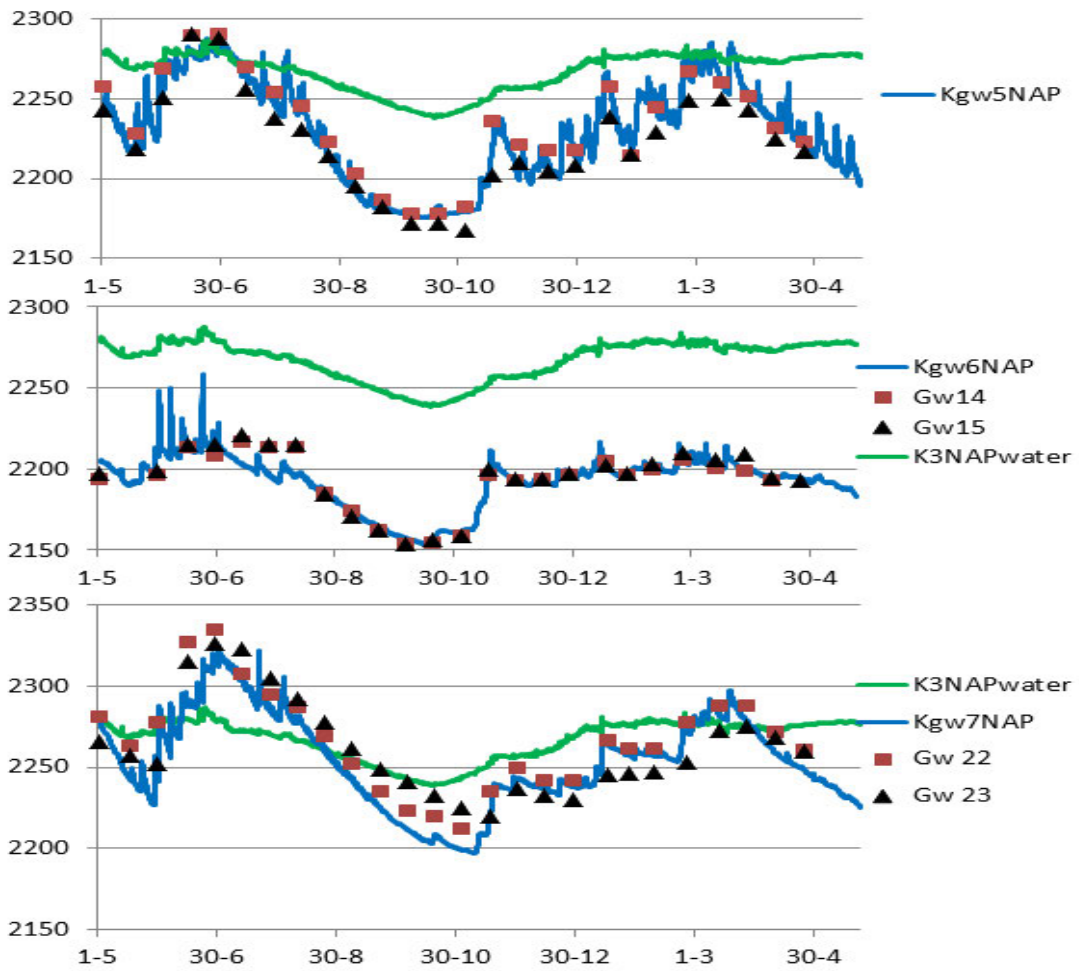
Figuur 41 Gemeten grondwaterstand verloop in filterbuizen per transect in dm +NAP. K3 = waterpeil in het Greveschutven. In elke figuur is het laagste filternummer nabij het Greveschutven, hogere nummers zijn op toenemende afstand van het Greveschutven gelegen. Voor ligging transecten zie *Figuur 31*

Voor het opmeten van de grondwaterstand in het gebied om het Greveschutven zijn op 14 boorlocaties van het bodemonderzoek (Paragraaf 4.4) 30 grondwaterfilters (Figuur 39) geplaatst (Hanhart Consult). Voor zover mogelijk is bij het plaatsen gebruik gemaakt van nog open boorgaten. Waar nodig is op nieuw met de Edelmanboor en pulsboor geboord. In de boorgaten zijn filterbuizen (1″ diameter, HDPE), aan de onderzijde voorzien van fijne zaagsleuven (50 cm lang) omhuld door een filterkous, geplaatst tot op verschillende dieptes (Bijlage 11.1). Op enkele plaatsen is één filter geplaatst op de meeste andere locaties 2 of 3 filters op verschillende dieptes. Daarbij was het de bedoeling om één filter boven aanwezige leemlagen te plaatsen en een 2e in of tussen leemlagen en waar mogelijk een 3e op maximaal bereikte boordiepte (Bijlage 11.1). Door filters op verschillende dieptes te plaatsen kan uit verschillen in waterstanden tussen de filters worden bepaald of er sprake is van (potentiële) inzijging of kwel. In deze 30 filterbuizen, samen met 2 bestaande buizen (nrs. 12 en 32) is 2 x per maand de grondwaterstand opgemeten ten opzichte van de bovenkant van de filterbuis (Marinus van Wijk, vrijwilliger bij Brabants Landschap). Tegelijkertijd is daarbij de hoogte opgemeten van de filterbuis boven maaiveld om eventuele verstoringen in de filterdiepte op te merken en om rekening te kunnen houden met de effecten van die verstoring bij de verwerking van de peilgegevens. In geval van verstoring (11 x) werden filters opnieuw geplaatst of filterbuizen vervangen.

In Figuur 40 zijn de grondwaterstanden gemeten in de verschillende filters weergegeven per locatie. Op vrijwel alle locaties is de gemeten stijghoogte in de ondiepe filters het gehele jaar iets hoger dan in het diepere filters. Dat betekent dat rond het Greveschutven het grondwater in potentie infiltreert naar diepere lagen. Alleen op locaties ten noorden van het Greveschutven in de lagergelegen polder treedt soms (potentiële) kwel op. Uit deze gegevens kan niet worden afgeleid hoe groot de verticale stroming is. In Figuur 41 zijn de gemeten stijghoogte weergegeven in transecten vanuit het Greveschutven. Hiermee kan een indruk worden verkregen van de richting waarin het grondwater zich verplaatst nadat het is gepercoleerd naar diepere lagen.

Het waterpeil in het Greveschutven is vrijwel het gehele jaar hoger dan gemeten grondwaterpeilen ten noordwesten van het ven. Bovendien blijkt dat met toenemende afstand tot het ven de grondwaterstanden lager zijn, Dit betekent dat het grondwater naar het noordwesten stroomt richting Tongelreep. Alleen op 16/6 zijn de peilen in filterbuizen 6, 8, en 10 hoger dan het venpeil. Dit is veroorzaakt door zeer intensieve neerslag in juni. Omdat de waterstand in filterbuis 10 zelfs hoger stond dan in buizen 8 en 6 was er tijdelijk sprake van een verhang richting Greveschutven. Voor die korte periode kan er sprake geweest zijn van grondwaterstroming naar het Greveschutven vanuit het noordoosten. In transect 4 blijkt bij filterbuis 13 eveneens een piek als gevolg van de neerslag in juni. De rest van het jaar is het peil bij buis13 gelijk of lager dan het Greveschutven. Bij filter 14 zijn de gemeten waterstanden meer dan 1.5 m lager dan die in het ven. Er is het gehele jaar sprake van grondwaterstroming vanaf het Greveschutven naar het noorden. Ten oosten en ten zuiden van het Greveschutven zijn meestal grondwaterstanden gemeten hoger dan het Greveschutven wat duidt op grondwaterstroming naar het Greveschutven. In september/oktober zijn gemeten grondwaterstanden lager dan het Greveschutven. Omdat op grotere afstand de grondwaterstanden hoger zijn dan in het Greveschutven is grondwaterstroming vanuit het

Greveschutven naar het oosten en zuiden minder belangrijk geacht. Het peilverloop in filterbuizen 30 en 24 volgt het seizoenverloop van de waterstand in het Greveschutven. Door de inlaat van water uit de Tongelreep via aanvoersloot en Tussenvijver wordt in het voorjaar het waterpeil in Greveschutven verhoogd en in najaar verlaagd door verlaging van de stuw (K2) in de Tussenvijver.

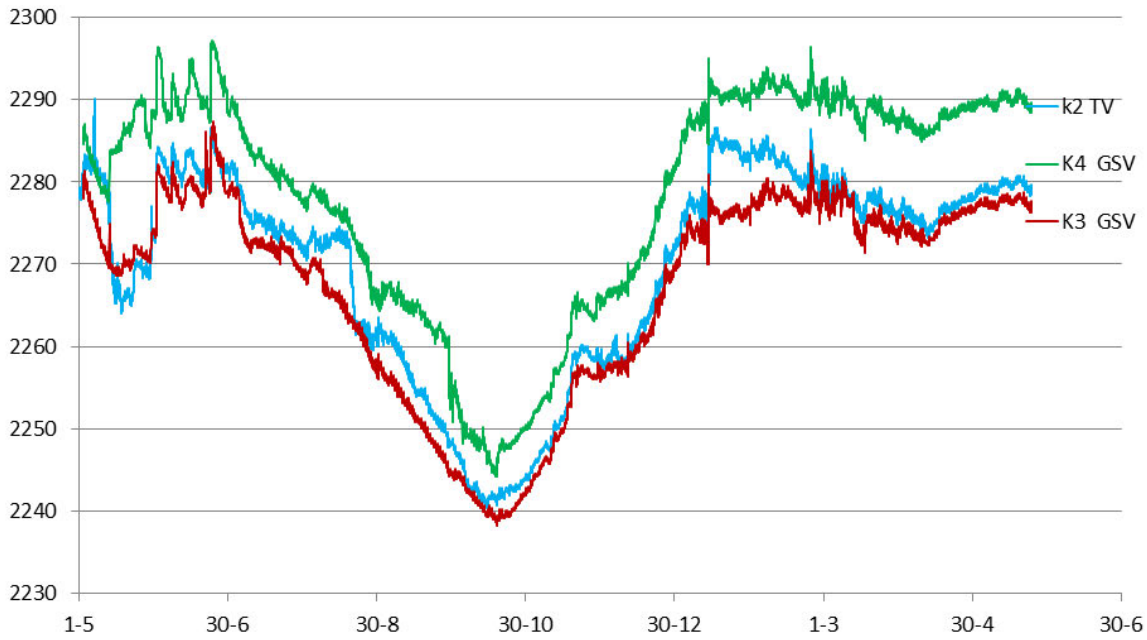


Figuur 42 Waargenomen (puntmarkeringen) en geregistreerde waterstanden van 1-05-2016 tot 1-05-2017: Kgw=grondwater; K3=waterpeil Greveschutven. Voor ligging zie Fig. 3.12 Waterstanden in dm +NAP.

Op 3 locaties (Figuur 39) zijn druksensoren met loggers (Keller) geplaatst in filterbuizen om een gedetailleerde reactie van grondwaterpeilen op neerslag, verdamping en venpeil te verkrijgen. In Figuur 42 zijn de resultaten van de peilregistraties weergegeven evenals de per 14 dagen gemeten waarden in vlakbij geplaatste filterbuizen. De gemeten grondwaterstanden komen bij Kgw5 goed overeen met het ondiepe filter Gw8 (Figuur 42: boven). Het filter met daarin de logger bevindt zich op dezelfde diepte als het ondiepe filter ernaast. Duidelijk blijkt de er op deze plaats ten westen van het Greveschutven sprake is van infiltratie. De grondwaterstanden in het diepe filter zijn vrijwel steeds lager dan in het ondiepe filter. Het geregistreerde peilverloop wordt duidelijk beïnvloed door de waterstanden in het Greveschutven (K3 NAP-water), maar de grondwaterstandsvariatie is 2.5 x groter dan die van het ven. Wat overeenkomt met een effectieve porositeit van de bodem van ca 40%. In de geregistreerde grondwaterpeilen blijken korte termijn (uren-dagen) variaties die veroorzaakt

zijn door intensieve neerslag. Met de 14-daagse waarnemingen kunnen deze variaties niet goed gemeten worden. Zo blijkt dat niet alleen in juni 2016 maar ook in maar 2017 de grondwaterstanden hoger pieken dan de waterstand in het Greveschutven. Op zulke dagen kan er water naar het Greveschutven toestromen, waarschijnlijk door oppervlakkige afspoeling en/of ondiepe grondwaterstroming. Het grondwaterpeil ten Noordoosten van het Greveschutven (Figuur 42: onder Kgw7 NAP) stond gedurende de meetperiode vaker en hoger dan het venpeil. Dit wijst op de mogelijkheid van grondwaterstroming vanuit het oosten naar het Greveschutven. Overigens is ook op deze plaats gedurende vrijwel het gehele jaar sprake van infiltratie. De grondwaterstanden in het diepe filter (Gw23) staat lager dan in het ondiepe filter (Gw22). De variatie in de grondwaterstand ten opzichte van die van het oppervlaktewater van het Greveschutven duidt op een porositeit van de bodem van 30%. De gemeten en geregistreerde grondwaterpeilen in de laaggelegen weide direct ten Noorden van het Greveschutven zijn aanmerkelijk lager (ca 80 cm) dan het geregistreerde peil van het Greveschutven (Figuur 42: midden Kgw6 NAP). Het is waarschijnlijk dat het Greveschutven aanmerkelijke hoeveelheden water verliest door inzijging en vervolgens stroming door de ondergrond naar het Noorden. De geringere peildynamiek over het jaar ter plaatse van K3 kan duiden op een grote effectieve porositeit (ca 65%). In het bodemonderzoek zijn hier grofzandlagen aangetroffen afgewisseld met leemlagen en fijn zand lagen met veel roestverschijnselen. In juni 2016, door intensieve regenbuien, traden sterke en snelle stijgingen van het grondwaterpeil op, welke binnen een dag alweer grotendeels weggezakt waren. Dit duidt op grote doorlatendheid van de bodem en de nabijheid van waterafvoermogelijkheden via sloten, greppels of ondergrondse drainage.

Oppervlaktewater



Figuur 43 Geregistreerde waterstanden van 1-05-2016 tot 1-05-2017. TV = Tusssenvijver, Greveschutven = Greveschutven: K3 =zuidwest; K4= noord. In dm.+NAP.

Voor het opstellen van een model van de dynamiek van de waterbalans van het Greveschutven zijn op 2 plaatsen in het Greveschutven loggers (K3 en K4) geplaatst om het waterpeil te registreren (Figuur 39). Het waterpeil in de Tussenvijver is geregistreerd bij de uitloopstuw aan het westelijk einde van de Tussenvijver. De geregistreerde waterpeilen zijn weergegeven in Figuur 43. De geregistreerde peilen in het Noorden van het Greveschutven (K4 zijn 5-10 cm hoger dan die bij de duiker tussen Greveschutven en Tussenvijver (K3). Het water in het Greveschutven lijkt daarom naar het zuidwesten te stromen. De geregistreerde peilen aan het eind van de Tussenvijver (K2) zijn vooral bij hogere standen iets hoger dan bij K3, wat wijst op instroming naar het Greveschutven in perioden van veel inlaat van water via de aanvoersloot.

4.7 Modellering

De uitstroom van water vanuit de Tussenvijver naar de visvijvers ten westen is evenals de instroom van water naar de Tussenvijver berekend uit het peilverschil tussen waterpeil in de Tussenvijver, respectievelijk de aanvoersloot en de hoogte van de stuwen met behulp van de stuwafvoer vergelijking:

$$Q = c.B.(h_w - h_s)^{3/2} \qquad [m^3/s]$$

Met: Q = afvoer, c= stuwconstante= 1.9 met stuwijking bepaald, B = stuwbreedte [m], h_w = waterstand tov referentie [m], h_s = hoogte bovenkant stuw tov referentie [m]

De stuwhoogte (h_s) is maandelijks gecontroleerd en opgemeten en de waterstand (h_w) is met druksensor-loggers (Keller)geregistreerd. Uit de tijdregistratie van h_w kan vervolgens met bovenstaande vergelijking het afvoerverloop in de tijd worden berekend.

Dynamisch 1-Dimensionaal waterbalansmodel van het Greveschutven en Tussenvijver.

De waterkwaliteit van het Greveschutven wordt bepaald door de aanvoer van verschillende soorten water, door atmosferische depositie van stoffen, opname en afgifte van stoffen door het hydro-biologisch ecosysteem, en de uitwisseling van stoffen met de waterbodem. Door het opstellen een gekwantificeerde balans tussen aanvoer en afvoer van water wordt inzicht verkregen in de mogelijk effecten van de bijdrage van de verschillende waterstromen voor de waterkwaliteit.

Aanvoer van water vindt plaats door neerslag, de toestroom van grondwater en van extern aangevoerd water. Elk van deze 3 watersoorten heeft eigen specifieke chemische kenmerken. Meer aanvoer van extern water zal ertoe leiden dat de chemische karakteristiek van het water in het Greveschutven meer op dat van het water in de aanvoersloot gaat lijken, meer grondwateraanvoer (kwel) maakt het water in het Greveschutven meer “grondwaterachtig”. De evapotranspiratie vanuit het Greveschutven en haar directe omgeving heeft ook invloed op de waterkwaliteit omdat alleen water verdampt en de opgeloste stoffen (voor zover niet vluchtig) daardoor in concentratie toenemen. De afvoer van water uit het Greveschutven heeft geen

grote betekenis voor de waterkwaliteit. Dat komt doordat het water dat infiltreert naar het grondwater net als het deel dat uitstroomt een mengsel is van de verschillende wateraanvoer posten.

Voor het opstellen van richtlijnen voor waterbeheer gericht op vermindering van de inlaat van extern water zijn alle posten aanvoer en waterverlies van de waterbalans van belang. De verschillende posten van de waterbalans kunnen worden berekend met een (1-Dimensionaal) model dat het verloop van het waterpeil in het Greveschutven voorspelt uit de verzamelde gegevens van de neerslag, de berekende verdamping, de inlaat van water en de uitlaat van water. In dit model wordt vanaf een startdatum met een gemeten waterstand voorwaarts gerekend door dagwaarden van neerslag, verdamping, aan- en afvoer van water bij het waterpeil van de vorige dag op te tellen. Berekende debieten van inlaat en uitlaat worden daartoe omgerekend naar cm stijghoogteverandering door te delen door het wateroppervlak. Het peilverloop in het Greveschutven en Tussenvijver samen wordt berekend volgens de vergelijking van de waterbalans:

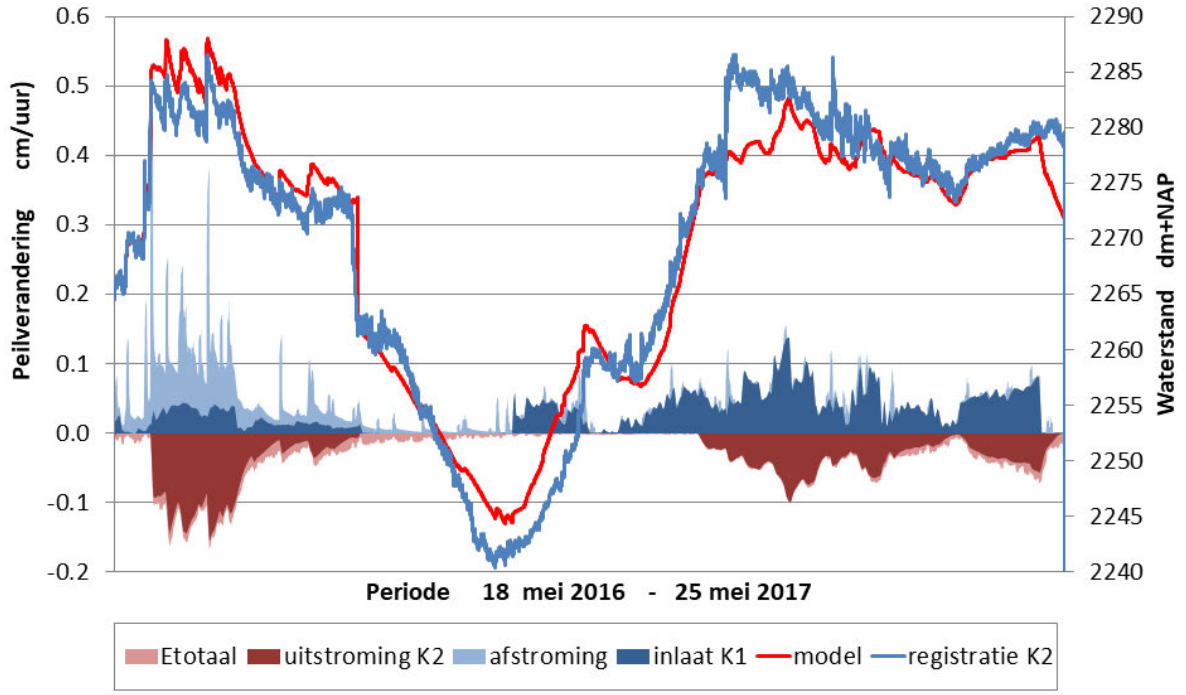
$$H_t = H_{t-1} + N_t - E_t + Qin_t - Quit_t + Gw_t \quad [m]$$

Met: H_t = waterstand, N_t = neerslag som, E_t = evapotranspiratie som, Qin_t = inlaat, $Quit_t$ = uitstroming, Gw_t = grondwatertoestroming of waterverlies door inzijging.

Het Greveschutven is een ondiep ven met flauw oplopende oevers. Met behulp van de gegevens van de waterdiepte van het Greveschutven (IWACO, 2001) en het AHN-2 is een hoogte model van de Greveschutven bodem en de directe omgeving gemaakt met PCraster (Bleyenga 2016). Bij stijging van het waterpeil in het Greveschutven en Tussenvijver wordt het wateroppervlak van het ven groter en komt een groter deel van de rietlanden en broekbossen onder water te staan. Hierdoor wordt bij gelijk blijven van de aanvoer de verdere stijging van het waterpeil afgeremd. Deze vermindering van de peilstijging wordt bovendien minder omdat het waterverlies door evapotranspiratie toeneemt door het grotere oppervlak dat onder water is komen te staan. Daarom wordt het wateroppervlak van het Greveschutven+Tussenvijver gedurende de modellering per dag aangepast volgens de berekende waterstand (Bijlage 11.3).

Een tweede aanpassing van het model is gemaakt om de respons van de waterstand op hevige neerslag te verwerken. Het bleek dat de waterstand van het Greveschutven als gevolg van een regenbui van 64.2 mm op 1 juni 2016 met 94 mm steeg. Vergelijkbare effecten traden op bij andere intensive regenbuien. Er komt als gevolg van zulke buien extra water naar het Greveschutven door oppervlakkige afstroming over de oevers en lage randgebieden rondom het Greveschutven en via ondiepe grondwaterstroming. Dit proces is gemodelleerd met de methode Zeeuw-Hellinga (1958), nader beschreven in Bijlage 11.3.

Na deze twee modelaanpassingen kon het verschil tussen berekende en gemeten waterstanden worden weggenomen door een constante waarde van de wegzijging (Gw) toe te voegen (0.2 mm/uur).

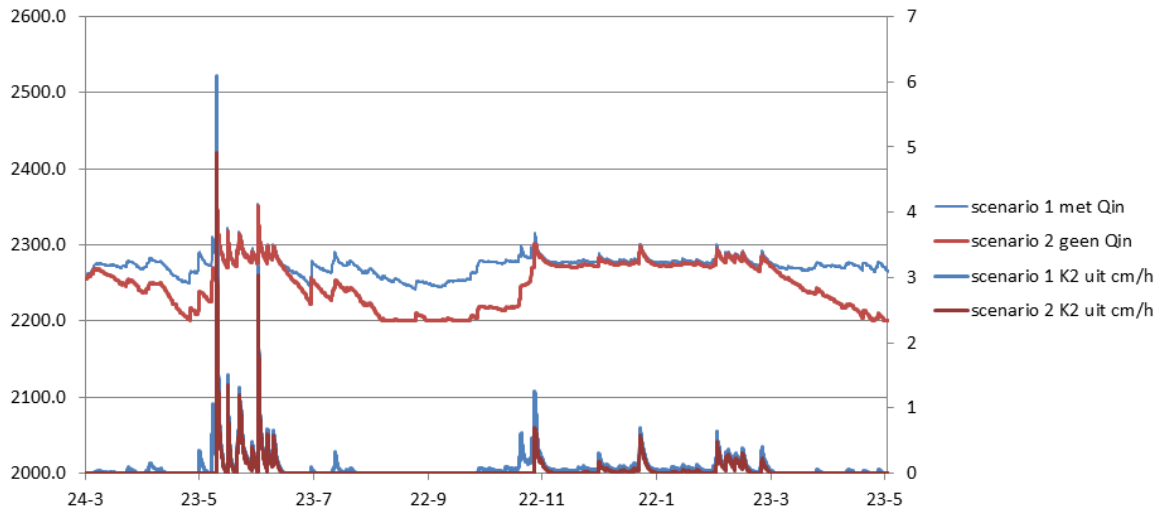


Figuur 44 Modellering van de waterbalans van het Greveschutven per uur. Registratie= peilregistratie in GSv bij duiker tussen Greveschutven en Tussenvijver (K2); Etotaal=evapotranspiratie som van open water en rietland+broekbossen aan de rand van Tussenvijver en Greveschutven; afstroming= berekende oppervlakkige afstroming + ondiepe grondwaterstroming naar Greveschutven.

In Figuur 44 zijn de resultaten van het 1-D-waterbalans model weergegeven. Het blijkt dat de waterstanden tot op 5 cm nauwkeurig worden voorspeld gedurende de onderzochte meetperiode. Op 27 juni treedt en plotselinge val van het waterpeil van op 10 cm., welke veroorzaakt is door opheffing van de verstopping door ophoping van plantenmateriaal voor de uitlaatstuw (K2). Het gemeten lagere waterpeil is vervolgens gebruikt als startwaarde voor volgende modelberekeningen. De hoge waterstanden in het voorjaar van 2016 volgen op een periode met hevige neerslag en tegelijkertijd inlaat van extern water. De uitstroom van water is in deze periode groter dan de instroom. De evapotranspiratie speelt een beperkte rol in de waterbalans. In de zomer daalt de waterstand omdat er weinig neerslag was in die periode en de inlaat van extern water was gestopt. De waterstand daalt tot beneden de stuwhoogte op het uitstroompunt zodat geen uitstroom plaats vindt. Van 27/8 tot 27/9 werd er weer water ingelaten en waardoor het waterpeil steeg met 20 cm. Na deze tweede, kortere periode van inlaat daalt het waterpeil zonder dat er sprake was van afvoer via het uitlaatpunt (K2). Dit bewijst dat er waterverliezen optreden door inzijging. Vanaf 8 oktober wordt er weer water ingelaten en stijgt het waterpeil weer tot een stand van ca 22.80 m. +NAP. Bij die waterstanden hield de afvoer van water via de stuw K2 de waterstand min of meer in evenwicht.

Conclusie uit het waterbalans onderzoek is dat de inlaat van water iets belangrijker is dan de neerslag en dat de afvoer via het uitlaatpunt veel groter is dan het waterverlies door evapotranspiratie, maar kleiner dan het gekalibreerde waterverlies door infiltratie.

Onzekerheid in het gebruikte balansmodel was dat het model uitgaat van één ven bestaande uit Greveschutven en Tussenvijver samen. De stroming van Tussenvijver naar Greveschutven en omgekeerd is niet gemeten en kon ook niet worden berekend met dit model. Met het model is het waterverlies door infiltratie via kalibratie bepaald op een waarde van 0.2 mm/uur. De met methode Zeeuw-Hellinga berekende afstroming en ondiepe grondwaterstroming naar het Greveschutven en Tussenvijver was gemiddeld 0.11 mm/uur over de gemodelleerde periode. Dat zou betekenen dat er toch een aanmerkelijke invloed van de aanvoer van grondwater naar het Greveschutven op trad. Hiernaar is met behulp van een 3-Dimensionale modelering nader onderzoek gedaan.



Figuur 45 Scenario analyse met 1D waterbalans model. Scenario 1: berekend waterpeil bij een vaste inlaat van 26 L/s; Scenario 2: geen inlaat; K2 uit: uitstroom. Scenario's zonder kwel of infiltratieverliezen. Hoogte waterbodem Greveschutven=2200 dm +NAP; Waterstanden in dm +NAP.

Met het 1-D balansmodel zijn 2 scenario's ontwikkeld om het effect van het stopzetten van de inlaat te berekenen. In beide scenario's is verondersteld dat er geen kwel of infiltratieverlies optreedt. In scenario 1 wordt een constante hoeveelheid water (26 L/s) ingelaten en in scenario 2 is de inlaat geheel gestopt. Verondersteld is dat het waterpeil in scenario 2 niet onder de waterbodem zakt. In Figuur 45) zijn de met beide scenario's berekende waterstanden in het Greveschutven weergegeven en ook de hoeveelheid water die de vennen verlaat via stuw K2. Het blijkt dat in scenario 2 het Greveschutven in de zomerperiode droogvalt door een negatief neerslagoverschot, maar ook dat in de herfst door een positief neerslagoverschot het ven weer opgevuld wordt. Pieken in de uitstroming zijn veroorzaakt door intensieve regenbuien.

3-Dimensionaal model van het Greveschutven en omgeving.

Met het model instrumentarium PCrasterModflow (www.pcraster.geo.uu.nl/pcraster zie: Bijlage 11.4) is een model gebouwd om de relaties door grondwaterstroming tussen Greveschutven en omgeving te analyseren. In MODFLOW (Harbaugh, 2000) wordt de grondwaterstroming berekend in een blok van een modelgebied, bestaande uit lagen, opgedeeld in cellen. Met

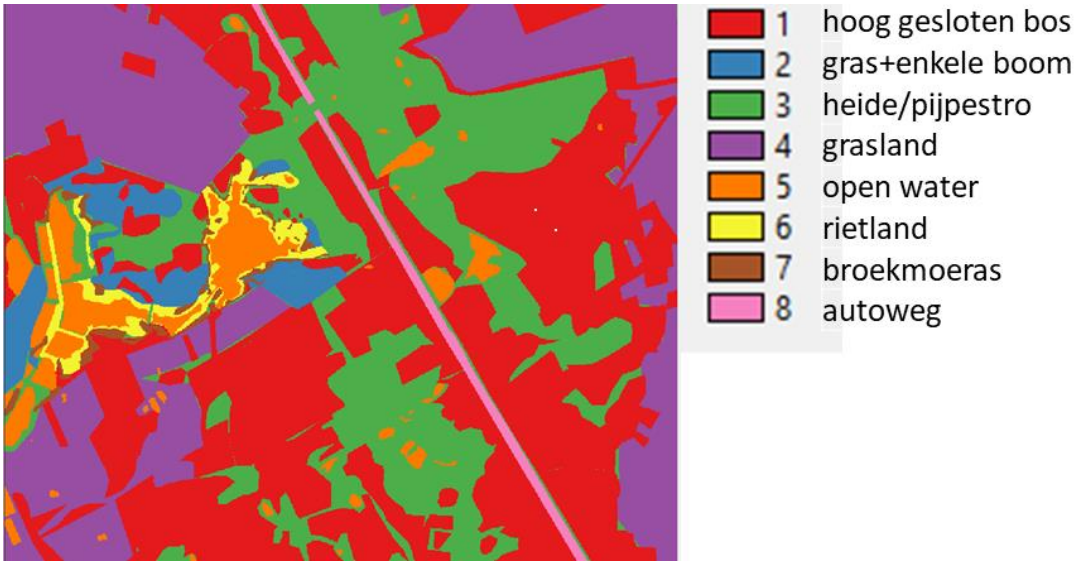
PCRaster wordt in benodigde invoer voorbereid en de uitvoer opgeleverd in de vorm van kaarten ("name.map). Een PCRasterModflow model wordt met behulp van Python gerund op een Windows of Linux platform. Er is eerst een 3-D stationair model gebouwd om de bodemparameters te kalibreren. Vervolgens is een 3-D dynamisch model ontwikkeld met gebruik van de bodemgegevens van het stationaire model.

Voor een PCrasterModflow (pcrmf) model zijn invoergegevens nodig van:

- Begrenzing van het modelgebied en randvoorwaarden
- Netto neerslag
- Celgrootte en tijdstaplengte
- Hoogte van bovenkant en onderkant van modellagen
- Rivieren: waterstand, bodemhoogte, bodemdoorlatendheid
- Drains: bodemhoogte, bodemweerstand
- Bronnen en putten
- Doorlatendheid en effectieve porositeit van modellagen

Voor het 3-D-model van het Greveschutven en omgeving zijn deze invoergegevens samengesteld in PCRaster.

Het modelgebied is begrensd in het Westen door (het dal van) de Tongelreep en in het Oosten door het gedraineerde weidegebied bij de Aa. Aan beide modelgrenzen wordt het grondwaterpeil als constant beschouwd, maar vindt wel afvoer van grondwater plaats via "RIVER" cellen en "DRAIN" cellen. De modelgrenzen aan de Noord- en Zuidkant van het model volgen ongeveer de grondwaterstroombanen ongeveer loodrecht op de waterscheiding (Figuur 30). Over die grenzen vindt geen grondwaterstroming plaats, wel kan het grondwaterpeil variëren in hoogte.



Figuur 46 Landgebruiktypenkaart van het gemodelleerde gebied.

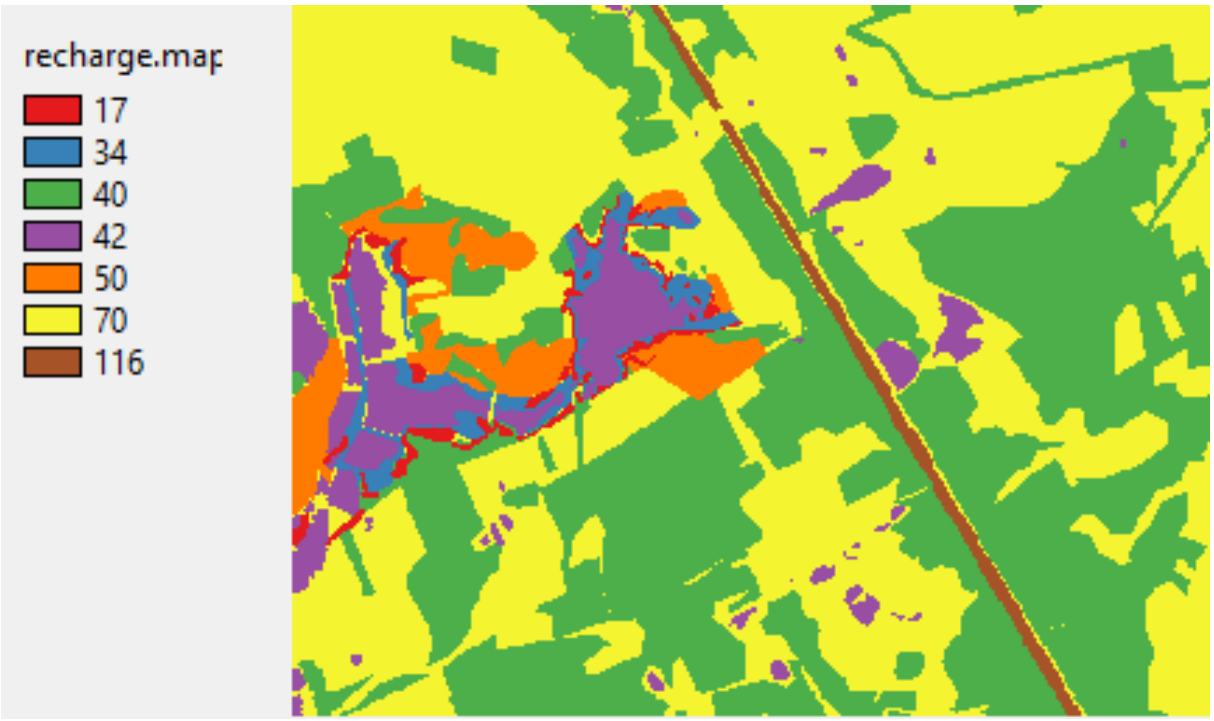
Voor het berekenen van de netto neerslag ("RECHARGE") is door Bleyenga (2016) een landschapgebruiktypen kaart (Figuur 46) gemaakt met behulp van luchtfoto's (Google Earth Januari 2013) aangevuld met grondwaarnemingen in verband met bosuitdunning gepland in 2008 (Stichting Brabants Landschap 2008) en uitgevoerd in 2015. Daarbij heeft omvorming plaats gehad van type 1 naar type 2).

De netto neerslag ("RECHARGE") is vervolgens berekend uit de gewogen gemiddelde gegevens per dag van neerslag en evapotranspiratie (Makkink) van de KNMI-stations Eindhoven en ELL. In het stationaire model zijn de gemiddelden van de gehele periode 2009-2016 gebruikt. De netto neerslag is vervolgens berekend met een verdampingreductiefactor (f) voor elk van de onderscheiden 8 landgebruikstypen (Tabel 2).

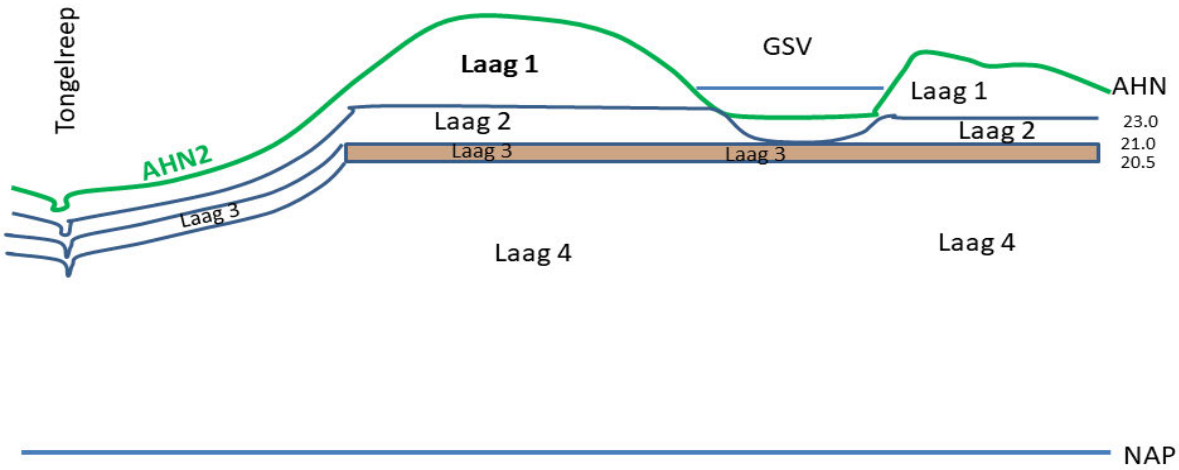
De visvijvers ten westen van Tussenvijver en Greveschutven zijn gemodelleerd alsof het waterpeil constant is ("Constant Head"). In MODFLOW wordt het opgegeven peil constant gehouden door aanvoer of afvoer van water. Op deze wijze wordt het werkelijke peilbeheer van de visvijvers door inlaat en uitlaat van water nagebootst.

Tabel 2 Berekende langjarig gemiddelde netto neerslag (recharge).

Recharge	= **N**eerslag – **f** x **E**(**ref**erentie)	
Neerslag mm/dag	2.05	
E(ref) mm/dag	1.67	
Landgebruiktype	**F**	**Recharge** mm/d
Hoog gesloten bos	0.99	0.4
Gras+enkele boom	0.93	0.5
Heide/pijpestro	0.81	0.7
Grasland	0.81	0.7
Open water	0.98	0.42
Rietveld	1.02	0.34
Broekbos	1.13	0.17
autoweg	0.53	1.16



Figuur 47 Gebruikte waarden van netto neerslag (recharge) per landgebruiktype. Eenheden: 100 x mm/dag.



Figuur 48 Schematische doorsnede door het modelgebied met modellagen. De top van laag1 volgt het maaiveld (AHN2). Ter plaatse van het Greveschutven is de top van laag1 gesteld op 23 m. +NAP.

De celgrootte van het model is 5 x 5 m en het aantal modellagen is 4. Dat betekent dat voor het modelgebied van ca 1080 ha. een blok van 1.728.000 cellen. De tijdstaplengte is 1 dag. In een stationair model betekent dat de invoergegevens gebaseerd zijn op langjarig gemiddelden met de dimensie van 1 dag.

De hoogte van de bovenkant en onderkant van modellagen is gemaakt met PCRaster. De top van de bovenste laag komt overeen met de maaiveldhoogte ontleend aan het AHN-2. Voor

het Greveschutven en Tussenvijver zijn hogere waarden genomen om stroming van water door het Greveschutven en Tussenvijver te kunnen berekenen. In Figuur 48) is een schematische doorsnede getekend van de onderscheiden modellagen. In Tabel 3 zijn de gebruikte waarden van de verzadigde doorlatendheid weergegeven. De lagen 1 en 2 lopen door in het Greveschutven boven de waterbodem. De waterdoorlatendheid is daar gesteld op 5000 m/dag om waterstroming door het ven te modelleren.

Laag 3 bestaat voor een groot deel uit een doorlopende leemlaag op een vaste diepte. Dat komt overeen met de uitkomsten van het bodemonderzoek. Onder het Greveschutven is de verticale doorlatendheid gesteld op 0.1 m/dag, wat overeenkomt met de gemeten waarden met de veldproeven van de doorlatendheid van de venbodem (Paragraaf 4.5).

Tabel 3 Gekalibreerde waarden van de vertikale (kv) en horizontale (kh) doorlatendheid per bodemlaag. Voor gebieden zie Figuur 49.

	laag 1		laag 2		laag 3		laag4	
	kh	kv	kh	kv	kh	kv	kh	kv
upland	1	0.5	0.5	0.25	0.2	0.1	17	17
met leemlaag	1	0.5	0.5	0.25	0.1	0.05	17	17
west van GSV	1	0.5	0.5	0.25	1	0.5	17	17
slope	1	0.5	0.5	0.25	17	8.5	17	17
ven en visvijvers	5000	5000	5000	5000	0.1	0.05	17	17

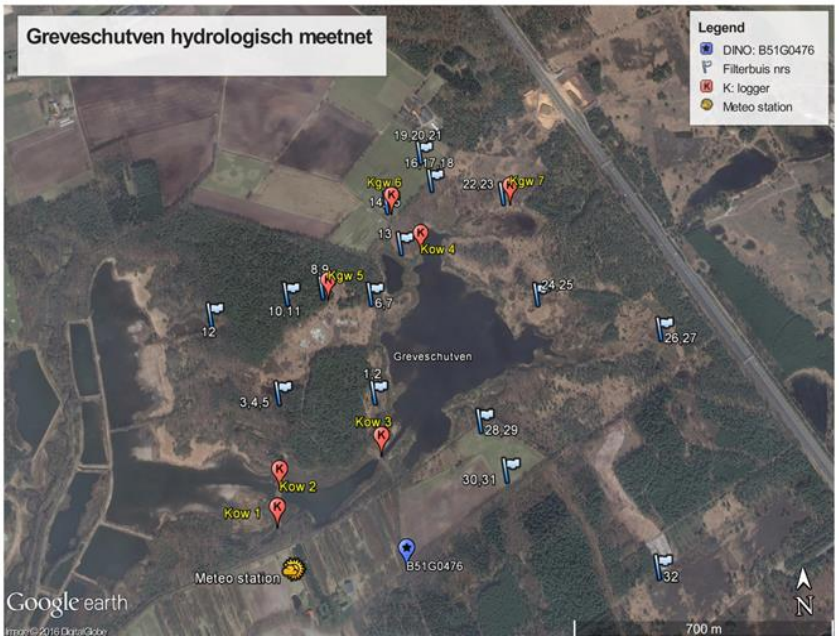
Het waterpeil (Rivh) in de Tongelreep is gesteld op 0.5 m beneden maaiveld (AHN-2)en de waterbodemhoogte 1.8 m. beneden maaiveld (Rivc = 2.7).

In het model zijn in de weidegebieden ten noorden, noordoosten en oosten van het Greveschutven alleen Drains opgenomen op basis van sloten die zichtbaar zijn op luchtfoto's (Google Earth). De aanwezigheid van ondergrondse drains is niet bekend en daarom niet opgenomen. De hoogte van de drains (Drh) is gesteld op 0.8 m beneden maaiveld (drv = 3). Ten zuidwesten van de Tussenvijver liggen een aantal diepe sloten die ook zijn opgenomen als drains met als drainhoogte 20.8 m +NAP dat is ca 2 m beneden maaiveld wat overeenkomt met veldwaarnemingen (drv = 2.5).

De instroom naar de Tussenvijver is gemodelleerd als bron ("WELL") met een vaste in stroming van 2542 m3/dag en de uitstroming als put (negatieve "WELL") met als debiet -3456 m3/dag.

Figuur 49 Waterdoorlatendheid (Kh) in laag 3 per gebiedstype. Rood=hogere gronden met dikke leemlaag, doorlopend onder het Greveschutven; blauw = hogere gronden met dunnere leemlagen; groen = lemig zand, gebied ten westen van Greveschutven.

De waarden van de waterdoorlatendheid in de modellagen en de bodemweerstand van Tongelreep en drains zijn bepaald door iteraties met het stationaire model. Daarbij zijn de gemodelleerde waterstanden geijkt met gemeten waterstanden van grond en oppervlaktewater (Figuur 50).



	rewet L2
discrepancy	-5.5 %
filter nr	Hmodel - Hgemeten
1	-0.18
4	-0.41
6	-0.17
8	-0.31
10	-0.35
12	-0.06
15	0.25
17	0.12
20	0.30
22	0.05
24	0.13
26	0.38
30	0.10
32	-0.03
476	0.08
gemidddeld	-0.006

Figuur 50 Resultaten kalibratie van het stationaire model. Hmodel = gemodelleerde grondwaterstand, Hgemeten gemeten grondwaterstand.

Het gemiddelde verschil tussen gemeten en berekende grondwaterstanden is gering, maar in enkele delen van het gebied zijn de afwijkingen aanmerkelijk. Vooral in het gebied tussen Greveschutven en visvijvers worden met het model te lage grondwaterstanden berekend. De oorzaak kan zijn dat de ingestelde waterstanden in de visvijvers te laag is of de bodemweerstand plaatselijk hoger is dan in het model. In het weidegebied ten Noorden van het Greveschutven gaf het model hogere waarden dan gemeten. Dit kan veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van drains, welke niet zijn opgenomen in het model.

Ook op punt 26 wordt een te hoge grondwaterstand gemodelleerd. De oorzaak daarvan is niet duidelijk. Het model geeft op andere punten ten zuiden en zuidwesten van het Greveschutven (30,32 en 476) heel goede resultaten.

Alles overziende is besloten dat de modelschematisatie geschikt is voor verdere modellering.

Dynamisch 3-Dimensionaal model

Op basis van de geohydrologische schematisatie, welke gekalibreerd is met het eerder ontwikkelde 3D stationair model is een 3-D dynamisch model tot stand gebracht met het modelinstrumentarium PCraster-Modflow (Bijlage 11.4). Het model heeft als celgrootte 5 x 5 m. en een tijdstaplengte van 1 dag. De doorgerekende periode loopt van 1-10-2010 tot 1-5-2017

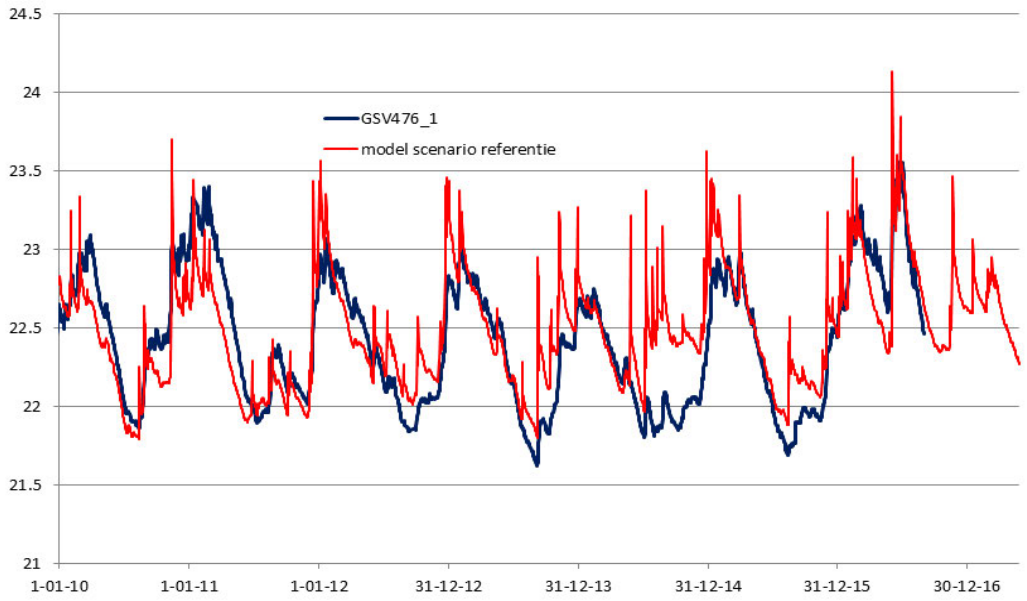
Voor de grondwateraanvulling (netto neerslag) is gebruik gemaakt van een 1-D top-model voor gebiedsdelen met gemiddelde grondwaterstanden van meer dan 1 m beneden maaiveld. In het topmodel is rekening gehouden met interceptie en bodemberging van netto neerslag (Bijlage 3.5). In het Topmodel is de interceptie en verdamping afhankelijk gesteld van de Leaf Area Index (LAI), het bladoppervlak gedeeld door het oppervlak van de bodembedekking door de vegetatie. Voor de lagere delen van het gebied zijn verdampingreductie factoren (Tabel 2) opgesteld per landgebruik type van de referentie verdamping (Makkink).

Voor de periode 1/10/2010-1/5/2016 is gebruik gemaakt van gegevens van het KNMI-stations Eindhoven en Ell (naar de afstand tot het Greveschutven gewogen gemiddelden) van neerslag en referentieverdamping (Makkink). Voor de periode 1/5/2016 tot 1/5/2017 zijn de gegevens van het meteostation Greveschutven gebruikt.

Bodemparameters in het Topmodel zijn gekalibreerd (Bijlage 11.5) met de grondwaterstand gegevens van grondwaterfilter B51GD476 (DINO-bestand). Van de berekende grondwateraanvulling per landgebruikstype per dag, voor de periode 1/5/10 – 1/5/17 is een RECHARGE-bestand gemaakt voor gebruik in het dynamische model.

De uitstroming van water vanuit de Tussenvijver vindt plaats via een stuw (K2). Dat betekent dat bij hogere waterstanden in de Tussenvijver ook de afvoer (exponentieel) toeneemt en stopt zodra het peil beneden de stuwhoogte is gezakt. In het dynamische model is daarom de uitstroming gemodelleerd als een DRAIN in één cel, waarvan de drainhoogte is gesteld op 22.7 m +NAP. Een drain in Modflow zorgt er voor dat water het model verlaat zolang het peil ter plaatse hoger is dan de drainhoogte. Drains kunnen daarom goed gebruikt worden stuwen te modelleren.

Het dynamische model is gekalibreerd met een datareeks van 7 jaar van het grondwaterfilter B51GD476_1 (DINO-bestand) welke in het modelgebied staat ten zuiden van het Greveschutven (Figuur 50).

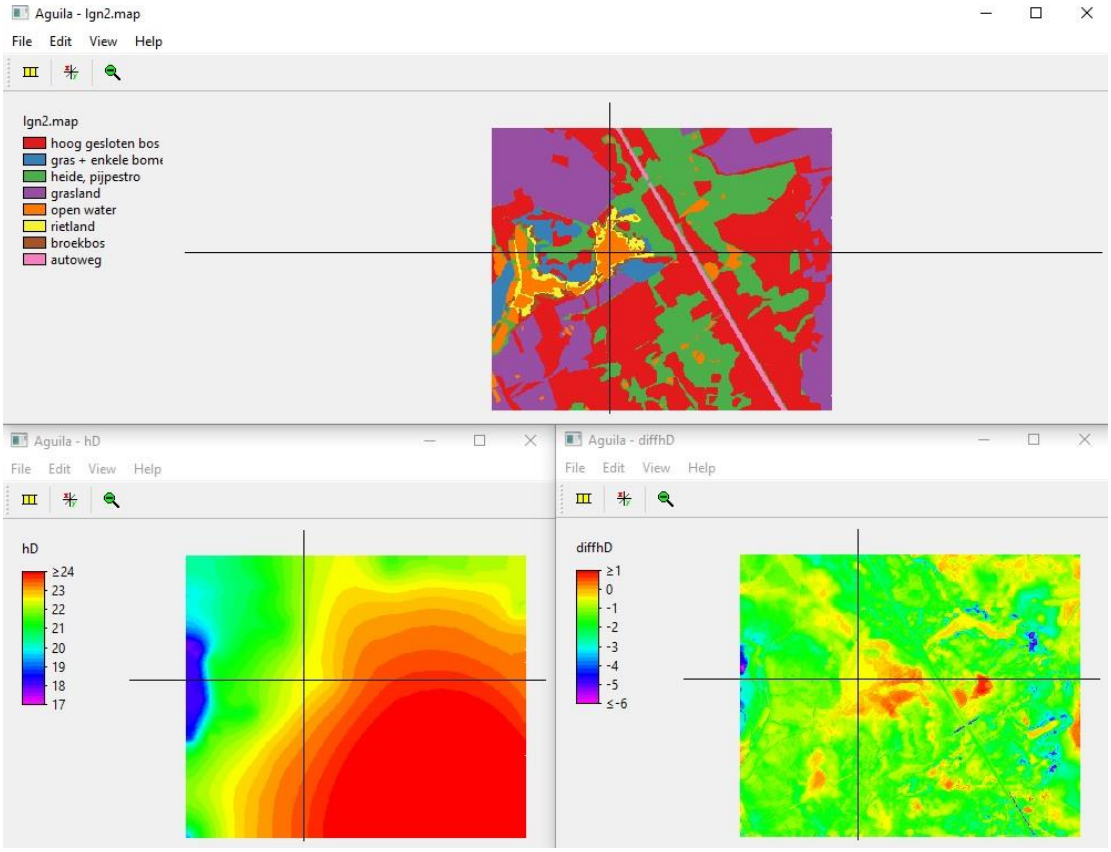


Figuur 51 Geregistreerde grondwaterstanden op locatie Greveschutven476_1 (B51GD476 DINO) vergeleken met gemodelleerde grondwaterstanden (referentiescenario). *Stijghoogte in m.+NAP.*

In dit model is de instroom van water van de Tongelreep via de toevoersloot en de Tussenvijver (TV) minimaal (Tabel 5: "referentie scenario") en komt overeen met actuele situatie bij laag winterpeil.

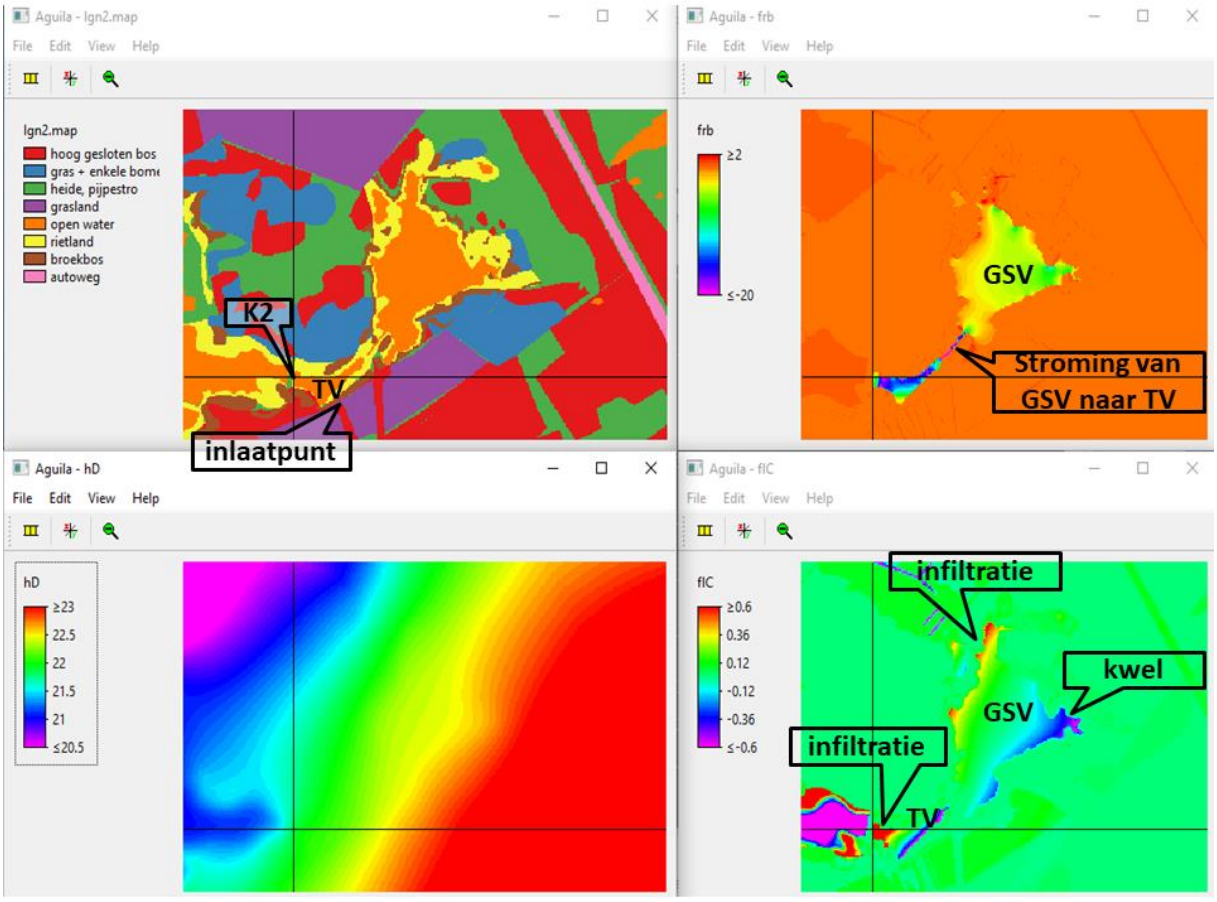
Hoewel er verschillen zijn tussen gemeten en gemodelleerde grondwaterstanden (bv zomer 2014) kan het resultaat van het model op deze locatie als goed worden beoordeeld. Het model levert over de gehele periode per dag kaarten van de grondwaterstanden (en standen van het Greveschutven) ten opzichte van NAP en onder of boven maaiveld. (Figuur 52), van de richting en debiet van grondwaterstroming in X, Y en Z richting (Figuur 53).

Uit het isohypsenbeeld blijkt duidelijk dat het Greveschutven gelegen is op de flank van het regionale grondwatersysteem tussen Tongelreep en poldergebied ten oosten van het Greveschutven. Het grondwater stroomt in oostelijke tot noordoostelijke richting in dit systeem. Het meeste grondwater stroomt onder het Greveschutven door naar de Tongelreep (geheel links op de kaarten). De isohypsen maken wel een bocht naar het noorden welk veroorzaakt is door de aanwezigheid van het Greveschutven. Op de kaart van de waterstanden ten opzichte van maaiveld is de waterdiepte ter plaatse van het Greveschutven ca -0.5 m. Ten oosten en ten zuidoosten worden vaak waterstanden iets boven maaiveld berekend, wat overeenkomt met de huidige situatie. Ook voor vennen ten zuiden en ten oosten worden met het model waterstanden berekend boven de venbodem. Ter plaatse van de duinenbogen zijn grondwaterstanden tot enkele m. beneden maaiveld berekend.



Figuur 52 Kaart van het landgebruik in het modelgebied (boven); voorbeeld van berekende isohypsen (linksonder: in m +NAP); voorbeeld van grondwaterstanden beneden/boven maaiveld (m. +/- Maaiveld).

In Figuur 53 zijn de met het model berekende fluxen in X en Z-richting weergegeven. Het blijkt uit de modellering dat het water door het Greveschutven stroomt van Oost naar West. In het Oosten en Zuidoosten vindt voeding van het Greveschutven met dieper grondwater plaats (Z-flux: kwel, Figuur 53: rechtsonder). Vervolgens stroomt het water (heel langzaam) door het Greveschutven naar het westen en noordwesten, waar het infiltreert naar diepere lagen, op weg naar de Tongelreep. In het Noordwesten vindt aan de rand van het Greveschutven instroom door de bovenste modellagen plaats, vooral bij intensieve neerslag. Een aanmerkelijk deel van het water van het Greveschutven stroomt weg naar de Tussenvijver via de verbindingsduiker tussen Greveschutven en Tussenvijver zoals blijkt uit de hoge X-flux (Figuur 53: rechtsboven). Aan het westelijk einde van de Tussenvijver stroomt water weg via de stuw (K2). Omdat het waterpeil in de visvijver (ten westen van de Tussenvijver) aanmerkelijk lager staat dan in de Tussenvijver treedt in de westhoek van de Tussenvijver veel waterverlies op door inzijging.



Figuur 53 Deelkaart van het landgebruik in het modelgebied (linksboven), K2=uitlaat stuw, TV= Tussenvijver; Linksonder: isohypsenkaart, waterstanden in m.+NAP; Rechtsboven: berekende grondwaterstroming in X-richting in m^3dag^{-1} per cel, negatieve flux is stroming naar links, Greveschutven=Greveschutven; Rechtsonder: berekende grondwaterstroming in Z-richting in m^3dag^{-1} per cel: positieve flux=infiltratie, negatieve flux= kwel. Tijdstap: 1-09-2016.

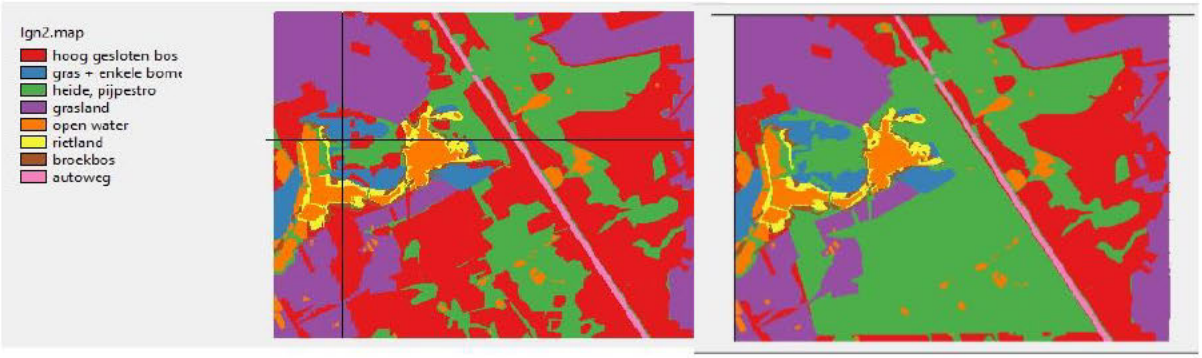
Scenario analyse

Het gekalibreerde model is beschouwd als representatief voor de gemiddelde hydrologische situatie in en om het Greveschutven. Het wordt daarom aangeduid als het "referentie" scenario. Door bepaalde aanpassingen te maken in de modelschematisatie zijn vervolgens de effecten van 3 extra scenario's op het Greveschutven en omgeving doorgerekend. Het betreft de scenario's "inlaat", "bos > heide" en "optimum".

<u>Scenario INLAAT</u>

Met het scenario "inlaat" is de hydrologische situatie gemodelleerd waarbij extra water (afkomstig van de Tongelreep) wordt ingelaten in de Tussenvijver. De hoeveelheid (2542 m^3/dag) komt overeen met de gemiddelde instroming in het voorjaar, wanneer het winterpeil van het Greveschutven wordt verhoogd naar het zomerpeil (Paragraaf 4.3). Door de variaties in het waterpeil in de aanvoersloot en veranderingen van de hoogte van de inlaatstuw komt het ook in andere perioden voor dat er zoveel water naar de Tussenvijver stroomt. In dit scenario wordt ervan uit gegaan dat deze instroming het gehele jaar doorgaat.

Scenario BOS > HEIDE



Figuur 54 Scenario "bos-heide". Links het actuele landgebruik (Scenario "referentie"), rechts het gesimuleerde landgebruik na omvorming van hoog opgaand bos naar heide/pijpestro velden.

Met dit scenario wordt onderzocht wat het effect is van het omvormen van hoog opgaand bos (op droge grond) naar heide/pijpestro in het beheergebied Valkenheide (Figuur 54) op het peilverloop van grondwater en Greveschutven. Omdat heide/pijpestro een veel kleinere LAI heeft dan hoog opgaand bos en daardoor een geringere interceptie van de neerslag en kleinere transpiratie kan een groter deel van de neerslag het grondwater bereiken. Het grondwater zal gemiddeld hoger komen te staan, wat effect kan hebben op de hoeveelheid grondwater die naar het Greveschutven toestroomt (kwel). Aldus kan het mogelijk worden minder water in te laten in het Greveschutven en wordt de waterkwaliteit iets meer "grondwaterachtig" wat gunstig is voor de ecosystemen van Greveschutven en randzones. Het in 2015 reeds omgevormde bos is al opgenomen in het referentie scenario. In dit scenario wordt het gehele bosgebied virtueel afgezet zodat inzicht kan ontstaan in de effectiviteit van deze maatregel.

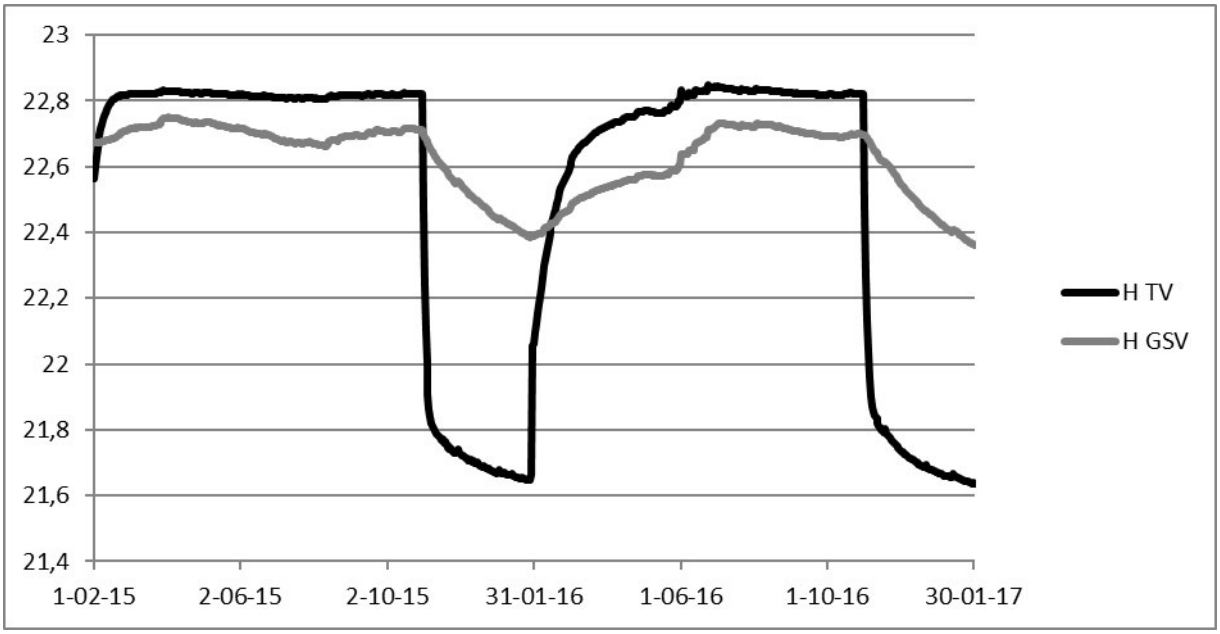
Scenario OPTIMUM

In dit scenario wordt de inlaat van gebiedsvreemd water (Tongelreep) volledig gestopt en het waterverlies door infiltratie uit het zuidwestelijk deel van het Greveschutven geminimaliseerd door het handhaven van een hoog waterpeil in de Tussenvijver (22.5 m +NAP) en het afsluiten van de duiker tussen Greveschutven en Tussenvijver. Teneinde het waterpeil in het Greveschutven niet te sterk te laten variëren wordt aan het noordeinde van het Greveschutven een overlaat gecreëerd, waar water van het Greveschutven kan wegstromen naar het weidegebied ten noorden van het Greveschutven, indien het Greveschutven peil hoger wordt dan de drempel (22.4 m +NAP) in de overlaat. Het water afkomstig van het Greveschutven kan een (kleine) bijdrage leveren aan de vernatting van het weidegebied.

Scenario WISSEL

In de voorgaande scenario's is van een vaste hoeveelheid inlaat water of, zoals in scenario "optimum", van geen inlaat uitgegaan. Om de cultuurhistorische waarde van het systeem van de visvijvers, met stuwen en regelwerken om de visvijvers (waaronder het Greveschutven en de Tussenvijver) te laten droogvallen en weer te vullen, te handhaven is een extra scenario

doorgerekend. Dit scenario "wissel" heeft een zomerpeil en een winterpeil, wat het gemakkelijker maakt om in de winter het riet te maaien en bosopslag te verwijderen. In het scenario "wissel" is een wisselend peil aangehouden, waartoe in de "zomer" periode van 1 februari tot 31 oktober 3000m^3 water per dag wordt ingelaten en de stuw aan west einde van de Tussenvijver gesteld op 22.8 m +NAP. In de "winter" periode van 1 november tot 31 januari is er geen inlaat en staat de uitlaatstuw op 21.2 m + NAP, ca 20 cm boven de bodem van de Tussenvijver. Er is gekozen voor een zo kortmogelijke "winter" periode, die begint aan het eind van de herfst. Daardoor kan in het begin van de daarna volgende "zomerperiode" nog zoveel mogelijk aanvulling door neerslagwater plaats vinden, wat de in te laten hoeveelheid water kan beperken.

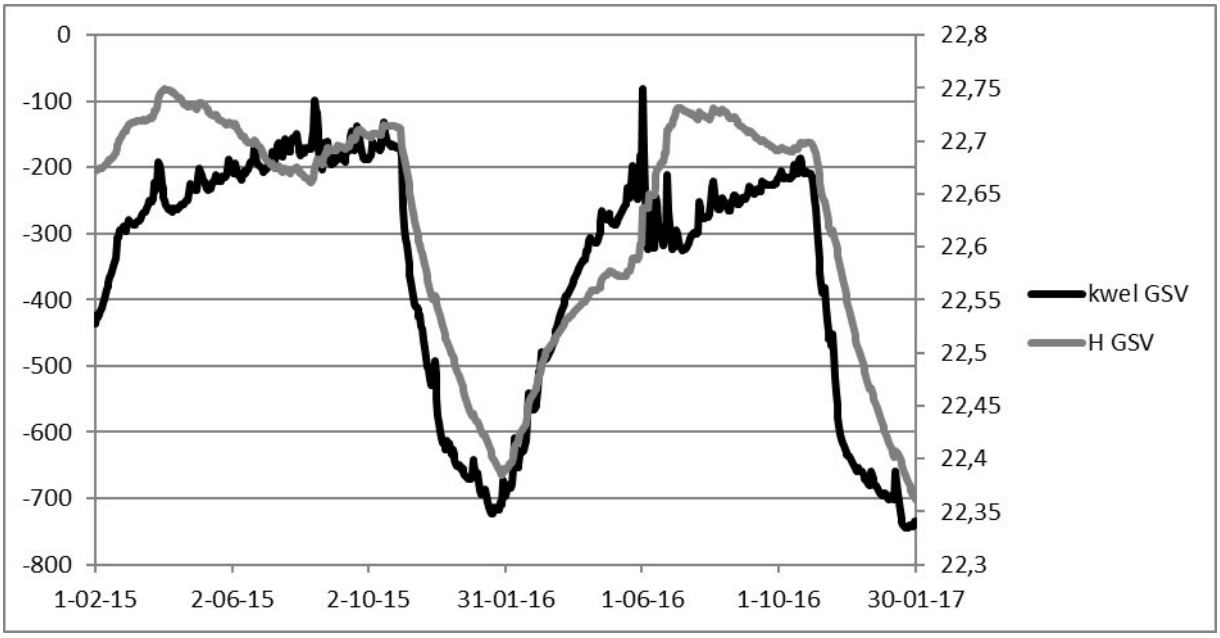


Figuur 55 Verloop van het met scenario "wissel" berekende waterpeil in Tussenvijven (H TV) en Greveschutven (H GSV).

Het berekende verloop van de waterstanden in de Tussenvijver en het Greveschutven is weergegeven in Figuur 55. Het waterpeil in het midden van de Tussenvijver is in de zomerperiode constant ongeveer op de stuwhoogte. Zodra de stuw wordt verlaagd daalt de waterstand heel snel. Na ca 10 dagen vallen gedeelten van de Tussenvijver droog zodat verdere daling van het waterpeil langzamer gaat. Zolang het peil in de Tussenvijver hoger staat dan in het Greveschutven vindt nog instroming naar het Greveschutven plaats. Zodra het peil in de Tussenvijver lager staat dan in het Greveschutven stroomt er water weg uit het Greveschutven. Omgekeerd stijgt het waterpeil in de Tussenvijver zodra de inlaat weer begint en de uitlaatstuw wordt verhoogd. Een groot deel (ca 60 %) van het ingelaten water aan het begin van de "zomer" periode dient voor de verhoging van het peil in de Tussenvijver. De instroom naar het Greveschutven begint zodra het peil in Tussenvijver hoger komt dan in het Greveschutven, vanaf die dag stijgt het peil in Tussenvijver minder snel en begint het peil in Greveschutven langzaam te stijgen.

Het blijkt dat door het neerlaten van de uitlaat stuw in de Tussenvijver het waterpeil in het Greveschutven flink daalt en dat het door het weer starten van de waterinlaat het weken duurt

voordat het hoge zomerpeil weer wordt bereikt. De reactie van het waterpeil in de Tussenvijver gaat veel sneller. De waterstroming van Tussenvijver naar Greveschutven wordt duidelijk beperkt door de kleine duiker. De berekende hoeveelheid water die uiteindelijk gedurende de zomerperiode van 2016 het Greveschutven bereikt was ca 12 % van de ingelaten hoeveelheid water (90400 van 759000 m^3).



Figuur 56 Verloop van het met scenario "wissel" berekende waterpeil in Greveschutven (H GSV) en de toestroom van grondwater naar het oostelijk deel van het Greveschutven (kwel GSV).

In Figuur 56 is het effect van het waterstandverloop op de grondwaterkwel naar het Greveschutven weergegeven. Er is een heel duidelijke relatie tussen waterpeil en kwel. Hoe lager het waterpeil hoe groter de kwel. De tijdelijk lagere waterstand in de "winter" periode in het Greveschutven heeft geen merkbaar na-ijl effect op de kwel. De berekende hoeveelheden instroom- en kwelwater zijn vermeld in Tabel 4. De berekende waterbalansen sluiten niet. In de balansen van de Tussenvijver is de inlaat van water opgenomen. De grote hoeveelheid water die overblijft op de waterbalans van de Tussenvijver is het waterverlies door inzijging, met name aan de westzijde van de Tussenvijver. Het grote waterpeilverschil tussen Tussenvijver en naastgelegen visvijver leidt vooral bij hoge "zomer" waterstanden in de Tussenvijver tot flinke verliezen door inzijging. Bij de lagere "winter" waterstanden is er juist een tekort op de waterbalans van de Tussenvijver. Dit tekort bestaat uit kwel naar de Tussenvijver. De waterbalansen van het Greveschutven vertonen hetzelfde beeld: overschot op de balans in de "zomer" en tekort in de "winter". In de "zomer" én in de "winter" treedt inzijging van water uit het Greveschutven op, vooral in het Noorden. Door de lage waterstanden in de "winter" is er in het Greveschutven sprake van kwel aan de westzijde welke niet is opgenomen in de berekeningen van de waterbalans term "kwel" in de tabel. De gegevens van de waterbalansen in Tabel 4 zijn berekend voor een beperkte periode. Door verschillen in neerslag en verdamping kunnen de balans termen variëren per jaar.

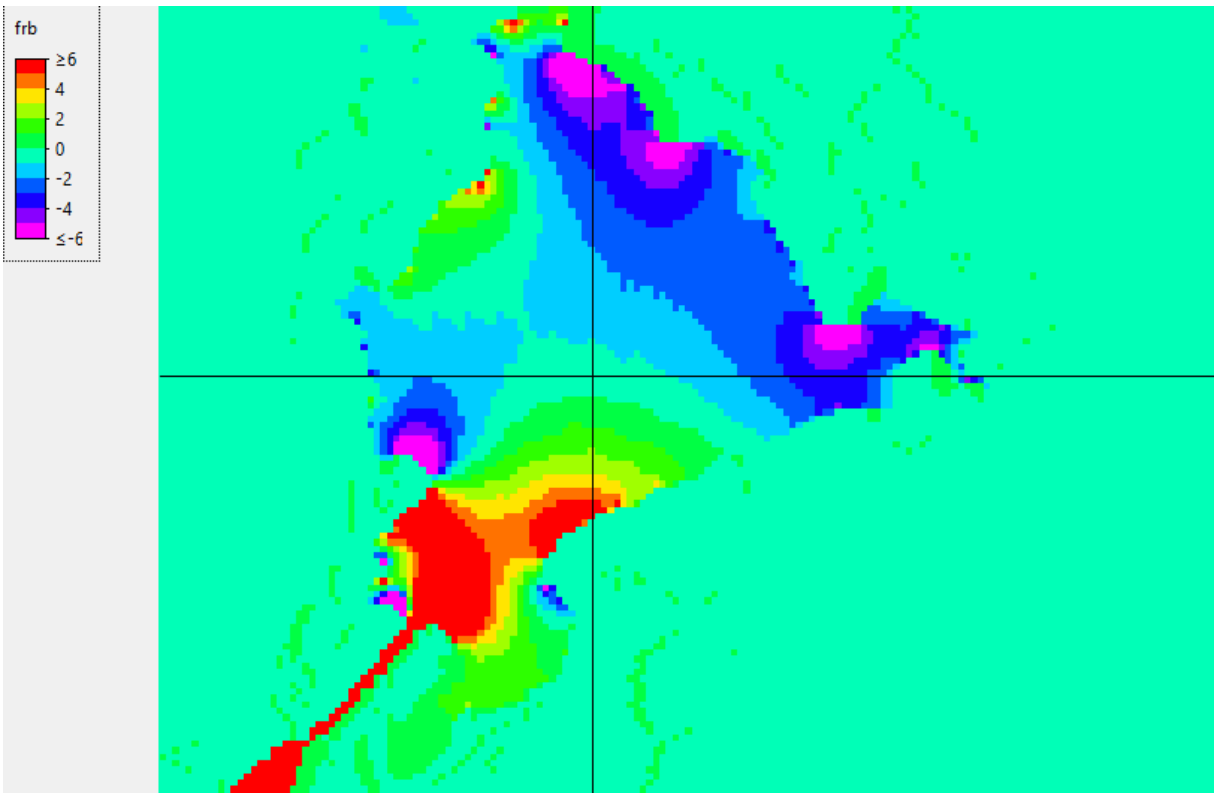
Tabel 4 Met het scenario "wissel" berekende termen van de waterbalans van de Tussenvijver en van het Greveschutven per seizoen.

	Tussenvijver zomer K1 inlaat =3000 m3/dag					**Tussenvijver winter** K1 inlaat = 0 m3/dag				
	Neerslag	Eref	K2 uit	K3 uit	Balans	Neerslag	Eref	K2 uit	K3 in	Balans
1000m3	31.8	-31.0	-45.1	-90.4	687.4	20.1	-3.6	-576.6	305.4	-254.7
mm/dag	0.69	-0.67	-0.97	-1.96	14.86	0.44	-0.08	-12.5	6.60	-5.51
	Greveschutven zomer					**Greveschutven winter**				
	Neerslag	Eref	kwel	K3 in	Balans	Neerslag	Eref	Kwel	K3uit	Balans
1000m3	73.4	-71.4	88.3	90.4	180.6	46.5	-8.4	109.9	-305.4	-73.8
mm/dag	0.69	-0.67	0.83	0.85	1.69	0.44	-0.08	1.03	-2.86	-1.48

Zomerperiode: 1/2/2016 – 31/10/2016 Winterperiode: 1/11/2015-31/1/2016 + 1/11/2016-1/2/2017

Evenals in de andere scenario's blijkt dat slechts een klein deel van het inlaatwater het Greveschutven bereikt. Het grootste deel blijft in de Tussenvijver en stroomt weer weg via de uitlaatstuw. Het water dat in de "zomer" naar het Greveschutven stroomt, komt niet verder dan ongeveer halverwege het ven (Figuur 57: rood-oranje). In het oostelijk deel is er zwakke stroming naar het westen gericht, wat wijst op de aanvoer van kwelwater. In het westelijk deel van het Greveschutven is ook stroming naar het westen berekend, dat betekent dat daar inzijging plaats vindt.

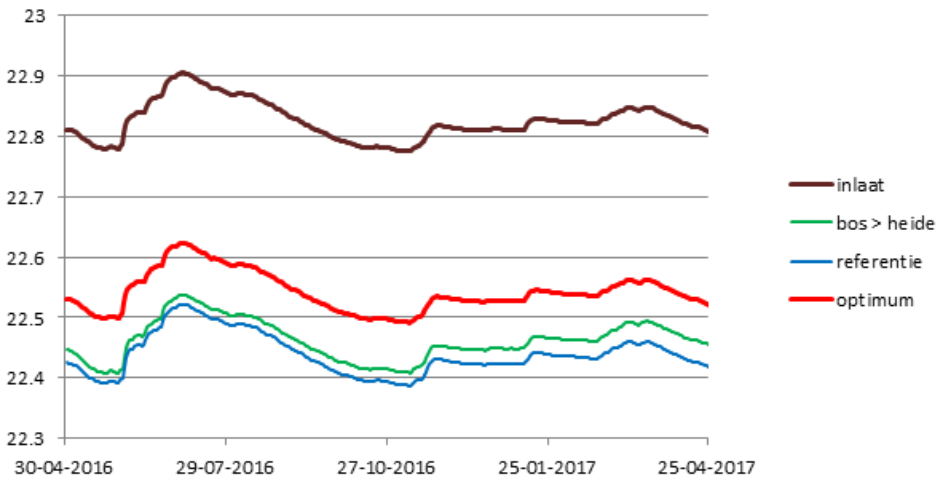
Voor de waterkwaliteit kan dit stromingsbeeld niet worden gebruikt omdat in de werkelijkheid door windwerking het water vermengd wordt en de gradiënt van instromend nutriënten rijk water mogelijk alleen in het zuidwesten van het Greveschutven meetbaar zal zijn.



Figuur 57 Stroming door het GSV op de "zomer" dag 1/8/2015. Positief is stroming naar rechts, negatief is stroming naar links. Eenheden in 0.2 m/dag.

Resultaten

De resultaten van het scenario WISSEL zijn in de voorgaande paragraaf besproken. Scenario WISSEL sluit het beste aan bij de wens van het Brabants landschap om het cultuurhistorische gebruik van viskweek en rietoogst in stand te houden. In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van vier andere scenario's die een minder door mensen beïnvloed hydrologisch systeem beogen.



Figuur 58 Gemodelleerde waterstanden in het Greveschutven *(m +NAP)* bij 4 scenario's. Referentie scenario: actuele situatie; Scenario "bos-heide": een groot del van het hoog opgaand bos binnen het modelgebied is vervangen door heide/grasvelden; Scenario "inlaat": water afkomstig uit de Tongelreep wordt ingelaten; Scenario "optimum": geen inlaat, hoog peil in Tussenvijver, duiker naar Tussenvijver afgesloten, in noorden een overlaat gemaakt naar weidegebied.

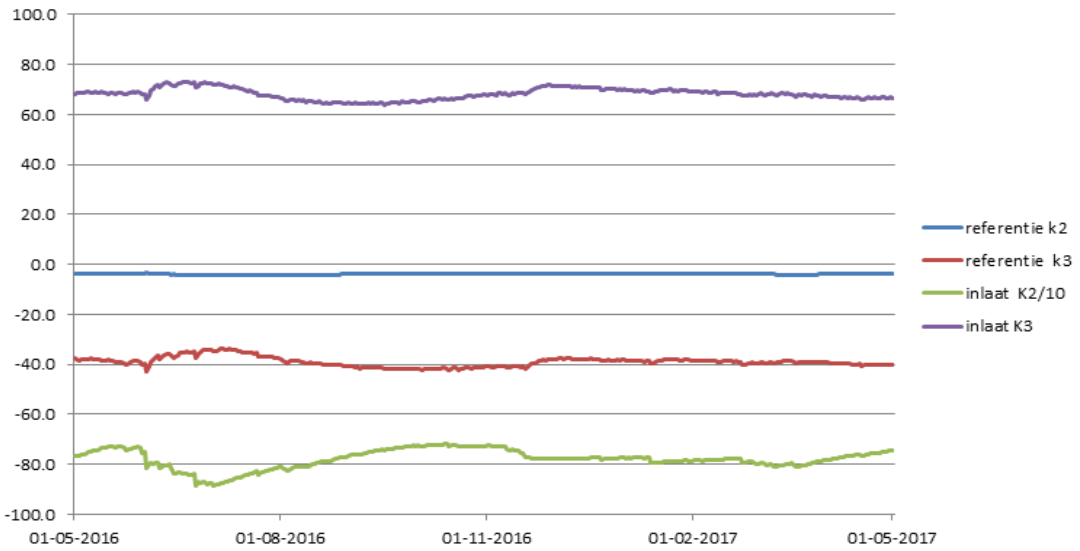
In Figuur 58 zijn de per dag berekende gemiddelde waterstanden in het Greveschutven weergegeven voor het "referentie" scenario en van de overige scenario's. De waterstanden verlopen voor alle 4 scenario's parallel. Hevige neerslag in juni 2016 resulteert in een stijging van de waterstanden, gevolgd door geleidelijke daling in de nadien volgende relatief droge periode.

Duidelijk blijkt dat de bosomvorming maar heel weinig effect sorteert op de waterstand van het Greveschutven. De grondwatertoestroming naar het Greveschutven neemt wel toe door iets hogere grondwaterstanden, maar de infiltratie naar diepere lagen in het Noordoosten van het Greveschutven ook. Netto is er daarom weinig effect van de bosomvorming op de waterstanden van het Greveschutven gemodelleerd.

Met het scenario "inlaat" wordt een veel hogere waterstand berekend dan met het referentie scenario. Deze waterstanden komen overeen met de waargenomen zomer waterstanden bij het vigerende beleid van waterhuishouding van inlaat in de zomer. De aanvoer van extra water naar de Tussenvijver leidt tot opstuwing van het waterpeil in het Greveschutven. De extra inlaat van water leidt er toe dat water afkomstig van de Tongelreep ook het Greveschutven bereikt (Figuur 59: "inlaat K3"). De hoeveelheid is echter klein vergeleken met de aangevoerde hoeveelheid. Het grootste deel van het water stroomt weer weg via stuw K2 en zakt weg door infiltratie in de Tussenvijver. In het referentie scenario komt er geen inlaatwater in het

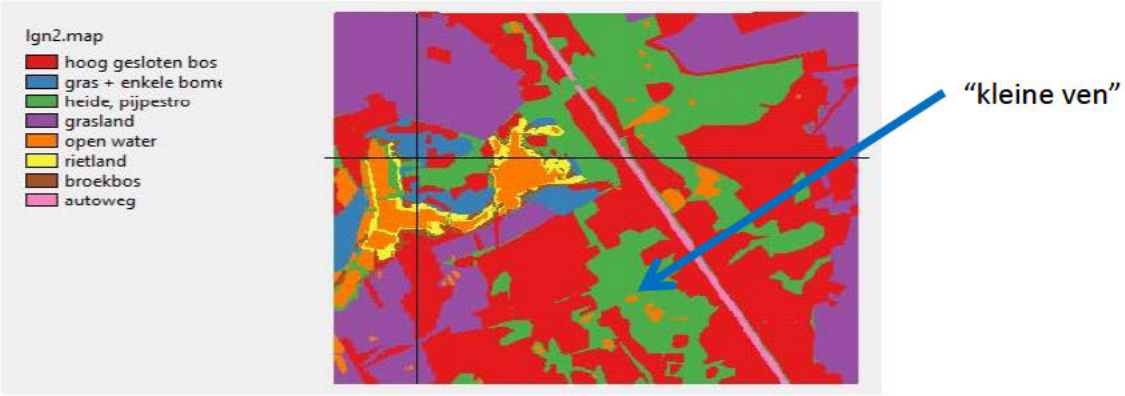
Greveschutven terecht (Figuur 59: "referentie K3"). Door extra aanvoer van water in het scenario "inlaat" stijgt het peil in de Tussenvijver waardoor ook in het Greveschutven het waterpeil opgestuwd wordt.

De waterstanden in het Greveschutven berekend met het scenario "optimum" nemen een tussenpositie in. Het peil kan niet veel hoger stijgen dan de drempelhoogte (22.5 m +NAP) van de overlaat in het noorden van het Greveschutven.

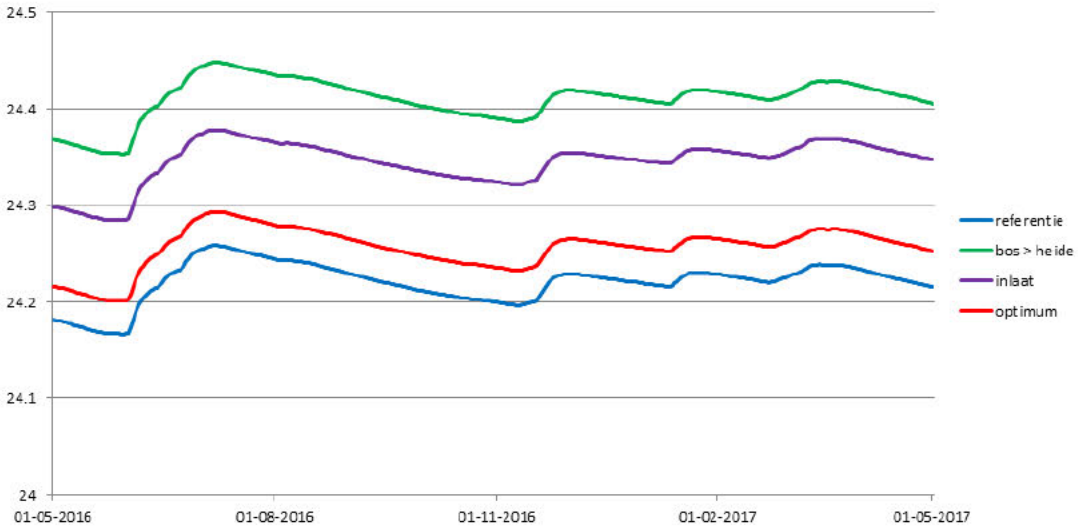


Figuur 59 Waterstroming van en naar Greveschutven volgens scenario's "referentie" en "inlaat". K2 = stuw in westen van Tussenvijver, K3 = duiker tussen Tussenvijver en Greveschutven, positive waarde= stroming naar Greveschutven. Waarden in m^3dag^{-1}. K2 inlaat is 10 x groter dan in grafiek weergegeven.

Om het effect van de verschillende scenario's op de grondwaterstanden op enige afstand van het Greveschutven is gekeken naar de waterstanden ter plaatse van het kleine ven ten zuiden van het Greveschutven (Figuur 60). Het laagste waterstandverloop wordt berekend met het referentie scenario (Figuur 61), wat overeenkomt met de relatief lage waterstanden in het Greveschutven bij dit scenario. Met het scenario "inlaat" wordt ook op deze afstand tot het Greveschutven een aanmerkelijk hogere waterstand berekend dan met het referentie scenario. De hoogste berekende waterstanden doen zich voor in het scenario "bos > heide" (Figuur 61). Het effect van bosomvorming is ter plaatse, nabij de grondwaterscheiding, groter omdat er geen drainage mogelijkheden zijn via oppervlaktewaterstroming. Met het scenario "optimum" wordt een gemiddeld 0.1 m hoger waterstandsverloop berekend dan met het referentie scenario.



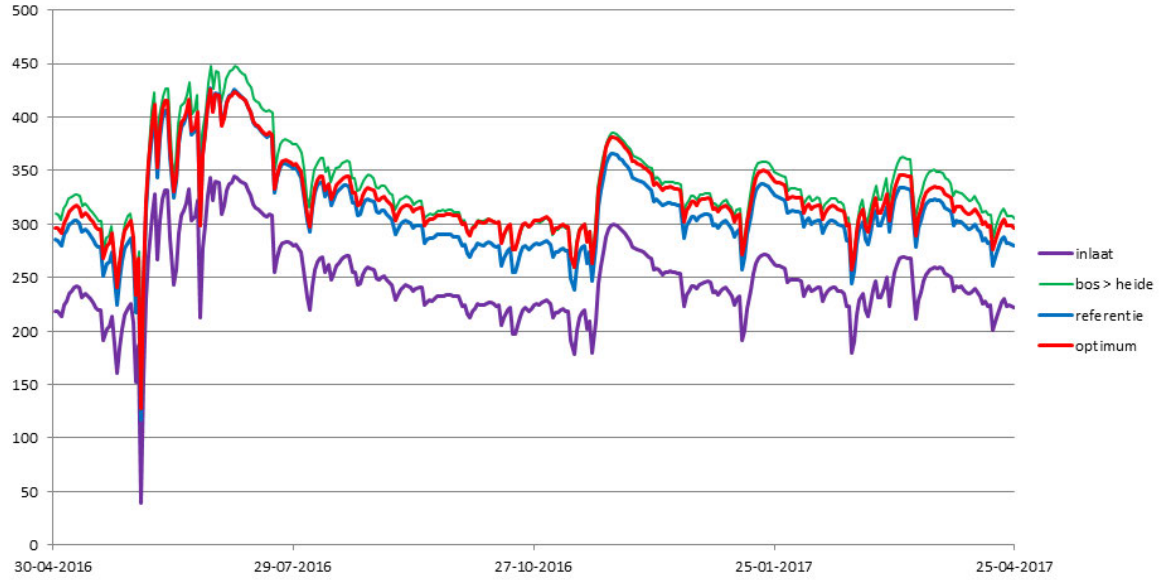
Figuur 60 Ligging "kleine ven".



Figuur 61 Gemodelleerd verloop van de waterstanden in een klein ven ten zuiden van het Greveschutven volgens 4 scenario's.

Om de effecten van de 4 scenario's op de grondwaterkwel te berekenen is het Greveschutven opgedeeld in een oostelijk deel met kwel en een westelijk deel met vooral infiltratie (Figuur 53). Voor de waterkwaliteit in het ven is de kwel belangrijker dan de infiltratie omdat het water in het Greveschutven mengt en het mengsel infiltreert.

Met het referentie scenario wordt een gemiddelde aanvoer van grondwater in het oostelijk deel van het Greveschutven berekend van 312 m^3/dag (Figuur 62). Omgerekend naar het gehele oppervlak van het Greveschutven komt dat overeen met 2.5 mm/dag (Tabel 5). Door de omvorming van bos naar heide (scenario "bos-heide") neemt de kwel iets toe (ca 7%) door de hogere gemodelleerde grondwaterstanden ten opzicht ven het Greveschutven. In het scenario "inlaat" neemt de kwel substantieel af met 20% tot 247 m^3/dag. De inlaat van water van de Tongelreep beïnvloedt de waterkwaliteit van het Greveschutven dus dubbel: meer extern water én minder grondwaterkwel. Met het scenario "optimum" wordt een iets hogere kwel (325 m^3/dag) berekend dan met het referentie scenario, maar iets minder dan met het scenario "bos > heide".



Figuur 62 Gemodelleerde grondwatertoestroming (Z-flux: kwel) gesommeerd over het oostelijk deel van het Greveschutven (in m3/dag) voor 4 scenario's.

De waterbalans van de Tussenvijver vertoont een groot overschot bij scenario "inlaat", dat niet alleen verklaard kan worden een inzijging verlies. Mogelijk wordt door het gebruik van DRAIN om de uitstroming over stuw K2 niet goed gemodelleerd bij hogere waterstanden. Het kan ook zijn dat er sprake is van een lekstroom bij hoge waterstanden vanuit de Tussenvijver naar de Visvijvers. Voor de berekeningen van de waterbalans van het Greveschutven is het echter niet van belang of het water verdwijnt uit de Tussenvijver door inzijging, lekstroom of via de uitlaatstuw.

De inlaat van water naar de Tussenvijver leidt alleen bij grote hoeveelheden tot instroom naar het Greveschutven (Tabel 5: Greveschutven K3). Indien in het voorjaar het waterpeil in het Greveschutven weer op zomerniveau wordt gebracht is een hoeveelheid extern inlaatwater nodig van 20.000 tot 50.000 m^3.

De met het dynamische model berekende inzijging (2.5 – 2.8 mm/dag) komt overeen met de waarden berekend met het regionaal grondwatermodel van het stroomgebied van de Dommel (Waterschap De Dommel 2010).

Tabel 5 Overzicht van jaargemiddelde effecten van modelscenario's voor de Tussenvijver en het Greveschutven, Periode 1-05-2016 tot 1-05-2017. Instroming, uitstroming en kwel berekend met dynamisch 3D model. Negatieve instroming = uitstroming).

Tussenvijver								
scenario	netto neerslag	inlaat	uitstroming	instroming		balansoverschot		
	m3/d	K1 m3/d	K2 m3/d	K3 m3/2		m3/d	mm/d	
referentie	15.8	25.4	0.0	39.0		80.2	1.5	
bos > heide	15.8	25.4	0.0	41.0		82.2	1.5	
inlaat	15.8	2542.0	-778.7	-68.2		1710.9	31.5	
Greveschutven								
scenario	netto neerslag	instroming	kwel	uitstroom	inzijging		kwel	gemiddeld
	m3/d	K3 m3/d	m3/d	Noord m3/d	m3/d	mm/d	mm/d	peil GSV
referentie	36.4	-39.0	312.2	0.0	309.6	-2.5	2.5	22.44
bos > heide	36.4	-41.0	334.8	0.0	330.2	-2.6	2.7	22.46
inlaat	36.4	68.2	247.0	0.0	351.6	-2.8	2.0	22.83
optimum	36.4	0.0	324.7	-12.3	348.8	-2.8	2.6	22.54
oppervlak Tussenvijver			54350 m2					
oppervlak Greveschutven			125375 m2					

4.8 Conclusies

Het model werkt goed, is representatief voor de actuele situatie (referentie) en is bruikbaar voor scenario analyse.

Door de continue inlaat van water zoals gemodelleerd in het scenario "inlaat" worden hogere waterpeilen in Tussenvijver en Greveschutven berekend dan met het referentie scenario. Uit de analyse van de waterstroming bleek dat het grootste deel van het ingelaten water de Tussenvijver verlaat via de stuw in het westen van de Tussenvijver en dat maar een klein deel van het ingelaten water stroomt naar het Greveschutven. Het waterpeil in het Greveschutven stijgt vooral door opstuwing. Omdat de waterstanden in de Tussenvijver door de inlaat van water vrijwel gelijk of iets hoger zijn dan in de zuidwestelijke hoek van het Greveschutven treedt er vrijwel geen infiltratieverlies op in die hoek van het Greveschutven, wat ook bijdraagt aan de hogere waterpeilen in het Greveschutven bij dit scenario. De hogere waterstanden in het Greveschutven stuwen ook de grondwaterstanden in de rest van het modelgebied enigszins op. Het grondwater kan een decimeter hoger komen te staan in de aanwezige kleine vennen en de plas-dras zones rond die vennen zullen breder kunnen worden. Het grondwaterverhang tussen het grondwatersysteem in de omgeving ten oosten en zuidoosten van het Greveschutven en het Greveschutven is afgenomen door de hogere waterstanden in het Greveschutven. Daardoor was de berekende grondwaterkwel naar het Greveschutven in dit scenario aanmerkelijk minder dan met het referentie scenario.

De omvorming van bos naar heide/pijpestro velden zoals gemodelleerd in het scenario "bos > heide" heeft weinig effect op het waterstandverloop in het Greveschutven. Het waterpeil in het Greveschutven kan niet veel stijgen omdat hogere waterstanden snel teniet worden gedaan door een toename in de afvoer van water richting Tussenvijver. Binnen het gebied met

bosomvorming neemt het effect van verhoogde netto neerslag in dit scenario in zuidoostelijke en zuidelijke richting toe met de afstand tot het Greveschutven. De kwel naar het Greveschutven neemt in dit scenario iets toe.

Het scenario "optimum" berekent een waterstandverloop in het Greveschutven die tussen de huidige zomer- en winterstand in ligt. Er wordt geen water, afkomstig van de Tongelreep, ingelaten naar het Greveschutven. De duiker tussen Tussenvijver en Greveschutven is in dit scenario afgesloten. Wel wordt water uit de Tongelreep gebruikt om een relatief hoog peil in de Tussenvijver te handhaven. Daardoor treedt er geen waterverlies meer op door infiltratie in de zuidwesthoek van het Greveschutven. Gebleken is in scenario "inlaat" dat bij een hoog waterpeil in het Greveschutven de grondwaterkwel afneemt. Om de kwel naar het Greveschutven, zoals berekend met het referentiescenario, te handhaven is in het Noorden van het Greveschutven een virtuele overlaat gecreëerd. Gemiddeld stroomt een kleine hoeveelheid water (ca 12 m^3/d) via deze overlaat naar het noorden.

In het model is geen rekening gehouden met het vigerende peilbeheer van het Greveschutven: laag water in de wintermaanden en hoge waterstanden in rest van het jaar. De uitkomsten van de scenario analyses laten zien dat het kunstmatig hooghouden van het Greveschutven peil door extra waterinlaat ongunstig is voor de (potentiële) waterkwaliteit.

5 Flora en fauna

Om toekomstige ontwikkeling van flora en fauna in het Greveschutven te kunnen evalueren is een nulmeting uitgevoerd van verschillende taxonomische groepen.

5.1 **Flora**

Methode

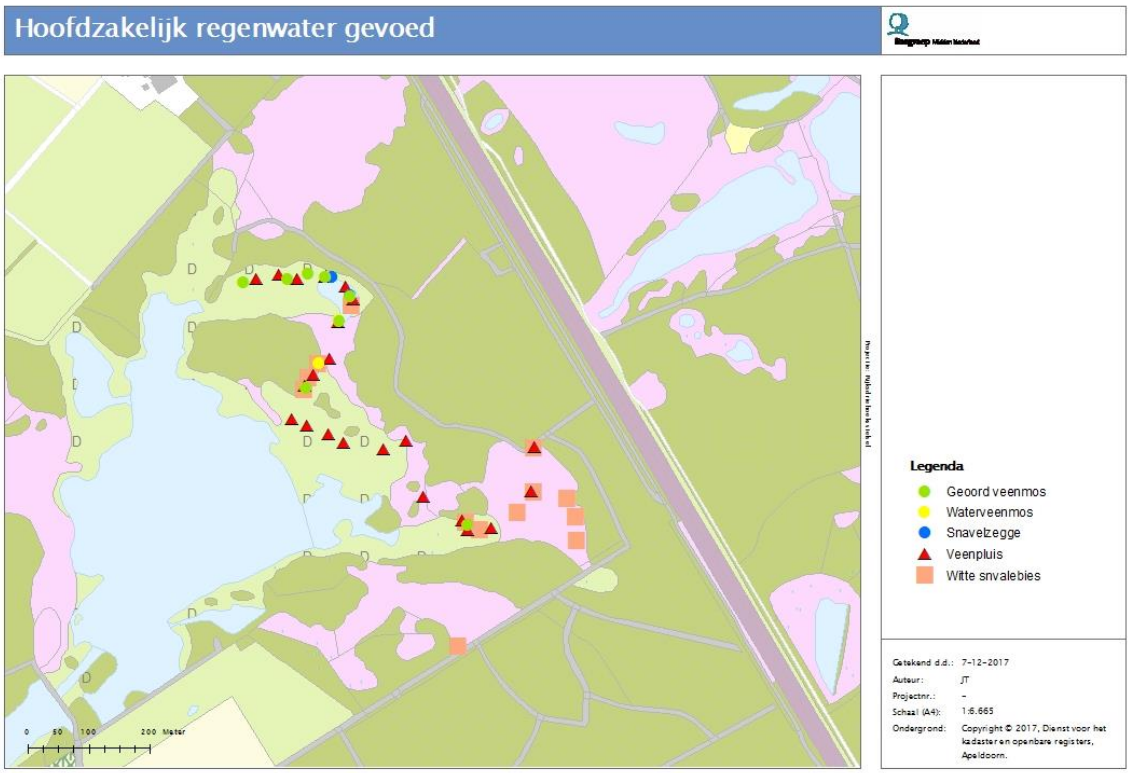
Er is één keer een kartering van de kenmerkende flora uitgevoerd van de oostkant van het Greveschutven. Deze kartering is uitgevoerd op 1 september, daarbij zijn vaatplanten gekarteerd maar is ook een globale kartering uitgevoerd van de voorkomende veenmossen. Tijdens de kartering werd zowel de watervegetatie als de aansluitende moeras- en heidevegetatie in beeld gebracht. Voorafgaande aan de kartering is de NDFF geraadpleegd om een beeld te verkrijgen van de eerder waargenomen soorten. Bij de kartering werden alleen kenmerkende en systeemkarakteristieke of zeldzame soorten in beeld gebracht.

Resultaten

De waargenomen soorten zijn zoveel mogelijk toegedeeld op basis van standplaatscondities waarvoor ze kenmerkend zijn.

<u>Kenmerkende soorten voor hoofdzakelijk door regenwater gevoede hoogvenen en vochtige heiden</u>

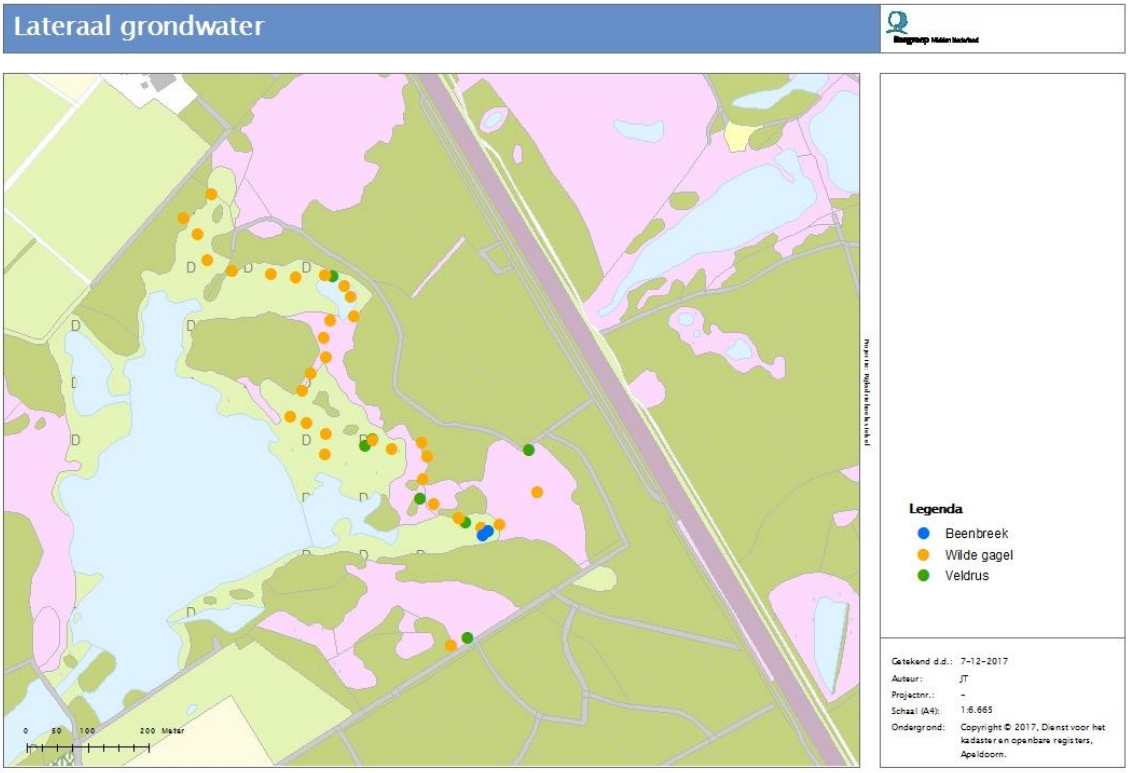
Een aantal soorten kan beschouwd worden als kenmerkend voor hoogvenen of randen daarvan (Figuur 63). De twee waargenomen veenmossen zijn in hoogvenen veelal de dominante soorten in slenken, waarbij waterveenmos in zuurdere en voedselarmere situaties voorkomt. Veenpluis komt voor op een grote verscheidenheid aan voedselarme en zure standplaatsen. Snavelzegge is een echte soort van vennen en komt voor op voedselarme tot matig voedselrijke en zure standplaatsen. Binnen deze groep van soorten is Witte snavelbies het minst algemeen (Rode Lijst kwetsbaar). Deze soort is kenmerkend voor voedselarme en zure standplaatsen zoals vochtige heide, hoogveenbulten en slenken. Van Waterveenmos is het verspreidingsbeeld onvolledig, voor de overige soorten geldt dat op Snavelzegge na ze allemaal algemeen en wijd verspreid voorkomen.



Figuur 63 Verspreiding van soorten die kenmerkende zijn voor standplaatsen die regenwater gevoed zijn.

<u>Lateraal stromend grondwater</u>

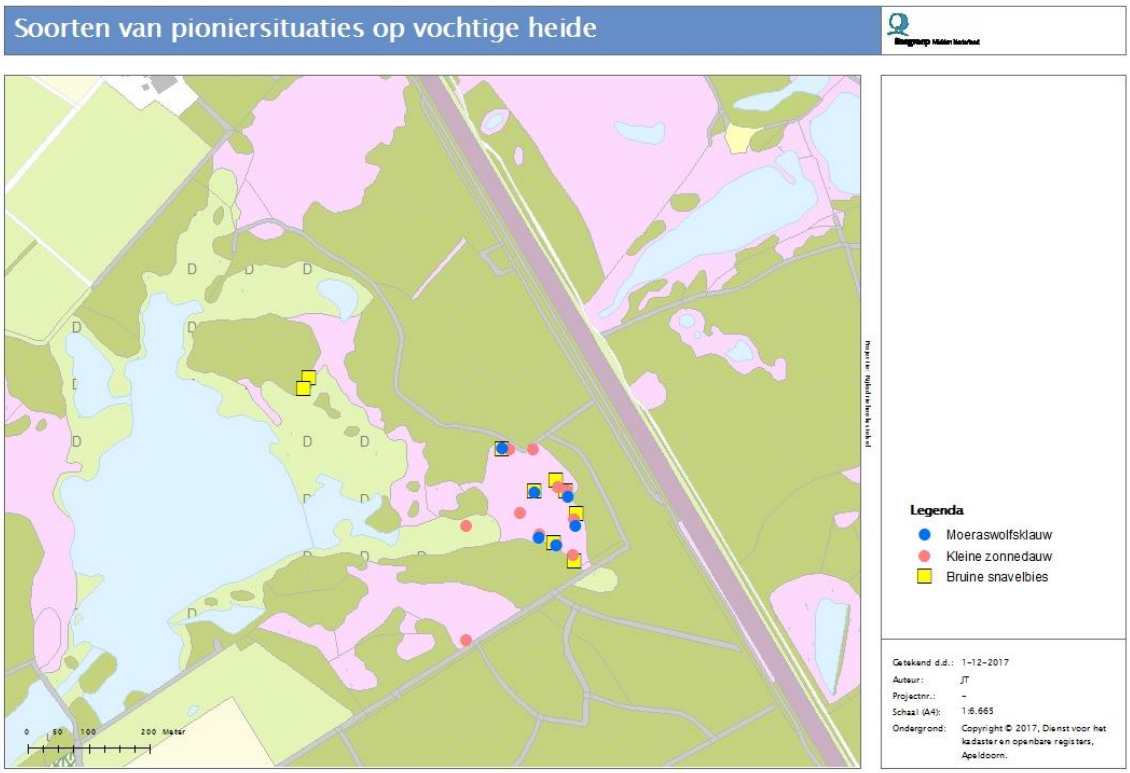
Deze soorten zijn alle drie afhankelijk van de toestroom van lokaal grondwater (Figuur 64). Van de waargenomen soorten is Beenbreek de meest zeldzame in ons land en kenmerkend voor goed ontwikkelde vochtige heide en hoogvenen met enige toestroom van lokaal grondwater. De soort is in het onderzoeksgebied zeldzaam en werd alleen waargenomen in de meest zuidoostelijke slenk. Wilde gagel heeft min of meer dezelfde standplaatscondities maar een veel ruimere verspreiding. De soort komt als een ring langs de oostrand van het ven voor. Veldrus komt meer verspreid door het gebied voor.



Figuur 64 Verspreiding van soorten die kenmerkend zijn voor laterale grondwaterstromen.

<u>Pioniermilieus in vochtige heide</u>

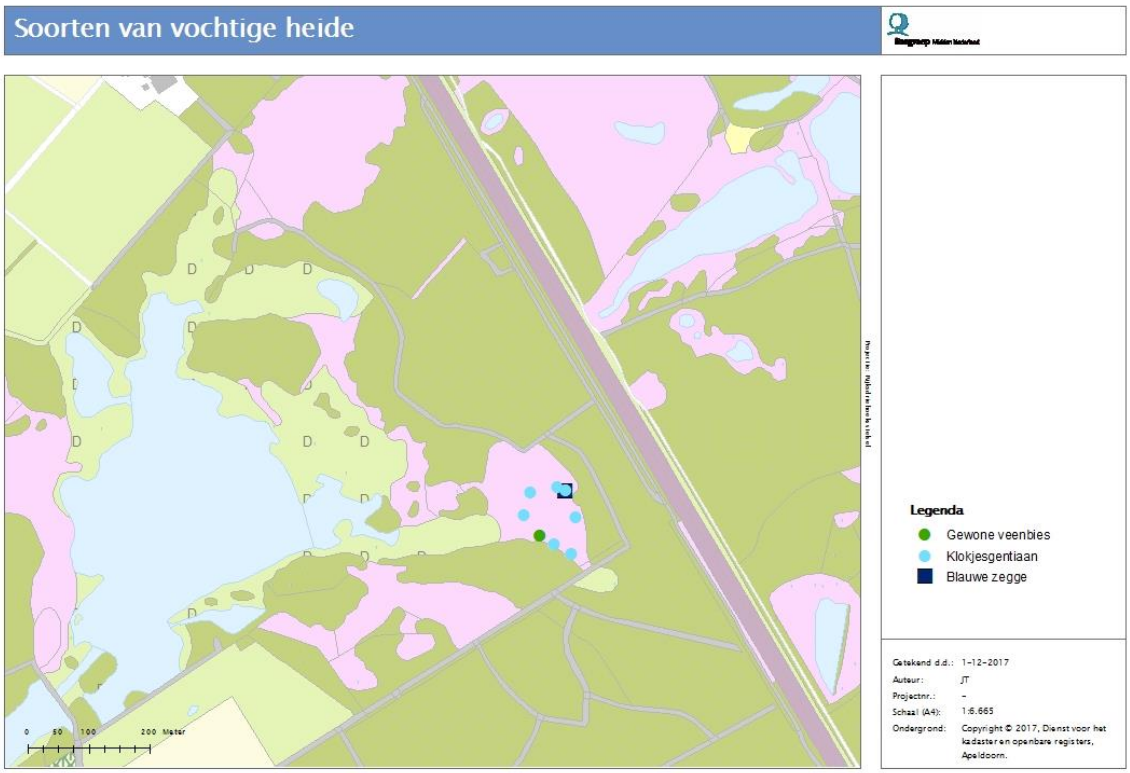
Op de heide aan de oostrand van het Greveschutven is de afgelopen jaren op meerdere locaties geplagd. Hierdoor zijn geschikte standplaatscondities ontstaan voor pioniersoorten (Figuur 65). Dit zijn allemaal soorten die snel reageren op het ontstaan van nieuw geschikt leefgebied en vaak weer verdwijnen, of veel marginaler voorkomen, als de vochtige heide zich verder ontwikkeld. De grootste concentratie van waarneming ligt duidelijk op de zuidoostelijke heide. Op een aantal delen is er erg diep geplagd, deze plaatsen staan gedurende een lange periode van het jaar onder water, en vormen geen geschikte locaties voor deze soorten. Er is ook vrij veel geplagd op de noordoostelijke heide maar hier is de situatie te droog voor deze soorten.



Figuur 65 Verspreiding van soorten die kenmerkend zijn voor pioniersituaties in vochtige heide.

<u>Goed ontwikkelde vochtige heide</u>

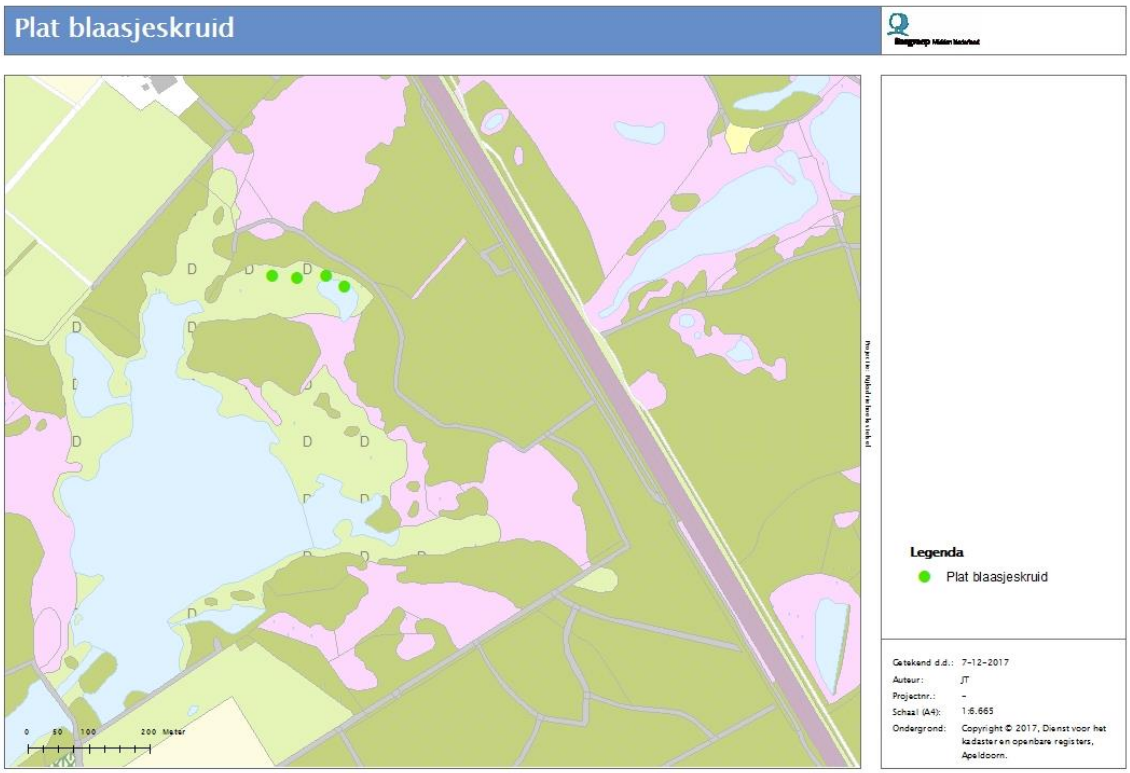
Deze groep van soorten omvat een aantal soorten die kenmerkend is voor goed ontwikkelde, veelal iets oudere vochtige heide (Figuur 66). Er is altijd enige overlap met de voorgaande biotoop. Een soort als Klokjesgentiaan is bijvoorbeeld weliswaar kenmerkend voor goed ontwikkelde vochtige heide maar verjongd zich veelal goed op plagplekken. De verspreiding van soorten van goed ontwikkelde vochtige heide beperkt geheel tot de zuidoostelijk heide. Van de waargenomen soorten is alleen Klokjesgentiaan algemeen in het gebied. De overige twee soorten komen zeer lokaal voor.



Figuur 66 Verspreiding van soorten die kenmerkend zijn voor vochtige heide.

Plat blaasjeskruid

Vanwege zijn grote landelijke zeldzaamheid en de specifieke standplaatscondities is een afzonderlijk verspreidingskaartje opgenomen voor Plat blaasjeskruid (Figuur 67). Deze soort is kenmerkend matig voedselarm, zwak zuur tot neutraal, vaak onder toestroom van basenrijke kwel. In het Greveschutven komt Plat blaasjeskruid voor in de noordoostelijke slenk.



Figuur 67 Verspreiding van plat blaasjeskruid.

Niet waargenomen soorten

Voorafgaande aan de kartering is in de NDFF bekeken welke soorten er in het verleden zijn waargenomen. Dit geeft alvast een eerste indruk van wat verwacht kan worden. Een groot aantal van de soorten die bekend waren van het Greveschutven werden ook in 2016 waargenomen. Van twee soorten is zeker dat ze zijn gemist tijdens de kartering zijn Draadzegge en Klein blaasjeskruid zijn beide bekend van de noordoostelijke slenk. Beide soorten werden niet waargenomen 2016 maar komen zeer waarschijnlijk nog wel voor. Mogelijk werden ze gemist als gevolg van de hoge waterstand ten tijde van de kartering waardoor sommige delen lastig toegankelijk waren.

5.2 **Dagvlinders**

De dagvlinderfauna van het oostelijk deel is arm te noemen. Buiten Groot dikkopje komt er geen enkele Rode lijstsoort voor. Ook van het Groot dikkopje is het aantal waarnemingen laag. Groentje is een andere kenmerkende soort voor vochtige heide en ook daarvan is het aantal recente waarneming bijzonder laag. Meer kritische soorten als Heideblauwtje en Gentiaanblauwtje komen hier niet voor.

Routes

Om de ontwikkeling van de dagvlinderfauna te monitoren is een drietal monitoringroutes uitgezet. De ligging van deze routes staat weergegeven in Tabel 6. Hier staan tevens de resultaten van de telling op de routes in 2016.

Tabel 6 Waarnemingen van dagvlinders op de routes die zijn uitgezet voor het project.

Routenr.	Sectie	X-start	Y-start	X-eind	Y-eind	9-6-2016		18-7-2017		1-9-2017	
						Soort	Aantal	Soort	Aantal	Soort	Aantal
1	A	163906	376366	163899	376319					Atalanta	1
1	B	163899	376319	163858	376318						
1	C	163858	376318	163841	376271			Groot koolwitje	1		
1	D	163841	376271	163775	376278						
1	E	163775	376278	163743	376273	Bont zandoogje	1				
2	A	164003	375844	164000	375811						
2	B	164000	375811	164013	375789	Groot dikkopje	1				
2	C	164013	375789	164085	375805						
3	A	164191	375814	164227	375804						
3	B	164227	375804	164275	375794			Boomblauwtje	1		
3	C	164275	375794	164303	375764					Atalanta	1
3	D	164303	375764	164315	375715						
3	E	164315	375715	164327	375664			Groot dikkopje	1		
3	F	164327	375664	164333	375615						

Ook de waarnemingen op de routes geven een beeld van een relatief soortenarme dagvlinderfauna. Waarbij alleen het Groot dikkopje op de Rode lijst staat en als kenmerkend gezien kan worden voor vochtige heide met goed ontwikkelde bosranden. De overige waargenomen soorten zijn allemaal zeer algemeen.

5.3 **Sprinkhanen**

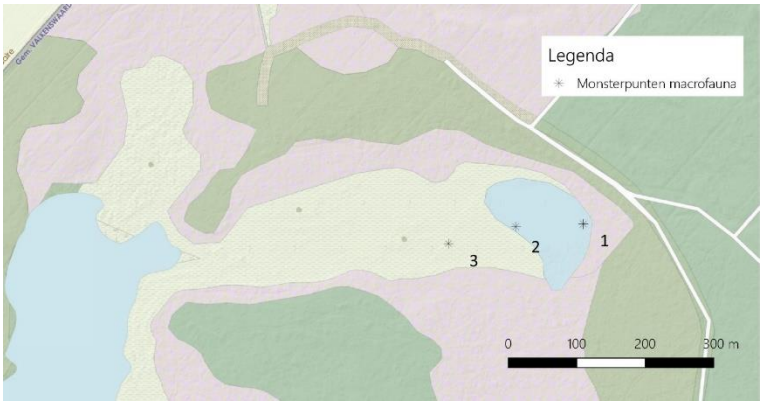
De sprinkhanenfauna is vrij soortenarm en ook de waargenomen aantallen zijn veelal erg laag. Tijdens de kartering werden vooral Zwart wekkertje, Knopsprietje en Krasser waargenomen die alle drie erg algemeen zijn in Nederland. Twee van de aangetroffen soorten zijn minder algemeen. De Moerassprinkhaan is een kenmerkende soort voor natte terreinen, zoals vochtige heide of natte graslanden. De soort werd in 2016 slechts eenmaal waargenomen. Ook de hoeveelheid waarnemingen in voorgaande perioden is erg laag (laatste in 2010). Het is niet duidelijk of zich hier nu een populatie bevindt of dat het zwervers zijn, in de omgeving van het Greveschutven komt de soort verspreid voor. Van de Veldkrekel is een populatie bekend van

de ten zuiden van het Greveschutven gelegen heide Valkenhorst. In 2016 werden enkele zingende mannetje waargenomen in de verbindingszone die is aangelegd tussen de heide en het Greveschutven. De Veldkrekel is kenmerkend voor het droge heidelandschap met een afwisseling van droge heide en grazige vegetaties.

5.4 Watermacrofauna

Methode

Twee keer (in het najaar (20/10) van 2015 en voorjaar (25/04) van 2016) is de noordoostelijke uitloper van het Greveschutven op drie locaties bemonsterd op een groot aantal groepen watermacrofauna (Figuur 68). Deze locaties zijn in 2006 op dezelfde wijze onderzocht waardoor veranderingen in de levensgemeenschap van het afgelopen decennium duidelijk worden. Bij de bemonstering is gebruik gemaakt van een standaard macrofaunaschepnet (20 x 30 cm, maaswijdte 0,5 mm). Eén monster bestaat uit verschillende scheppen met een totale oppervlakte van 1,5 m^2. Alle op het oog te onderscheiden microhabitats (verschillende vegetatietypen en structuren, openwater, verschillende substraattypen, diep en ondiep water) zijn in deze 5 meter meegenomen in de mate waarin ze in het water aanwezig waren. Hierbij werd het net schoksgewijs over de bodem of door de vegetatie bewogen. De monsters zijn getransporteerd naar het lab, waar alle macrofauna is uitgezocht. De volgende taxonomische groepen zijn vervolgens op naam gebracht: weekdieren, borstelwormen, bloedzuigers, platwormen, pissebedden, spinnen, watermijten, dansmuggen, pluimmuggen, steekmuggen, mosmuggen, kokerjuffers, waterkevers, eendagsvliegen, vlinders, steltmuggen en langpootmuggen.



Figuur 68 Ligging van monsterpunten voor aquatische macrofauna.

Resultaten

In het najaar van 2015 was de ongewerveldengemeenschap sterk verarmd. Slechts 14 soorten werden aangetroffen (Bijlage 11.6). Nimfen van de eendagsvlieg *Cloeon dipterum* maakten ongeveer 90% van de gehele gemeenschap uit. Deze soort met een zeer korte generatiewisseling is een uitgesproken pionier, die snel in staat is om nieuw ontstane of drooggevallen wateren te koloniseren. Daarentegen ontbreken soorten met een levensduur

van meer dan enkele maanden volledig. De gemeenschap eind 2015 laat zo zien dat in het betreffende jaar de noordoostelijke uitloper is drooggevallen. Overigens ten tijde van de monstername stond het waterpeil op dezelfde hoogte als in 2006 (ca. 100 cm diep op punt 2). Het waterpeil had dus voor watermacrofauna weer het vereiste peil, alleen hadden de soorten zich nog niet weten te herstellen.

In het voorjaar van 2016 had het herstel ingezet en was de soortenrijkdom alweer toegenomen. Echter het niveau van 10 jaar daarvoor was nog niet bereikt: in 2015/2016 werden 48 taxa waargenomen tijdens het onderzoek en in 2006 met 86 soorten bijna het dubbele. In 2016 blijven nog steeds de soorten achter die een langzame generatiewisseling hebben, zoals kevers, wantsen, libellen en kokerjuffers. Deze families hebben meerdere jaren nodig om verloren populaties te herstellen.

Veel van de voorheen aangetroffen zeldzaamheden zijn in 2016 niet aangetroffen (Tabel 8). Hiertoe behoren onder andere de mosmug *Phalacrocera replicata*, waterkever *Laccophilus poecilus*, dansmug *Chironomus longipes*, waterwants *Hydrometra gracilenta* en de Speerwaterjuffer. Bijzondere soorten die wel in beide jaren zijn aangetroffen waren de koraaljuffer en de kokerjuffer *Limnephilus subcentralis*.

Tabel 7 Voorkomen van karakteristieke soorten aquatische ongewervelden aan de noordoostzijde van het Greveschutven. Weergegeven zijn dichtheden (aantal individuen · m^{-2}).

Soort	GSV1 2006	GSV2 2006	GSV3 2006	GSV1 20.10.15	GSV2 20.10.15	GSV3 20.10.15	GSV1 25.04.16	GSV2 25.04.16	GSV3 25.04.16
Watermijten									
Arrenurus stecki	6,2		1,3						
Arrenurus neumani							2,7		
Limnochares aquatica	8,9	7,6	21,3		7,3				
Dansmuggen									
Polypedilum uncinatum	1,5	0,3	0,8						37,3
Psectrocladius platypus	2,8		9,9						
Waterwantsen									
Hesperocorixa castanea	8,8		0,7				4,0		1,3
Notonecta obliqua	0,3	0,7							
Kokerjuffers									
Holocentropus dubius		1,0							
Limnephilus subcentralis									1,3
Waterkevers									
Helochares punctatus	3,0		1,0				3,3	2,7	
Hydroporus obscurus							5,3		
Libellen									
Leucorrhinia dubia	1,1	1,7							
Leucorrhinia rubicunda	1,6	0,7	3,0						
Sympetrum danae			0,3						
Ceriagrion tenellum	2,7								
Coenagrion hastulatum	1,7	2,7							
Enallagma cyathigerum	0,3								

Ook waren in 2015/2016 de aantallen en soortenrijkdom van karakteristieke soorten ongewervelden veel lager dan 10 jaar daarvoor (Tabel 7). Echter, diverse soorten watermijten, dansmuggen, kevers, wantsen en kokerjuffers waren al weer teruggekeerd. Dat geldt ook voor de libellenfauna. Al hoewel in 2015/2016 nog geen larven van libellen werden aangetroffen,

werden in 2016 van de meeste soorten al weer imago's waargenomen. Alleen de sterk bedreigde speerwaterjuffer ontbrak nog. Hopelijk weet deze soort zich de komende jaren alsnog te vestigen.

Tabel 8 Voorkomen van zeldzame soorten aquatische ongewervelden aan de noordoostzijde van het Greveschutven. Weergegeven zijn dichtheden (aantal individuen · m^{-2}).

Soort	GSV1 2006	GSV2 2006	GSV3 2006	GSV1 20.10.15	GSV2 20.10.15	GSV3 20.10.15	GSV1 25.04.16	GSV2 25.04.16	GSV3 25.04.16
Dansmuggen									
Chironomus longipes		8,3	0,8						
Mosmuggen									
Phalacrocera replicata	0,3								
Oppervlaktewantsen									
Hydrometra gracilenta			0,3						
Kokerjuffers									
Limnephilus subcentralis									1,3
Waterkevers									
Laccophilus poecilus	0,3								
Libellen									
Leucorrhinia dubia	1,1	1,7							
Ceriagrion tenellum	2,7								
Coenagrion hastulatum	1,7	2,7							

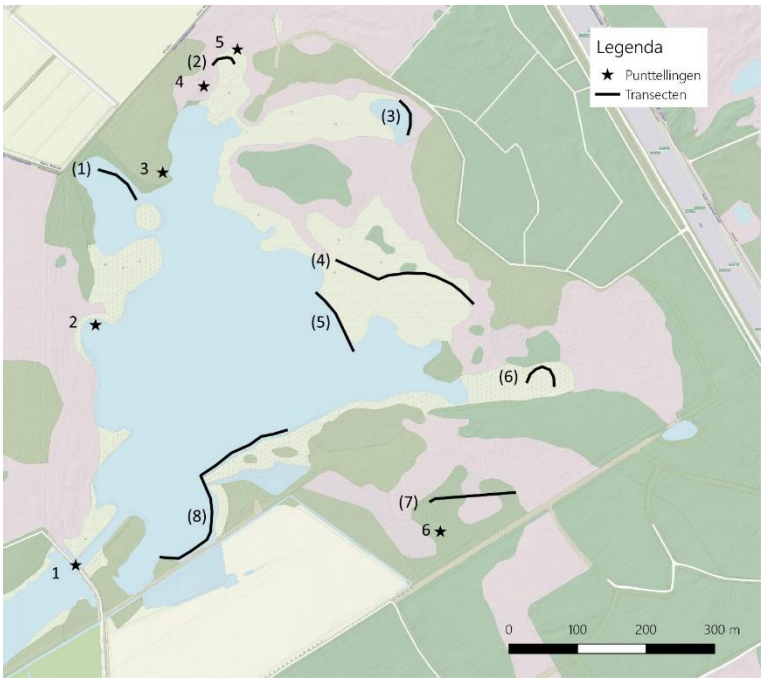
Conclusie

Na jaren van ongebruikelijk lage waterstanden is de rijkdom van aquatische ongewervelden sterk verarmd. Hoopgevend is de constatering dat reeds al binnen een jaar veel soorten zijn teruggekeerd waaronder verschillende karakteristieke en bedreigde soorten.

5.5 **Libellen**

Methode

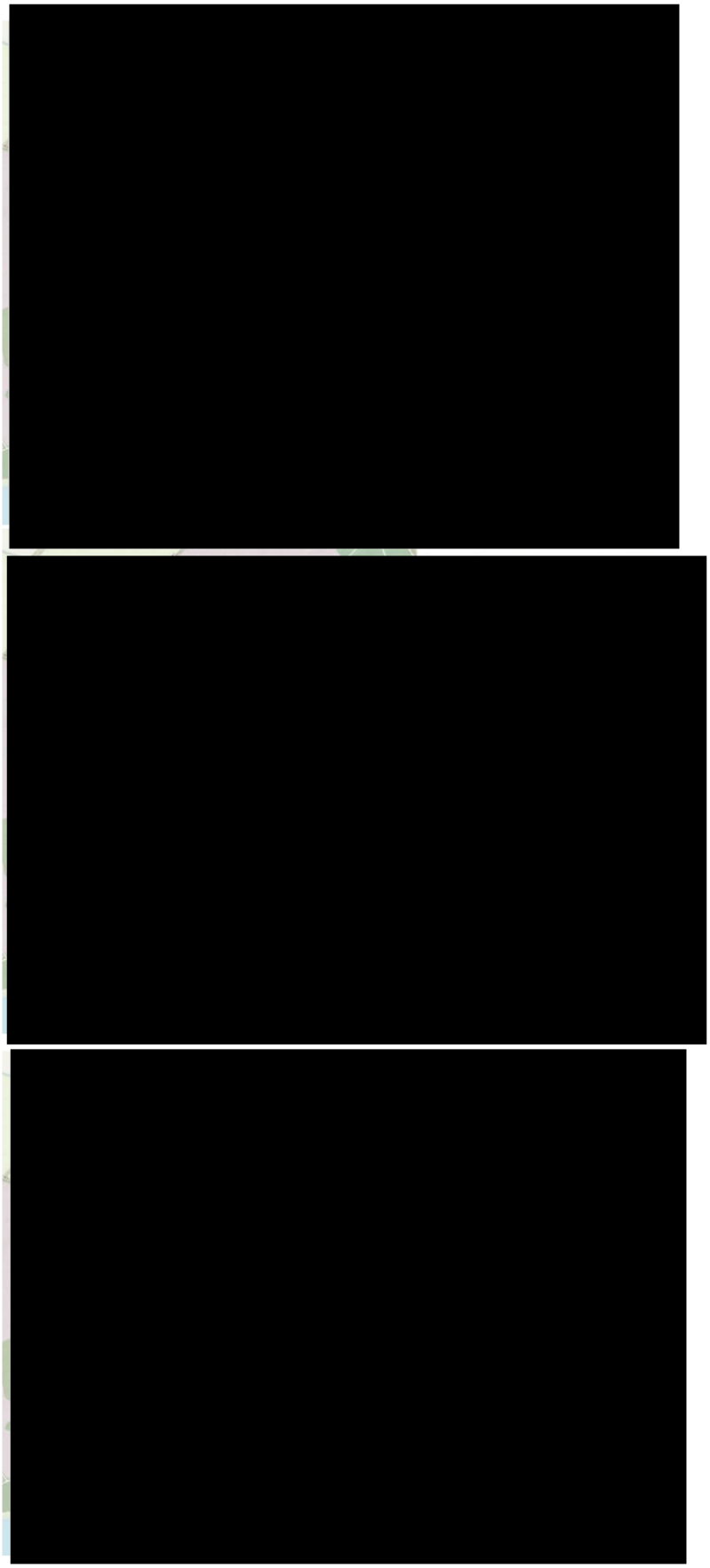
Het Greveschutven staat bekend om haar libellenrijkdom. Het (voormalige) voorkomen van libellen is een belangrijke reden waarom het beheer van het ven in deze rapportage bijzondere aandacht krijgt. Op acht transecten en zes punttellingen zijn aanwezige libellensoorten gekarteerd (Figuur 69). Karteringen vonden plaats in de periodes (1) eind mei/begin juni, (2) eind juni/begin juli en (3) eind juli/begin augustus. Transecten zijn drie keer geteld en de punttellingen één tot drie keer. Als gevolg van slechte bereikbaarheid was het niet mogelijk om alle tellingen uit te voeren (Tabel 9)



Figuur 69 Ligging van transect- en punttellingen voor adulte libellen.

Tabel 9 Overzicht van uitgevoerde libellentellingen.

	Eind mei/begin juni	Eind juni/begin juli	Eind juli/begin augustus
Punt 1	x	x	x
Punt 2			x
Punt 3	x	x	
Punt 4	x		
Punt 5	x	x	
Punt 6	x		
Transect 1	x	x	x
Transect 2	x	x	x
Transect 3	x	x	x
Transect 4	x	x	x
Transect 4	x	x	x
Transect 5	x	x	x
Transect 6	x	x	x
Transect 7	x		
Transect 8	x	x	x
Transect 8	x	x	x



Figuur 70 Waarnemingen van zeldzame libellen rond het Greveschutven in 2016.

Resultaten

In 2016 zijn 30 soorten libellen aangetroffen in en rond het Greveschutven (Bijlagen 11.7 en 11.8). De meeste van deze soorten zullen zich in het ven voortplanten. Uitzondering zijn de weidebeekjuffer die waarschijnlijk uit de Tongelreep is komen aanvliegen. Ook de zuidelijke keizerlibel kan een zeldzame dwaalgast zijn (Figuur 70). De maanwaterjuffer is in 2013 waargenomen in een klein zuur vennetje ten oosten van het Greveschutven (Bron: waarneming.nl). Ook elders op de Valkenhorst, ten zuiden van het ven, komt deze soort in de zure vennen voor. Verbetering van de hydrologie in dit deel van het gebied (paragraaf 4.7) kan de maanwaterjuffer te goede komen. Dat is ook nodig, want deze soort gaat landelijk zo sterk achteruit dat deze in 2016 op de rode lijst terecht is gekomen.

De periodieke aanvoer van lokaal zuur water aan de oostzijde maakt het ven geschikt voor de koraaljuffer. Deze soort is kenmerkend voor vennen met veenmosbegroeiingen. Iets kritischer zijn de ven- en gevlekte witsnuitlibellen. Beide soorten hebben van oudsher een bolwerk in de noordoostelijke uitloper van het Greveschutven. Het is mooi om te constateren dat ze hier nog steeds voorkomen. In 2015 werd door Tim Raats hier ook de Noordse witsnuitlibel waargenomen. Wel zijn de aantallen van deze soorten behoorlijk laag, waarschijnlijk als gevolg van de lage zomerwaterstanden in de voorgaande jaren. De droogval van de uitloper heeft ook geleid tot het verdwijnen van de speerwaterjuffer uit het Greveschutven. Tot 2009 kwam van deze soort een behoorlijk grote populatie voor in het ven. Deze soort komt nog voor met kleine populaties op 2,5 en 3 km en een grote populatie op 5 km afstand. Al hoewel het nog even kan duren voordat de soort het Greveschutven weer ontdekt heeft, zijn dergelijke afstanden niet onoverbrugbaar.

Een andere soort waarvoor het ven al lang een belangrijk leefgebied vormt is de gevlekte glanslibel. Nog steeds worden exemplaren van deze soort rond het ven waargenomen. Omdat de volwassen dieren meestal wegtrekken van voortplantingswater en paden en bosranden opzoeken om te jagen, is het niet duidelijk waar in het ven ze zich voortplanten. Vermoedelijk is dat ergens langs oostzijde, aangezien het larvale habitat bestaat uit ondiepe plasjes die (tijdelijk) met kwelwater gevoed worden.

De libellenfauna van het Greveschutven lijkt op die van laagveenwateren. Naast de eerdergenoemde gevlekte witsnuit- en glanslibel zijn ook de vroege glazenmaker en glassnijder kenmerkend. Beide soorten worden op verschillende plekken rond het ven aangetroffen.

Conclusie

De bekende libellenrijkdom van het Greveschutven heeft de afgelopen jaren flink moeten inboeten, waardoor de aantallen van veel bedreigde soorten in aantal zijn achteruitgegaan. De speerwaterjuffer is verdwenen, maar de andere bijzonderheden komen nog steeds in kleine aantallen voor. Dat maakt dat er goede perspectieven zijn voor herstel van deze populaties. Voorwaarde is daarvoor verbetering van de hydrologie aan de oostzijde van het ven en het voorkomen dat de uitlopers aan de noordoostzijde en zuidoostzijde niet meer droogvallen.

NB. In het verleden vielen deze delen van het terrein droog als het ven afgevist werd. Dit gebeurde echter in de winter, een periode met weinig biologische activiteit en aanvoer van lokaal kwelwater aan de oostzijde. Waarschijnlijk bleef het op die momenten vochtig of nat genoeg voor de bijzondere fauna om zich te handhaven. Dat betekent dus dat droog val in de winter veel minder schadelijk is dan in de zomer. Droogval in de zomer dient voorkomen te worden.

5.6 **Vogels**

Bij de lokale vogelaars staan de Valkenswaardse visvijvers al decennialang bekend om hun enorme rijkdom. Als grootste en meest afgelegen waterlichaam heeft het Greveschutven daarin een belangrijke positie. Met enige regelmaat wordt gebied door de vogelwerkgroep De Kempen geïnventariseerd op broedvogels, zo ook in 2015. In 2015 zijn 80 soorten broedvogels waargenomen in het gebied. Maar liefst twintig soorten water- en rietvogels broeden op het Greveschutven met gezamenlijk 180 broedparen (Tabel 10). Deze aantallen zijn voor Oost-Brabantse begrippen bijzonder hoog. De aantrekkingskracht voor vogels zit hem in de combinatie van rust – het gebied is zeer ontoegankelijk – en broedgelegenheid in de vorm van ruigte en riet.

Tabel 10 Aantallen territoria van water- en rietvogels in en rond het Greveschutven in 2015.

Soort	Aantal territoria
Dodaars	4
Roerdomp	1
Knobbelzwaan	1
Grauwe gans	19
Krakeend	13
Wintertaling	3
Wilde eend	6
Zomertaling	1
Slobeend	12
Tafeleend	2
Kuifeend	29
Waterral	4
Waterhoen	2
Meerkoet	15
Kleine plevier	2
Kievit	2
Blauwborst	4
Sprinkhaanzanger	3
Kleine karakiet	53
Rietgors	4

Ook de bosfragmenten rond het ven herbergen kenmerkende broedvogelvogels (Figuur 71). Vooral de noordwestkant heeft een aantal minder algemene bosvogelsoorten, zoals wielewaal, zwarte specht, sperwer, kleine bonte specht en zomertortel. Dit zijn soorten waar het landelijk

gezien niet goed tot zeer slecht mee gaat. Het is verstandig te overwegen om hier het bos te behouden.

Figuur 71 Waarnemingen van bos- en heidevogels rond het Greveschutven in 2016.

Conclusies

De vogelrijkdom van het Greveschutven is te danken aan de slechte toegankelijkheid en het riet en struweel rondom het ven. Daarnaast zijn bosfragmenten aan de noordwestzijde waardevol voor enkele bossoorten. Indien het niet absoluut noodzakelijk is voor het realiseren van andere natuurdoelstellingen, dienen deze aspecten behouden te blijven (zie paragraaf 6.4)

5.7 Vissen

De visfauna van het Greveschutven bestaat voor een groot deel uit karpers (mondelinge mededeling M. de Bijl). Deze vissen woelen de bodem om op zoek naar voedsel. Gevolg is dat het water troebel wordt, waardoor er geen plantengroei mogelijk is. Deze vissen vormen daarmee een knelpunt.

Een andere bedreiging vanuit de visfauna zijn uitheemse soorten, die reeds in het visvijversysteem aanwezig zijn of via de Tongelreep binnen kunnen komen. Zonnebaars en Amerikaanse hondsvis zijn twee schadelijke exoten die al in het visvijvercomplex aanwezig zijn en waarschijnlijk ook al in het Greveschutven. De marmergrondel en blauwband zijn twee soorten die zich vanuit de Tongelreep kunnen vestigen. Al deze soorten zijn in staat om bijzonder talrijk te worden. Aangezien zij aquatische ongewervelden eten, heeft dat gevolgen voor de bijzondere ongewervelden die in het ven voorkomen of zich daar willen vestigen.

Conclusie

In het Greveschutven en het grotere visvijversysteem komen verschillende vissoorten voor die het herstel van de karakteristieke levensgemeenschap in het ven kunnen belemmeren. Het echter onmogelijk om een dergelijk groot ven visvrij te krijgen en te houden. De enige manier om te voorkomen dat deze soorten schadelijk hoge dichtheden bereiken, is om het ven te voorzien van een visgemeenschap die via concurrentie en predatie de uitheemse soorten kan onderdrukken.

6 Synthese

Het Greveschutven staat bekend om zijn uitgestrektere gradiënten van voedselrijk naar voedselarm en van gebufferd naar zwak gebufferd. Aan deze gradiënten dankt het ven zijn bijzondere vegetatie en fauna (Van Beers 1992, Van Kleef 2006). De omgeving van het ven bestaat uit vochtige heiden, beboste heiden en beboste voormalige zandverstuivingen. De vochtige heide is plaatselijk rijk aan veenmossen, terwijl langs de hoge rand van het ven uitgestrekte Gagelstruwelen voorkomen. Deze vochtige heide ligt aan de noord- en oostzijde van het ven op veen, dat echter grotendeels is afgegraven. Oorspronkelijk was het Greveschutven een klein, koepelvormig hoogveen dat vanuit verlandend open water is ontstaan. Het hoogveen is hier ontstaan in een komvormige laagte met meerdere slecht doorlatende leemlagen in de ondiepe ondergrond, waardoor slechts weinig water kon wegzijgen. Deze laagte werd niet alleen door neerslag gevoed, maar tevens door grote hoeveelheden lokaal, oppervlakkig toestromend grondwater vanuit het noorden, oosten en zuiden, zoals wordt aangegeven door de uitgestrekte Gagelstruwelen die het ven aan deze zijden omgeven en andere plantensoorten die een dergelijke grondwaterstroming indiceren. Deze component is tegenwoordig nog steeds van belang voor het ven, maar in veel geringere mate vanwege de ontginning, bebossing en ontwatering van de heide. Het ontstaan van die heide dankzij intensivering van het menselijk landgebruik in de prehistorische tijd zal overigens hebben bijgedragen aan die veenvorming (Pers. mededeling H. Smeenge). Delen van dit hoogveen, vooral de randen en vermoedelijk nadat het hoogveen grotendeel was afgegraven, zijn later overstoven geraakt.

Hydrologisch beschouwd is het Greveschutven deels een schijnspiegelsysteem. Het ven ligt op de flank van het regionale grondwatersysteem en wel zodanig dat aan de oostzijde kwel op treedt en aan de westzijde wegzijging. De stroming van het grondwater is overwegend van zuidoosten naar het noordwesten gericht. Behalve door regenwater wordt het in het natte seizoen gevoed door enige kwel van lokaal grondwater (aan de zuid- oost- en noordoostzijde van het ven), en door gebiedsvreemd oppervlaktewater dat via de Tussenvijver wordt aangevoerd naar het Greveschutven. Dat aangevoerde oppervlaktewater is afkomstig uit de Tongelreep. De chemische samenstelling van het venwater wordt bepaald door deze combinatie van watertypen. Deze kwaliteit is te typeren als zwak gebufferd (alkaliniteit van 1,6 meq/l met een lage CO_2-concentratie (kooldioxide), waarbij er een duidelijke gradiënt zichtbaar is vanuit de visvijvers naar oostzijde van het ven. In deze richting nemen buffercapaciteit en zwavelgehalten af. De fosfaat- en nitraatgehalten zijn veelal laag.

Hoewel de toestroming van lokaal grondwater in waterbalanstermen betrekkelijk gering is, heeft deze grondwaterstroom de grootste invloed op pH-gradiënt in het ven in tegenstelling tot de aanvoer van Tongelreepwater via een lange aanvoerweg, zoals werd verwacht en lang is gedacht. Het peil van het Greveschutven wordt slechts voor 14% bepaald door dat instromend water, en werkt vooral stuwend. Deze betrekkelijk geringe bijdrage is het gevolg van de stuwende werking van een dam tussen het Greveschutven en de Tussenvijver. Inlaat van gebiedsvreemd water is qua hoeveelheid eigenlijk alleen van belang in het voorjaar als de zomerwaterstand weer op peil wordt gebracht met inlaatwater. De rest van het jaar is er sprake van heel zwakke uitstroming van Greveschutven naar de Tussenvijver. Mede daardoor bestaat

een relatief groot deel van water in het ven uit lokaal grondwater (50%) en regenwater (36%). Het lokale grondwater is op veel van de bemonsterde plekken zwak gebufferd (alkaliniteit van ca. 0,6 meq/l), bevat weinig zwavel, is arm aan fosfaat en stikstof en betrekkelijk rijk aan ijzer.

Desalniettemin is het bodemvocht van de venbodem op de meeste plekken sterk gebufferd als gevolg van reductieprocessen en aanvoer van gebufferd water. Verder is het rijk aan NH_4 (ammonium), wat aangeeft dat er gereduceerde omstandigheden heersen (ofwel dat er nauwelijks tot geen zuurstof intreedt in de venbodem), en totaal-P (fosfaat), dat op de meeste plekken ter beschikking van de vegetatie kan komen doordat het bodemvocht arm is aan ijzer. De geringe hoeveelheden ijzer in de bodem en het bodemvocht indiceren dat er hoofdzakelijk sprake is van wegzijging en nauwelijks kwel optreedt. Slib dat is aangevoerd via het ingelaten Tongelreepwater heeft zich vooral opgehoopt aan de westzijde van het ven. Hier ligt tot 80 cm slib, in de rest het ven ligt 10 tot 20 cm. Dat slib is rijk aan fosfaat en zwavel, waarbij de zwavel vooral voorkomt als pyriet. In de bovenste zandlaag, onder het slib, is slechts weinig fosfaat aanwezig. Daaruit kan worden afgeleid dat het fosfaat sterk aan het slib is gebonden en dat ondanks de overheersende neerwaartse waterbeweging, weinig fosfaat uitspoelt uit het slib. De ratio van Ca + Mg/S is in de sliblaag kleiner dan 1, wat aangeeft dat bij droogval verzuring zal optreden. Mogelijk is er sprake van zinkvervuiling.

Het ven verliest water door verdamping, wateraflaat en wegzijging. Wegzijging treedt op aan de westzijde van het ven, in de richting van het dal van de Tongelreep die hier de regionale drainagebasis bepaalt. Uit de berekeningen met het speciaal voor deze studie opgestelde lokale grondwatermodel, dat geijkt is op ter plekke, in een grote mate van detail verzamelde gegevens, blijkt dat de wegzijging 0,18 mm/dag bedraagt. Dat is een zeer geringe wegzijging. Om het rietmaaien en het verwijderen van bosopslag te faciliteren wordt in de winterperiode het waterpeil in het Greveschutven verlaagd tot ca. 22.4 m. +NAP. Het gemiddeld 70 cm diepe ven heeft een variabel peil van ca 22,4 tot 22.8 m +NAP. Bij grote neerslagpieken wordt het gebied van waaruit oppervlakkig grondwater toestroomt naar het ven 1,6 tot 2 keer groter, vooral aan de noordwest- en noordoostzijd.. Het venpeil kan dan tot een decimeter stijgen.

Slecht doorlatende leemlagen zijn ook gevonden onder de voormalige landbouwgronden van Verkooijen die ten westen van het Greveschutven liggen en daarvan gescheiden worden door een lage dekzandrug (in het noordoosten) en door een weg op een dijk (in het zuidoosten). Evenals het Greveschutven zijn onder Verkooijen leemlagen aanwezig. In laagten, die op historische kaarten als natte laagte in de heide wordt weergegeven, liggen diepe watergangen die ijzerrijk grondwater (roestkleurig water) voeren dat naar de diepe watergang aan de westzijde van het perceel stroomt, wat aangeeft dat het met grote intensiteit dan wel onder hoge druk uittreedt wat nog eens wordt bevestigd door het voorkomen van beekeerdgronden in deze slenkvormige laagte. Dit grondwater is vermoedelijk afkomstig uit het watervoerend pakket met afzettingen van de Formatie van Sterksel. Dat ijzerrijke grondwater treedt eveneens uit in de diepe watergang ten westen van Verkooijen, waar het met hoge snelheid wordt afgevoerd naar de Tongelreep. Ook het dal van de Tongelreep wordt – of in ieder geval werd - gevoed door dit grondwater, getuige het voorkomen van elzenbroeken met een ondergroei met veel moeraszegge, die wordt vergezeld van stijve zegge (*Carex elata*), elzenzegge (*Carex elongata*) en holpijp (*Equisetum fluviatile*).

Knelpunten & herstelmaatregelen

6.1 Visie op het Greveschutven en zijn omgeving

Bij het signaleren van knelpunten en het ontwikkelen van maatregelen om deze knelpunten op te heffen of te verminderen hebben wij steeds twee uitgangspunten genomen: *herstel van een compleet landschap* en *optimaal gebruik van cultuurhistorie*.

Het Greveschut is onderdeel van het omringende landschap waarmee het van oudsher een samenhangende functionele eenheid vormt. Deze samenhang is op meerdere plaatsen aangetast en/of verbroken waardoor het ven met zijn omgeving niet langer als eenheid kan functioneren. Door *herstel van een compleet landschap* kan de functionele eenheid weer worden hersteld en het gebied als geheel zelfstandiger functioneren en zullen de ecologische kwaliteiten aanzienlijk toenemen.

Het Greveschutven ligt op een hoogtegradiënt van droge heide via natte heide met restanten van het vroegere hoogveen naar een beekdallandschap. De huidige aantasting van de hydrologische gradiënt is reëel, maar goed herstelbaar. De ambitie ligt op het herstel van een open heide-veenlandschap over de volledige gradiënt. Daarbij worden ook grote kansen voor natuurherstel benut buiten het Natura2000-gebied benut, zoals op het perceel Verkooijen, waarbij de maatregelen die daar worden genomen een positief effect hebben binnen het Natura2000-gebied.

De natuurwaarden van het Greveschutven worden al meer dan 100 jaar beïnvloed door inlaat van beekwater en viskweek. In die context heeft zich een nieuwe toestand ontwikkeld waarbij in het ven zeer bijzondere natuurkwaliteiten zijn ontstaan. Het gebufferde beekwater heeft een positief effect voor veel bedreigde soorten die (i) afhankelijk zijn van een hogere buffercapaciteit en/of (ii) stabiele hoge waterstanden vereisen. Anderzijds is het beekwater een bron van voedingsstoffen (nitraat en fosfaat) en sulfaat. Door

Optimaal gebruik van cultuurhistorie, d.w.z. een gebruik waarbij de voordelen van het een meer dan een eeuw gevoerde water- en viskweekbeheer blijven bestaan en de nadelen ervan tot een minimum worden beperkt, kan de zeer bijzondere levensgemeenschap die hoort bij dat menselijke gebruik worden behouden en versterkt.

De maatregelen, die in dit hoofdstuk beschreven zijn, hebben primair als doel de Natura 2000-habitattypen en -soorten te behouden, te herstellen en op een duurzame wijze in te bedden in de landschapsecologische en cultuurhistorische positie van het Greveschutven.

6.2 Water en bodemchemie

Knelpunt: Voedselrijke sliblaag en struwelen

Voor herstel van ven-levensgemeenschappen die karakteristiek zijn voor (zeer) zwak gebufferde, voedselarme vennen is het verwijderen van de voedselrijke sliblaag een voorwaarde. De sliblaag blijft fosfor naleveren, waardoor het oppervlaktewater verrijkt wordt. Bovendien maakt de sliblaag kieming en duurzame vestiging van kenmerkende plantensoorten onmogelijk. Aanwezigheid van de sliblaag maakt het halen van de Natura2000-doelen niet mogelijk. Ook langs de oevers wordt de ontwikkeling van planten belemmerd door voedselrijke struwelen van riet en wilg.

Maatregelen

1. Het zwevende slib wordt verwijderd. Voorafgaand aan de uitvoering wordt het ven drooggelegd en worden grondboringen uitgevoerd om organische lagen in kaart te brengen die bijdragen aan de slechtdoorlatendheid van de venbodem. Deze veenlaagjes worden bij de baggerwerkzaamheden gespaard. Het verwijderen van slib dient met name in het noorden uiterst voorzichtig plaats te vinden om de bestaande inzijging in dat deel van het Greveschutven niet nog te laten toenemen.
2. Wilgenstruweel wordt verwijderd. Dit wordt gedaan aan de gehele zuidzijde om de windwerking op het ven te vergroten. Tevens wordt de noordzijde vrijgemaakt van struweel om richting het perceel Verkooijen de openheid van het oorspronkelijke heide-veenlandschap te herstellen. De rietvelden dienen behouden te blijven vanwege hun waarde voor riet- en watervogels.

<u>Knelpunt</u>: Het inlaatwater is vrij sulfaatrijk en matig nitraat- en fosfaatrijk water

Na verwijdering van het voedselrijke slib, blijft een voedselarm ven achter. Echter, door de aanvoer van Tongelreepwater is het risico groot dat het Greveschutven in de loop van decennia waar vermest raakt. Het voedselrijke water stimuleert daarnaast de groei van eutrafente plantensoorten. Mitigerende maatregelen zijn nodig om vermest tegen te gaan.

Maatregelen

(Voor uitwerking van maatregelopties zien paragraaf 3.5.2)

3. Geen wateraanvoer meer naar de overige vijvers via de tussenvijver. Deze wordt alleen nog gebruikt om het Greveschutven te voeden.
4. Periodiek droogzetten van de tussenvijver. Nadat deze zich weer vult, moet het dan zeer sulfaatrijke water worden afgelaten richting de Tongelreep.
5. Aanbrengen van een voldoende grote ijzervoorraad in de tussenvijver.
6. Zorgen voor voldoende organisch materiaal in de tussenvijver.
7. Een zo hoog mogelijke waterstand in de tussenvijver aan het eind van de winter, liefst met zo veel mogelijk gebiedseigen water.

<u>Knelpunt</u>: Verstoorde visgemeenschap

De vissen in het ven leveren een positieve bijdrage aan de natuurwaarden van het Greveschutven, aangezien zij een belangrijke voedselbron zijn voor verschillende vogelsoorten. Er zit echter ook een keerzijde aan. Momenteel zorgen bodemwoelende karpers voor een hoge troebelheid van het water en belemmeren daarmee plantengroei. Daarnaast vormen uitheemse vissoorten een risico voor het herstel van de karakteristieke ongewervelden. Een ander stabiel evenwicht van de visgemeenschap is gewenst: een gemeenschap gedomineerd door limnofiele vis en predatoren.

Maatregelen

8. Het uitbaggeren van het ven wordt in den droge uitgevoerd. Alle vis dient dan toch verwijderd te worden. Op dat moment kunnen ongewenste soorten b.v. bodemwoelende vissen (karper en evt. brasem) en uitheemse soorten verwijderd worden. Na één tot twee jaar worden snoeken uitgezet. Deze inheemse predator is in staat om dichtheden van o.a. blauwband en zonnebaars te onderdrukken.

6.3 Peilbeheer

Knelpunt: onbetrouwbaar peilbeheer

Het Brabants landschap streeft ernaar om het cultuurhistorische gebruik van viskweek en rietoogst in stand te houden. Reden daarvoor is het voorkomen van een aantal bijzondere plant- en diersoorten die hiervan afhankelijk zijn. In het verleden is gebleken dat het in de praktijk moeilijk was om het benodigde peilbeheer hiervoor te handhaven. In een hydrologisch modelscenario is berekend welke peilen hiervoor nodig zijn. De maatregelen om dit scenario te realiseren worden hieronder besproken. Er zijn echter ook andere hydrologische scenario's opgesteld die een peilbeheer beogen met optimaal gebruik van het grondwatersysteem en minimaal gebruik van waterinlaat. Maatregelen die daarvoor nodig zouden zijn, zijn niet van belang voor de instandhouding van het cultuurhistorische gebruik. Vandaar dat zij zijn opgenomen in bijlage 12.9.

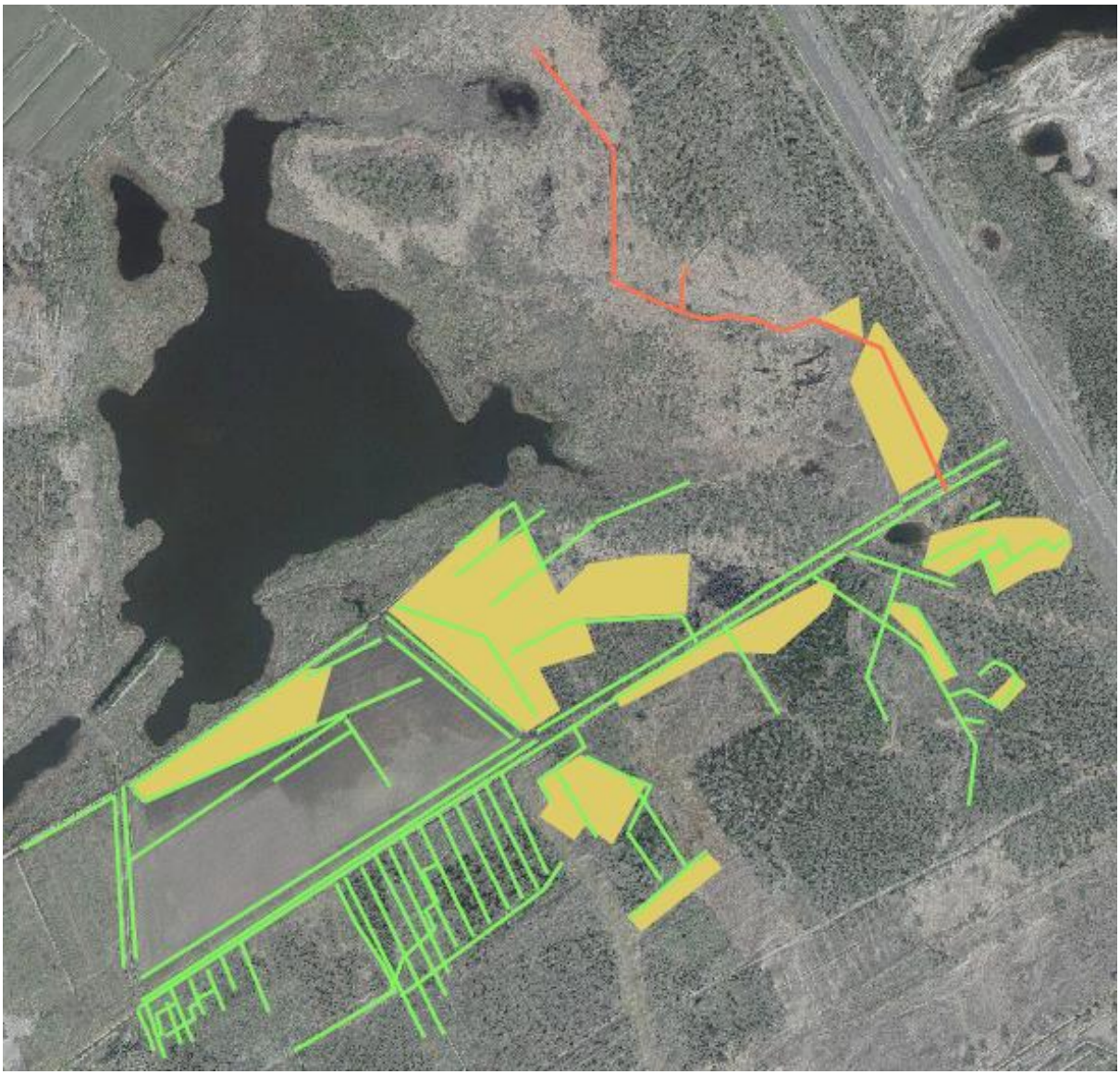
Maatregelen

9. Een gevaar van waterinlaat is de aanvoer van verontreinigingen. Het waterschap de Dommel is verantwoordelijk voor de monitoring van verontreinigingen in de Tongelreep. Er worden afspraken gemaakt met het waterschap, zodat calamiteiten in waterkwaliteit tijdig aan het Brabants Landschap worden doorgegeven.
10. Voor realisatie van het scenario "wissel" is herstel nodig van de stuw bij de duiker tussen Tussenvijver en Greveschutven, aan de zijde van het Greveschutven. De stuw dient goed in hoogte regelbaar gemaakt te worden en voorzien te worden van goed werkende loggers boven en benden de stuw. Ook dient de stuw te worden voorzien van vuilschermen. De inlaatstuw dient voorzien te worden van een op afstand bedienbare stuwklep, zodat in geval van calamiteiten er niet gewacht hoeft te worden op een medewerker ter plaatse, maar direct gehandeld kan worden.
11. De duiker zal opgeschoond moeten worden teneinde de doorstroming te verbeteren.

12. De regelwerken dienen goed onderhouden te worden. Hiervoor dient voldoende aandacht te zijn.
13. In zomer wordt Tongelreepwater ingelaten naar de Tussenvijver (ca. 3000 m^3/dag). Hiertoe wordt de uitlaatstuw aan de westzijde van Tussenvijver op 22.8 m + NAP gezet.
14. Indien nodig voor het maaien van riet e.d. wordt in de winter de uitlaatstuw aan de westzijde van Tussenvijver op 21.2 m + NAP gezet. Beter is echter om waterpeil in de Tussenvijver hoog te houden, waardoor in het voorjaar minder water ingelaten hoeft te worden om een voldoende hoog venpeil te realiseren. Tevens beperkt dit het waterverlies uit het Greveschutven via wegzijging aan de westzijde.
15. Waterpeil in de overige visvijvers hooghouden om inzijging van Greveschutven water naar diepere bodemlagen te beperken. Hiermee wordt gebiedseigen water vastgehouden en is minder water uit de Tongelreep nodig.

6.4 Herstel volledige gradiënt

Het Greveschutven en zijn omgeving is niet alleen van belang voor zwak gebufferde wateren – al dan niet met kenmerken van laagveenwateren – maar kent tevens hoge potenties voor herstel van (veenmosrijke) natte heide met verspreide zure vennen die zich op termijn tot hoogveenvennen kunnen ontwikkelen. Grote delen van de omgeving van het Greveschutven zijn echter ontwaterd, niet alleen Verkooijen, maar ook grote oppervlakten aan de oost- en zuidzijde van het ven (Figuur 72). De ontwatering uit zich in horstenvormende begroeiingen van pijpenstrootje (*Molinia caerulea*; Foto 4), soortenarme vochtige heiden (zonder kenmerkende soorten van natte heiden), verdroogde berkenbroeken met horstenvormende begroeiingen van pijpenstrootje (Foto 5), soortenarme wilgenstruwelen en vochtige berken-zomereikenbossen met een monotone ondergroei van – opnieuw – pijpenstrootje. In de heiden en pijpenstrootjebegroeiingen zorgt verdroging voor massale boomopslag (Foto 6).



Figuur 72 Sloten, greppels en rabatten verwijderen en pad vereffenen aan de zuidzijde en oostzijde van het Greveschutven. Groene lijnen zijn sloten; oranje vlakken zijn percelen met rabatten; rode lijn is een pad.

Figuur 73 Sloten, greppels en rabatten in Verkooijen.

Foto 4 Een begroeiing van horstenvormende pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) met wilde gagel (*Myrica gale*) en opslag van grove den (*Pinus sylvestris*) in het noordwesten van het Greveschutven.

Foto 5 Verdroogd berkenbroek met een soortenarme ondergroei van pijpenstrootjehorsten en wat gagel.

Foto 6 Greppel met verdroogde natte heide. De verdroging heeft geleid tot de ontwikkeling van een horstenvormende pijpenstrootjebegroeiing en zorgt voor massale boomopslag.

Tijdens het veldbezoek is gebleken dat de slecht doorlatende lagen waarop deze begroeiingen voorkomen nog intact zijn. Deze sluiten aan op de kom met slecht doorlatende leemlaag waarin het Greveschutven is gelegen. Niet onderzocht is of de sloten en rabatten die deze begroeiingen doorsnijden door de slecht doorlatende oppervlakkige leemlaag zijn gegraven. Dat zal moeten gebeuren tijdens het opstellen van de bestekken.

In en rond het Greveschutven kan een voor Nederlandse begrippen bijzondere en zeldzame gradiënt van zwak gebufferde en zure (en op termijn hoogveen)vennen in een heidelandschap met vochtige en stuifzandheiden worden gerealiseerd met een overgang naar het beekdal van de Tongelreep. In Verkooijen kan immers op termijn een oorsprong van een zijloop van de Tongelreep worden hersteld.

In onderstaande geven we aan wat de knelpunten zijn die de realisatie van deze gradiënt belemmeren en welke maatregelen nodig zijn om deze herstellen.

Knelpunt: Greppels, sloten en rabatten rondom het ven.

Deze zorgen voor ontwatering, waardoor de omgeving van het ven verdroogd is (zie boven). De ontwateringsmiddelen zorgen bovendien voor versnelde afvoer van water buiten het Greveschutven om waardoor het ven minder lateraal toestromend, matig zuur tot zwak gebufferd grondwater ontvangt. In Figuur 72 en Figuur 73 is aangeven waar diepere sloten en greppels liggen.

Maatregelen

16. Dempen van alle sloten en greppels en verwijderen van rabattenstelsels.
    De sloten en greppels dienen te worden gedempt met schone grond nadat ze eerst zijn opgeschoond. De rabatstelsels dienen van bos en struweel te worden ontdaan, waarna de stobben worden uitgefreesd of worden uitgetrokken. Vervolgens worden de stelsels geplagd (de wallen) en geschoond (de sloten), waarna de schone zandbodem wordt uitgevlakt. Mocht blijken dat de sloten of rabatten door de slecht doorlatende leemlaag heen zijn gegraven, dan worden deze hersteld bijvoorbeeld door benthonietmatten aan te brengen en deze met zand af te dekken. Deze combinatie van maatregelen zorgt voor herstel van de gehele laagte van het Greveschutven, inclusief de slenkvormige die daar in uitmonden. Aldus wordt de laterale toevoer van oppervlakkig stromend jong grondwater, dat matig zuur tot zwak gebufferd is aanzienlijk vergroot, wat zorgt voor een hoger aandeel van dit water in het Greveschutven en daarmee voor een sterkere kwel aan de zuid-, oost en noordzijde dan thans optreedt. Dit zorgt voor versterking van de pH-gradiënt in de randen van het ven en voor een complete én goed ontwikkelde gradiënt van lokale grondwatersystemen in een nat heidelandschap. Zulke situaties zijn zeldzaam in ons land en daarbuiten.

Knelpunt: Paden en plagplekken verstoren oppervlakkige waterafvoer

Aan de noordoostzijde van het Greveschutven ligt een pad (zie Figuur 72), dat lager dan zijn omgeving ligt en daarom het lateraal afstromende grondwater draineert en versneld afvoert. Aan de oost- en zuidzijde doorsnijdt het pad (de Eikenlaan) slenken die afwateren op de laagte met het Greveschutven. De Eikenlaan ligt daar op een dam/ verhoging waardoor de oppervlakkige afvoer vanuit deze slenken geblokkeerd wordt en bovenstrooms van de dammen onnatuurlijke waterstuwing optreedt (Foto 7) en benedenstrooms verdroging. De plagplekken liggen vaak in een helling, maar hebben geen afvoer (Foto 8). Daardoor stagneert water langdurig op de plagplekken en vormt er diepe plassen. De langdurige stagnatie van regenwater in deze plassen belemmert het kiemen van soorten van de natte heide en zorgt vermoedelijk ook voor ammoniumtoxiciteit.

Maatregelen

17. Het pad in het noordoosten (Figuur 72) wordt verwijderd en waar nodig wordt de helling hersteld. Hoger op de helling, in het grondwateronfhankelijke deel wordt een nieuw pad aangelegd.
18. In de Eikenlaan worden dammen die de vrij waterafvoer belemmeren verwijderd en vervangen door voordes.
19. Plagplekken met steile kanten aan de stroomafwaartse zijde van de helling krijgen alsnog een oppervlakkige afvoer door de steilkanten aan deze zijde af te vlakken d.w.z. geleidelijk te maken. Deze ligging van zulke plagplekken wordt tijdens een veldbezoek in beeld gebracht.

Foto 7 Onnatuurlijke stagnatie en inundatie in een laagte bovenstrooms van de Eikenlaan doordat de Eikenlaan ter plekke op een dam ligt. De eiken in de laagte hebben een zeer slechte vitaliteit ondanks de rabatten en sloten in deze slenkvormige laagte ten zuidoosten van het afgegraven landbouwperceel.

Foto 8 Langdurige, onnatuurlijke waterstagnatie op een plagplek door de steile kanten die na plaggen zijn ontstaan en die een oppervlakkige afvoer van (regen)water in het licht hellende terrein belemmert.

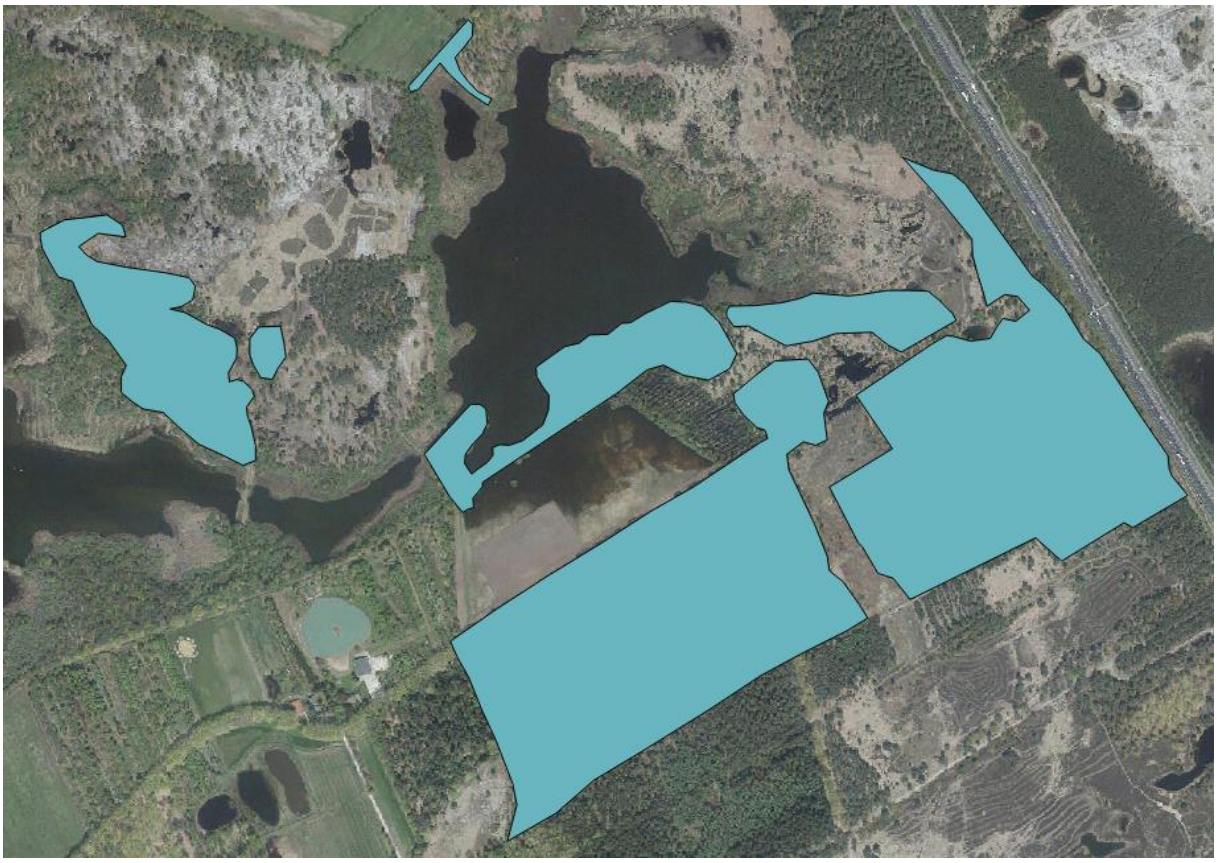
Knelpunt: Vrijwel volledige verbossing van de omgeving van het ven

Tot in de jaren 1950 was de directe omgeving van het ven nog vrijwel bosvrij. Hier en daar is struweel zichtbaar (Figuur 6). Sindsdien zijn grote delen in het bos geschoten (Figuur 7). In de jaren 1920 bestond de gehele omgeving van het Greveschutven nog uit heide. In de jaren 1930 is vermoedelijk in het zuiden op grote schaal bos aangeplant en zijn direct ten zuiden van het vendelen van de heide ontgonnen als landbouwgrond. Door de be- en verbossing is het Greveschutven een geïsoleerde plas geworden waarvan de eeuwenlange ligging in een heidelandschap amper meer herkenbaar is. De bijbehorende waardevolle gradiënten in vocht- en basentoestand zij dan ook verdwenen.

Maatregelen

20. Kappen van bos op delen met leemondergrond en aangrenzende ruggen en de gekapte delen oppervlakkig plaggen (Figuur 74 en Figuur 75).
    De grootschalige be- en verbossing hebben ook bijgedragen aan verdroging van de omgeving van het Greveschutven. Niet alleen omdat ten behoeve van de bosbouw veel ontwateringsmiddelen zijn gegraven, maar ook vanwege de grotere verdamping, vooral door het op grote schaal aangeplante naaldhout. Het kappen van bos zorgt voor reductie van de verdamping. Daardoor kan in combinatie met de onder knelpunt 1 genoemde maatregelen een sterkere opbolling van de grondwaterstanden in de ruggen optreden, wat leidt tot een sterkere (laterale) voeding van de (zuid)oostzijde van het Greveschutven (zie Scenario BOS > HEIDE in paragraaf 4.7). Met plaggen wordt hier bedoeld het verwijderen van de bestaande (pijpenstootje) begroeiing en het vervolgens afschrapen van

de laag ruwe humus die op de A-horizont ligt opdat deze horizont en de aanwezige veenresten zo veel als mogelijk bewaard blijven. Bij het kappen en vervolgens plaggen blijven gagelstruwelen en delen van het wilgenstruweel gespaard; de laatste vanwege hun grote betekenis als voedselbron voor de entomofauna in het vroege voorjaar.



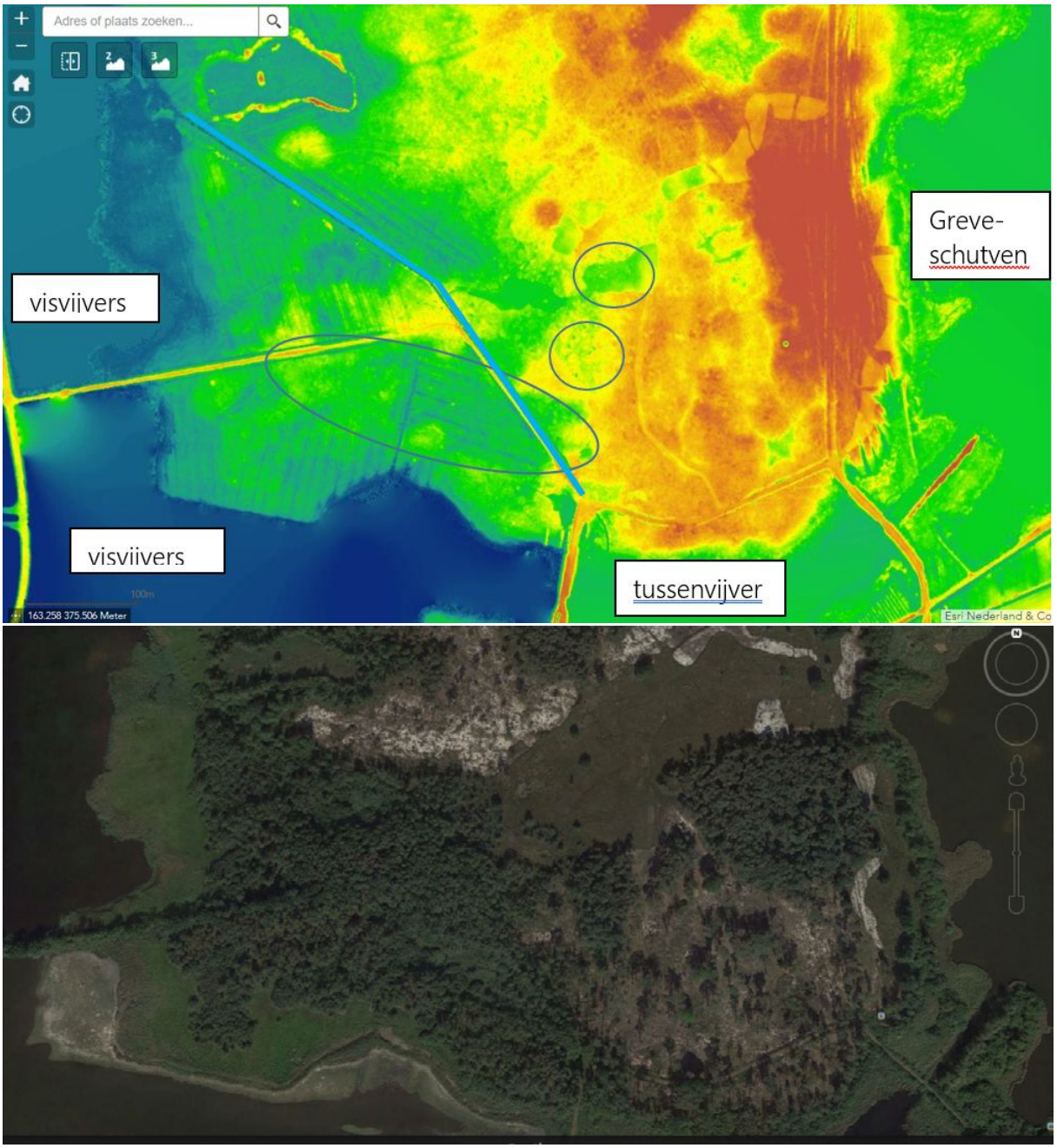
Figuur 74 Voorgestelde kapwerkzaamheden rond het Greveschutven.

<u>Knelpunt</u>: Gefragmenteerde landschapsecologische samenhang, zwak ontwikkelde gradiënten

In het zuidwesten ligt een dam tussen het Greveschutven en een enkele jaren geleden in het kader van natuurherstel afgegraven landbouwperceel. Het noordelijke en oostelijke deel van dit perceel zijn langdurig geïnundeerd met stagnerend regenwater en oppervlakkig afstromend grondwater (Foto 9). Ten noorden van de dam ligt het meest zuidwestelijke deel van het Greveschutven. Hier verloopt de overgang van ven naar zijn omgeving abrupt via een smalle strook wilgenstruweel en de dam, waardoor geen goed ontwikkelde venoevergradiënt kan ontstaan. Het terrein is hier sterk – net als in de omgeving van de visvijvers - in vakjes ingedeeld d.w.z. gefragmenteerd en kent geen duidelijke landschappelijke c.q. landschapsecologische samenhang. Hier doet zich de mogelijkheid voor om eenvoudig over een grote afstand een fraaie venoevergradiënt te ontwikkelen en deze samenhang aldus tot stand te brengen. Het voorkomen van duizendknoopfonteinkruid in het afgegraven voormalige landbouwperceel geeft aan dat er hier daadwerkelijk mogelijkheden liggen.

Foto 9 Afgegraven landbouwperceel waarvan het noordelijke en oostelijke deel langdurig zijn geïnundeerd met stagnerend regenwater en oppervlakkig afstromend grondwater doordat aan de stroomafwaartse zijde een hoge dam ligt die dit perceel scheidt van het Greveschutven. De dam en zijn oevers zijn begroeid met wilgenstruweel en berken.

Ten noordwesten van de tussenvijver en ten westen van het Greveschutven ligt een grote dekzandrug. Op deze rug groeit heide en is veel bos gekapt ten behoeve van herstel van heide. De heide is echter nog gefragmenteerd – veel kamertjes – en kent geen ruimtelijke overgangen naar de laagte in het zuiden en westen met de visvijvers. Op de flanken van deze dekzandrug, ten noordwesten van de tussenvijver, liggen meerdere laagten die met Gagelstruweel zijn begroeid (Figuur 75). Door en langs deze laagten loopt een diepe sloot die de hydrologie van deze laagten en de aangrenzende flanken van de dekzandrug beïnvloedt (Foto 10). Ook hier doen zich goede mogelijkheden voor een gradiënt van heide naar open water, in dit geval de rietlanden en wilgenstruwelen op de oevers van de visvijvers, te herstellen. Deze gradiënt was in de jaren vijftig en zelfs in de jaren zestig van de vorige eeuw nog over grote oppervlakten ontwikkeld.



Figuur 75 Laagten met gagelstruweel (blauw omlijnd) ten noordwesten van de tussenvijver aan de flank van de hoge dekzandrug tussen visvijvers in het westen en Greveschutven in het oosten. Lichtblauwe lijn = diepe watergang, aanvoersloot van vijver 5a. Voorgesteld wordt het resterende bos tussen deze sloot en de heide te vellen en te herstellen tot een heide met overgang naar de ten westen gelegen visvijver. Hetzelfde geldt voor het bos dat het gagestruweel ten westen van deze sloot omringt.

Foto 10 Diepe sloot en aanvoersloot voor vijver 5a die de laagten en de aangrenzende flanken van de dekzandrug tussen Greveschutven en de visvijvers in het westen ontwatert zoals te zien is aan het vlakdekkend voorkomen van (horstenvormende) pijpenstrootje (Molinia caerulea). In de sloot o.a. kleine watereppe (Berula erecta), een soort van harde wateren die aangeeft dat de sloot ook water voert dat afkomstig is uit de visvijvers.

Maatregelen

21. Dam tussen het Greveschutven en de afgegraven akker afgraven en herstellen geleidelijk oplopende venoever na verwijderen struweel in de huidige venoever.

    Onderdeel van deze maatregel is dempen van de sloten parallel aan de dam en in het perceel. In het voormalige landbouwperceel verzamelt zich ook veel water dat via sloten langs de Eikenlaan toestroomt vanuit de bovenstroomse delen van de laagte waarin het Greveschutven is gelegen. Wanneer wordt besloten de maatregelen onder knelpunt 1 niet (of slechts ten dele) uit te voeren dan kan het water dat via de sloten langs de Eikenlaan naar het voormalige landbouwperceel ten goede komen aan het Greveschutven door het slechten van de dam en het dempen van de sloten langs de dam en in het perceel. Nu loopt het weg via een sloot onderlangs het Greveschutven en de tussenvijver.

22. De diepe sloot ten noordwesten van tussenvijver doorsnijdt de flank van de hoge dekzandrug tussen Greveschutven en visvijvers in het zuiden en westen. Deze sloot voert water door vanuit de visvijver naar de meest noordwestelijke visvijver. Op het moment c.q. de momenten dat water wordt doorgevoerd zal een deel van dat water waarschijnlijk naar de ondergrond infiltreren. Daarbuiten zal deze sloot die een hoge rug doorsnijdt vermoedelijk het lokale grondwatersysteem draineren totdat de sloot is drooggevallen.

Het is onduidelijk of deze sloot netto infiltreert of draineert. Dit wordt uitgezocht in aanvullend veldonderzoek.

23. Het bos wordt aan weerszijden van deze sloot verwijdert. Hiermee wordt de tot in de jaren '60 aanwezige gradiënt van heide naar rietmoerassen en wilgenstruwelen via gagelstruwelen en natte heiden herstelt. Het herstellen van deze gradiënt zorgt bovendien voor een verbinding tussen de moerassen van het Greveschutven en de visvijvers, hetgeen verbindingen biedt voor meerdere belangwekkende diersoorten, zoals de gevlekte witsnuitlibel, speerwaterjuffer en gevlekte glanslibel.

6.5 Herstel en inrichting Verkooijen

De voormalige landbouwgronden Verkooijen liggen direct ten noordwesten van het Greveschutven (Foto 11). Verkooijen ligt pal tegen het Natura2000 gebied Leenderbos-Groote Heide en van de natte natuurparel Valkenhorst-Groote Heide. Brabants Landschap overweegt deze gronden te herinrichten voor natuurherstel. Ter voorbereiding hiervan zijn meerdere onderzoeken uitgevoerd:

- Verbreiding van de slecht doorlatende leemlaag (Van de Sande, 2012)
- Nutriëntenrijkdom (fosfaat) van de bovengrond (Tomassen, 2013)
- Hydrologisch onderzoek (Swierstra, 2013).

Verder zijn met het fijnschalige hydrologisch model (zie hoofdstuk 4) dat in het kader van deze studie is ontworpen, berekeningen uitgevoerd naar de effecten van het dempen van sloten op de percelen van Verkooijen.

De meerwaarde voor natuur van de inrichting van Verkooijen is gelegen in het herstel van de volledige hydrologische gradiënt van inzijggebied (hoge delen van het gebied met (noord)westzijde van het Greveschutven) naar het kwelgebied in het beekdal (Verkooijen en westelijke deel van visvijvergebied) met bijbehorende plantengemeenschappen (vrijwel alle Europees beschermd als habitattype) van een eeuwenoud cultuurlandschap: droge (stuifzand)heide, vochtige heide, gagelstruwelen, wilgenstruwelen, oeverkruid-gemeenschappen van zwak gebufferde wateren, kleine-zeggenmoerassen (zowel van zure als van zwak gebufferde standplaatsen en in Verkooijen ook van gebufferde, basen- en ijzerrijke omstandigheden) en Elzenbroeken. Herinrichting van Verkooijen biedt tevens mogelijkheden voor versterking van de hoge faunistische waarden van het Greveschutven. Niet alleen de versterking van de gradiënt van zuur via zwak gebufferd naar gebufferd, basenrijk biedt mogelijkheden, maar vooral ook de toename van terreinheterogeniteit die ermee wordt bewerkstelligd. Een hoge terreinheterogeniteit is essentieel voor veel diersoorten en ontstaat dankzij fijnschalige variatie in structuren en geleidelijke overgangen in condities (Verberk et al., 2009). Herstel van de oorspronkelijke natte laagten in Verkooijen biedt naar verwachting habitats voor kritische diersoorten als heikikker en moerassprinkhaan. Zulke ruimtelijk beschouwd volledig ontwikkelde gradiënten met bijhorende zeer hoge ecologische kwaliteiten zijn zeer zeldzaam in ons land, ook in Noord-Brabant (zie Verberk et al., 2009). Herstel ervan zonder ingrijpende effecten buiten natuurreservaten is vaak complex omdat gronden

verworven moeten worden of omdat de effecten op de (agrarische) omgeving niet worden geaccepteerd. In het geval van Verkooijen is dat niet het geval.

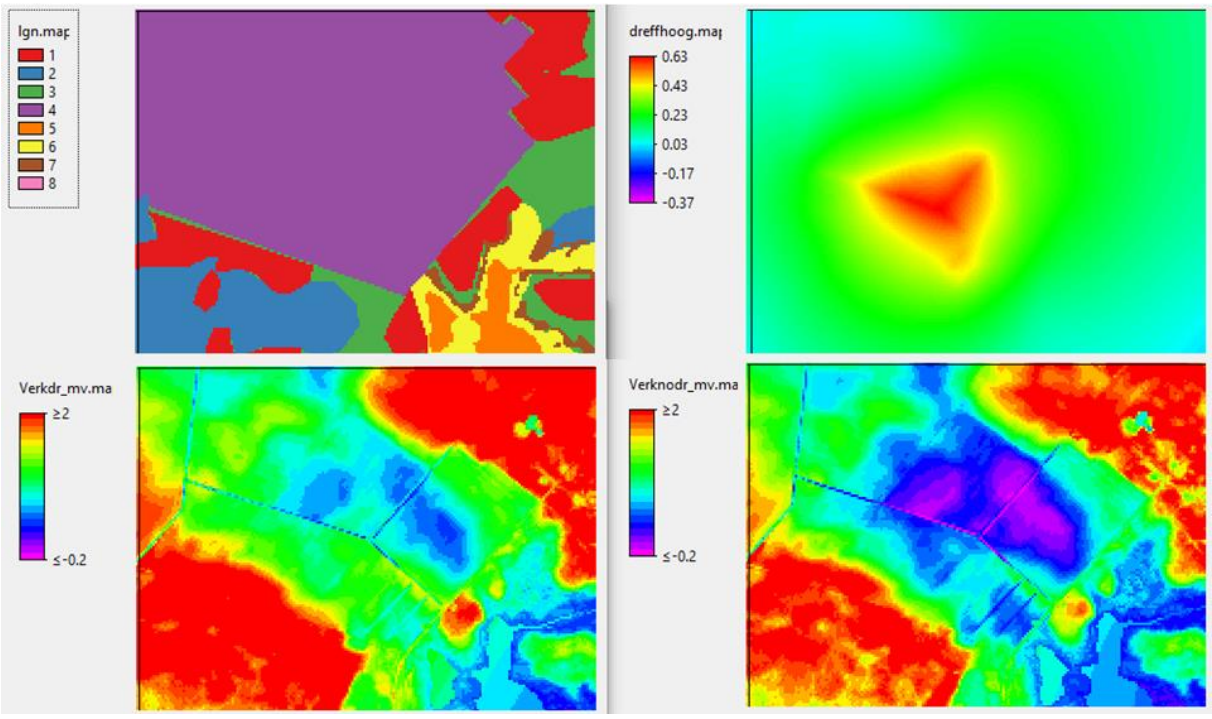
Verder zorgt herinrichting van Verkooijen voor natuur voor een aanzienlijk geringere wateraanvoerbehoefte in het Greveschutven. Swiertstra (2013) berekende dat het waterverlies uit het Greveschutven en zijn directe omgeving afneemt. Hij verwacht 7% (5 l/sec) minder wateraanvoer nodig te hebben om het Greveschutven op peil te houden. Herstel van de waterhuishouding op Verkooijen in combinatie met maatregelen die zorgen voor meer toestroming van grondwater aan de kwelzijde van het ven zorgt voor een meer natuurlijke waterhuishouding in het ven waarbij met een minder grote inlaat van Tongelreep water de pH- en alkaliniteitsgradiënt in stand gehouden kan worden en mogelijks zelfs kan worden versterkt (zie paragraaf 2.8). Een verminderde wateraanvoerbehoefte van het Greveschutven maakt het functioneren ven natuurlijker en robuuster d.w.z. minder afhankelijk van complex. Ook om deze reden is het nemen van antiverdrogingsmaatregelen in Verkooijen zinvol en heeft dit een direct positief effect op het Greveschutven.

Verkooijen is sterk ontwaterd door watergangen, oude greppelsystemen (goed zichtbaar op www.ahn.nl) en ook buisdrains. In deze watergangen treedt onder hoge intensiteit ijzer- en basenrijk grondwater uit, afkomstig uit de zanden van de Formatie van Sterksel in het bovenste watervoerende pakket. Dit grondwater treedt uit aan de stroomafwaartse zijde van het Greveschutven. Verder ontvangt Verkooijen water dat geïnfiltreerd is vanuit het Greveschutven (Swierstra, 2013; dit rapport).

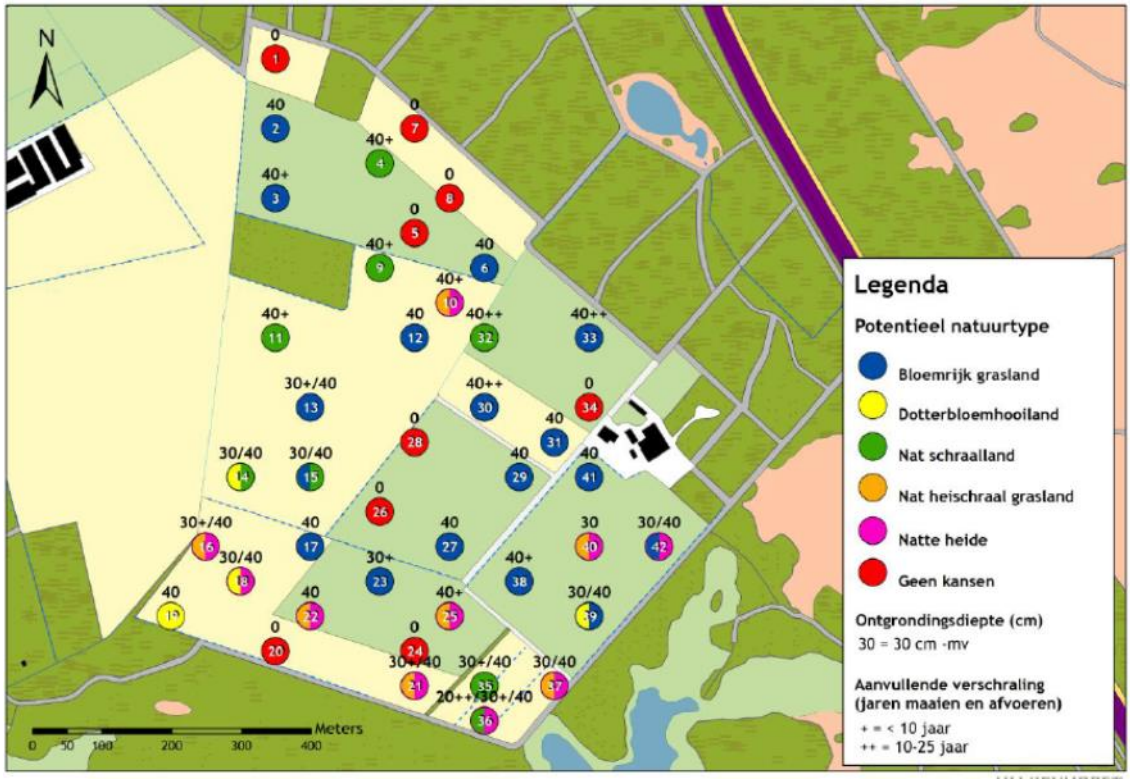
Onder de huidige hydrologische condities d.w.z. bij de huidige sterke ontwatering zijn de potenties gering. Er zullen na decennialang maaien en afvoeren graslanden van Gestreepte witbol ontstaan zijn die zich vanwege de diepe ontwatering zullen handhaven. Daarom is het noodzakelijk de ontwatering van Verkooijen te elimineren door het dempen van watergangen, opruimen van greppelsystemen en dichten van buisdrains.

In Figuur 76 is het effect weergegeven van het dempen van de sloten en het sluiten van drainage ter plaatse van Verkooijen. Tijdens een periode met hoge grondwaterstanden (situatie 9 maart 2017) varieert de grondwaterdiepte onder maaiveld van 1.7 m (zuidwest hoek) tot 0.5 m (centrum). Na het virtueel (in het model) dempen van de drainerende watergangen en drains komen de waterstanden in het centrum circa 0.6 m hoger en aan de randen circa 0.4 m hoger uit (Figuur 76, rechtsboven). In het centrale deel komt de waterstand iets (maximaal 0.1 m) boven maaiveld uit. In dit scenario “no drain” zakt in de loop van de zomer het grondwater in de natste gebieden tot circa 0.3 m onder maaiveld. De diepe watergang aan de westzijde van Verkooijen zorgt ervoor dat de waterstanden in het aangrenzende landbouwgebied niet stijgen.

Foto 11 De voormalige landbouwgronden van Verkooijen.



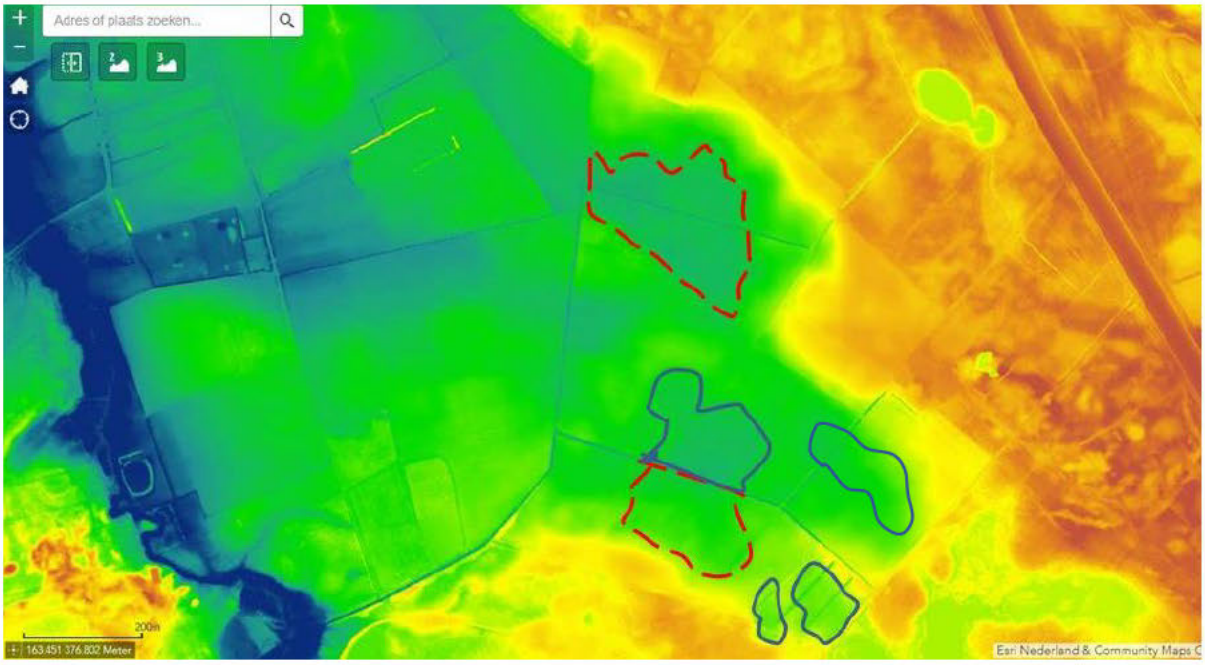
Figuur 76: *Verwacht effect op het grondwater bij dempen van het slotenstelsel en het stoppen van de buisdrainage (scenario "no drain") in Verkooijen zoals berekend met het hydrologisch model (zie hoofdstuk 4) voor een natte situatie (9 maart 2017). Links boven: kaart landgebruiktypen: 1= hoog gesloten bos; 2=gras enkele boom; 3=heide van pijpenstrootje; 4=grasland; 5=open water; 6=rietland; 7=broekbos; 8=autoweg. Links onder: berekend grondwaterpeil beneden maaiveld (m -mv). Rechts boven: verschil in waterpeil tussen scenario "referentie" en scenario "no drain" in m. Rechts onder: met scenario "no drain" berekend grondwaterpeil (m –mv).*



Figuur 77 Verwachte schrale natuurtypen per monsterlocatie bij de aanbevolen ontgrondingsdiepte Bron: Tomassen (2013).

Welke hoge(re) natuurkwaliteiten kunnen op Verkooijen zelf worden gerealiseerd. Het belangrijkste knelpunt daarvoor is de enorm hoge nutriëntenrijkdom van de bovenste bodem (Tomassen, 2013). Om dit knelpunt op te lossen en op relatief korte termijn een aanzienlijke verbetering van de natuurkwaliteit te realiseren zou de circa 40 cm dikke bouwvoor geheel moeten worden verwijderd. Tomassen (2013) heeft op basis van de nutriëntenwaarden die resteren na ontgronding bepaald welke natuurtypen op de monsterlocaties zouden kunnen ontstaan (Figuur 77).

Figuur 77 toont dat ook na afgraven de potenties voor ontwikkeling van zeldzame en bedreigde plantengemeenschappen over grote oppervlakten beperkt zijn: 23 van de 42 monsterlocaties bieden geen kansen of kunnen zich hoogstens tot bloemrijk grasland ontwikkelen. Volledig afgraven is daarom onwenselijk, temeer omdat het zal zorgen voor een versterkte inzijging vanuit het Greveschutven. In de voorspelling van de potenties is door Tomassen (2013) geen rekening gehouden met het toekomstige grondwaterregime. Bij de berekende waterstandsstijgingen (Figuur 76)in combinatie met een maaiveldverlaging van 40 cm zijn plaatselijk langdurige inundaties niet uit te sluiten. De vervolgvraag is dan of de genoemde natuurtypen wel zullen ontstaan. Tomassen (2013) benadrukt daarom dat "*Bij de ontwikkeling van natte schrale natuurtypen het belangrijk is dat doorstroming plaatsvindt en geen permanent natte situaties ontstaan (zeker bij een ongunstige (Fe-S)/P-ratio). Dit kan namelijk leiden tot interne eutrofiering als gevolg van P-mobilisatie (ijzergebonden P komt vrij). Afwatering dient bij voorkeur via het reliëf over het maaiveld of anders via ondiepe greppeltjes plaatsvinden. Stagnerend water dient te worden voorkomen*".



Figuur 78 Reliëf in en om Verkooijen. Blauw omlijnd: te graven plassen met maximale diepte van 60 cm. Rood omlijnd: te graven plassen boven slecht doorlatende leemlaag met maximale diepte van 40 à 50 cm.

Zij vervolgt met: "*Het hanteren van een natuurlijk peilbeheer met droogval van de toplaag in de zomermaanden is essentieel. Bij droogval worden ijzerhydroxides gevormd die (net als gereduceerd ijzer) fosfaat kunnen binden. Tevens wordt ammonium en het toxische sulfide geoxideerd. Droogval van de toplaag in de zomermaanden is tevens belangrijk zodat de wortelzone van de planten wordt belucht*".

Integraal afgraven in combinatie met het elimineren van de ontwateringsmiddelen is daarom evenmin het ei van Columbus. Het leidt wel tot een aanzienlijke toename van de natuurkwaliteiten ten opzichte van de hierboven genoemde herstelstrategieën.

Oude topografische kaarten laten zien dat in Verkooijen vroeger een langgerekte laagte lag al dan niet met een plas (Figuur 2 en Figuur 4). Met de huidige kennis van de verbreiding van slecht doorlatende leemlagen (Figuur 19) en op basis van de modelberekeningen (Figuur 67) kan worden afgeleid dat deze grondwater gevoede laagte c.q. plas in het centrum van Verkooijen heeft gelegen, vermoedelijk ter hoogte van de grondboringen 26 en 27 (Figuur 17; Foto 2). Het AHN toont hier – en verder oostelijk – nog steeds een geïsoleerde laagte met een maaiveld van ca. 21.5 m + N.A.P. (Figuur 78). Ten noorden en ten zuiden ervan liggen op de slecht doorlatende leemlagen eveneens laagten. De noordelijke heeft een met de centrale laagte vergelijkbare tot iets hogere maaiveldhoogte en de zuidelijke een hogere (22.25 tot 21.75 m + N.A.P.). Uit de berekeningen met het hydrologisch model (Hoofdstuk 4; Figuur 67) a blijkt dat na het dempen van de ontwateringsmiddelen en het stoppen van de buisdrainage dat de voorjaarsgrondwaterstand in deze centrale laagten boven maaiveld komt te liggen en in de laagten in het noorden zuiden een of een paar decimeter onder maaiveld.

Net als Buskens & Van Sijl (2013) stellen we voor deze laagten uit te graven, zodanig dat een lange en geleidelijke helling naar hun omgeving omstaat. Alleen denken wij dat het niet nodig is om een afvoer c.q. overstort aan te brengen aangezien we verwachten dat gedurende de

zomer grote delen van de teruggegraven laagten droog zullen vallen. Bovendien moeten – behalve voor de noordelijke laagte – ruggen worden doorgraven om een afvoer te creëren. Het gaat hier om van nature afvoerloze laagten. Mogelijk zijn deze laagten in het verleden deels opgevuld om een gelijkmatiger, eenvoudiger te bewerken maaiveld te verkrijgen. Het is daarom noodzakelijk voorafgaand aan het afgraven bodemboringen te verrichten om het historische maaiveld op te zoeken. Door in de zuidelijke en noordelijke laagten een maximale afgravingsdiepte van 50 cm te hanteren ontstaan plassen waarvan de oevers gedurende het zomerseizoen geleidelijk droogvallen, terwijl in het centrum meestal water zal blijven staan of slechts kortdurende droogval optreedt. In de centrale vijver kan tot een maximale diepte van 60 cm worden uitgegraven. Het centrum van deze plas zal permanent watervoerend zijn (met ijzer – en basenrijk grondwater), de randen zullen geleidelijk droogvallen; de hoogste als eerste. In het nu begreppelde perceel worden de greppels gedempt en worden de lage delen met 40 cm verlaagd waarbij ook geleidelijke overgangen gecreëerd worden. In de laagste delen van de centrale plas zullen basenminnende zeggemoerassen ontstaan die via geleidelijk overgangen met gemeenschappen uit de Oeverkruid-klasse zullen overgaan in bloemrijke graslanden. In de zuidelijke en noordelijke plas alsook in de plassen op de nu begreppelde percelen zullen zich zuurdere, minder gebufferde begroeiingen uit de Oeverkruid-klasse en zure Kleine-zeggenmoerassen ontwikkelen.

Vermoedelijk zullen de plassen ook flinke aantallen ganzen aantrekken. Deze zullen in eerste instantie een vermestend effect hebben. Naar mate dat de omliggende hoger gelegen delen schraler worden, worden de plassen minder interessant voor de ganzen omdat het voedselaanbod afneemt. Naast vermesting zorgen ganzen ook voor verspreiding van ongewenste plantensoorten. Eén daarvan is watercrassula, die recent in het Natura2000 gebied is aangetroffen. Deze invasieve uitheemse soort kan zich in afwezigheid van concurrenten gemakkelijk vestigen in afgegraven percelen en daar zeer talrijk worden wat de vestiging van kenmerkende soorten frustreert. We raden daarom aan na afgraven en vernatten de ontstane plassen te enten met kenmerkende plantensoorten.

De plassen zullen via heischrale en heideachtige begroeiingen over gaan in bloemrijke graslanden. De delen waar geen bodem is verwijderd zullen nog decennialang voedselrijk blijven. Het zijn over het algemeen hogere ruggen, waar inzijging van regenwater – en daarmee van kalium en stikstof – zal plaatsvinden en waar zich bij een beheer van maaien en afvoeren graslanden van gestreepte witbol zullen ontwikkelen. Begrazing van deze delen ontraden wij omdat deze gronden dan onherroepelijk door pitrus gedomineerd zullen gaan worden, dan ongeschikt geworden zijn voor begrazing en alsnog in een maaibeheer moeten worden genomen, maar dan wel met een enorme achterstand in verschralingstoestand. Dat is puur tijdverlies.

Swiersta (2013) berekende dat door het graven van laagten drainage plaatsvindt van de directe omgeving van de plassen en in het zuidoosten vanuit het Greveschutven. Deze verlagingen worden ruimschoots overtroffen door de stijging van de grondwaterstanden als gevolg van het elimineren van de ontwateringsmiddelen (Swierstra, 2013), terwijl de wegzijging vanuit het Greveschutven en zijn naaste omgeving lager blijft dan in de huidige situatie.

Maatregelen

De hierboven genoemde maatregelen voor Verkooijen worden hier nog eens samengevat.

24. Verstevigen pad tussen Greveschutven en Verkooijen.
25. Dempen van watergangen, opruimen van greppelsystemen en dichten van buisdrains met benthoniet-klei.
26. Verrichten van bodemboringen om in af te graven laagten het historische maaiveld op te sporen. Waar dit nog intact is, zal niet dieper worden afgegraven dan tot die originele maaiveldhoogte. Daarmee wordt de oorspronkelijke geomorfologie hersteld en wordt voor herstel gebruik gemaakt van de zaadvoorraad (met veel bijzondere soorten) die zich daar bevindt.
27. Uitgraven van de laagten, zodanig dat een lange en geleidelijke helling naar hun omgeving omstaat. In de zuidelijke en noordelijke laagten wordt een maximale afgravingsdiepte van 50 cm gehanteerd. In de centrale laagte kan tot een maximale diepte van 60 cm worden uitgegraven. In het nu begreppelde perceel in het zuidoosten van Verkooijen worden de greppels gedempt en worden de lage delen met 40 cm verlaagd waarbij ook geleidelijke overgangen gecreëerd worden.
28. De uitgegraven laagten worden geënt met kenmerkende plantensoorten om te voorkomen dat de uitheemse watercrassula zich snel vestigt. Indien het historische maaiveld gevolgd wordt, is er waarschijnlijk een voldoende grote zaadbank aanwezig en is enten niet nodig.
29. Op de hoge ruggen wordt gemaaid en het maaisel afgevoerd of de ruggen worden als reservaatsakker beheerd.

6.6 Herstel droge heiden en stuifzandheiden

In het kader van natuurcompensatie wordt gezocht naar een of meerdere locatie waar het habitattype droge heide dan wel stuifzandheide kan worden hersteld. Daarvoor zijn goede mogelijkheden aanwezig wanneer rondom het Greveschutven bos wordt verwijderd voor herstel van de complete gradiënt en/of voor het vergrote van de toevoer van lokaal grondwater naar het ven. Op zulke nooit bemeste locaties hoeft slechts te worden geplagd en de meeste soorten bevinden zich nog in de zaadbank. Op andere locaties, zoals op de hoge rug aan de noordzijde van Verkooijen zou moeten worden afgegraven of gediepploegd om vergelijkbare schrale omstandigheden te verkrijgen, moet maaisel worden uitgereden en zich een geheel nieuw bodemleven ontwikkelen. Diepploegen betekent een vernietiging van het bodemprofiel; niet verstoorde bodemprofielen raken steeds meer beperkt tot natuurgebieden en worden daarom een steeds schaarser en beschermingswaardig goed. Bovendien kan de gewenste herstelmaatregelen rond het Greveschutven dan deels via deze compensatie worden uitgevoerd.

6.7 Structuurrijke overgangen

In het gebied is een groot deel van de overgangen tussen bos en heide scherp en hard. Ecologisch is dat niet optimaal. We bevelen daarom aan deze overgang te verzachten door het creëren van open bosranden waarin zich een dichte struiklaag kan ontwikkelen van vuilboom, bramen en mogelijk ook brem. Op de overgang van bos naar Verkooijen kan via de aanplant c.q. het uitzaaien van vuilboom, bramen en brem struweelvorming worden bevorderd waardoor een voor de fauna interessante overgang wordt gecreëerd van bos via een mantel en zoom naar open grasland. Voor een optimaal effect is het bovendien wenselijk deze overgang golvend c.q. rafelig vorm te geven.

Maatregelen

30. Pad langs bosrand aan noordzijde van Verkooijen verwijderen, rafelig maken van bosrand en struweel aanplanten.

7 Referenties

Appel, T. en Goijer, I. (2006) Hydrologische situatie Valkenhorst, een studie naar de huidige hydrologische situatie en effecten van hydrologische maatregelen, Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht.

Bleuten, W. en Bierkens, M.F.P. (2015) Lysimeteronderzoek naar de evapotranspiratie van riet en els in een trilveen bij Schalkwijk (U). Stromingen23 (2015), Nr 3, 7-24.

Bleyenga, O. (2016) Hydrologisch onderzoek Greveschutven. De waterbalans van een Brabants ven. Afstudeeronderzoek Opleiding Land- en Watermanagement (van Hall Larenstein). Rapport stageonderzoek St. Brabants Landschap.

Buskens, R. en Van Sijl, J. (2013) Ecohydrologische inrichting Valkenhorst, locatie Verkooijen. Notitie. Royal Haskoning DHV, Den Bosch.

De Graaf, I.E.M. Van Beek, R.L.P.H., Gleeson, T., Moosdorf, N., Schmitz, O., Sutanudjaja, E.H. en Bierkens, M.F.P. (2017) A Global-Scale Two-Layer Transient Groundwater Model: Development and Application to Groundwater Depletion. Advances in Water Resources, 102:53-67, 2017. doi: 10.1016/j.advwatres.2017.01.011

Harbaugh, A.W., Banta E.R., Hill. M.C. en McDonald, M.G (2000) Modflow-2000, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model – User Guide to Modularization concepts and the Ground-water flow process. U.S. Geological Survey, Open-File Report 00-92

IWACO (2001) Waterbodemonderzoek Greveschutven, Vissersven, Berkven. Rapport IWACO 38583).

Karssenberg, D., Schmitz, O., Salamon, P., De Jong, K. en Bierkens, M.F.P. (2016) A software framework for construction of process-based stochastic spatio-temporal models and data assimilation. Environmental Modelling & Software, 25(4):489-502, 2010. doi: 10.1016/j.envsoft.2009.10.004

Nieuwland (2008) Grote historische topografische atlas Noord-Brabant ± 1905, schaal 1:25.000. Uitgeverij Nieuwland, Tilburg.

Rijtema, P.E. (1959) Calculation methods of potential evapotranspiration. Tech. Bul. 7, Inst. Land and Watermangt. Res., Wageningen, Netherlands, 10pp

Royal Haskoning (2002). Plan van aanpak Natuurherstel Greveschutven. Rapport i.o.v. Stichting Het Noord Brabants Landschap, Projectnummer 9M1416, 's-Hertogenbosch

Sutanudjaja, E.H., Van Beek, L.P.H., De Jong, S., Van Geer, F.C. en Bierkens, M.F.P. (2013) Calibrating a large-extent high-resolution coupled groundwater-land surface model using soil moisture and discharge data. Water Resources Research, 50(1):687-705. doi: 10.1002/2013WR013807

Schmitz, O., Karssenberg, D., Van Deursen, W.P.A. en Wesseling, C.G. (2009) Linking external components to a spatio-temporal modelling framework: Coupling MODFLOW and PCRaster. Environmental Modelling & Software, 24(9):1088-1099, 2009. doi: 10.1016/j.envsoft.2009.02.018

Schokker, J., De Lang, F.D., Weerts, H.J.T., Den Otter, C. en Passchier, S. (2005) Formatie van Boxtel. https://www.dinoloket.nl/formatie-van-boxtel.

Stichting Brabants Landschap (2008) Beheerplan Valkenhorst.

Stiboka (2008) Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000 blad 51 W/O. Stichting voor de bodemkartering, Wageningen.

Swierstra, W. (2013) Effect dempen sloten en aanleg vijvers gebied Greveschut Noord. Notitie. Royal Haskoning DHV, Maastricht.

Tomassen, H. (2013) Fosfaatonderzoek Valkenhorst (locatie Verkooijen). Rapport, nr. 2013.13. B-Ware, Nijmegen.

Van der Molen, P., Baaijens, G.J., Grootjans, A.P., Jansen, A.J.M., Van Beek, J., Bal, D. en Beije, H. (2010) Landschapsecologische analyse LESA. Dienst Landelijk Gebied, Utrecht.

Van de Sanden, G. (2012) Kartering leemlagen in Valkenhorst (locatie Verkooijen). Onderzoek in opdracht van Brabants Landschap, Haaren.

Van de Sanden, G. (2012) Rapportage Bodemkartering Valkenhorst in opdracht van St. Brabants Landschap (niet gepubliceerd)

Van Kleef, H. en Esselink H. (2006) De Entomofauna van het Greveschutven, Valkenswaard. Onderzoek ten behoeve van het behoud en herstel van het Greveschutven. Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen.

Van Kleef, H.H. (2010) Identifying and crossing thresholds in managing moorland pool macroinvertebrates. Proefschrift. Radboud Universiteit, Nijmegen.

Verberk, W.C.E.P., Grootjans, A.P. en Jansen, AJ.M. (2009) Natuurherstel: van standplaats naar landschap. De Levende Natuur 110: 105-110.

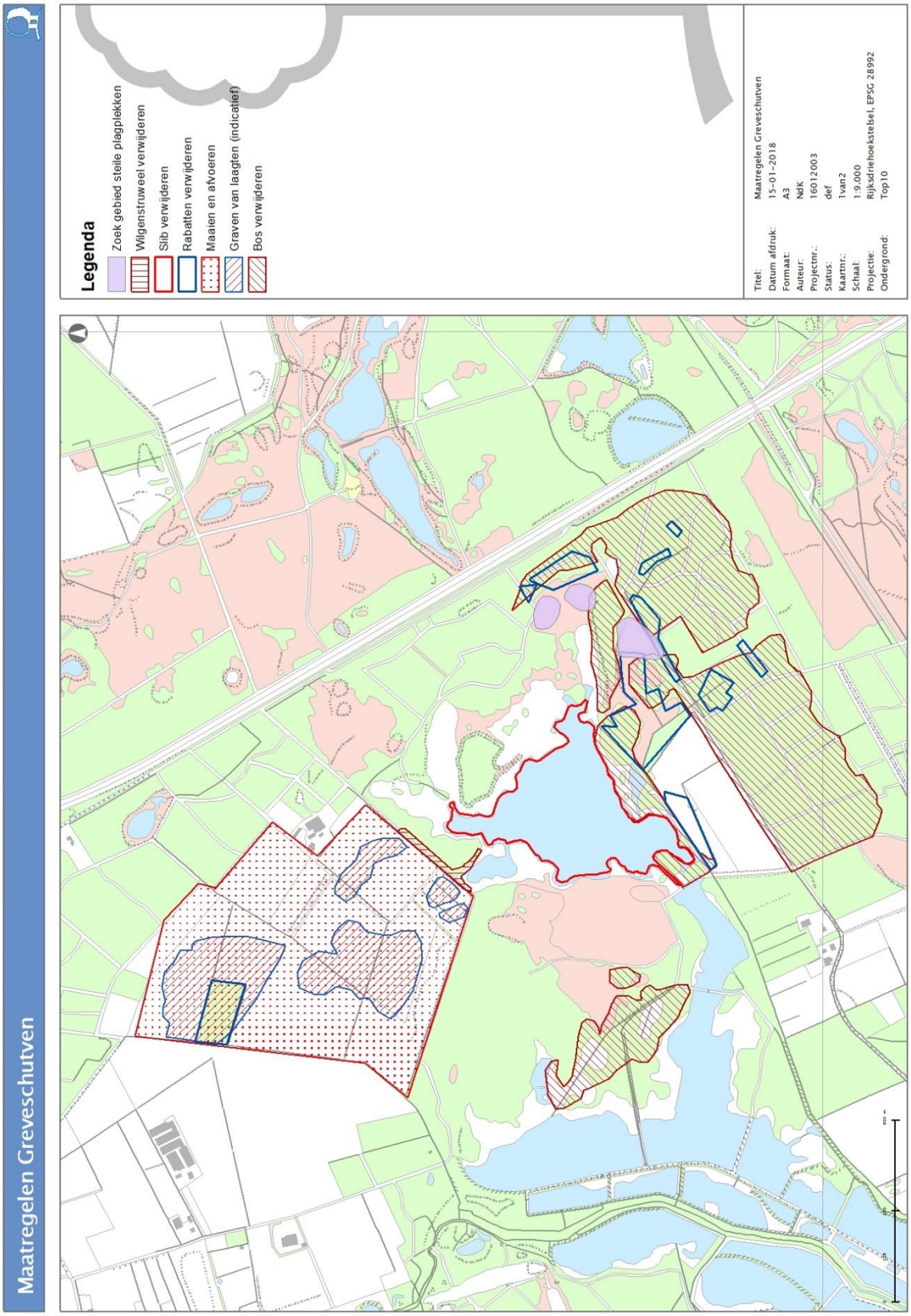
Westerhoff, W.E. (2003) Formatie van Sterksel. https://www.dinoloket.nl/formatie-van-sterksel

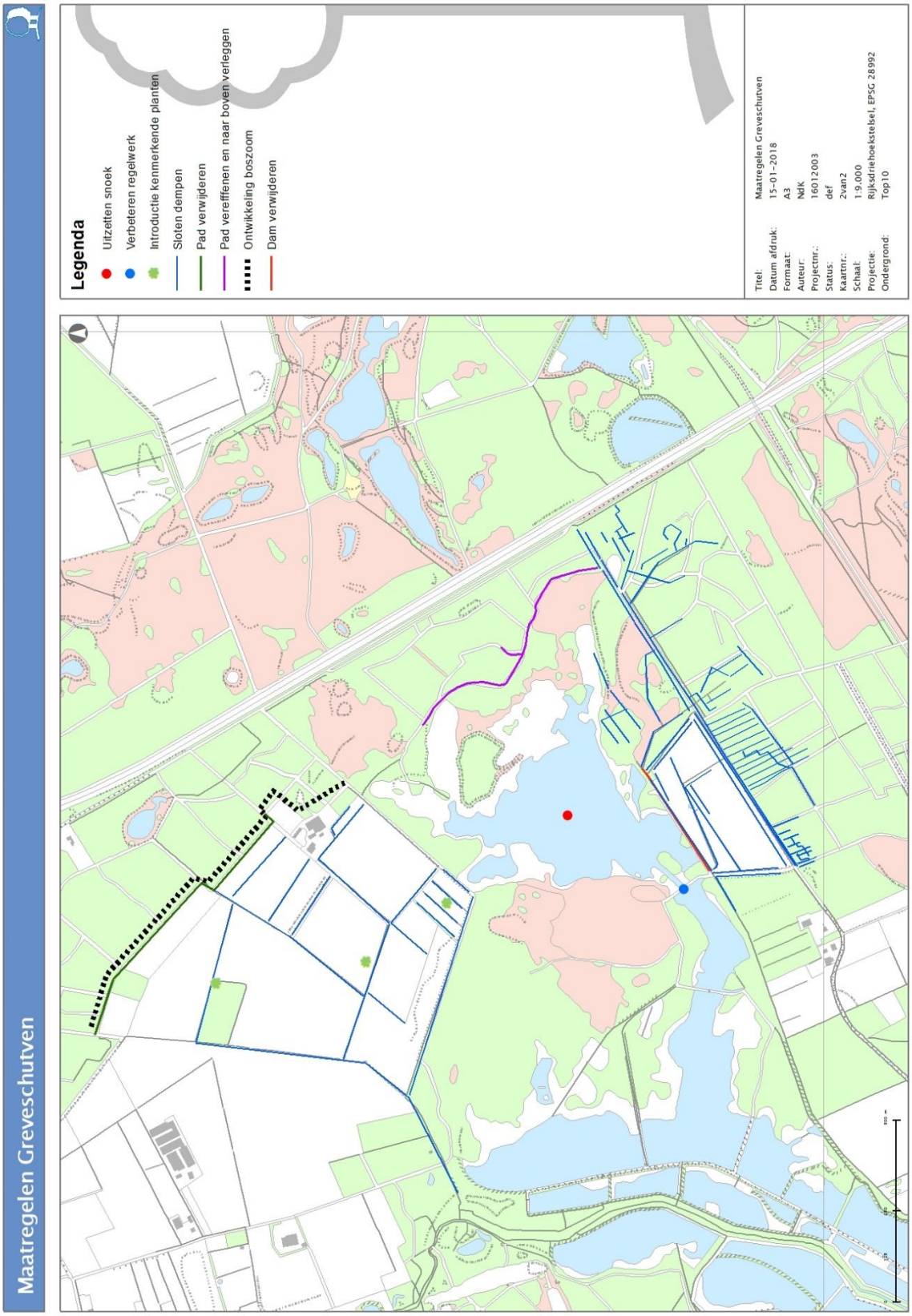
Wolters-Noordhoff Atlasproducties (1990) Grote Provincieatlas, 1:25.000 Noord-Brabant/Oost. Wolters-Noordhoff Atlasproducties, Groningen.

Waterschap De Dommel (2010) Grondwatermodel Natura2000-gebied Groote Heide – Leenderbos. Boxtel: Waterschap De Dommel.

Zeeuw-Hellinga, D. (1958) Neerslag en afvoer. Landbouwkundig Tijdschrift (70), 406-422.

8 Kaarten met maatregelen




Maatregelen Greveschutven
Legenda
Uitzetten snoek
Verbeteren regelwerk
Introductie kenmerkende planten
Sloten dempen
Pad verwijderen
Pad vereffenen en naar boven verleggen
Ontwikkeling boszoom
Dam verwijderen
Titel: Maatregelen Greveschutven
Datum afdruk: 15-01-2018
Formaat: A3
Auteur: NdK
Projectnr.: 16012003
Status: def
Kaartnr.: 2van2
Schaal: 1:9.000
Projectie: Rijksdriehoekstelsel, EPSG 28992
Ondergrond: Top10

9 Begroting

Opdrachtgever:	Stichting Noordbrabants Landschap	Prijspeil		Datum:	20-12-17
Project:	Herstel Greveschutven en inrichting percelen Verkooijen	Versie		Dossier nr:	
Werkomschrijvin	Herstel Greveschutven en inrichting percelen Verkooijen	Onderdeel	-	Auteur:	[redacted]

[redacted] post	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid		Prijs		Totaal
PERCEEL 1	**GREVESCHUTVEN**						
1	**Hydrologisch herstel**						
1.1	Verwijderen bos en opslag op rabatten; inclusief afvoer vrijkomend materiaal	6,18	ha	€	2.000,00	€	12.360
1.2	Uitplaggen slootjes en afplaggen ruggen; zo veel mogelijk heiderelicten sparen	7,09	ha	€	5.000,00	€	35.450
1.3	Afvoeren vrijkomend plagsel (indien mogelijk verwerken op landbouwgrond in de omgeving)	10 635,00	m3	€	5,50	€	58.493
1.4	Egaliseren rabatten	7,09	ha	€	3.350,00	€	23.752
1.5	Waar nodig vrijzagen werkruimte langs te dempen sloten; maximale breedte 5 meter. Afvoeren vrijkomend stam-, tak- en tophout. (ca 6000 m1 x 5m)	3,00	ha	€	1.500,00	€	4.500
1.6	Uitplaggen te dempen sloten en dempen met grond ter plaatse (bovenzijde van gedempte sloten in het bos worden afgewerkt met het plagsel dat uit de sloten is verwijderd)	9 382,00	m1	€	2,75	€	25.801
1.7	Uitplaggen te dempen sloten en dempen met aan te voeren grond uit gronddam	850,00	m1	€	3,50	€	2.975
1.8	Verwijderen gronddam tussen het Greveschutven en de ingerichte, voormalige akker; vrijkomende grond wordt, met uitzondering van de bovenste 10 cm, toegepast bij het dempen van sloten in het gebied. Lengte dam 340 m1 x 2,5 x 1)	850,00	m3	€	2,00	€	1.700
1.9	Verwijderen bestaande stuw tussen Tussenvijver en Greveschutven incl afvoer	1,00	st	€	2.500,00	€	2.500
1.10	Leveren en aanbrengen 10 cm laag ijzerslib in Tussenvijver (1,6 ha x 0,1 m)	1 600,00	m3	€	8,00	€	12.800
1.11	Dimensionering, levering en plaatsing 'op afstand bedienbare stuw met kantelbak'	1,00	st	€	25.000,00	€	25.000
1.12	Dimensionering, levering en plaatsing 3 voordes met stortsteen in de Eikenlaan	3,00	st	€	3.500,00	€	10.500
1.13	Veldonderzoek naar hydrologisch functioneren watergang richting vijver 5A	1,00	st	€	4.900,00	€	4.900
	Totaal hydrologisch herstel					€	**220.730**
2	**Baggeren**						
2.1	Droogpompen ven tbv in beeld brengen organische lagen (veenlaagjes) die bijdragen aan de slechtdoorlatendheid van de bodem; debiet tot 200 m3/uur (13 ha, 20 x 24uur)	13,00	ha	€	1.500,00	€	19.500
2.2	In beeld brengen veenlaagjes dmv grondborgingen uit te voeren door ter zake deskundigen, incl uitwerking.	4,00	md	€	800,00	€	3.200
2.3	Natuurtechnisch ontgraven 'zwevend slib' met behoud van te sparen veenlaagjes (op aanwijzing van deskundigen) en in depot zetten in het ven tbv ontwatering (uitgaande van 0,30 m dikte). Uit te voeren door rupskraan met kantelbak. Rietkragen blijven gespaard.	39 000,00	m3	€	4,00	€	156.000
2.4	Natuurlijk ontwateren slib tot een d.s.-gehalte van ten minste 20%	39 000,00	m3	€	4,00	€	156.000
2.5	Transport en verwerking / inname verontreinigde bagger	39 000,00	m3	€	30,00	€	1.170.000
	Totaal baggeren					€	**1.504.700**
3	**Verwijderen houtige beplanting en bos**						
3.1	Wilgenstruweel aan de noordkant van het Greveschutven wordt gerooid, dus inclusief stobben. Het vrijkomend materiaal wordt afgevoerd uit het terrein en vervalt aan de aannemer.	0,54	ha	€	5.000,00	€	2.700
3.2	Bos aan de westzijde en zuidoostzijde van het ven, voornamelijk grove den en berk, wordt verwijderd. Blauw gebleste bomen worden gespaard. Bomen voorzien van een oranje pijl worden op hoogte (ca 1,5 m + mv.) afgezet; deze hoge 'stobben' worden gespaard.	51,10	ha	€	1.000,00	€	51.100
	Totaal verwijderen houtige beplanting en bos					€	**53.800**
4	**Plaggen en bekalken**						
4.1	Frezen stobben tot circa 15 cm onder maaiveld op plaglocaties (25% van opp waar bos is verwijderd aan westkant en ca 10% van zuidoostzijde)	5,90	ha	€	750,00	€	4.425
4.2	Kleinschalig plaggen tot op minerale bodem, diepte circa 15 cm, rupskraan met kantelbak, totaal 1,4 hectare verdeeld over 5 locaties.	5,90	ha	€	8.500,00	€	50.150
4.3	Laden en transporteren plagsel naar afzetlocatie. Vrijkomend plagsel vervalt aan de aannemer en dient uit het terrein te worden verwijderd.	8 850,00	m3	€	5,00	€	44.250
4.4	Geplagde delen worden handmatig behandeld met steenmeel (leveren en	5,90	ha	€	2.325,00	€	13.718
4.5	Op aanwijzing van directie worden randen van bestaande plagplekken geherprofileerd tbv een betere afwatering van de plagplekken. Uit te voeren met rupskraan met kantelbak	12,00	uur	€	100,00	€	1.200
	Totaal plaggen en bekalken					€	**113.743**
5	**Algemeen Greveschutven**						
5.1	Uitvoering Waterbodemonderzoek Greveschutven	2,00	st	€	2.500,00	€	5.000
5.2	AP04 tbv plagsel en materiaal te dempen sloten en rabatten	2,00	st	€	1.000,00	€	2.000
5.3	In- en uitmeting slib tbv volumebepaling	1,00	eur	€	3.500,00	€	3.500
5.4	Aan- en afvoer materiaal en materieel in zuidwestelijke richting.Terreindelen hebben een beperkte draagkracht; toepassing rijplaten verplicht. Prijs voor aan- en afvoer, plaatsen, verplaatsen, onderhouden en verwijderen rijplaten.	3 000,00	m1	€	20,00	€	60.000
5.5	Schoonhouden fietspad; wekelijks vegen	1,00	st	€	1.000,00	€	1.000
5.6	Bijhouden transportroutes gedurende de gehele uitvoeringsperiode	1,00	st	€	5.000,00	€	5.000
5.7	Herstel transportroute - herstel wegen / egaliseren zandpaden in oorspronkelijke staat na afronding van de uitvoering	1,00	st	€	3.500,00	€	3.500
5.8	Aan- en afvoer van materieel/materiaal.	5,00	st	€	500,00	€	2.500
	Totaal algemeen greveschutven					€	**82.500**

PERCEEL 2	**NATUURINRICHTING VERKOOIJEN**							
	6	**Hydrologisch herstel**						
	6.1	Uitplaggen te dempen sloten	4 890,00	m1	€	2,00	€	9.780
	6.2	Aanvoer schone grond en verwerking in te dempen sloten (uitgaande van 1m3 / m1)	4 890,00	m3	€	9,00	€	44.010
	6.3	Afvoer vrijkomend plagsel uit het terrein (uitgaande van 0,5 m3 / m1)	2.445,00	m3	€	4,00	€	9.780
	6.4	Afdichten buisdrains / drainage met benthoniet-klei	1,00	st	€	5.000,00	€	5.000
		Totaal hydrologisch herstel					**€**	**68.570**
	7	**Verschraling**						
	7.1	Maaien voormalige landbouwgronden, inclusief afvoer vrijkomend maaisel (1e jaar, laagten worden nog niet mee gemaaid)	31,22	ha	€	500,00	€	15.610
	7.2	Verwijderen bos tbv maaiveldverlaging (ca 180 x 90 m); afvoeren vrijkomend stam-, tak- en tophout.	1,60	ha	€	2.000,00	€	3.200
	7.3	Grondboring om de exacte contouren van de aan te brengen laagten te bepalen en uit te zetten.	3,00	md	€	680,00	€	2.040
	7.4	Aanbrengen laagten: natuurtechnisch ontgraven voedselrijke bovengrond. Uitvoering met rupskraan met kantelbak. Reliëfvolgend ontgraven, taluds glooiend laten aansluiten op bestaand maaiveld. Ontgravingsdiepte 50 cm, 9,02 ha (5 ha à 0,5 m = 25.000 m3; 4,02 ha helft = 10.050 m3)	35 050,00	m3	€	2,50	€	87.625
	7.5	Aanbrengen laagten: natuurtechnisch ontgraven voedselrijke bovengrond. Uitvoering met rupskraan met kantelbak. Reliëfvolgend ontgraven, taluds glooiend laten aansluiten op bestaand maaiveld. Ontgravingsdiepte 60 cm, 5,56 ha (3 ha à 0,6 m = 18.000 m3; 2,56 ha helft = 7980 m3)	25 980,00	m3	€	2,50	€	64.950
	7.6	Opbrengen 'maaisel' (incl oogsten) met isoetiden voor de lage delen. Verhouding oogsten vs enten: 1 3 dus 8 ha enten is 2,66 ha handmatig winnen.	6,00	md	€	800,00	€	4.800
	7.7	Opbrengen maaisel (incl oogsten) kleine zeggenmoeras voor oeverzones. Verhouding oogsten vs enten: 1:3 dus 6,58 ha enten is 2,19 ha maaien (eenheidsprijs	2,19	ha	€	2.000,00	€	4.380
	7.8	Afvoeren vrijgekomen grond	61 030,00	m3	€	4,50	€	274.635
		Totaal verschraling					**€**	**457.240**
	8	**Aanbrengen bosrand (lengte 1100 m1, breedte 15 meter)**						
	8.1	Grondbewerking tbv aanplant bosrand (frezen en ploegen)	1,65	ha	€	525,00	€	866
	8.2	Levering (bos)plantsoen incl opkuilen (4500 st. / ha)	7.425,00	st	€	0,85	€	6.311
	8.2	Planten bosplantsoen (4500 st / ha)	7.425,00	st	€	0,45	€	3.341
	8.2	Onderzaaien klavermengsel om vraat tegen te gaan	1,65	ha	€	70,00	€	116
		Totaal aanbrengen bosrand (lengte 1100 m1, breedte 15 meter)					**€**	**10.634**
	9	**Algemeen Verkooijen**						
	9.1	Uitvoering AP04 tbv vrijkomende grond	3,00	st	€	1.000,00	€	3.000
	9.2	In- en uitmeten maaiveldverlagingen	1,00	st	€	3.500,00	€	3.500
	9.3	Legeskosten ontgrondingsvergunning maaiveldverlagingen	1,00	st	€	10.000,00	€	10.000
	9.4	Aanvraag vergunningen zoals ontgrondingsvergunning, wet natuurbescherming en omgevingswet	1,00	st	€	2.500,00	€	2.500
	9.5	Aan- en afvoer materiaal en materieel in noordwestelijke richting.Terreindelen hebben een beperkte draagkracht; toepassing rijplaten verplicht. Prijs voor aan- en afvoer, plaatsen, verplaatsen, onderhouden en verwijderen rijplaten.	1 000,00	m1	€	20,00	€	20.000
	9.6	Bijhouden transportroutes gedurende de gehele uitvoeringsperiode	1,00	eur	€	5.000,00	€	5.000
	9.7	Herstel transportroute - herstel wegen / egaliseren zandpaden in oorspronkelijke staat na afronding van de uitvoering	1,00	eur	€	3.500,00	€	3.500
	9.8	Verwijderen en afvoeren oud veekerend raster	4 000,00	m1	€	2,50	€	10.000
	9.9	Leveren en plaatsen nieuw veekerend raster	6.450,00	m1	€	5,00	€	32.250
	9.10	Verwijderen overtollige gebouwen, erf en erfinrichting	1,00	st	€	40.000,00	€	40.000
	9.11	Opruimen werkterrein	1,00	st	€	2.500,00	€	2.500
	9.12	Aan- en afvoer van materiaal / materieel	5,00	st	€	500,00	€	2.500
		Totaal algemeen verkooijen					**€**	**134.750**
OVERIG	**MONITORING**							
	10	**Monitoring**						
	10.1	Biotische monitoring	1,00	st	€	20.000,00	€	20.000
	10.2	Monitoring Greveschutven: monstername	88,00	st	€	65,00	€	5.720
	10.3	Monitoring Greveschutven: materiaalkosten	1,00	st	€	150,00	€	150
	10.4	Monitoring Greveschutven: veldbezoeken veldmedewerker (19 halve dagen)	9,50	dag	€	495,00	€	4.703
	10.4	Monitoring Greveschutven: veldbezoek senior onderzoeker (1 dag)	1,00	dag	€	960,00	€	960
	10.4	Monitoring Greveschutven: rapportage (senior onderzoeker)	2,00	dag	€	960,00	€	1.920
	10.4	Monitoring Greveschutven: rapportage (junior onderzoeker)	2,00	dag	€	600,00	€	1.200
	10.4	Monitoring Greveschutven: project en administratiekosten	1,00	st	€	350,00	€	350
		Totaal monitoring					**€**	**35.003**
		Benoemde directe bouwkosten					**€**	**2.681.669**
		Planvorming, directievoering en toezicht (pdt)					€	268.167
Code		Uitvoeringskosten, winst en risico.	0,00	-	€	-	€	-
		Directe bouwkosten (excl BTW)					**€**	**2.949.836**
		Directe bouwkosten (incl BTW)					**€**	**3.569.301**

10 Dankwoord

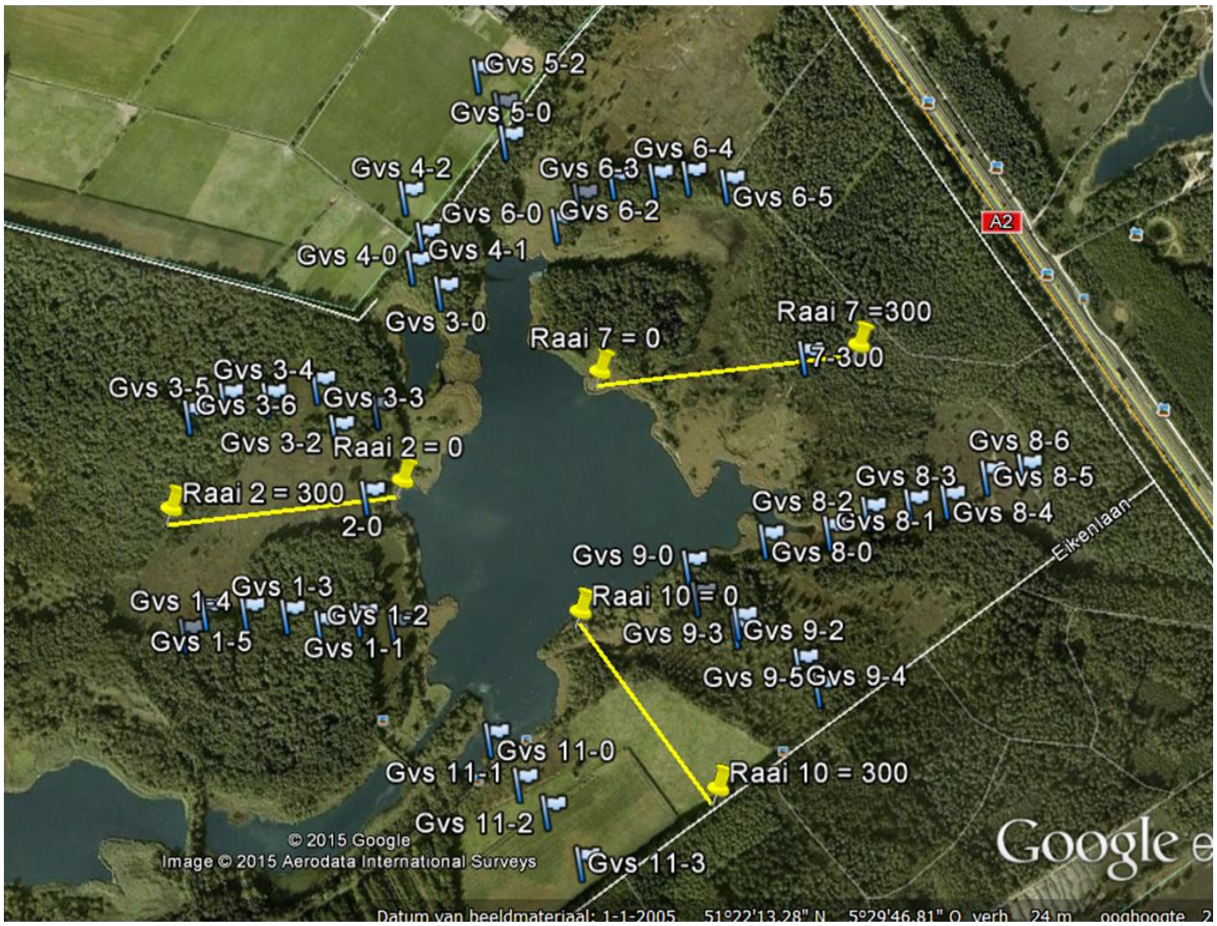
We danken [redacted] voor zijn hulp bij de logistiek en het delen van zijn kennis van het gebied. [redacted] hebben enorm bijgedragen door het opnemen van de waterpeilen in onze peilbuizen.

11 Bijlagen

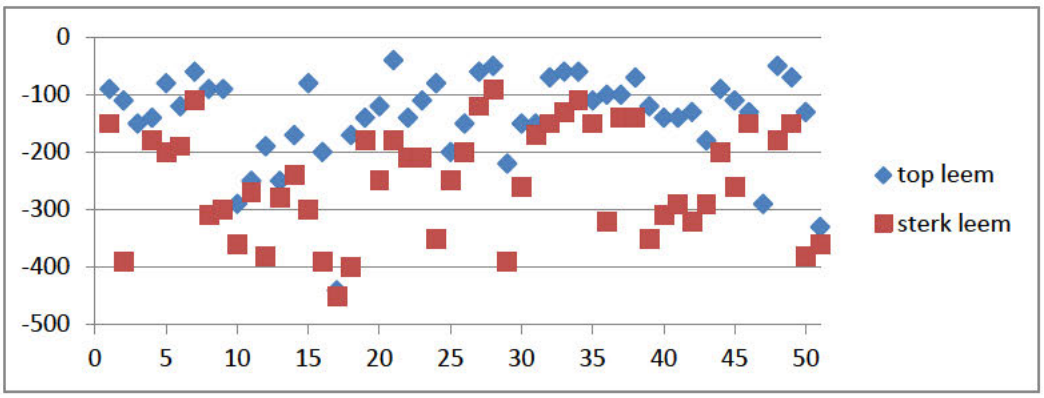
11.1 Onderzoek leemlagen in bodem en ondergrond omgeving Greveschutven

Onderzoek naar leemlagen in de omgeving van het Greveschutven Hanhart Consult,
Boringen uitgevoerd door [redacted]

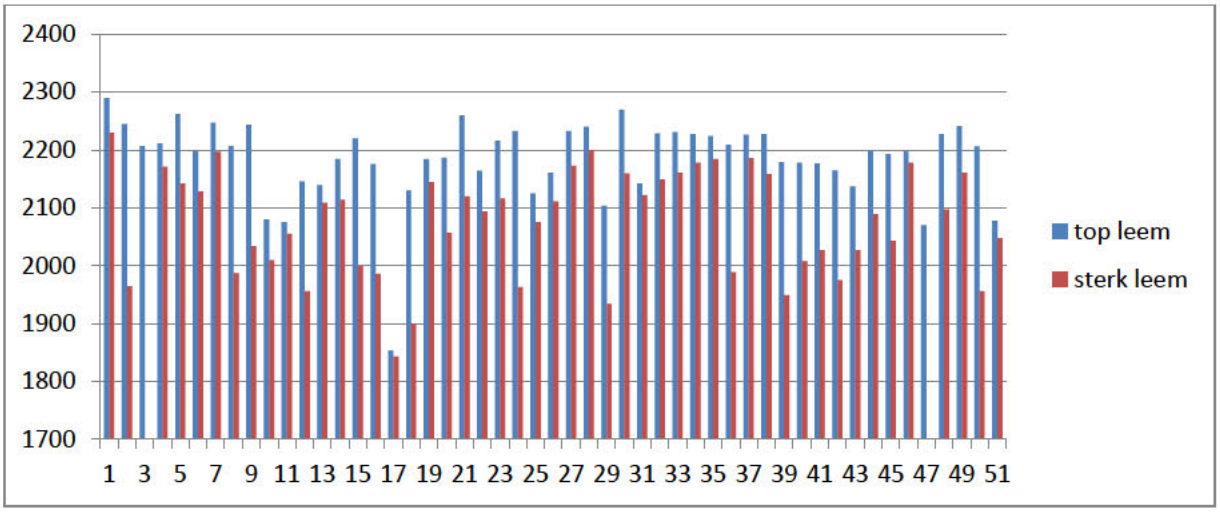
Stamdata van de boringen: digitaal



Figuur 79 Locatie boringen.

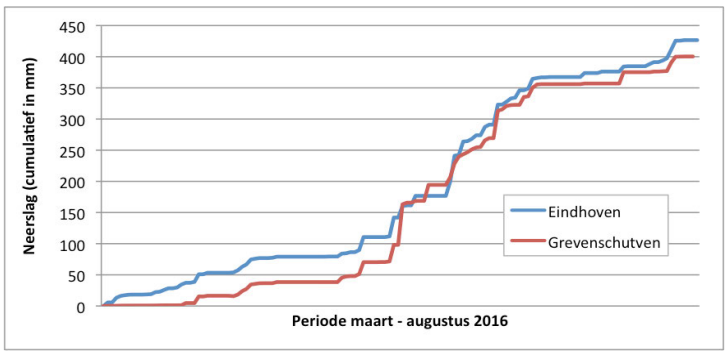


Figuur 80 Diepte begin top leem en begin sterk leem beneden maaiveld (cm. –mv). X-as: boornummers.

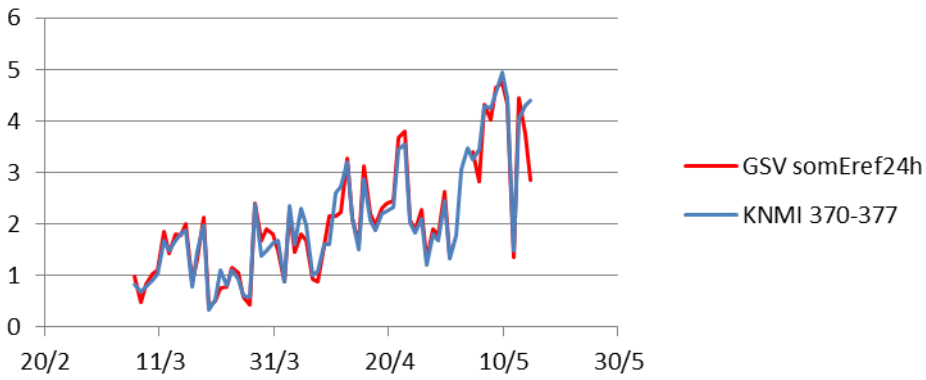


Figuur 81 Hoogte van de bovenkant van leemlagen en van sterk lemige laag (cm. +NAP).

11.2 Validatie meetgegevens van meteostation Greveschutven met data van KNMI stations



Figuur 82 Vergelijking tussen cumulatieve neerslag van het KNMI station Eindhoven met die van het meteo station Greveschutven.



Figuur 83 Vergelijking tussen meetwaarden van het meteo station Greveschutven met gegevens van nabij gelegen KNMI stations Eindhoven en Ell.: Berekende evapotranspiratie volgens Makkink, uit gegevens van meteostation Greveschutven en de gepubliceerde gegevens KNMI stations Eindhoven en Ell (mm/dag).

De verkregen gegevens van neerslag en referentie verdamping zijn vergeleken met de gegevens van de KNMI stations (Figuur 82 en Figuur 83). Voor de periode 6/3 – 14/5 komt de berekende referentie verdamping goed overeen (R2 = 0.934) met het naar afstand tot het Greveschutven gewogen gemiddelde zoals gepubliceerd door het KNMI. Hieruit is geconcludeerd dat het meteostation bruikbare gegevens van de verdamping heeft opgeleverd. De neerslag zoals gemeten op het Greveschutven meteostation wijkt af van die van het KNMI zoals blijkt uit de cumulatieve som. Er zijn perioden dat ter plaatse van het Greveschutven het meer regent dan bij de KNMI station en omgekeerd. Uiteindelijk blijkt dat na een langere periode de totale neerslagsom toch overeenkomt. Voor de modelering van waterstanden per dag zijn de verschillen te groot geacht en was de inzet van het meteostation ter plaatse beter dan gebruik te maken van KNMI gegevens.

11.3 Modelering van de waterbalans

Waterbalans

De waterbalans van het Greveschutven is een voorwaarts gemodelleerde balans in tijdstappen van een uur. Het balans model is gebouwd in Excel met een gedeelte preprocessing in ArcGIS en PCRaster (Universiteit Utrecht, 2016). Inkomende posten op de balans zijn neerslag en inlaat, uitgaande posten zijn verdamping en uitlaat. Voor alle posten geldt dat ze vanuit de meetreeks (meteorologische data of waterpeil) zijn berekend. Waar mogelijk zijn in de balans stuurparameters opgenomen die het mogelijk maken de balans te kalibreren. Sluitposten op de balans zijn inzijging en kwel.

Berging en landgebruik

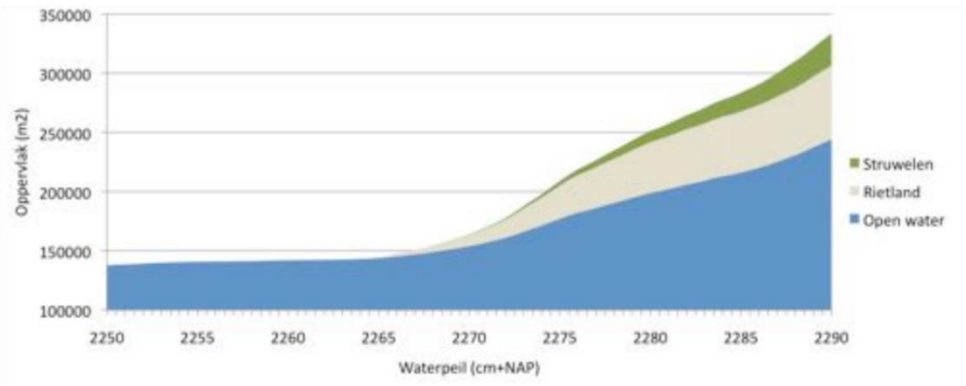
Een verandering van het bergingsvolume op de balans komt tot uitdrukking in een verandering van het waterpeil. Door het waterpeil te relateren aan het digitale hoogtemodel kan het totale ruimtebeslag van het ven worden bepaald. Binnen dit beslag kan vervolgens worden gedifferentieerd naar landgebruikstype; openwater, rietland of wilgen-struwelen. Dit laatste is van belang voor de verdampingsberekening in het model.

De relatie tussen het waterpeil en het wateroppervlak is berekend met de spatial analyst software PCRaster. De berekening is uitgevoerd op het digitaal hoogtebestand van het gebied waarin de bodem van het ven en de vijvers gemodelleerd zijn. Dat laatste was voor het ven mogelijk op basis van de resultaten van een waterbodem onderzoek (Iwaco, 2001) waarin op 60 locaties de waterdiepte was gemeten. Voor de tussenvijver is uitgegaan van een geschatte diepte van 0,5 m. beneden maaiveld.

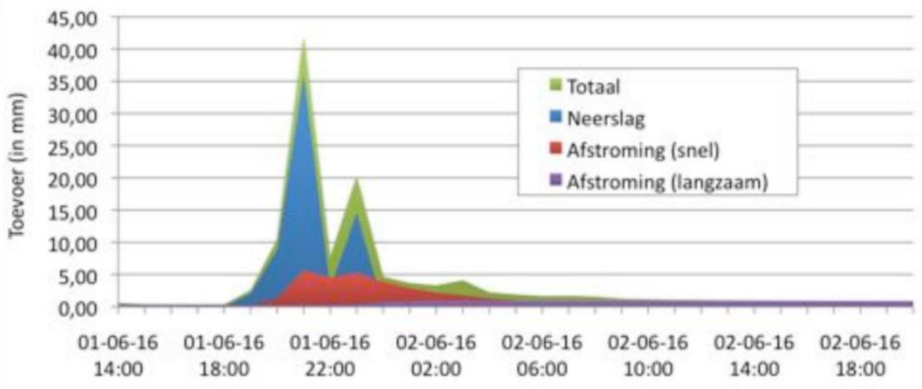
Tabel 11 Verdampingreductiefactoren per landgebruik type.

Landgebruik type	$f = E_{act}/E_{ref}$
Open water	0.94
Rietland	0.96
broekbos	1.20

De oppervlakteverdeling van de landgebruik typen "openwater", "rietland" en "broekbos struwelen" verandert met de waterstand. Bij hogere waterstanden wordt het wateroppervlak groter is en loopt meer rietland en broekbos onder water. Omdat de (evapo)transpiraties van deze 3 typen landgebruik verschillen (Tabel 11) is het voor de waterbalansmodellering van belang om de oppervlaktes van elk van de drie onderscheiden typen bij (voorwaarts berekende) waterstanden te kunnen gebruiken. Hiervoor is in PCRaster, de landgebruikskaart en het hoogtemodel gecombineerd (Figuur 84)



Figuur 84 Relatie tussen waterstand en landgebruik.



Figuur 85 Neerslag en afstroming van een bui op 1 juni 2016.

Neerslag

De neerslag (N) is inkomende post op de waterbalans die in principe direct volgt uit de metingen van het lokale weerstation (meteo station Greveschutven). Echter, de hoogtekaart van het gebied laat zien dat het ven als het ware in een soort kom ligt zodat (oppervlakkige) afstroming van regenwater richting het ven aannemelijk is. Deze afstroming zal met enige vertraging en spreiding het ven bereiken. Voor de waterbalans is de formule van De Zeeuw Hellinga (Zeeuw-Hellinga, 1958) toegepast om deze afstroming te modelleren:

$$qt+\Delta t = qt * e^{-\alpha \Delta t} + P\Delta t (1 - e^{-\alpha \Delta t})$$

formule 1: De Zeeuw-Hellinga

De formule zorgt ervoor dat de totale som van de vertraagde afstroming gelijk is aan de oorspronkelijke neerslag. Een extra differentiatie in de afstroming kan worden gemaakt door onderscheid in:

- Afstroming over het maaiveld (relatief snel, enige uren)
- Afstroming door de bodem (relatief traag, enkele dagen)

Dit toegepast op de neerslagreeks van de waterbalans levert voor een zware bui in juni een afvoer zoals in Figuur 85 weergegeven. Er zijn voor de afstroming twee stuurparameters in het model opgenomen:

α is een maat voor de spreiding, en

fP de fractie van neerslag die wordt verondersteld af te stromen.
Na afstroming is de totale toevoer tot het ven fP * N + N

Verdamping

Tegenover de neerslag staat de verliespost verdamping op de waterbalans. De verdamping is onder te verdelen in:

- Evaporatie, verdamping vanuit de bodem
- Transpiratie, verdamping vanuit de vegetatie
- Interceptie, verdamping van neerslag vanaf de vegetatie

In deze studie worden de drie componenten gezamenlijk berekend op basis van de referentieverdamping volgens Makkink (Rijtema 1959) in combinatie met actuele verdampingsfactoren verkregen uit een lysimeteronderzoek nabij Schalkwijk (Bleuten, 2015).
In dit onderzoek werd over de jaren 2006 t/m 2010 in een rietmoeras meting verricht naar de evapotranspiratie (inclusief interceptie) van riet en els in vergelijking tot de verdamping van open water.
In Tabel 11 zijn de hiermee berekende verdampingsfactoren weergegeven
Omdat de omgevingsfactoren van het lysimeteronderzoek (natuurlijk ecosysteem van rietland en broekbos in Nederland) goed overeenkomen met die van het Greveschutven is besloten dezelfde verdampingsfactoren te hanteren. Verschillen met het lysimeteronderzoek zijn er ook. In het Greveschutven is het meest voorkomende type boom niet de els maar de wilg. Daarnaast is het oppervlak openwater van het Greveschutven fors groter (±15x).
Op basis van de landgebruikstype berekening is de verdampingspost is gesplitst in drie componenten, openwater-, riet- en struwelenverdamping met de daarbij behorende gewasfactoren uit Tabel 11.

11.4 PCRaster-Modflow

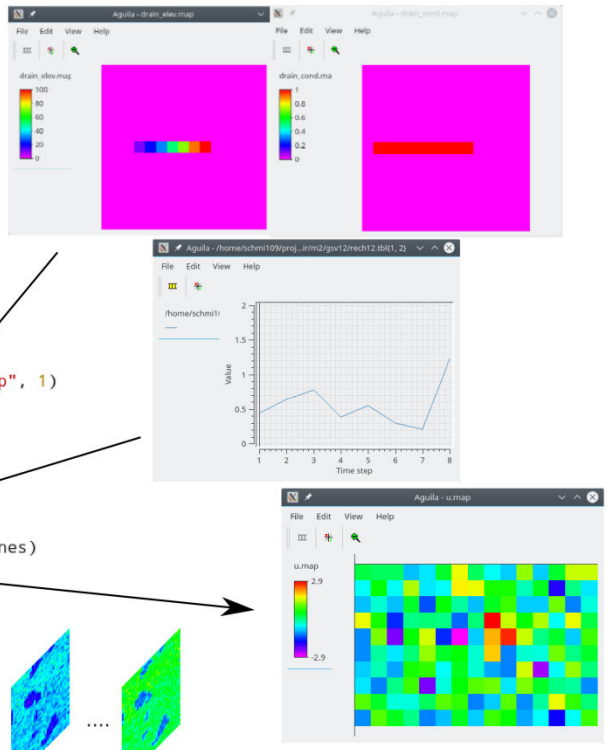
Grondwater modelleren met PCRaster

Het grondwater model is ontwikkeld in PCRaster (Karssenberg et al, 2010; http://www.pcraster.eu), een software omgeving voor het bouwen, uitvoeren en analyseren van ruimtelijk-dynamische simulatiemodellen. Het software omgeving bevat ruim 200 functies voor de bewerking van raster gebaseerde bestanden, daaronder bijvoorbeeld generieke aritmetische functies (+, -, sin, ...) of gespecialiseerde functies zoals voor de kinematic wave routing. Deze functies kunnen door domein specialisten worden gecombineerd om dynamische landschapsprocessen te beschrijven en daarmee veranderingen over tijd te simuleren. De modellen kunnen ook met Monte Carlo en Data Assimilatie technieken worden uitgevoerd om de onzekerheid in een model en zijn input data te analyseren. PCRaster wordt ontwikkeld bij het Departement Fysische Geografie aan de Universiteit Utrecht. Het software pakket is open-source en vrij beschikbaar voor Windows, Linux en macOS.

De PCRaster Modflow extensie (Schmitz et al, 2009) voegt een aantal functies toe om een Modflow model (https://water.usgs.gov/ogw/modflow/) aan te sturen en de resultaten weer in de PCRaster omgeving beschikbaar te stellen. Hiermee kunnen eenvoudig voor elke tijdstap nieuwe inputs voor de verschillen Modflow pakketten (bv voor drainage of wel) worden berekend en dan rekening worden gehouden met de terugkoppeling van het grondwater systeem aan het overige landschapssysteem. De PCRaster Modflow extensie is onder meer gebruikt in hydrologisch onderzoeken, bijvoorbeeld voor de Rijn-Maas stroomgebied (Sutanudjaja et al, 2014) of voor het kwantificeren van effecten van grondwateronttrekking op mondiaal schaal (e.g. de Graaf et al, 2017).

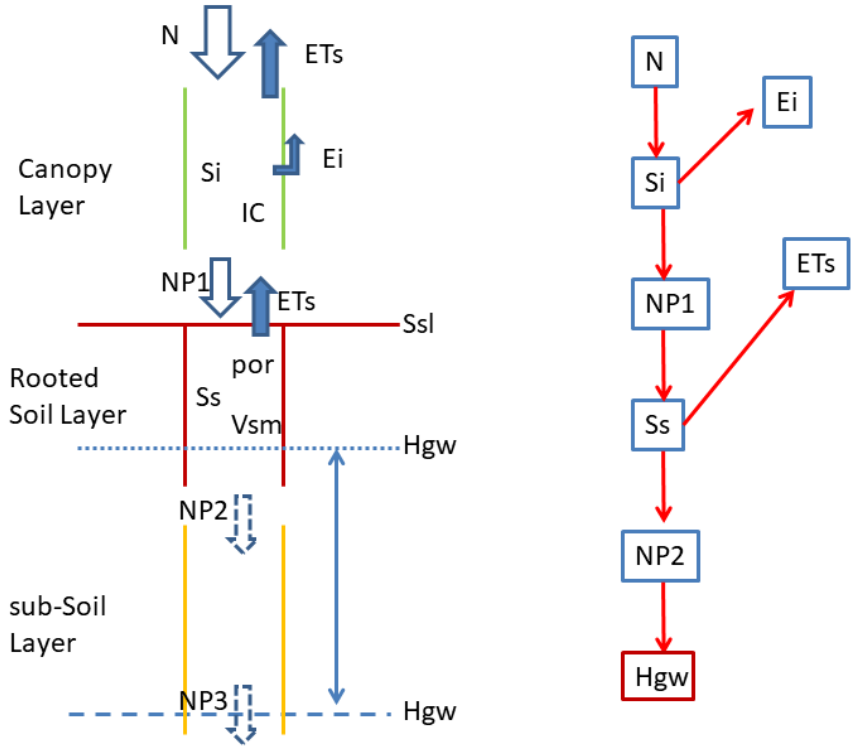
De PCRaster modellen worden ontwikkeld in de programmeertaal Python, zie Figuur 86 voor een voorbeeld van een model script en inputs. De functies worden ingevoegd in templates voor dynamisch of stochastische modellen. Input variabelen voor de functies zijn raster kaarten (bv hoogte van de individuele lagen) of tijdreeksen (bv neerslag). De resultaten van de berekeningen kunnen voor elke tijdstap als ruimtelijke bestanden worden opgeslagen. Deze ruimtelijk dynamische bestanden kunnen naar de model run interactief met de visualisatie tool Aguila worden bekeken of in een post-processing stap verder worden geanalyseerd. PCRaster bestanden kunnen worden bewerkt met andere GIS applicaties zoals ArcGIS, QGIS of GDAL.

```python
from pcraster import *
from pcraster.framework import *

class GwModel(DynamicModel):
  def __init__(self, cloneMap):
    DynamicModel.__init__(self)
    setclone(cloneMap)

  def initial(self):
    self.mf = initialise(clone())
    # DIS
    self.mf.createBottomLayer("bottom.map", "l1_top.map")
    self.mf.addConfinedLayer("l2_top.map")
    self.mf.addLayer("l3_top.map")
    self.mf.addLayer("elev.map")
    self.mf.setDISParameter(1, 0, 86400, 1, 1, 1)
    # BAS
    self.mf.setBoundary("l1_bound.map", 1)
    self.mf.setInitialHead("head.map", 1)
    # BCF
    self.mf.setConductivity(0, "hcond_l1.map", "vcond_l1.map", 1)
    # Solver
    self.mf.setSIP(50, 5, 1.0, 0.001, 0, 0.001)
    # DRN
    self.mf.setDrain("drain_elev.map", "drain_cond.map", 5)

  def dynamic(self):
    # RCH input per time step
    recharge = timeinputscalar("rech.tss", self.recharge_zones)
    recharge = recharge + normal(1) * 0.1
    self.mukdyn.setRecharge(recharge, 3)

    # execute MODFLOW
    self.mf.run()

    # retrieve head values
    self.hFive = mf.getHeads(5)
    self.report(hFive, "hFive")

myModel = GwModel("clone.map")
dynModelFw = DynamicFramework(myModel, lastTimeStep=200, firstTimestep=1)
dynModelFw.run()
```

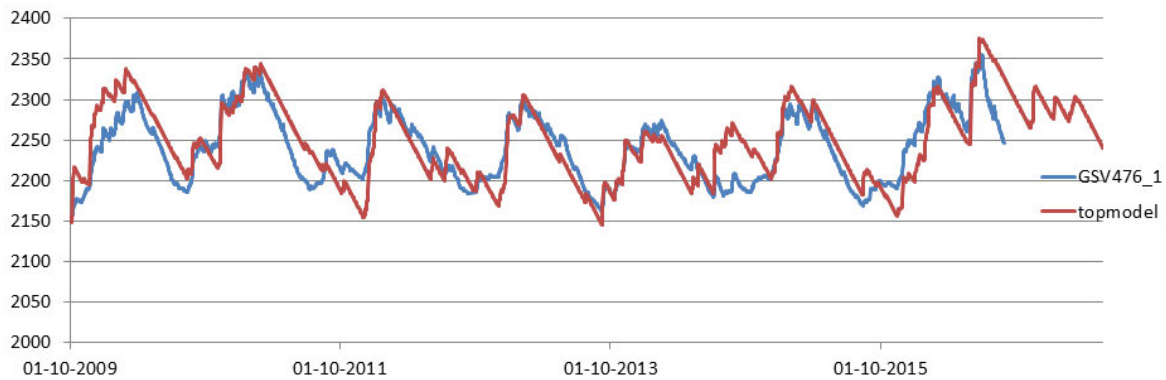


Figuur 86 Voorbeeld fragment van een MODFLOW grondwater model, geïmplementeerd in Python en PCRaster, met mogelijke inputs. Constante waardes (bv voor de grid discretisation) worden in de inital sectie geïnitialiseerd. De neerslagwaarde wordt per tijdstap uit een tijdreeks ingelezen. De in MODFLOW berekende grondwater stijghoogtes worden elke tijdstap als PCRaster kaart gesaved.

11.5 Topmodel



Canopy Layer = vegetatie laag
N = neerslag, IC = interceptie capaciteit, Si = interceptie volume,
Ei = verdamping deel van Ei, NP1 = netto neerslagsom die de bodem bereikt
Rooted Soil Layer = doorwortelde bodem laag
Ss = bodemvocht capaciteit: pF 4.2 – pF 2, Vsm = volume bodemvocht,
por = porositeit, Ets = transpiratie uit bodemlaag,
NP2 = NP3 = grondwateraanvulling ("recharge"),
Hgw = grondwaterstand



Figuur 87 Grondwaterstanden berekend met het 1-D topmodel vergeleken met geregistreerde waterstanden (Greveschutven476_1) in dm. +NAP.

11.6 Macrofauna aan de noordoostzijde van het Greveschutven in 2006 en 2015/16. Weergegeven zijn dichtheden (aantal individuen · m^{-2}).

Monsterpunt	GSV1 2006	GSV2 2006	GSV3 2006	GSV1 20.10.15	GSV2 20.10.15	GSV3 20.10.15	GSV1 25.04.16	GSV2 25.04.16	GSV3 25.04.16
Weekdieren (Mollusca)									
Bathyomphalus contortus		0,3							
Radix peregra			4,3						
Sphaeridae spec.			1,0			66,7			12,7
Borstelwormen (Oligochaeta)							57,3	70,7	36,0
Dero digitata	0,3	170,7	36,7						
Nais variabilis	1,0	6,9	6,5						
Vejdovskyella comata		9,7							
Cognettia glandulosa		0,5	0,4						
Bothrioneurum vejdovskyanum		53,3	11,4						
Slavina appendiculata			1,6						
Lumbriculus variegatus	15,4	0,7							
Cognettia sphagnetorum	3,0								
Bloedzuigers (Hirudina)									
Erpobdella sp.				1,3					1,3
Platwormen (Plathyhelminthes)									
Polycelis sp.					8,0	0,7			4,0
Pissebedden (Isopoda)									
Asellus aquaticus								1,3	9,3
Proasellus meridianus									2,7
Spinnen (Arachnidae)									
Argyroneta aquatica	12,0	0,3	1,3		8,0		6,0	10,7	1,3
Watermijten (Acaridae)									
Arrenurus stecki	6,2		1,3						
Arrenurus cuspidator					0,7				
Arrenurus neumani							2,7		
Hydrodroma despiciens	0,3	2,2			1,3		5,3		
Hydryphantes sp. nimf									2,7
Limnesia connata		3,9	10,8	3,3	0,7		9,3	21,3	
Limnesia sp. nimf							2,7		
Limnesia undulatoides						0,7			
Limnochares aquatica	8,9	7,6	21,3		7,3				
Piona laminata						0,7			
Piona nodata				0,7			2,7	5,3	
Piona variabilis					0,7	0,7			
Tiphys scaurus						1,3	1,3		
Dansmuggen (Chironomidae)									
Ablabesmyia longistyla	38,1	5,0	7,3				10,7	8,0	
Ablabesmyia monilis agg.	0,5	0,4	0,8				2,7	9,3	12,0
Ablabesmyia phatta		0,4					5,3	1,3	
Ablabesmyia spec.	2,4	0,9					2,7		
Chironomus longipes		8,3	0,8						
Chironomus longipes/luridus agg.		2,4	0,4						
Chironomus luridus agg.		0,8							
Chironomini		0,3							
Chironomus spec.	5,1	45,4	53,2				4,0	6,7	
Corynoneura scutellata agg.	1,3							2,7	
Cryptocladopelma gr. lateralis	2,1	77,1	0,8						
Dicrotendipes notatus		0,2							
Endochironomus albipennis	0,4								
Endochironomus gr. dispar	1,0	0,9	1,5						
Endochironomus tendens		3,0							
Glyptotendipes pallens agg.	1,5		1,5						
Glyptotendipes paripes	0,4								
Glyptotendipes spec.		1,5	0,3						

Monsterpunt	GSV1 2006	GSV2 2006	GSV3 2006	GSV1 20.10.15	GSV2 20.10.15	GSV3 20.10.15	GSV1 25.04.16	GSV2 25.04.16	GSV3 25.04.16
Macropelopia spec.		1,5							
Microtendipes chloris agg.	1,0								
Monopelopia tenuicalcar	12,8		0,8				32,0		
Natarsia sp.									2,7
Orthocladiinae indet.							2,7		
Polypedilum cf. tritum		2,4							
Polypedilum sordens	0,4								
Polypedilum uncinatum	1,5	0,3	0,8						37,3
Polypedilum sp.								2,7	1,3
Procladius s.l.	28,7	57,1	79,2				2,7	1,3	26,0
Psectrocladius gr. psilopterus	1,5	1,5					2,7	12,0	
Psectrocladius gr. sordidellus/limbatellus	20,7		2,0				18,7	5,3	4,0
Psectrocladius platypus	2,8		9,9						
Stenochironomus spec.		0,8							
Tanypodinae		1,5							
Tanytarsini	0,3	1,5							
Tanytarsus spec.	0,5	3,3							
Xenopelopia sp.									2,7
Zavrelia sp.									4,0
Pluimuggen (Chaoboridae)									
Chaoborus crystallinus		0,7							
Mochlonyx velutinus							8,0	1,3	
Steekmuggen (Culicidae)									
Mansonia richiardii		0,3	0,7						
Mosmuggen (Cylindrotomidae)									
Phalacrocera replicata	0,3								
Oppervlaktewantsen (Hemiptera - imago's)									
Gerris argentatus			0,7						
Hebrus pusillus	0,3								
Hebrus ruficeps	2,0								
Hydrometra gracilenta			0,3						
Microvelia reticulata	17,0		14,7						
Oppervlaktewantsen (Hemiptera - nymfen)									
Gerridae spec.	1,3	2,0	0,3						
Waterwantsen (Hemiptera - imago's)									
Corixa punctata	0,3	0,4							
Cymatia coleoptrata	0,6	0,3							
Hesperocorixa castanea	8,8		0,7				4,0		1,3
Hesperocorixa linnaei		0,7							
Ilyocoris cimicoides			0,3						
Notonecta glauca		1,2							
Notonecta obliqua	0,3	0,7							
Plea minutissima	11,2	1,7					1,3	2,7	
Waterwantsen (Hemiptera - nymfen)									
Corixinae spec.	0,7						8,0		
Notonecta sp. -nimf							25,3	9,3	
Kokerjuffers (Trichoptera)									
Agrypnia varia	0,3	0,3	2,0				1,3	1,3	
Agrypnia varia/obsoleta		2,9							
Agrypnia spec.	0,3	0,7							
Agrypnia/Phryganea	3,2	1,0							
Holocentropus stagnalis	6,4							2,7	
Holocentropus dubius		1,0							
Holocentropus picicornis	0,3	0,3							

Monsterpunt	GSV1 2006	GSV2 2006	GSV3 2006	GSV1 20.10.15	GSV2 20.10.15	GSV3 20.10.15	GSV1 25.04.16	GSV2 25.04.16	GSV3 25.04.16
Oecetis furva		0,3							
Tricholeiochiton fagesi		3,4	2,0						
Limnephilus sp.								1,3	
Limnephilus subcentralis									1,3
Triaenodes bicolor							16,0	14,7	
Trichoptera -POP									1,3
Waterkevers (Coleoptera - imago's)									
Anacaena lutescens	0,7								
Bidessus unistriatus	0,3								
Chrysomelidae spec.		0,3							
Enochrus affinis	0,7								
Enochrus coarctatus			0,3				1,3		
Enochrus melanocephalus								4,0	
Enochrus ochropterus	1,0		0,3						
Helochares punctatus	3,0		1,0				3,3	2,7	
Hydroglyphus geminus	0,3								
Hydroporus angustatus	0,3								
Hydroporus erythrocephalus	0,7								
Hydroporus nigrita	1,7								
Hydroporus obscurus							5,3		
Hydroporus tristis	1,3						1,3		
Ilybius ater		0,3							
Laccophilus minutus	0,3								
Laccophilus poecilus	0,3								
Limnebius aluta	0,3								
Noterus crassicornis	12,7	3,0	6,0				5,3	2,7	
Scirtidae spec.	1,3								
Waterkevers (Coleoptera - larven)									
Coleoptera spec.		0,7							
Cyphon spec.	7,5								
Enochrus spec.	3,7		0,7						
Helochares spec.	1,3								
Hygrotus spec.	2,7								
Ilybius aenescens	2,9								
Echte libellen (Anisoptera)									
Cordulia aenea			0,3				0,7		
Libellula quadrimaculata	0,3	2,7	0,3						
Leucorrhinia dubia	1,1	1,7							
Leucorrhinia rubicunda	1,6	0,7	3,0						
Sympetrum danae			0,3						
Leucorrhinia rubicunda/dubia	0,3		0,3						
Leucorrhinia/Sympetrum	0,3								
Libellulidae							1,3	1,3	
Waterjuffers (Zygoptera)									
Ceriagrion tenellum	2,7								
Coenagrion hastulatum	1,7	2,7							
Coenagrion puella/pulchellum	1,7	0,6					0,7		
Coenagrion spec.		0,3					4,0		
Enallagma cyathigerum	0,3								
Ischnura elegans		0,7					4,0	1,3	
Eendagsvliegen (Ephemeroptera)									
Cloeon dipterum				153,3	601,3	99,3	8,0	20,0	20,7
Vlinders (Lepidoptera)									
Lepidoptera -larve								1,3	
Steltmuggen ()Limoniidae									
Limonidae indet.							2,7		
Langpootmuggen (Tipulidae)									
Tipulidae sp.							1,3		

11.7 Libellen op punttellingen rond het Greveschutven in 2016. Weergegeven zijn getelde aantallen per periode.

	Punt 1			Punt 2			Punt 3			Punt 4			Punt 5			Punt 6		
Periode:	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Aeshna isoceles	1		2				1									1		
Brachytron pratense																1		
Coenagrion puella - man		1					3			1			6			1		
Coenagrion pulchellum - man	1									1			1					
Cordulia aenea	1																	
Ischnura elegans - man	9	6	1				1			1				2		5		
Lestes dryas																1		
Lestes sponsa		1																
Lestes virens		1																
Libellula quadrimaculata										1						3		
Orthetrum cancellatum						2												
Somatochlora flavomaculata		1																
Somatochlora metallica		1																
Sympetrum sanguineum			2											1				
Sympetrum sp. - vers		1						1										

11.8 Libellen op transecttellingen rond het Greveschutven in 2016. Weergegeven zijn getelde aantallen per periode.

	Transect 1			Transect 2			Transect 3			Transect 4			Transect 5			Transect 6			Transect 7			Transect 8		
Periode:	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Aeshna isoceles	1			1	1		1	2		2				2		1						1		
Aeshna mixta			1						2						2									1
Anax imperator		2					1	1	2	1		1		2		1			1					
Anax parthenope												1												
Brachytron pratense	1															1								
Calopteryx splendens											1			1										
Ceriagrion tenellum						3		20	46		1	4				1	5	8						
Coenagrion puella - man	8	13		9	2			3	1	2	1		2			2	3		2					
Coenagrion pulchellum - man				2															1					
Cordulia aenea	9						1						1						1			1		
Crocothemis erythraea - man		3												1									1	
Enallagma cyathigerum - man	5	3	64						22			3	1	22	16							8	2	1
Erythromma najas	7		7				1						4		1							11		1
Erythromma viridulum		1	1																					
Ischnura elegans - man	3	1	6	1	1			12	16	11	4	48	37	3	8	3	4	3	6				1	1
Lestes dryas									7	1						1	9		1					
Lestes sponsa									17		1	8				1	3	5						
Lestes virens					1				23			5					10							
Lestes viridis								2																
Lestes sp.								95			6													
Leucorrhinia dubia - man							5		1															
Leucorrhinia pectoralis - man							2																	
Libellula quadrimaculata	40	20		2	1		40	1	2	14		1	3	7		14			8			12	22	
Orthetrum cancellatum		6	2						1					23	1							1	36	
Somatochlora flavomaculata				1																				
Sympecma fusca	12								1			3	2											
Sympetrum danae						1			3		10	18					1	15						
Sympetrum sanguineum						1			3			2						1						
Sympetrum striolatum			1			1						1												
Sympetrum sp. - vers			10			1		5	1	1	10						3							