

Landschapsecologische systeemanalyse Karshoek



Landschapsecologische systeemanalyse Karshoek

Wilbert Berendrecht
Robert Broekhuis
Rob van Dongen
Marieke Duineveld
Geert Kooijman
Linda van der Toorn

Opdrachtgever: Provincie Overijssel
24 januari 2018



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1.	Aanleiding	5
1.2.	Opgave Natura2000	5
1.3.	Doel onderzoek	6
2.	Onderzoeksplan	7
2.1.	Onderzoeksvragen	7
2.2.	Gegevens	7
3.	Gebiedsbeschrijving	9
3.1.	Topografie	9
3.2.	Historische ontwikkeling	9
3.3.	Hoogteligging	12
3.4.	Eigendom en beheer	12
3.5.	Geohydrologie en bodemopbouw	13
	Geohydrologie	13
	Bodemopbouw	16
3.6.	Vegetatie	17
	Habitattypen	19
4.	Methode	25
4.1.	Hoogteligging	25
4.2.	Waterkwaliteit	25
4.3.	Bodemchemie	26
4.4.	Hydrologie	27
	Peilbuizen	27
	Tijdreeksanalyse	28
	Afvoermetingen	30
4.5.	Grondwatermodel	31
5.	Resultaten	35
5.1.	Waterkwaliteit	35
	Samengevat	36
5.2.	Bodemchemie	37
	Samengevat	43
	Aanbevelingen voor beheer / herstel	43

5.3.	Hydrologie	44
	GXG's	44
	Regionale grondwaterstroming.....	45
	Kwel en infiltratie	47
	Invloed van de Vecht.....	48
	Inundatie	49
	Afvoermetingen Rheezerwaterleiding	50
	Synthese	51
5.4.	Doelgat grondwaterstand	63
5.5.	Scenarioberekeningen.....	64
6.	Synthese	76
7.	Maatregelen	78
	Stroomdalgraslanden	78
	Vochtige alluviale bossen	78
	Natte heide.....	80
8.	Conclusies en aanbevelingen	85
9.	Monitoring.....	86
10.	Literatuur.....	87
	Bijlage 1 Rapport bodemchemie B-ware.....	88
	Bijlage 2 Boorbeschrijvingen	89
	Bijlage 3 Analyse peilbuizen	90
	Bijlage 4 Tabel modelafwijkingen.....	107
	Bijlage 5 Ingemeten profielen watergangen	110

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Het gebied Karshoek ligt in het Vechtdal ten westen van Diffelen en bestaat uit een aantal graslanden (oude Koelanden) met daarin een deels afgesloten meander van de Vecht. Het gebied is onderdeel van het Natura2000 gebied Vecht- en Beneden Regge en kent daarom een opgave ten aanzien van onderzoek, herstel kwaliteitsverbeteringen en uitbreiding van een aantal habitattypen.

Binnen het Vechtdal worden in 2019 een tweetal inrichtingsprojecten uitgevoerd waar de Karshoek onderdeel van is. Het DO voor het betreffende deelgebied Karshoek-Stegeren (KS) is vastgesteld. Dit DO is vastgesteld op basis van de toen beschikbare kennis. Het voorliggende onderzoek was daarbij nog niet beschikbaar. Het functioneren en de gewenste inrichting van met name de grondwater afhankelijke natuur in dit deelgebied is beschreven als onderzoeksopgave in de gebiedsanalyse Vecht- en Beneden Regge (maatregel M9a). Het onderzoek wordt in de 1^e beheerplanperiode uitgevoerd. Eventuele benodigde maatregelen worden in de 2^e beheerplanperiode uitgevoerd.

In voorliggend onderzoek is een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) uitgevoerd voor dit gebied. In deze LESA worden biotische (ecologie) factoren gekoppeld met de lokaal aanwezige abiotiek (hydrologie en bodemopbouw) zodat inzicht gekregen wordt in het functioneren van deze gebiedjes en inzichtelijk wordt welke inrichtingsmaatregelen effectief zijn om behoud en eventueel uitbreiding te kunnen garanderen.

1.2. Opgave Natura2000

In het aanwijzingsbesluit voor het Vecht en Beneden Regge (2004, Ministerie van Economische zaken) gebied is beschreven welke habitattypen zijn aangewezen en wat de status is van deze typen. In deze aanwijzing zijn voor de Karshoek de volgende habitattypen aangewezen:

- H6120 Stroomdalgraslanden. Uitbreiding en verbetering kwaliteit. Het habitatype stroomdalgraslanden verkeert in Nederland in een zeer ongunstige staat van instandhouding. Langs de Vecht, waar het habitatype voorkomt op rivierduinen en stroomruggen, zijn de kwaliteit en de oppervlakte sterk achteruitgegaan door afname van de overstromingsdynamiek. Het habitatype komt in het gebied voor op betrekkelijk kalkarme bodem in een zeldzame vorm met Zwolse anjer. Er zijn potenties voor uitbreiding van de oppervlakte en verbetering van de kwaliteit van het habitatype.
- H2310 Stuifzandheiden met struikhei. Uitbreiding oppervlakte en verbetering kwaliteit. Mede vanwege de fauna is het van belang kleinere heideterreinen van het habitatype stuifzandheiden met struikhei te vergroten en zoveel mogelijk onderling te verbinden. De kwaliteit kan verbeteren bij uitbreiding van de oppervlakte.
- H4010A Vochtige heide (hogere zandgronden) Uitbreiding oppervlakte en verbetering kwaliteit vochtige heiden. Het habitatype komt op verschillende plekken in het gebied voor in komvormige laagten en slenken van de dekzanden. Lokaal is het habitatype vergrast met pijpenstrootje. Er zijn goede potenties voor uitbreiding van de oppervlakte en verbetering van de kwaliteit.
- H91E0C Vochtige alluviale bossen. Uitbreiding oppervlakte en verbetering kwaliteit. Het habitatype vochtige alluviale bossen, beekbegeleidende bossen (subtype C) komt in kleine oppervlakte voor langs de Vecht in de vorm van elzenbroekbos en (marginaal)

vogelkersessenbos. Het bos komt voor in een mozaïek met drogere bossen op overgangen naar rivierduinen en essen. Uitbreiding van de oppervlakte en verbetering van de kwaliteit is nodig om een meer duurzame situatie te realiseren.

Voor het gebied is onderzoekopgave M9a van toepassing: invloed ontwatering in winterbed Vecht en aangrenzende hogere gronden (Vechtdal en flanken) op grondwaterafhankelijke habitattypen; het onderzoek vindt plaats in de 1^e beheerplanperiode; eenvoudige, obstakelvrije maatregelen worden in de 1^e beheerplanperiode uitgevoerd; andere maatregelen worden in 2e beheerplanperiode uitgevoerd.

1.3. Doel onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het uitvoeren van een LESA op systeemniveau; het functioneren van het gebied wordt daarmee inzichtelijk. Op basis van dit systeeminzicht wordt duidelijk aan welke knoppen gedraaid kan worden om PAS maatregelen te definiëren ten behoeve van instandhouding, herstel en uitbreiding van de aangewezen habitattypen. In Figuur 1 is het onderzoeksgebied van Karshoek weergegeven.



Figuur 1: Uitsnede onderzoeksgebied LESA. Donkerblauw en groen = grondwaterafhankelijke natuur. Lichtblauw is stroomdalgrasland.

2. Onderzoeksplan

2.1. Onderzoeksvragen

Het doel van deze LESA is het verkrijgen van het benodigde systeeminzicht om de juiste maatregelen te kunnen treffen voor het realiseren van behouds- en uitbreidingsdoelstellingen. In hoeverre spelen knelpunten in het gebied, zowel kwalitatief als kwantitatief, een rol? En welke maatregelen zijn nodig om deze knelpunten op te heffen? Om het benodigde inzicht te krijgen worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

- Wat zijn de grondwaterstanden ter plaatse van de grondwaterafhankelijke natuur en kan vastgesteld worden of er een doelgat bestaat?
- Wat is de invloed van de in rood aangegeven watergang de Rheezerwaterleiding (M9A) op de natuur in Karshoek; om deze vraag te beantwoorden worden twee deelvragen beantwoord:
 - Kwantiteit: worden de hydrologische randvoorwaarden van de aanwezige habitattypen negatief beïnvloed door de ontwatering van de Vecht, de Rheezerwaterleiding en de overige detailontwatering?
 - Heeft de waterkwaliteit van de Rheezerwaterleiding een negatief effect op de ecologische randvoorwaarde van de aanwezige habitattypen?
- Wordt het zure ven aan de westzijde van de meander beïnvloed door de Vecht en of andere detailontwatering?
- Is voedselrijkdom in Karshoek een beperkende factor voor herstel en behoud van de stroomdalgraslanden in de Karshoek?
- Welke maatregelen zijn noodzakelijk voor behoud- dan wel uitbreidingsdoelen van de aangewezen habitattypen?

2.2. Gegevens

Voorafgaand aan het opstellen van de LESA zijn de beschikbare gegevens geïnventariseerd en is bepaald welke aanvullende gegevens nodig waren. De volgende data waren voorafgaand aan het onderzoek beschikbaar:

- Concept-vegetatiekaart Ecogroen (Heinen, M.A. en L. Kruit, 2012)
- Inmetingen sloten en watergangen uit 2014 en 2017 van waterschap Vechtstromen
- Grondwaterstanden en oppervlaktewaterstanden uit het meetnet voor de Vecht (geïnstalleerd in 2017). Ook zijn bijbehorende boorprofielen beschikbaar.
- Grondwatermodel MIPWA ("Vechtmodel")
- Metingen oppervlaktewaterstand Vecht bij Diffelen, Ommen en Mariëenberg van waterschap Vechtstromen.
- Gegevens regionale bodemopbouw en geologie via Dinoloket
- LESA Overijsselse Vecht Fase 3 en 4: Veldonderzoek Karshoek en Stegerense Veld van KWR (Jalink, M. en B van Delft, 2017).
- Ecohydrologische verkenning Vechtdal Ommen Marienberg van KWR (Jalink, M.H., B. van Delft en I. Leunk, 2016)
- Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Vecht- en Beneden-Reggegebied, 2017

De volgende aanvullende onderzoeken zijn uitgevoerd voor de LESA:

- Metingen van waterkwaliteit in het oppervlaktewater van de meander en van het grondwater
- Onderzoek bodemkwaliteit door B-WARE (Bohnen-Verbaarschot, E. & R. Loeb, 2018)
- Afvoermetingen in de Rheezerwaterleiding

In hoofdstuk 4 Methode is beschreven hoe de bovenstaande gegevens zijn gebruikt in de LESA.

3. Gebiedsbeschrijving

3.1. Topografie

Het gebied Karshoek ligt in het Vechtdal ten westen van Diffelen (Figuur 2) en bestaat uit een aantal laag gelegen graslanden met daarin een oude meander van de Vecht. Deze gronden zijn gevormd door historische verleggingen van de Vecht en bevatten nog resten van kronkelwaarden en rivierkommen. Aan de noordzijde van meander liggen hoger gelegen dekzandgebieden waar bos op ontwikkeld is. Ten westen en ten noordwesten van de meander liggen heidevelden tussen het bos.

Het gebied is onderdeel van het Natura2000 gebied Vecht- en Beneden Regge.

De meander is deels verland, maar nog wel watervoerend en staat aan de benedenstroomse zijde in open verbinding met de Vecht. Het peil op de Vecht wordt ter hoogte van Karshoek bepaald door stuw Junne (zp=4,50, wp=4,15). Aan de oostzijde komt de Rheezerwaterleiding uit in de meander. Deze watergang voert water af uit een stroomgebied met zowel natuur als agrarisch landgebruik en start ten westen van Hardenberg. In het Bentincksbos en boswachterij Ommen (Diffeleveld) zijn meerdere sloten aanwezig, die afwateren op de Rheezerwaterleiding en op een sloot in het noorden van de meander.

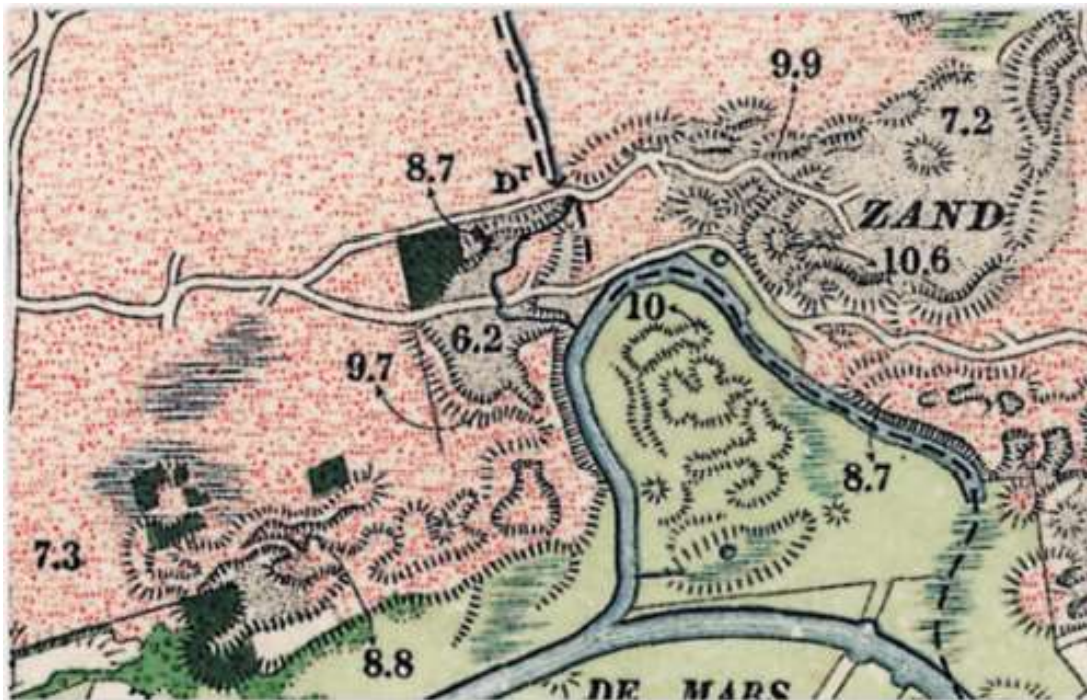


Figuur 2: Topografische kaart Karshoek. De zwarte belijning geeft de begrenzing van het N2000 gebied weer.

3.2. Historische ontwikkeling

KWR heeft de historische ontwikkeling van het gebied Karshoek beschreven aan de hand van topografische kaarten vanaf 1850 tot heden (Jalink, M. en B van Delft, 2017).

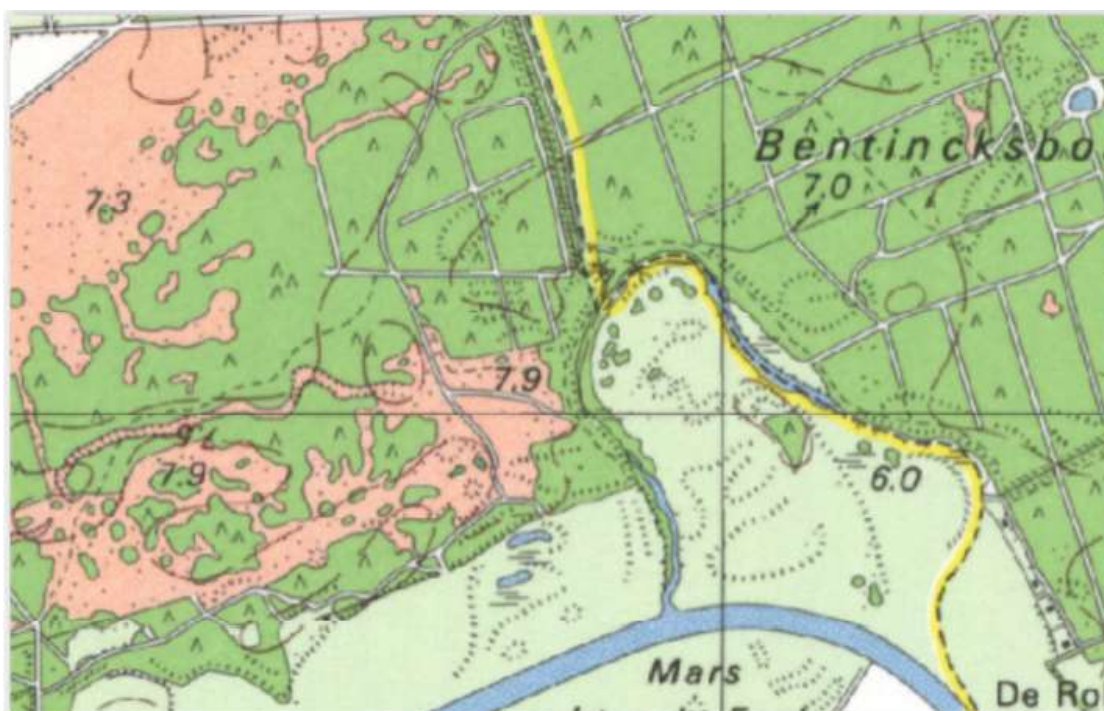
“Rond 1850 volgt de rivier nog de in 1890 reeds verlaten beddingen in de Karshoek en het grasland bij het Stegerense Veld. Bos is beperkt tot enkele bosjes op de rand van het Vechtdal. De topografische kaart van 1906 laat voor het eerst de nieuwe, gekanaliseerde loop van de Vecht zien, waarbij ook de eerdere genoemde beddingen reeds verlaten zijn. De Karshoek wordt vanaf het zuiden ontsloten via een voorde door de rivierbedding. Sindsdien is er aan de rivier en de bijbehorende morfologie niet heel veel veranderd. Wel is de bosontwikkeling en dus ook de vastlegging van het stuifzand te volgen in de opeenvolgende kaartfragmenten. In 1929 is voor het eerst de bebossing van het Diffeler Zand (nu grotendeels Boswachterij Hardenberg) te zien, inclusief een stuk in het westelijk deel dat onder het Landgoed Bentinck valt. In 1973 is het oostelijk deel vrijwel geheel bebost terwijl in het westelijk deel nog vrijwel overal heide is aangegeven. Wel is te zien dat er al groepjes vliegdennen zijn opgeslagen. Dat blijft zo tot de kaart van 1987 waarbij het grootste deel van dit gebied is dichtgelopen met bos met wat open plekken. In de huidige situatie (sinds 2011) zijn alleen de heiden in het noorden en aan de zuidrand, langs de rand van het Vechtdal nog open. Opvallend is dat de vennetjes in het zuidelijk heidegebied alleen op de kaart van 1939 duidelijk zijn aangegeven. In andere jaren zijn hier wel natte plekken aangegeven of helemaal niets. Dit wil niet zeggen dat de vennetjes er toen niet waren, ze zijn mogelijk niet opgenomen op de kaart.”



Figuur 3: Kaart uit 1906. Meanderbocht afgesneden. Nog vrijwel geen bos, buiten meander en uiterwaarden vooral heide en zandverstuivingen.



Figuur 4: Kaart uit 1929. Eerste bosaanplant in het noorden van Karshoek. In het westelijk deel nog vrijwel geheel heide.



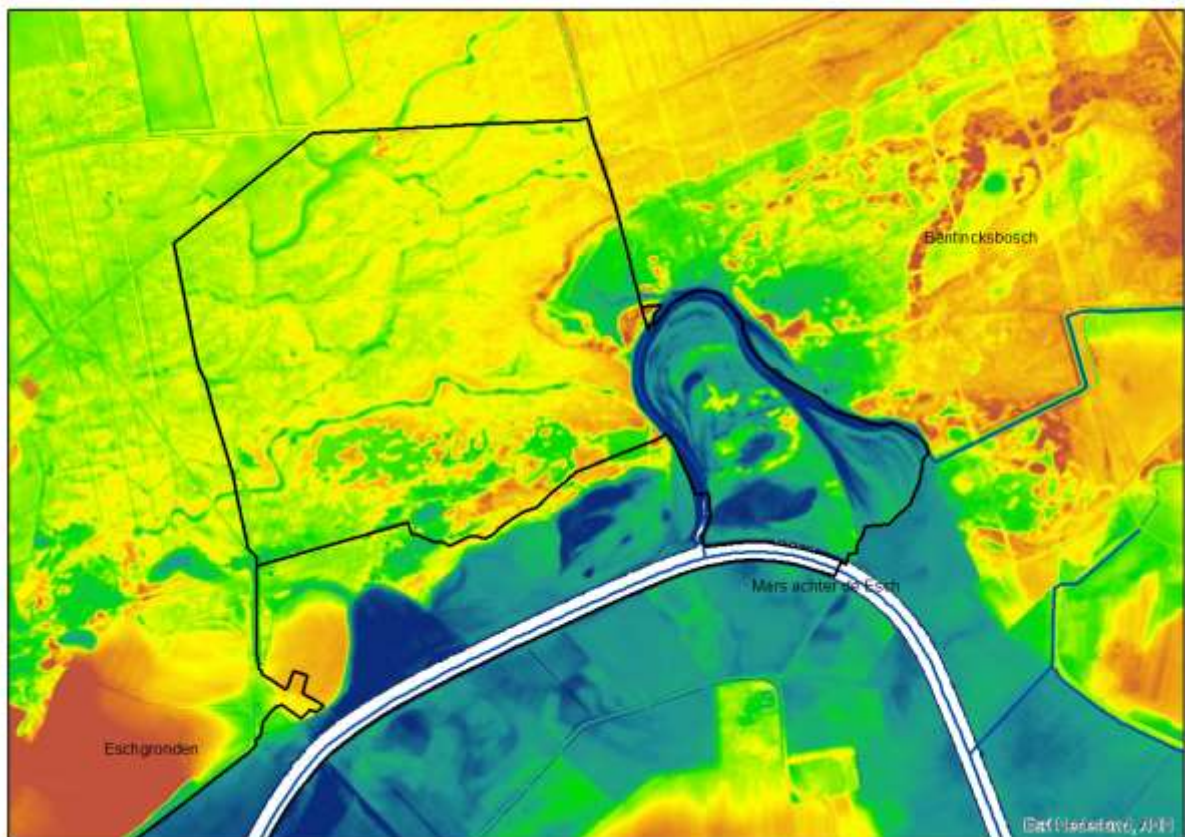
Figuur 5: Kaart uit 1987. Groot deel van de westelijke heide is dichtgelopen met vliegdennen, maar ook nog veel open stukken.

3.3. Hoogteligging

In Figuur 6 is een hoogtekaart opgenomen van de Karshoek. De Karshoek is een oude kronkelwaard waarin een aantal ruggen te herkennen zijn. Centraal is een deel verstoven tot rivierduinen. Het zuidelijk deel van de Karshoek bestaat uit een oeverwal en een rivierkom rondom een oude bedding.

Het reliëf op de hoogtekaart komt overeen met de geomorfologie: “De laagtes van oude beddingen en rivierkommen zijn donkerblauw (ca NAP +5 m), de kronkelwaarden met ruggen en geulen zijn afwisselend lichtblauw en groen (ca NAP +5,5 tot 6,5 m), oeverwallen langs de Vecht en uitgestoven laagtes in de landduincomplexen zijn lichtgroen (ca NAP +6,5 m) en de landduinen zelf geelbruin (ca NAP +7 tot +8 m). Dat geldt ook voor de rivierduintjes in de Karshoek.

Binnen de stuifzandgebieden van Bontincksbosch zijn de stuifzandstructuren goed herkenbaar en binnen de uitgestoven laagten diverse slenkjes waarlangs het gebied afwatert op de meander. Ook in de dichtgegroeide heide van Bontinck zijn allerlei slenkvormige patronen herkenbaar die in grote lijnen van noordoost naar zuidwest lopen en mogelijk ontstaan zijn door oppervlakkige afstroming van water over de heide. De lichtgroen gekleurde laagtes rondom de meander, inclusief de lagere delen van de heide bij Bontinck, behoren mogelijk tot het dalvlakteterras, getuige kleihoudende afzettingen die zijn aangetroffen in boringen” (Jalink, M. en B van Delft, 2017).

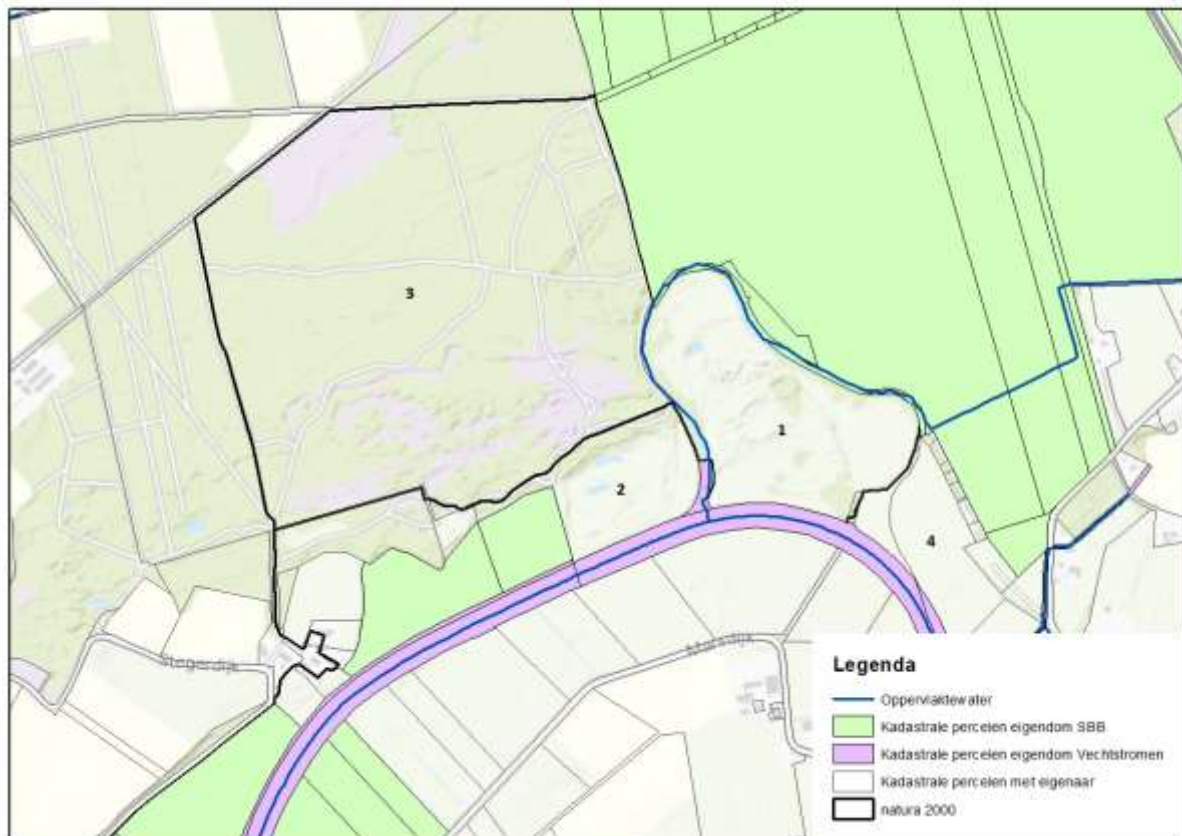


Figuur 6: Hoogtekaart (bron: AHN2)

3.4. Eigendom en beheer

Het bosgebied ten (noord)oosten van de meander is in eigendom van Staatsbosbeheer (Figuur 7). Ook de percelen aan de Vecht aan de westzijde van de meander zijn eigendom van Staatsbosbeheer.

De niet-gekleurde gebieden zijn in particulier eigendom. Op perceel 1 vindt al jarenlang beweiding met koeien plaats. De begaanbare delen van perceel 2 worden bemest en gemaaid. Dit perceel is daarom voedselrijker dan perceel 1. Het beheer van het particuliere bosperceel 3 is niet bekend. Perceel 4 is in de ruilverkaveling geëgaliseerd. In het verleden is dit perceel ook bemest. Sinds enkele jaren is er een overeenkomst met de provincie Overijssel gesloten waarin staat dat het perceel niet meer bemest mag worden. Wel wordt er eens per jaar gemaaid om verruiging tegen te gaan.

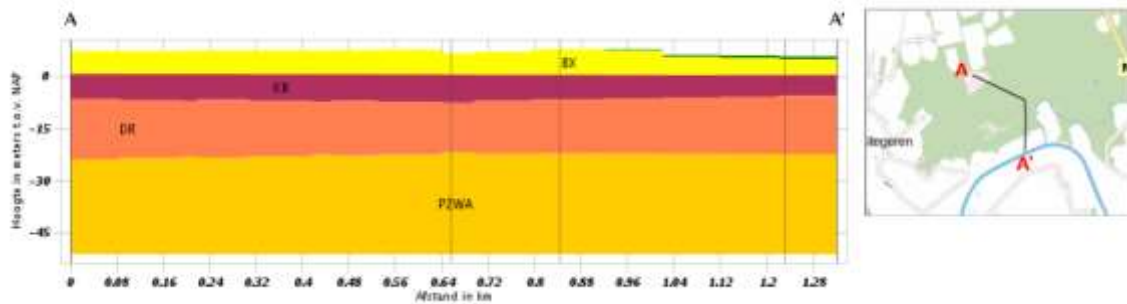


Figuur 7: Eigendomssituatie

3.5. Geohydrologie en bodemopbouw

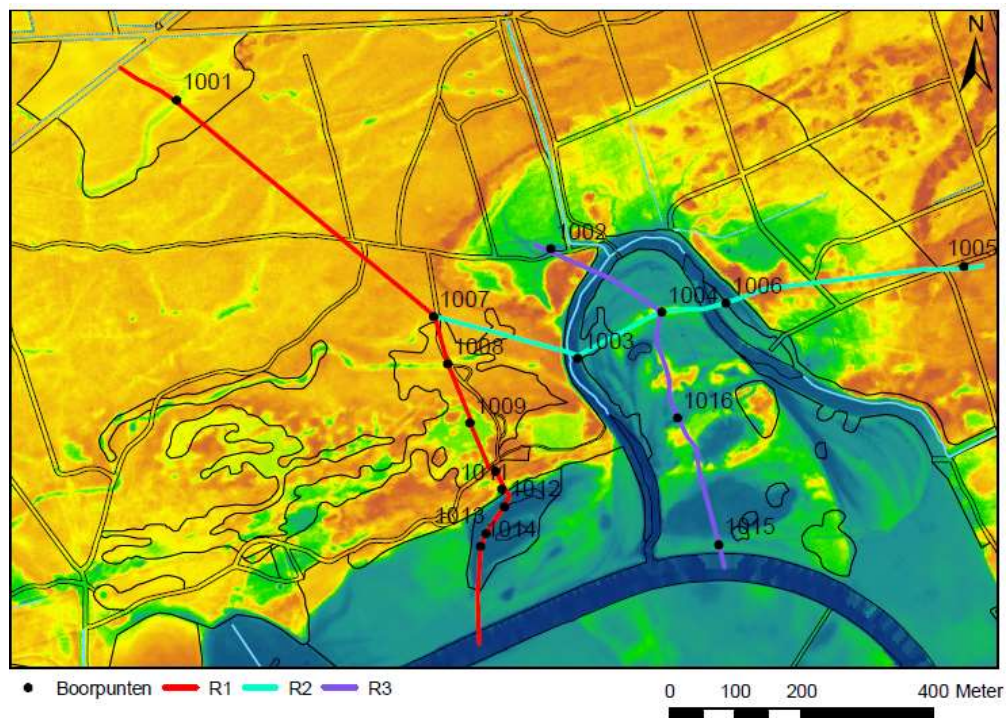
Geohydrologie

De onderstaande beschrijving van de geohydrologie is overgenomen uit (Jalink, M. en B van Delft, 2017). In Figuur 8 is een geologische dwarsdoorsnede opgenomen van de bovenste 50 meter onder het Stegerense Veld. Volgens dit model bestaat de bovenste 6 tot 10 meter voornamelijk uit afzettingen die tot de Formatie van Boxtel behoren en een dunne laag holocene afzettingen in de nabijheid van de Vecht. De mogelijk beter doorlatende en soms kalkrijke afzettingen van de Formatie van Kreftenheye worden hier volgens het DGM niet aangeboord. Uit de boringen van RHDHV (2017) blijkt dat vrijwel overal in de (ondiepe) ondergrond grof zand wordt aangetroffen dat waarschijnlijk tot deze Formatie gerekend moet worden. In een aantal gevallen zijn daarbij ook schelpresten waargenomen, hetgeen een aanwijzing is dat een deel van deze afzettingen ook kalkhoudend is. De basis van het bovenste watervoerend pakket wordt hier gevormd door de keileem (Formatie van Drente) die tussen NAP -5 en -7 m begint. Naar verwachting zullen grondwaterstromen door de formaties van Boxtel en Kreftenheye plaatsvinden, met lokale stromingen over leemlagen binnen de Formaties van Kreftenheye en Boxtel.



Figuur 8: Geologische dwarsdoorsnede door Stegerense Veld en de uiterwaarden van de Vecht ten westen van de Karshoek. PZWA = formatie van Peize en Waalre (overwegend grof zand); DR = formatie van Drente (vooral kleileem); KR = formatie van Kreftenheye (overwegen grof zand, kalkloos tot kalkrijk); BX = formatie van Boxtel (zand, fijn en grond, leemarm tot sterk lemig en leem; HL = holocene afzettingen van de vecht (zand en klei). Bron: www.dinoloket.nl

KWR heeft aan de hand van profielbeschrijvingen, boorbeschrijvingen van de peilbuizen en informatie uit de literatuur een drietal transecten opgesteld in Karshoek (Figuur 9). In deze transecten is geologisch-bodemkundige informatie, grondwaterstanden en pH profielen verwerkt. Voor de ingetekende transecten wordt verwezen naar Jalink, M. en B van Delft, 2017.



Figuur 9: Locatie transecten

Op basis van de transecten worden de volgende conclusies getrokken door KWR:

- Het lijkt er op dat de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye ondieper beginnen dan in de modellen van DGM en REGIS wordt aangegeven. Vrijwel overal begint binnen enkele meters grof zand dat hier waarschijnlijk bij gerekend moet worden. Dat geldt zeker voor de boringen buiten het Vechtdal. Daarbinnen kan het ook jongere Vechtafzettingen betreffen hoewel dit niet met zekerheid te zeggen is.
- In de ondergrond zijn bij de boringen vrijwel geen storende lagen aangetroffen. Alleen in boring 1005 werd door RHDHV op 5,3 m diepte een klei/leemlaag aangetroffen, op de

overgang naar het grove zand van de Formatie van Kreftenheye, die wellicht tot het Laagpakket van Zutphen van deze formatie behoort. De laag is daar slechts een halve meter dik en de verbreiding is onbekend. Volgens het REGIS model komt deze klei hier niet voor, maar begint wel iets verder naar het noordoosten (Jalink & Van der Toorn 2018).

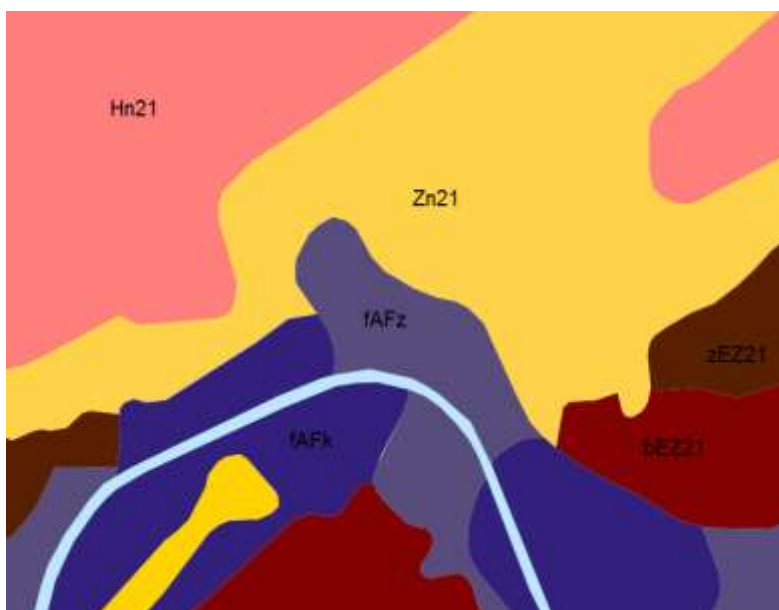
- Storende lagen in de bovengrond zijn vooral gerelateerd aan klei- en veenafzettingen van de Vecht in lagere delen van de Kronkelwaarden (1012, 1013, 1014, ook lokaal binnen de Karshoek, hier zijn echter geen meetpunten) en in de natte heide ten westen van de Karshoek (1008, 1009). De veenlaag in de natte heide en vennen ten westen van de Karshoek lijkt wat kleiig te zijn. Gezien de hoge ligging ten opzichte van het Vechtdal ligt het niet voor de hand dat dit Holocene afzettingen van de Vecht zijn. Het is mogelijk dat deze laagten verband houden met het dalvlakteterras dat in de geomorfologische kaart is aangegeven in het Bentinckbosch. Het bevindt zich op hetzelfde niveau als dit terras. De uitgestoven laagte te noorden van de meander, waarlangs de Rheezerwaterleiding afwatert op de meander, heeft mogelijk wel onder invloed gestaan van de Vecht. Bij boring 1002 is hier in het stuifzand sterk lemig zand aangetroffen dat kenmerken vertoont van sedimentatie. Deze laagte ligt deels op gelijke hoogte met de kronkelwaard en valt binnen het hoogtebereik waar in de periode waarvoor recente peilgegevens beschikbaar waren 1 keer per 12 jaar inundatie kan plaatsvinden (Jalink et al, 2016). Door Wolfert et al (1996) werden onder de stuifzandrug direct ten noorden van de meander in het oud dekzand lagen venige klei en kleiig veen aangetroffen deze zijn wel ouder en zullen bij het dalvlakteterras horen.
- De dekzand- en stuifzandgebieden buiten het Vechtdal (Bentinckbosch en –heide) liggen duidelijk hoger dan het Vechtdal met de Vecht, de oude meanders, de uiterwaarden en de kronkelwaarden. Omdat er geen storende lagen van betekenis gevonden zijn en de ondergrond grotendeels uit grof zand bestaat is het een infiltratiegebied met overwegend diepe grondwaterstanden. De relatief lagere delen kunnen wel hoge wintergrondwaterstanden hebben. De slenkvormige laagten die in Bentinckbosch en –heide herkenbaar zijn wijzen op een sterke oppervlakkige afvoer van water in het verleden. De putten die plaatselijk in deze slenken gegraven zijn kunnen gediend hebben om het overvloedige neerslagwater sneller af te voeren. Ook de Rheezerwaterleiding zal daarin een rol gespeeld hebben. In de natte hei ten westen van de meander wordt zoveel regenwater vastgehouden dat hier plaatselijk vennen ontstaan zijn op de kleiige veenlaag (boring 1008, 1009). Gezien de diepere stijghoogten in de diepe filters is hier duidelijk sprake van stagnatie. In deze positie wijzen de pH-profielen allen op zure infiltratieprofielen (InZ). De pH-profielen komen over het algemeen goed overeen met de referentieprofielen bij de betreffende habitattypen of vegetatietypen.
- In de kronkelwaard van de Karshoek kunnen duidelijke gradiënten herkend worden door het reliëf en daarmee samenhangende variatie in sediment. De rugen bestaan grotendeels uit leemarm of zwak lemig zand waarin een vorstvaaggrond (Zb32) voorkomt. Deze bodems komen voor in de zone die (op basis van de korte meetreeks die is opgenomen in Jalink et al., 2016) maximaal 3 keer in twaalf jaar inundeert, hetgeen positief is voor de ontwikkeling van stroomdalgraslanden. Plantensoorten hiervan komen ook voor, hoewel de productiviteit van het grasland wat aan de hoge kant lijkt, zeker in laagste delen van deze zone zoals bij 1016 (frequentie 3/12). Het pH-profiel in deze zone is een basenarm infiltratieprofiel (InAa) hetgeen goed past voor het type stroomdalgrasland zoals dat langs de Vecht voor komt. In de hoogste delen van de kronkelwaardruggen, waar de inundatiefrequentie zo laag is dat in de referentieperiode van 12 jaar nooit inundatie is opgetreden, is sprake van een 'Ondiep verzuurd basenarm infiltratieprofiel' (InAo) wat voor stroomdalgrasland te zuur is en waar eerder heischraal grasland of zelfs droge heide te verwachten is. Voor een deel betreft dit

ook verstoven kronkelwaardruggen (rivierduinen) die zich onderscheiden in een wat sterker reliëf.

- De zones met een hogere overstromingsfrequentie ($>3/12$) zijn meestal te voedselrijk voor stroomdalgrasland, maar ook niet droog genoeg. Ook komen hier soms kleidekken voor. Door de relatief lage ligging ten opzichte van de ruggen is er wel vaak sprake van lokale kwelstromen waardoor blauwgrasland achtige vegetaties voor kunnen komen. In de lagere delen van de uiterwaard (perceel Bentinck) is duidelijk sprake van kwelinvloed vanuit de hoger gelegen pleistocene gronden. Door het lage peil van de Vecht en de stagnatie van neerslagwater in de voormalige meander en de gegraven poel is de kwelinvloed niet merkbaar in maaiveld. Alle drie de boringen in dit deelgebied (1012, 1013 en 1014) laten een duidelijke neerslaglens (Ro of Rd) zien, bij 1012 zelfs een zuur infiltratie profiel (InZ). Neerslagwater stagneert hier op de kleiige en venige Vechtafzettingen. De hogere oeverwal langs de Vecht is qua hoogte en overstromingsfrequentie wellicht geschikt voor stroomdalgrasland hoewel niet bekend is wat het bodemprofiel is. De meander is grotendeels verland, maar is nog wel watervoerend, waarbij vooral kwelwater vanuit de hogere pleistocene gronden en de kronkelwaard wordt afgevoerd en ontwatering uit de omgeving (Rheezewaterleiding). Langs de meander komen plaseerdgronden (Wo) met niet gerijpt veen voor en iets hoger op de gradiënt beekerdgronden (tZg35), deels met kleidek. Deze bodems hebben allen sterke kwelinvloed, wat ook blijkt uit het pH-profiel bij boring 1003. Door het lage peil in de Vecht en de meander komt in het grasland/bosbiesvegetatie bij 1006 de kwel niet meer aan maaiveld (pH-profiel InAo). In de ondergrond is deze kwelinvloed wel aanwezig, hetgeen tot uiting komt in de bosbiesvegetatie, net als in de aangrenzende lagere delen met elzenbroekbos.

Bodemopbouw

De bodem buiten de meander bestaat volgens de 1:50.000 bodemkaart uit veldpodzolgronden (Hn21) op de hogere delen en vlakvaaggronden (Zn21) aan de flanken van het Vechtdal. Ze zijn gelegen in leemarm of zwaklemig fijn zand (zie Figuur 10).



De bodem binnen de meander wordt op de 1:50.000 bodemkaart omschreven als een associatie van zandige roodoornige gronden (fAFz). Deze associatie omvat vooral kalkloze, ijzerhoudende vlakvaaggronden al dan niet met een dun kleidek. Het bijvoeglijk naamwoord “roodoornig” is afkomstig uit het Gronings en betekent “rode oer”. Het komt er op neer dat het gemeenschappelijk kenmerk van de bodems bestaat uit een duidelijk zichtbare hoeveelheid geoxideerd ijzer (oftewel roest of oer), zand, en kalkloosheid. De associatie is hier gekarteerd omdat de schaal daarom vroeg; de afwisseling van verschillende bodemtypen is op korte afstand te groot om het op een schaal van 1:50.000 uit te karteren.

3.6. Vegetatie

Recente vegetatiekaarten voor Karshoek zijn niet beschikbaar. Wel is er een concept-habitattypenkaart, die gebaseerd is op een kartering door Ecogroen (Heinen, M.A. en L. Kruit, 2012). De kartering van Ecogroen meldt over de Karshoek het volgende:

“Toelichting: Deze vlakken liggen het gedeelte binnen de oude Vechtarm. Het bestaat grotendeels uit schraal, droog grasland. Soorten van Stroomdalgraslanden zijn hier nauwelijks gevonden, zodat het Kamgrasweide is genoemd. Aanwezige soorten zijn onder andere Kamgras, Gewoon reukgras, Geel walstro, Knoopkruid en Knolboterbloem. Geel walstro en Knolboterbloem komen sporadisch voor, er is een opname gemaakt. Grotendeels is het grasland niet bijzonder soortenrijk. In het schraalste deel komt Klein timoteegras voor (opname). Het wordt begraasd met rundvee. Verder liggen in deze rivierarm een struweel van Sleedoorn, Hondсроos, Gewone vlier en Bittere wilg, zonder Jeneverbes, een ruigte met Pitrus, een poelachtige situatie met Gele plomp met Aarvederkruid en Moeraswederik en een struweel van voornamelijk Sleedoorn. Ten noorden van de oude Vechtarm ligt een grote groeiplaats met Smalle beukvaren.”

In juli 2017 is door KWR de vegetatie langs een aantal transecten bekeken (Jalink, M. en B van Delft, 2017). Deze meldt in het rapport onder andere het volgende:

“Bij het aflopen van de transecten bleek dat de kenmerkende soorten voor stroomdalgrasland in meer of mindere abundantie in de als zodanig aangeduide vegetatie (hier wordt de habitattypenkaart van de provincie bedoeld) aanwezig zijn. Met name Geel walstro, Zandzegge en Grasklokje vielen op. Verspreid werd ook Steenanjer aangetroffen en op schrale plekken veel Muizenootje. De overgangen zijn meestal geleidelijk, waarbij de meest schrale delen relatief hoog liggen. Grasklokje kwam over het algemeen tot hoger op de zandruggen voor dan Geel walstro. Mogelijk hangt dit samen met een verschil in buffercapaciteit.

De vegetatie rond peilbuis B22D0953 herbergt naast Geel walstro en Grasklokje (schijn)grassen als Zandzegge, (Kleine) Timotee en Gewoon struisgras. De eveneens als stroomdalgrasland aangegeven vegetatie op de kronkelwaardrug tegen de meander noordelijk van deze peilbuis is fraai ontwikkeld met o.a. veel Steenanjer, Geel walstro en Grasklokje. De vegetatie op de oever bij peilschaal Kh2 is aangegeven als 16Bc01 Kamgrasweide, maar bevat lokaal Kleine bevernel, Tandjesgras, Grasklokje, Zandzegge en vrij veel Geel walstro. Deze locatie kan daarmee eveneens tot de Ass. Van Schapegras en Tijn gerekend worden (en dus kwalificeren voor stroomdalgrasland).

Hoewel de vegetatie op de hoge oever direct langs de Vecht op de vegetatiekaart is aangegeven als 14Bb01b (Ass. Van Schapegras en Tijn, subass. Van Reukgras) lijken de kenmerkende soorten hier te

ontbreken en is de vegetatie zeer productief. Even verder van de Vecht komen wel alweer kenmerkende soorten als Geel walstro voor.

Langs de meander komt o.a. Elzenbroek (H91E0c Alluviale bossen) voor. Stroomopwaarts komt de Rheezerleiding in de meander uit. Deze doorsnijdt de hogere zandgronden. Vraag is of deze leiding een ongewenste waterkwaliteit aanvoert en of de doorsnijding van de zandrug leidt tot verminderde kwel.

De overgang naar de meander is in juli op drie plekken bekeken. Bij de peilbuis Kh2 aan de oostzijde komen velden met Bosbies voor, wat vaak wijst op toestromend grondwater. De meeste Bosbies groeit op een lage rug tussen de huidige meander en een oude meanderlaagte, onderaan de voet van de hogere gronden. In die laagte komt plaatselijk ook Elzenbroek met Bosbies (en soms Veldrus) voor. Dit deel valt overigens buiten de habitatkaart. De hogere gronden oostelijk van de meander zijn bebost met naalddhout (m.n. dennen). Er is vrij veel reliëf met op de hogere, droge delen dominantie van soorten als Bochtige smele en op de lage veel Pijpenstrootje.

Ten noorden van WVS20 bestaat de vegetatie op de venige meanderbodem uit Elzenbroekbos met in de ondergroei dominantie van Riet, maar ook soorten als Bosbies, Engewortel, Grote valerian en Zwarte bes. De overgang van de kronkelwaardrug met stroomdalgrasland naar het Elzenbroek is stijl (ca 1,5 m) en wordt gedomineerd door ruigteplanten.

In het westelijk deel van de meander bij Kh1 wordt de ondergroei van het Elzenbos gedomineerd door Grote brandnetel. Ook hier komen wel Bosbies en Zwarte bes e.d. in de ondergroei voor. Maar het bos maakt een voedselrijkere indruk dan verder stroomopwaarts. Of dit samenhangt met invloed Vecht dan wel verdrogend veen is vooralsnog onduidelijk.”

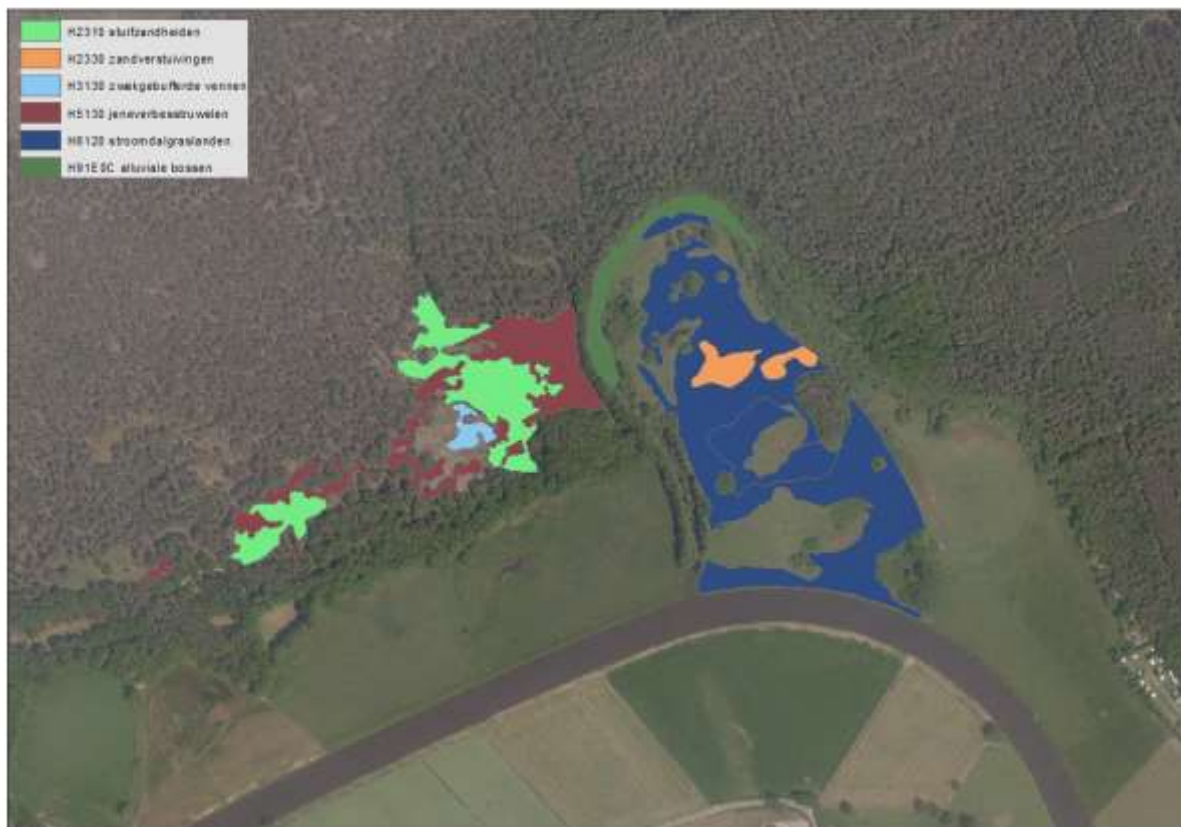
In juni en in augustus 2018 is door Staatsbosbeheer en Waterschap Vechtstromen een veldbezoek gebracht om de bovenstaande constatering te waarderen. Er werd in de stroomdalgraslanden binnen de meander weliswaar veel geel walstro aangetroffen, maar van de kensoorten van het stroomdalgrasland werden betrekkelijk weinig individuen aangetroffen. In het noordelijke deel en in een deel in het centrum van de meander werd op 13 plekken steenanjer aangetroffen (Figuur 11). Op slechts enkele plekken kwam grasklokje tot bloei en kleine bevernel werd op één plek waargenomen. Kleine tijm is niet aangetroffen. Deze plekken met kensoorten beperkten zich in alle gevallen tot hooguit enkele pollen of exemplaren bij elkaar, maar waren niet vegetatievormend aanwezig. Voor de rest was de bedekking met grassen en of zandzegge hoog en kwamen soorten uit de klasse der vochtige graslanden veel voor. Omdat het westelijk deel binnen de meander niet is bezocht kan hier een onderschatting zijn opgetreden. In 2008 zijn hier twee waarnemingen van steenanjer en zes van grasklokje in de nationale flora en fauna databank (NDFF) opgenomen.



Figuur 11: verspreiding van stroomdalgrasland kensoorten op basis van veldbezoek in juni-augustus 2018.

Habitattypen

De concept habitattypenkaart vermeld binnen de meander als bron P. Bremer van de provincie Overijssel, maar met de opmerking dat het om grenscorrecties zou gaan. Op deze kaart staat een grote oppervlakte stroomdalgrasland H6120 en een kleiner deel zandverstuivingen H2330. Het deel dat als alluviaal bos H91E0c is aangegeven is eveneens vrij klein. Bij de habitatkaart bestaat twijfel over de juistheid van de interpretatie van sommige oppervlakten en habitattypen, twijfel die tijdens veldbezoeken gerezen is.



Figuur 12: Concept habitattypkaart 2018

In de loop van 2018 zijn een aantal veldbezoeken gemaakt waarbij een grove controle van de habitatkaart is gemaakt (Figuur 14).

Daaruit bleek het oppervlak met stroomdalgrasland, als de associatie van Schapengras en Tijn, zich beperkt tot een klein stukje tegen de oude meander aan, in het noorden van het gebied. Hoewel in de rest van het binnen de meander gelegen deel betrekkelijk veel Geel walstro voorkomt, kan dit mogelijk niet gekwalificeerd worden als de associatie van schapegras en tijn of als de rompgemeenschap van Geel walstro en Fijn schapegras (SBB RG14D-d) omdat de bedekking met Fijn schapegras zeer gering is en de bijbehorende twee kenmerkende soorten grotendeels ontbreken. Daarom kwalificeert dit gebied naar ons oordeel niet als habitattyp. Omdat Jalink in zijn transectenbeschrijving (Jalink et al, 2017) een andere conclusie trekt kan er geen definitief oordeel over de verspreiding van dit habitattyp geveld worden. Om die reden is het door de provincie aangegeven areaal stroomdalgrasland nu door ons aangegeven als zoekgebied stroomdalgrasland. Een nieuwe vegetatiekartering kan hierover uitsluitsel geven. Opgemerkt wordt dat 2017 een zeer droge winter en voorjaar hadden, waardoor ook in de betere stroomdalgraslanden zoals het Junner Koeland de kenmerkende soorten uitbundig bloeiden.



Figuur 13: Steenanjer in Karshoek. Foto genomen tijdens PAS veldbezoek op 4-7-2018 door Rene Verhagen, Bosgroepen..



Figuur 14: Concept habitattypekaart LESA. De habitattypen buiten de oude meander (stuifzandheiden, jeneverbesstruwelen en zwakgebufferde vennen) zijn niet aangepast tov de kaart van de provincie.

Het habitattype stuifzanden H2330 komt naar ons oordeel in het geheel niet voor omdat geen sprake is van zandverstuivingen in het gebied. Het open zand dat aanwezig is, is ontstaan door graverij van runderen, die het terrein begrazen.

Het habitattype alluviale bossen bezet een groter deel dan op kaart van de provincie aangegeven. Op de habitattypekaart wordt vermeld dat een groot deel bestaat uit wilgenbroekbos. Als je alleen langs de binnenkant van de meander loopt lijkt dat ook zo te zijn, omdat daar vooral wilg staat. Bij diepere betreding is echter duidelijk dat het om Elzenbroek gaat. De transgrediërende kensoorten van de klasse, Gele lis, Wolfspoot en Riet geven daarover geen uitsluitsel, maar de klassieke soorten van het elzenbroek Bitterzoet, Melkepe, Pluimzegge en Hoge cyperzegge, in combinatie met een dominantie van Zwarte els in de boomlaag, doen dat wel. Er zijn grofweg twee vegetaties te onderscheiden. Dat zijn het Elzenzegge-elzenbroek dat negatief gekenmerkt wordt door het ontbreken van Elzenzegge, maar nauwelijks aanwezigheid kent van storingssoorten als Grote brandnetel en wel veel differentiërende associatiesoorten herbergt. De andere vegetatie bevat in de ondergroei betrekkelijk veel Grote brandnetel en de associatie-differentiërende soorten ontbreken grotendeels. Deze vegetatie wordt geïnterpreteerd als de rompgemeenschap van Grote brandnetel van het Elzenbroekbos. De vegetatie is verruigd door eutrofiëring. In het oostelijk deel is de oorzaak waarschijnlijk indringing van vervuild oppervlaktewater vanuit de Rheezerwaterleiding (zie § 5.1 waterkwaliteit). In het noordwestelijke deel is de oorzaak waarschijnlijk gelegen in verdroging gevolgd door mineralisatie (zie § 5.3 hydrologie). Op een enkele plaats komt op een iets hoger gelegen deel van het voormalige rivierdal langs de oude meander een bosbiesvegetatie voor, deze is niet op kaart aangegeven. Bosbies komt overigens verspreid in de oude meander, maar dan in lage bedekking ook wel voor. Bosbies is een soort die op iets drogere standplaatsen dan het alluviale bos

optimaal tot ontwikkeling komt. De plek met Bosbies geeft mogelijk de ligging van een voormalige Vechtbodem aan, getuige de bodem beschrijving (Jalink et al, 2017). Dat zou inhouden dat de meanderbodem hier circa 1,5 meter lager ligt dan de oorspronkelijke Vechtbodem.



Figuur 15: Westelijke meander. Foto genomen tijdens PAS veldbezoek op 4-7-2018 door Rene Verhagen, Bosgroepen.

In het habitatype zwak gebufferde vennen is een vegetatie aangetroffen met onder andere Veelstengelige waterbies en bruine snavelbies. Het voorkomen is vastgesteld maar niet opnieuw gekarteerd. Dat geldt ook voor de habitattypen stuifzandheiden en jeneverbesstruwelen.

Samengevat

Er is twijfel over de habitattypenkaart van de provincie omdat de gekarteerde vegetatietypen (Heinen, M.A. en L. Kruit, 2012) niet overeenkomen met de habitattypenkaart. KWR (Jalink et al 2017) komen echter tot de conclusie dat de stroomdalgraslanden wél voorkomen. Tijdens de

veldbezoeken in het kader van deze LESA kon dat beeld vervolgens niet bevestigd worden. Om die reden is een nieuwe 'concept habitattypenkaart' opgesteld. Een nieuwe kartering moet echter uitsluitsel bieden.

Een groot deel van de binnen de meander gelegen vegetatie is productief, met hier en daar schralere plekken die tot stroomdalgrasland gerekend kunnen worden. In overige hoger gelegen delen is veel geel walstro aanwezig, maar die wordt slechts incidenteel door kensoorten van stroomdalgraslanden begeleidt. Vaker zijn productieve grassen de begeleidende soorten. De hoogste delen zijn zuur, met een dominantie van zandzegge. Deze kunnen niet tot het habitatype stuifzanden gerekend worden.

De oude meander zelf bestaat voor het grootste deel uit het habitatype alluviale bossen en heeft een grotere omvang dan op de habitatypekaart is aangegeven.

Buiten de meander zijn de op de habitattypenkaart vermelde habitattypen aangetroffen op de locaties waar ze zijn aangegeven. De aangegeven arealen zijn niet opnieuw gekarteerd.

4. Methode

4.1. Hoogteligging

Door waterschap Vechtstromen is eind 2016 een extra waterpassing gedaan van de hoogteligging van greppels en sloten ten noorden van Karshoek. Ook is een extra waterpassing gedaan van het lengteprofiel in de meander (Figuur 16). Daarnaast is gebruikt gemaakt van de bestaande dwarsprofielen van de meander en de Rheerzerwatergang uit 2014 en het hoogtebestand AHN2.



Figuur 16: Locaties van extra waterpassing in 2016 (rode lijnen)

4.2. Waterkwaliteit

Op 30 maart 2018 zijn op drie plekken (Figuur 17) watermonsters genomen om de kwaliteit van het oppervlaktewater in de meander te bepalen. Tevens zijn op dezelfde plekken in de meander op een diepte van 40 en 80 cm twee grondwatermonsters verzameld. De oppervlaktewatermonsters zijn conform het monsternameprotocol van het huis-laboratorium van het waterschap Aqualysis genomen, hetgeen inhoudt dat de uitslagen voldoen aan de verschillende van toepassing zijnde NEN-normen. De grondwatermonsters zijn genomen door een keramische cup in de bodem in te brengen en via een vacuümextractie het grondwater ter plaatse van de keramische cup te verzamelen voor analyse. Deze methode wordt veelvuldig gebruikt door onderzoeksbureau B-ware.

Helaas zijn er in de communicatie tussen de monsternemers en het laboratorium wat fouten geslopen. Hierdoor zijn de diepste grondwatermonsters in het Lab nogmaals (onnodig omdat met een keramische cup was gemonsterd) gefiltreerd en is niet de gehele gevraagde set aan analyses toegepast. Daardoor ontbraken de concentraties van Chloride en Sulfaat en de nutriënten N en P.



Figuur 17: Locaties waar watermonsters genomen zijn.

4.3. Bodemchemie

Voor het bodemchemisch onderzoek zijn op 12 locaties (Figuur 18) bodemonsters verzameld. De locaties zijn geselecteerd op basis van de hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. Op 29 januari 2018 zijn deze 12 locaties bemonsterd. De boringen (tot 150 cm onder maaiveld) werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS. Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Jan Vermeer van het Veldwerkbureau. Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (zie rapportage B-ware in bijlage 1).

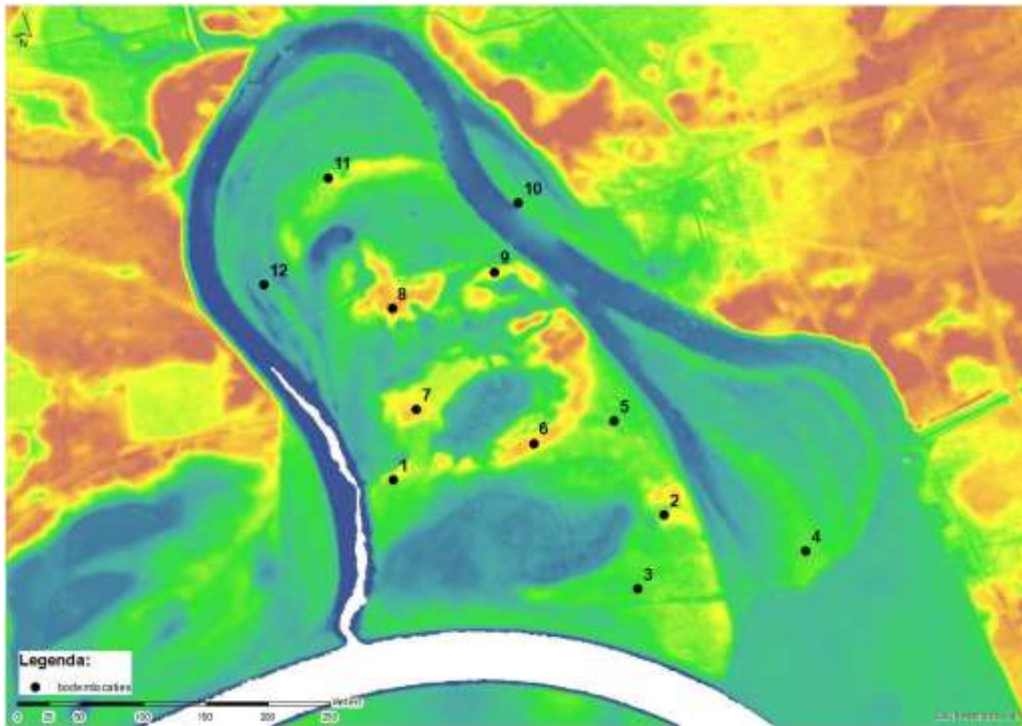
Op iedere locatie zijn op 3 of 4 diepten bodemonsters verzameld, waarbij de volgende dieptes zijn bemonsterd:

- 0-10 cm-mv
- 10-20 cm-mv
- 20-30 cm-mv
- 30-40 cm-mv

Op locatie 3 werd van deze bemonsteringsstrategie afgeweken op basis van het aangetroffen bodemprofiel. De verzamelde bodemonsters werden in afgesloten potten of zakken vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal werden 40 bodemonsters verzameld en geanalyseerd op de volgende parameters:

- Vochtpercentage, organische-stofconcentratie en bodemdichtheid

- Plant beschikbaar-P (Olsen extractie)
- Water- en zout extractie
- Basenverzadiging / buffercapaciteit (strontiumextractie)
- Totaal-P, -Ca, -Fe, -S, -Mg, -Al, -K Bodemdestructie



Figuur 18: Monsterpunten B-ware bodemonderzoek

4.4. Hydrologie

Peilbuizen

Sinds maart 2017 wordt op diverse locaties in Karshoek de oppervlaktewaterstanden en grondwaterstanden gemeten (Figuur 19). De meetreeksen bevatten data van eind maart 2017 tot de uitlezing in begin april 2018. De peilbuizen zijn tot een maximale diepte van zeven meter geplaatst. Vijf locaties waren voorzien van 1 filter, drie locaties van 2 filters en 2 locaties van drie filters. De boorprofielen van de peilbuizen zijn toegevoegd in bijlage 2.

De meetpunten worden in deze LESA gebruikt om de huidige grondwatersituatie zo goed mogelijk te kwantificeren. Dit gaat in eerste instantie om het bepalen van de GLG, GVG en GHG, waarmee vervolgens een doelgat bepaald kan worden. In tweede instantie dient ook vastgesteld te worden wat de invloed van de Vecht en de Rheezerwaterleiding op het grondwaterregime is. Hiervoor is gebruik gemaakt van tijdreeksanalyse.



Figuur 19: Meetlocaties in en rondom Karshoek

Tijdreeksanalyse

Aangezien de meeste reeksen maar 1 jaar data bevatten, vereist het schatten van een tijdreeksmodel en het daarmee verlengen van de meetreeks t.b.v. de GXG een zorgvuldige benadering, waarbij het tijdreeksmodel zorgvuldig getoetst dient te worden op plausibiliteit.

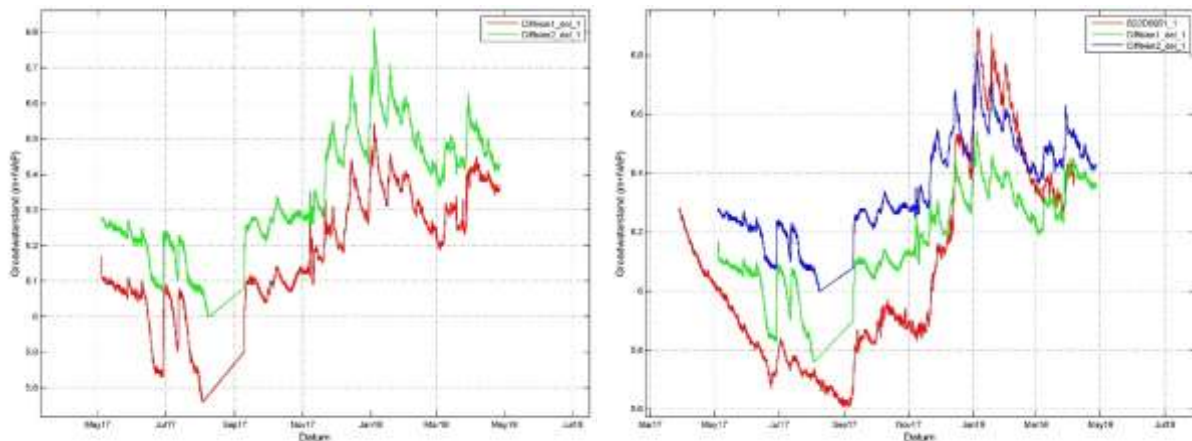
In de tijdsreeksmodellen worden neerslag- en verdampingsreeksen als verklarende input gebruikt. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de neerslagdata van station Rheezeveen en verdampingsdata van station Hogeveen. Daarnaast kan gebruik gemaakt worden van de beschikbare oppervlaktewatermeetpunten om te bepalen wat de invloed van de Vecht en de Rheezerwaterleiding is:

- Oppervlaktewatermeetpunt in de Vecht bij Ommen (14/10/2001 – 06/04/2018);
- Tweetal oppervlaktewatermeetpunten (KH1 en KH12) in de Vechtarm bij Karshoek (31/03/2017 – 05/04/2018);
- Tweetal oppervlaktewatermeetpunten (Diffelen1 en Diffelen2) in de Rheezerwaterleiding (14/05/2017 – 26/04/2018).

Omdat er veel opties zijn voor de verklarende input dient er zorgvuldig afgewogen te worden welke data gebruikt wordt als input en welke niet. Zeker omdat de grondwaterreeksen kort zijn, is het niet zinvol/mogelijk om veel verklarende factoren te gebruiken. Daarnaast zijn deze factoren ook nog eens in min of meerdere mate gecorreleerd.

De oppervlaktewatermeetpunten in de Rheezerwaterleiding zijn weergegeven in Figuur 20 (links). Diffelen2 ligt stroomopwaarts van Diffelen1. Het peil in de Rheezerwaterleiding wordt beïnvloed door netto neerslag (zowel direct als vanuit het achterland), maar voor de huidige reeks kan geen bevredigend tijdreeksmodel worden afgeleid. De relatie met neerslag zal naar verwachting niet-

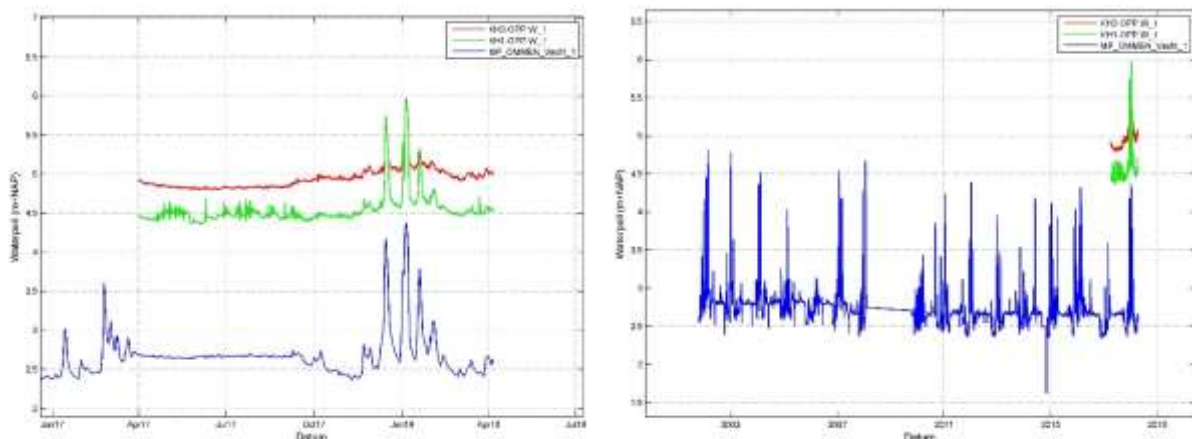
lineair zijn. Daarnaast wordt het peil ook beïnvloed door het peil bij het uitstroompunt in de Vechtarm.



Figuur 20: Waterpeil meetpunten Rheezerwaterleiding (links); en vergelijking van waterpeil met grondwaterstand in naastliggende (paar 100 meter afstand) peilbuis B22D0951 (rechts)

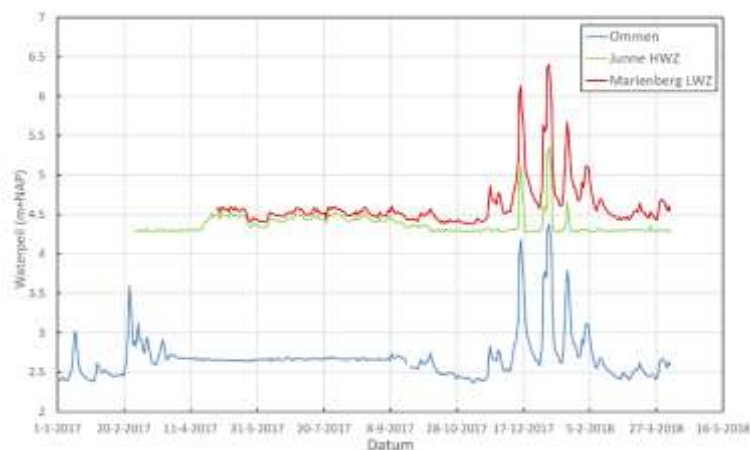
Aangezien de neerslag, verdamping en het Vechtpeil de dominante verklarende factoren zijn en de meetreeksen beperkte lengte hebben, is het niet realistisch en verantwoord om het peil in de Rheezerwaterleiding als vierde verklarende factor mee te nemen. Sowieso zijn de meetreeksen niet geschikt om de grondwaterreeksen te verlengen, omdat ze dezelfde meetperiode omvatten.

Er is daarom gekozen om het Vechtpeil bij Ommen als verklarende factor te gebruiken in het tijdreeksmodel. Dit heeft als zeer groot voordeel dat deze reeks veel langer is dan de overige meetpunten en daardoor geschikt om grondwaterreeksen te verlengen. Dit is niet mogelijk met de meetpunten KH1 en KH2 in de Vechtarm. Het gebruik van KH1 en KH2 zal daarom alleen zinvol zijn voor meetpunten die vlakbij de Vechtarm liggen en hierdoor onder directe invloed van dit peil staan.



Figuur 21: Waterpeil meetpunten Vecht (Ommen) en Vechtarm (KH1 en KH2); links 2017-2018; rechts 2001-2018

Junne ligt stroomafwaarts van Karshoek, Mariëberg stroomopwaarts. De gemeten peilen zijn weergegeven in Figuur 21. Het peil bij Junne en Mariëberg ligt hoger dan bij Ommen. Mariëberg heeft een vergelijkbare dynamiek als bij Ommen, bij Junne is de dynamiek afgevlakt door de nabijheid van de stuw. Gezien de iets sterkere dynamiek bij Junne, is de verwachting dat – als gevolg van het gebruik van de peilen bij Ommen in plaats van Junne – de sterkte van de respons op de Vecht iets wordt overschat. Aangezien het zomerpeil wel gelijk is, zal de fout die hierdoor optreedt mogelijk worden gecompenseerd door de respons op neerslag en verdamping. De verwachting echter is dat dit niet tot grote afwijkingen in de GXG schattingen gaat leiden.



Figuur 22: Vergelijking Vechtpeil bij Ommen met peil bij Junne en Marienberg

Om tot een zorgvuldige interpretatie van de analyses te komen, zijn alle grondwatermeetpunten een voor een geanalyseerd en beoordeeld. Hierbij is getracht om aan de hand van de modelparameters en -statistieken een indicatie te geven van de betrouwbaarheid en plausibiliteit van de resultaten. De uitkomsten hiervan zijn beschreven in bijlage 3 en in paragraaf 5.3.

Afvoermetingen

In de periode mei 2017 tot april 2018 zijn op een tweetal locaties afvoermetingen verricht. Doel van de afvoermetingen is het kwantificeren van de aanvoer vanuit de Rheezerwaterleiding naar de meander. De meetlocaties zijn weergegeven in Figuur 23.

De afvoeren zijn gemeten door het plaatsen van een tweetal metalen schotten met daarin een V-overlaat met een vast Q/h relatie. Door het meten van de bovenwaterstand kan het debiet over de overlaat worden berekend. De bovenwaterstand is gemeten met behulp van een drukopnemer die elk kwartier de waterstand heeft gemeten.



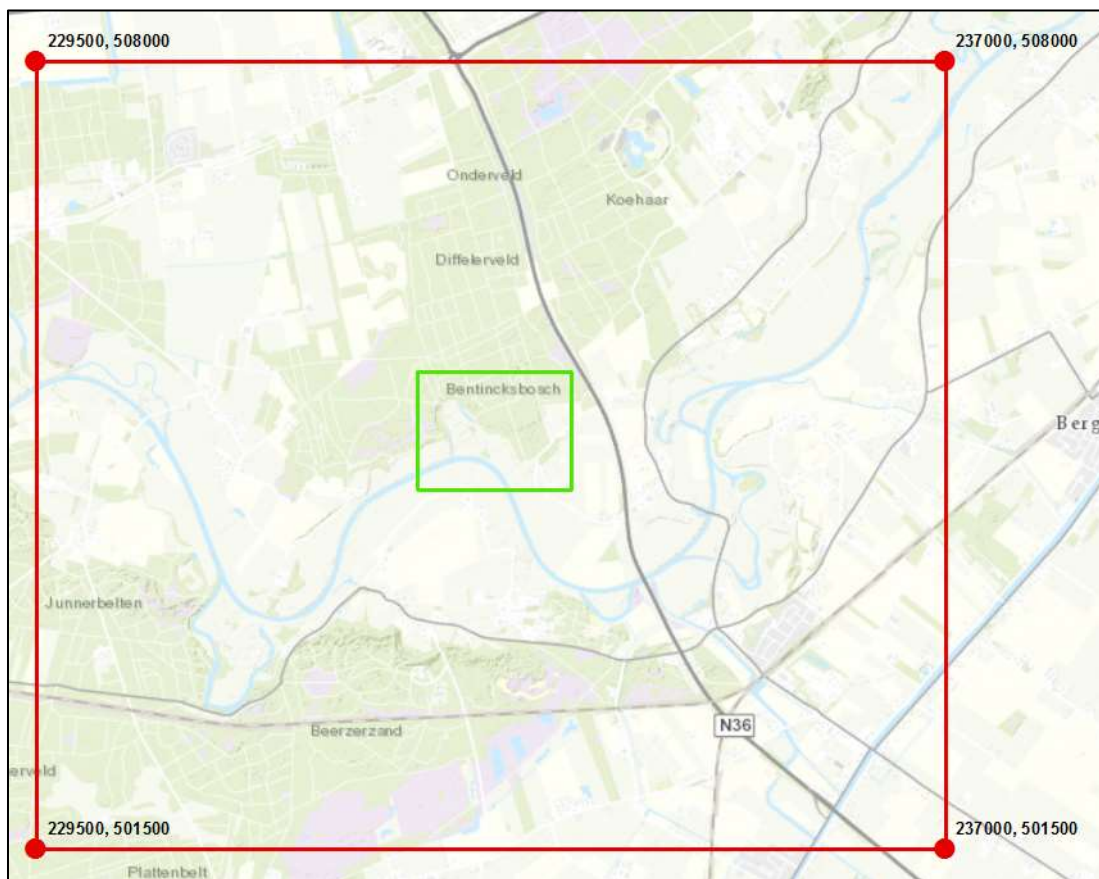
Figuur 23: Locaties afvoermetingen

4.5. Grondwatermodel

Er is gebruik gemaakt van een uitsnede uit het Vechtmodel om een vlakdekkend beeld van de grondwater en kwelsituatie te verkrijgen en voor het in beeld brengen van de effecten van maatregelen.

Het Vechtmodel betreft een verbeterd MIPWA 2.0 model wat is aangepast voor de berekeningen in het kader van de Vecht. Tauw heeft in 2015 dit model opgezet, de verbeteringen hadden voornamelijk betrekking op de schematisatie van de ondergrond en het oppervlaktewatersysteem. Na het verbeteren van de modelinvoer is het gehele Vechtmodel gekalibreerd en opgeleverd als “het Vechtmodel”. In de periode erna zijn nog een aantal verbeteringen doorgevoerd in dit model (o.a. detailontwatering, onttrekkingen, schematisatie van de Vecht).

De uitsnede uit het Vechtmodel is in Figuur 24 in het rood weergegeven. Het globale onderzoeksgebied, Karshoek, is middels een groen kader weergegeven.



Figuur 24: Uitsnede Vechtmodel

De rekenperiode van het model is verlengd zodat de meetperiode van de peilbuizen ook gesimuleerd wordt. Het oorspronkelijke Vechtmodel kende een rekenperiode van 1971 tot 2004, het nieuwe deelmodel rekent vanaf 1 januari 2000 tot 31 maart 2018. Resultaten vanaf 1 januari 2009 tot en met 31 maart 2018 zijn gebruikt voor de modelvalidatie.

Meteodata

Om te kunnen rekenen met een verlengd model zijn de tijdsafhankelijke parameters ook verlengd. Zo zijn de ontbrekende meteodata (vlakdekkende KNMI neerslag- en verdampingsgegevens) verwerkt tot brondata voor het grondwatermodel.

Onttrekkingen

Om de grondwateronttrekkingen in het model te kunnen verlengen zijn de onttrekkingsgegevens na 2004 geïnventariseerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van een uittreksel van het LGR (uittreksel tot en met 2015). Binnen de begrenzing van het Vechtmodel zijn in het LGR 11 onttrekkingen opgenomen die niet in het model aanwezig zijn.

- Acht van deze onttrekkingen zijn WKO's, dit houdt in dat het onttrokken water ook wordt geïnfiltreerd. Netto levert dit geen verandering van de grondwaterstand op en zijn dus niet relevant voor het grondwatermodel.
- Eén onttrekking bevat geen debietgegevens, dit betreft een retourbemaling ten behoeve van de nieuwbouw gemeentehuis Hardenberg. De bouw van het gemeentehuis is afgerond, verwacht wordt dat deze retourbemaling niet meer actief is, derhalve zijn deze gegevens niet relevant voor het grondwatermodel.
- Eén onttrekking is gestopt in 2003, deze onttrekking vormt daarom geen aanvulling op het model vanaf 2004.
- Eén onttrekking is gestopt in 2007, dit betreft een zeer kleine onttrekking (max 600m³ per jaar), van deze onttrekking zijn geen aanvullende gegevens als filterdiepte etc. bekend. Daarnaast ligt deze onttrekking op grote afstand van het interessegebied Karshoek-Stegeren. Vanwege het beperkte onttrekkingsdebiet, het ontbreken van aanvullende gegevens en de grote afstand tot het interessegebied wordt deze onttrekking niet aanvullend ingevoerd in het grondwatermodel.

Bovenstaande geeft geen aanleiding om de onttrekkingen in het model na 2004 te veranderen, derhalve zijn de onttrekking van 2004 gebruikt voor de opeenvolgende jaren.

Inspeeltijd

Als genoemd kende het oorspronkelijke Vechtmodel een rekenperiode van 1971 tot 2004 waarbij resultaten worden uitgevoerd vanaf 1994 tot 2004. De periode vanaf 1971 tot 1994 wordt gebruikt om metaSWAP de grondwateraanvulling bij diep wegzakkende grondwaterstanden correct te modelleren (inspeeltijd). Het is niet duidelijk of deze lange inspeeltijd noodzakelijk is voor het deelgebied Karshoek-Stegeren. Onderzoek heeft uitgewezen dat het verschil binnen het deelmodel met een rekentijd van 1971 tot 2018 en 2000 tot 2018 maximaal 0,002 m bedraagt. Hierbij is het verschil bepaald tussen de GxG's van beide modellen over de periode 2008-2018 voor alle modellen. Vanwege het minimale verschil is een korte inspeeltijd van ca. 10 jaar voldoende het deelmodel Karshoek-Stegeren.

Invoercontrole

Nadat de tijdsafhankelijke parameters zijn ingevoerd en de inspeeltijd van het deelmodel is vastgesteld is aanvullend een vergelijk gemaakt tussen het deelmodel en de bodemkaart, aanvullende boorgegevens, landgebruikskaart, top10 watergangen uit MIPWA 3.0. Dit vergelijk heeft geen aanleiding gegeven om de invoergegevens te wijzigen/aan te vullen.

Modelprestatie

Om de modelprestaties in beeld te kunnen brengen zijn meetgegevens benodigd. Deze meetgegevens zijn in het afgelopen jaar op diverse locaties in het veld verzameld middels automatische drukopnemers. De GxG's van de peilbuizen zijn bepaald aan de hand van de tijdreeksanalyse (zie paragraaf 5.3). De GxG's van het model zijn bepaald over de periode 14 april 2008 tot 28 maart 2018. Het verschil tussen de berekende en gemeten GxG's is in een tabel opgenomen in bijlage 4.

Tabel 1 geeft de gemiddelde afwijking en de gemiddelde absolute afwijking weer ten opzichte van de metingen en de berekeningen. Hierin is een modelafwijking geaccepteerd van 10% te opzichte van het verschil tussen de hoogste en laagste waarde binnen het modelgebied. Hierbij is rekening gehouden met extremen, de eerste en laatste procent tellen niet mee voor de bepaling van de minimale en maximale waarde. Het verschil tussen min (NAP +4,3 m) en max (NAP +7,9 m) bedraagt 3,6 m, dit houdt in dat het verschil maximaal ca. 36 cm mag bedragen. Op basis van de tabel kan worden geconcludeerd dat de GHG, GVG en GLG voldoet aan de gestelde eis.

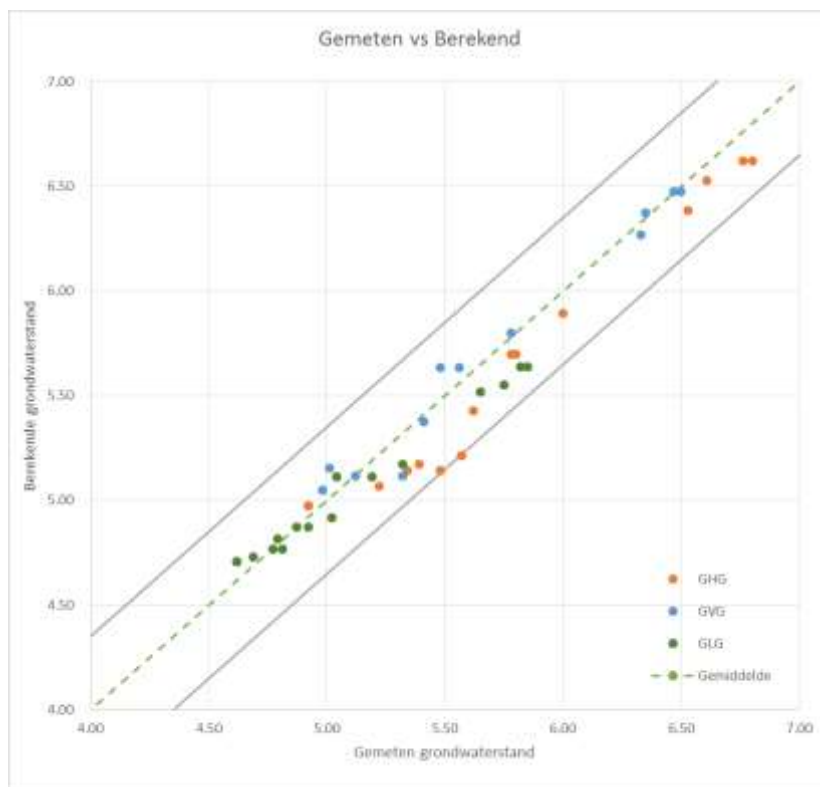
Tabel 1: Statistieken berekende en gemeten GXG

	Berekend		Gemeten		Afwijking	
	Min (m)	Max (m)	Min (m)	Max (m)	Gemiddeld (m)	Absoluut (m)
GHG	4,98	6,62	4,92	6,80	-0,15	0,16
GLG	4,71	5,64	4,62	5,85	-0,04	0,09
GVG	4,97	6,47	4,98	6,50	0,01	0,05
Dynamiek	0,27	1,01	0,30	0,96	-0,10	0,12

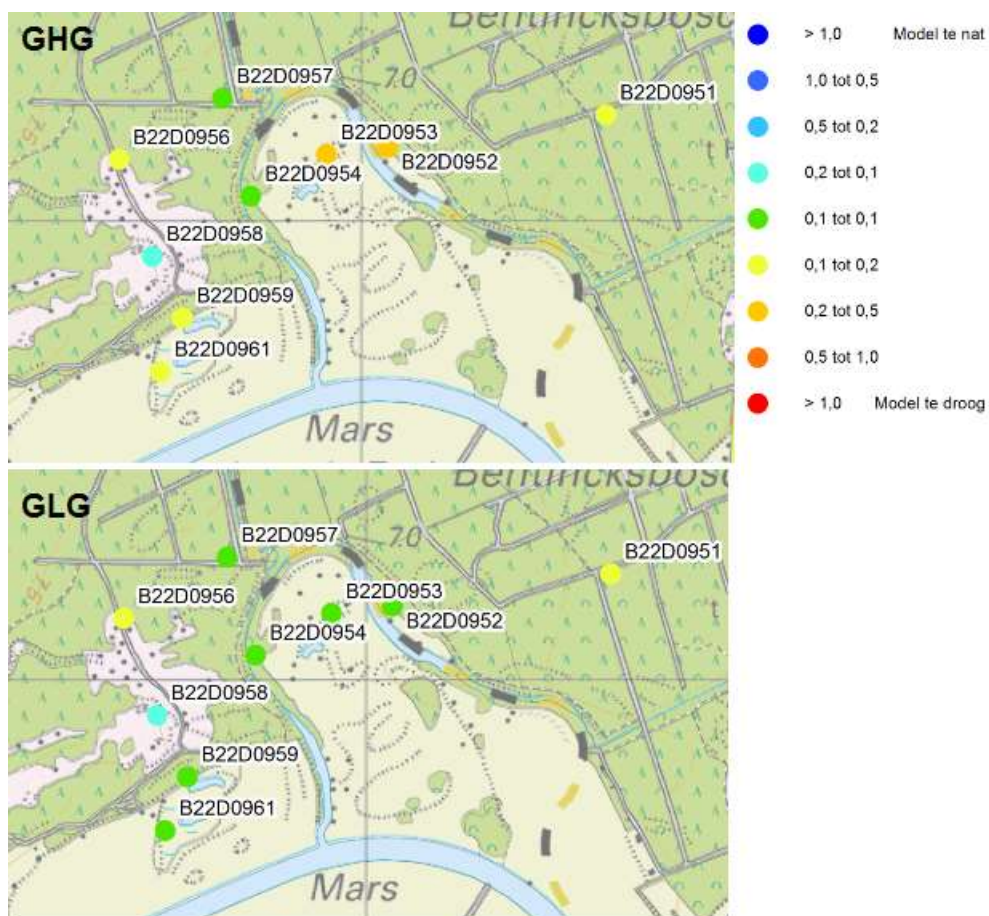
Daarnaast zijn de modelresultaten en de gemeten GxG's geplot in een grafiek (Figuur 25). Uit de grafiek valt af te leiden dat de GHG gemiddeld genomen iets te droog wordt berekend (te droog wordt weergegeven als een punt onder de gemiddelde-lijn). De GVG en GLG worden gemiddeld genomen goed berekend.

Bij de verschillen tussen metingen en berekeningen kunnen meerdere oorzaken een rol spelen. In infiltratiegebieden met weinig watergangen is bijvoorbeeld bekend dat fouten in de grondwateraanvulling vanuit Metaswap kunnen zorgen een afwijking in het model. Een andere mogelijke oorzaak voor de te droge GHG in het model is de manier waarop de Vechtpeil fluctuatie is meegenomen in het model. Op basis van de tijdreeksanalyse is reeds gebleken dat de grondwaterstanden sterk afhankelijk zijn van de Vechtpeilen. Doordat in het grondwatermodel gebruik wordt gemaakt van gemiddelde zomer- en winterpeilen en niet een dynamisch peil kunnen de GHG's te laag worden berekend.

Al met al wordt op basis van deze modelvalidatie geconcludeerd dat de modelprestaties voldoende zijn om het model te gebruiken voor scenariostudies.



Figuur 25: Vergelijking gemeten en berekende grondwaterstanden ter plaatse van meetlocaties



Figuur 26: Bollenkaarten GHG en GLG

5. Resultaten

5.1. Waterkwaliteit

Het oppervlaktewater in de drie monsterpunten in de meander lijkt sterk op elkaar. Het is basenrijk water met gehalten rond 47 mg per liter en een pH boven 6,5 (Tabel 2). Dat duidt er op dat het water is aangerijkt met calcium omdat het door kalkhoudende bodemlagen is gestroomd voordat het in het oppervlaktewater terecht kwam, óf dat het door landbouwinvloed verrijkt is met calcium. Het oppervlaktewater is tevens natriumrijk met gehalten van 43 mg/l aan de instroom van Rheezerwaterleiding afnemend tot 40 mg/l nabij de monding van de meander in de Vecht. Dit duidt op een sterke beïnvloeding door de landbouw. De chloride concentratie neemt af van de instroom tot de monding van 79 tot 72 mg/l. De hoge concentratie is weer een sterke indicator voor landbouwinvloed. De afname van de concentratie duidt op verdunning door kwel, aangezien het op de dag van monsternamen droog weer was. De verdunning is gering, zo'n 10%, wat bij het geringe debiet neerkomt op een matige kwelflux in de meander. De grondwaterflux naar meander bedraagt ongeveer 10 l/s (zie debietmetingen). De nutriëntenlast is voor fosfaat laag, met concentraties beneden 0,01 orthofosfaat en tot 0,04 voor totaal fosfaat. Het eind van de meander bevat wat meer totaal fosfaat, wat kan duiden op enige invloed van Vechtwater. In KRW termen is de fosfaattoestand zeer goed, behalve bij de uitstroom, waar hij de toestand matig bereikt. De stikstoflast in het oppervlaktewater is hoog, ze neemt in de meander af van 3,7 tot 3,4 mg per liter. In KRW termen is de toestand middenin het matige bereik van langzaam stromende riviertjes op zand (R6).

Het grondwater, dat op dezelfde plekken is gemeten als het oppervlaktewater, maar in de onderwaterbodem op 40 en 80 cm diepte, wijkt bij de instroom van de Rheezerwaterleiding weinig af van het oppervlaktewater. Hier is op 40 cm wel een sterk afgenomen ijzer concentratie te zien, die overigens op 80 cm diepte weer is toegenomen. Dit gedrag van ijzer en aluminium zou verklaard kunnen worden doordat op 80 cm diepte een ijzer en aluminium rijke laag aanwezig is, veroorzaakt door vroegere kwel in een oude Vechtmeander. Tegenwoordig is de waterbeweging op dit punt naar beneden gericht, er treedt infiltratie op. IJzer en aluminium nemen daarbij in concentratie af doordat ze in geoxideerde toestand vlokken vormen, die gemakkelijker met de oppervlaktewaterstroming worden afgevoerd, dan dat ze de bodem inzighen.

In het midden van de meander zijn de calcium, ijzer en magnesium concentraties in de bodem beduidend hoger dan in het oppervlaktewater, terwijl de natrium, kalium, aluminium, zwavel en chloride concentraties beduidend lager zijn. Dit is een duidelijk bewijs voor een opwaartse grondwaterstroming, er treedt kwel op. Op 40 cm diepte is hier bovendien te zien dat het grondwater arm is aan stikstof. De N-totaal concentratie is hier 2,24 mg/l, ergens tussen goed en zeer goed in KRW termen. Dit water is te beschouwen als het minst verontreinigd, en het meest natuurlijk. Het reflecteert de kwaliteit van het kwelwater uit de periode vóór 1910, hoewel het nog steeds beïnvloedt is door met name stikstofuitspoeling in het bosrijke inzighgebied. Dit watertype is vrijwel geschikt om trilvenen in de meander te laten ontstaan, dus het is zeker ook geschikt voor waardevolle alluviale bossen. Helaas is het water van 80 cm diep niet in de volledige analyse betrokken zodat we nu niet weten of dat misschien nóg schoner is.

Het grondwater aan het einde van de meander heeft zeer hoge concentraties calcium en ijzer en zeer lage concentraties chloride en sulfaat en natrium. Het heeft een duidelijk grondwaterkarakter en duidt net als de monsters in het midden van de meander op kwel. Wat vreemd is aan de waterkwaliteit hier, is dat de belasting met zowel fosfaat als stikstof extreem hoog is. Met een ortho-

fosfaat gehalte van 0,12 mg per liter en een totaal stikstof concentratie van bijna 30 mg per liter is de KRW aanduiding hier ruimschoots 'slecht'. Het is, veronderstellend dat inderdaad kwel optreedt, vreemd dat de overmaat aan nutriënten niet in het oppervlaktewater terecht komt, althans voor stikstof in het geheel niet en voor fosfaat maar een beetje. Waarschijnlijk treedt hier op geringe diepte geen verticale, maar een horizontale grondwaterstroming op, die even verderop in de Vecht zelf uittreedt. Die grondwaterstroming gaat bovendien door een veenlaag heen die zich op enige diepte onder de oude meander bevindt. Het is een weinig nuttige hypothese, maar het verklaart wel de waarnemingen.

Tabel 2: waterkwaliteitsmetingen meander Karshoek

plaats in meander	diepte	EGV	pH	Cl-	So4	N-amm	N-tot	P-ortho	P-tot
		mS/m		mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
instroom	0	0,5	6,44	79	29	0,32	3,7	0,01	0,04
instroom	40			85	30	1,6	6	0,01	0,08
instroom	80								
midden	0	0,511	7,23	75	28	0,25	3,6	0,01	0,04
midden	40			20	24	0,75	2,24	0,01	0,08
midden	80								
uitstroom	0	0,499	7,29	72	26	0,22	3,4	0,01	0,16
uitstroom	40			12	5	26,8	29,65	0,12	2,3
uitstroom	80								
			Al	Ca	Fe	Ka	Mg	Na	S
			µg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
instroom	0		970	47	1,7	6,1	4,6	43	11
instroom	40		130	46	0,18	4,2	4,4	49	12
instroom	80			34	8,9	6,9	5,9	49	
midden	0		700	46	1,4	6	4,4	42	13
midden	40		50	58	4,5	2,2	7,4	11	9,5
midden	80			50	6,2	1,6	6,3	10	
uitstroom	0		500	50	1,6	5,3	4,4	40	12
uitstroom	40		71	110	84	5,8	5,9	9,8	3,4
uitstroom	80			77	89	4,2	6,1	10	

Samengevat

De oppervlaktewaterkwaliteit van de meander Karshoek wordt ten tijde van de monsternamen voor 90% bepaald door vervuild landbouwwater. De vervuiling bestaat voornamelijk uit chloride, natrium, aluminium, zwavel en nitraat. Dit water is weinig geschikt voor de ontwikkeling van alluviale bossen, en zeker niet voor hogere eisen stellende habitattypen als trilvenen. Ten tijde van de monsternamen wordt de waterkwaliteit in de meander voor 10% bepaald door grondwater. Deze kwel komt met name in het midden van de meander tot uiting. Hier is de afstand tot de lager liggende Vecht relatief groot. Dit grondwater is in enige mate vervuild met stikstof uit het intrekgebied, maar is overigens van een goede kwaliteit, ook voor trilvenen. Er is geen merkbare invloed op de waterkwaliteit vanuit de Vecht, hoewel nabij de monding mogelijk enige invloed is. Tijdens overstromingen is dat wellicht anders, maar daar is geen informatie over. Het hoogwater van januari 2018 heeft geen grote invloed op de waterkwaliteit gehad.

5.2. Bodemchemie

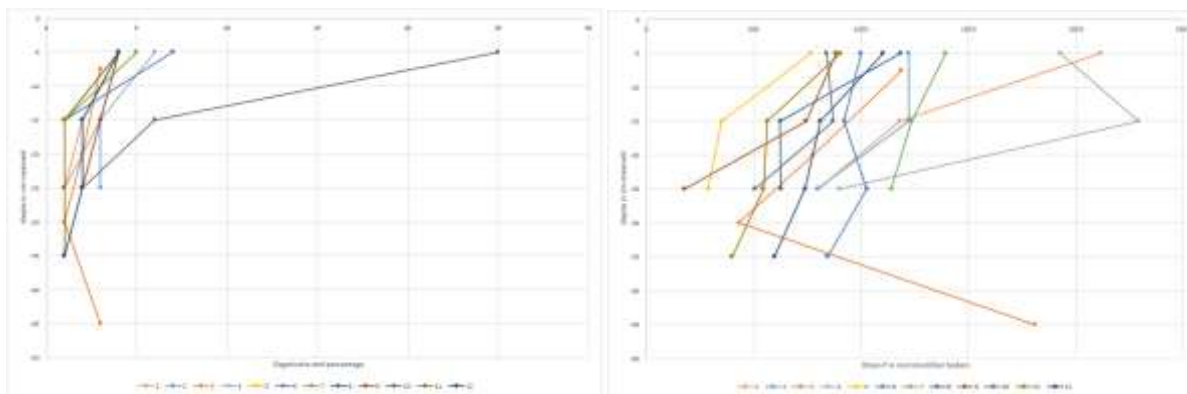
De bodem is op 29 januari 2018 door B-ware op 12 punten (Figuur 27) bemonsterd om de kwaliteit te bepalen (Bohnen-verbaarschot, 2018, bijlage 1). Deze paragraaf dient als aanvulling van de bijlage. Het richt zich uitsluitend op de stroomdalgraslanden in Karshoek.

De bemonstering is op drie of vier dieptes uitgevoerd, met een laagdikte per monster van 10 cm. De resultaten van de analyses laten zien dat de bovenste 10 cm van de bodem verrijkt is met fosfaat en stikstof. Dit wordt deels veroorzaakt doordat planten fosfaat uit de bodem opnemen dat daarna als afgestorven plantenmateriaal op de bodem achterblijft en later in humus wordt omgezet. We zien dan ook een met de bodemdiepte afnemend percentage organische stof samengaan met een afnemende beschikbaarheid van fosfaat (Figuur 28).



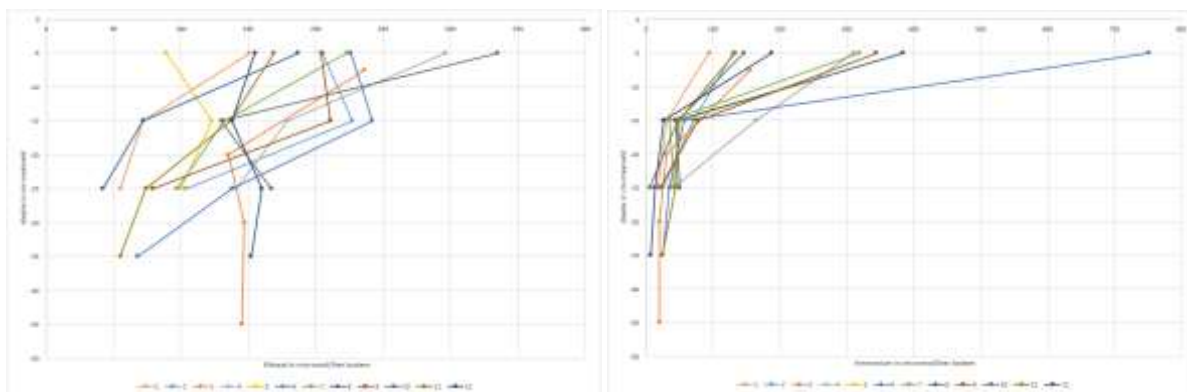
Figuur 27: Ligging van de monsterpunten

Referentiewaarden voor het percentage organische stof voor stroomdalgraslanden liggen op maximaal 5%. In Karshoek liggen de percentages daar grotendeels onder. Maar aangezien in het veld is geconstateerd dat de graasdruk betrekkelijk laag is en er veel bovengrondse biomassa na de zomer blijft staan, zou de snelheid van ophoping van organische stof, en daarmee de beschikbaarheid van fosfaat omlaag gebracht kunnen worden door een hogere begrazingsdruk te hanteren. Het is immers onbekend of deze lage graasdruk een recente ontwikkeling betreft en zich dus nog niet weerspiegelt in het organische stof percentage.



Figuur 28: Links: organische stof percentage. Rechts: Olsen-P in micromol/Liter bodem op verschillende diepte. De nummers verwijzen naar de locatie.

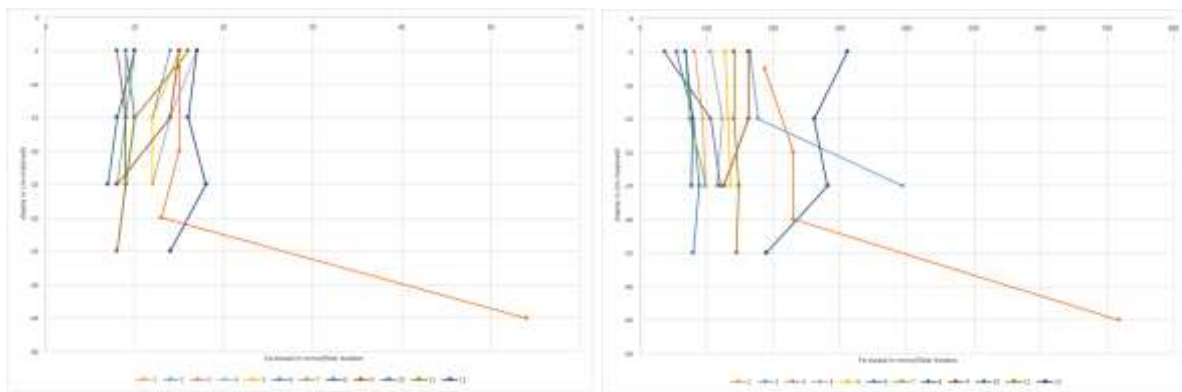
De ophoping van stikstof in de bovenste bodemlaag is ook een effect van de plantengroei. Stikstof spoelt echter gemakkelijk uit waardoor er ook bij een wat snelle humusophoping een lagere verhouding tussen de stikstofbeschikbaarheid in de toplaag en de diepere lagen verwacht mag worden als je dat vergelijkt met fosfaat. Fosfaat spoelt immers nauwelijks uit in droge graslanden.



Figuur 29: Links: nitraat in millimol/liter bodem. Rechts: ammonium in micromol/Liter bodem op verschillende diepte. De nummers verwijzen naar de locatie.

Uit de analyses blijkt echter dat verhouding de andere kant op gaat en dat de beschikbaarheid aan stikstofverbindingen in de toplaag veel hoger ligt dan je zou mogen verwachten. Dat is het gevolg van stikstofdepositie. Door een constante aanvoer van stikstof via de lucht en de neerslag is er een overmaat aan stikstof beschikbaar. We mogen er dus van uit gaan dat fosfaat hier limiterend is.

Uit de analyses is ook af te leiden dat er weinig verschil zit in de calcium en ijzergehalten van de bodem bij toenemende diepte. Daaruit is af te leiden dat de afzettingen weinig of niet uitgelooagd zijn. Ook is er geen zwaar bemestingsverleden waarin calcium als 'bodemverbeteraar' is gebruikt waar te nemen. De bodem is relatief kalkarm waardoor zuur buffering niet vanzelfsprekend is. De verzurende werking van de stikstofdepositie wordt dan ook weerspiegeld in een lage bodem pH (KCl), tussen 3,1 en 4,5, en door een lage basenverzadiging die grotendeels beneden de 85% ligt. Op monsterlocatie 3 is een kleilaag op 35 cm diepte aangetroffen. Deze kleilaag bevat hoge calcium en ijzergehalten.



Figuur 30: Links: calcium-totaal. Rechts: ijzer-totaal in micromol/Liter bodem op verschillende diepte. De nummers verwijzen naar de locatie.

Het ijzergehalte van de bodem is relatief hoog. Omdat de ijzer en calciumgehalten in het profiel weinig verandering ondergaan, is een strategie waarbij dieper liggende bodem naar boven wordt gehaald met het doel de basenhuishouding te verbeteren, niet zinvol. Dat geldt ook voor fosfaat, waar op 30 cm diepte nog steeds te veel beschikbaar is bij de helft van de onderzochte monsters. (Figuur 31), hoewel het in principe wel zou helpen de bodem 30 cm af te graven.



Figuur 31: Ortho-fosfaat gehalten op diepten van 0-10, 10-20 en 20-30 cm (van links naar rechts).

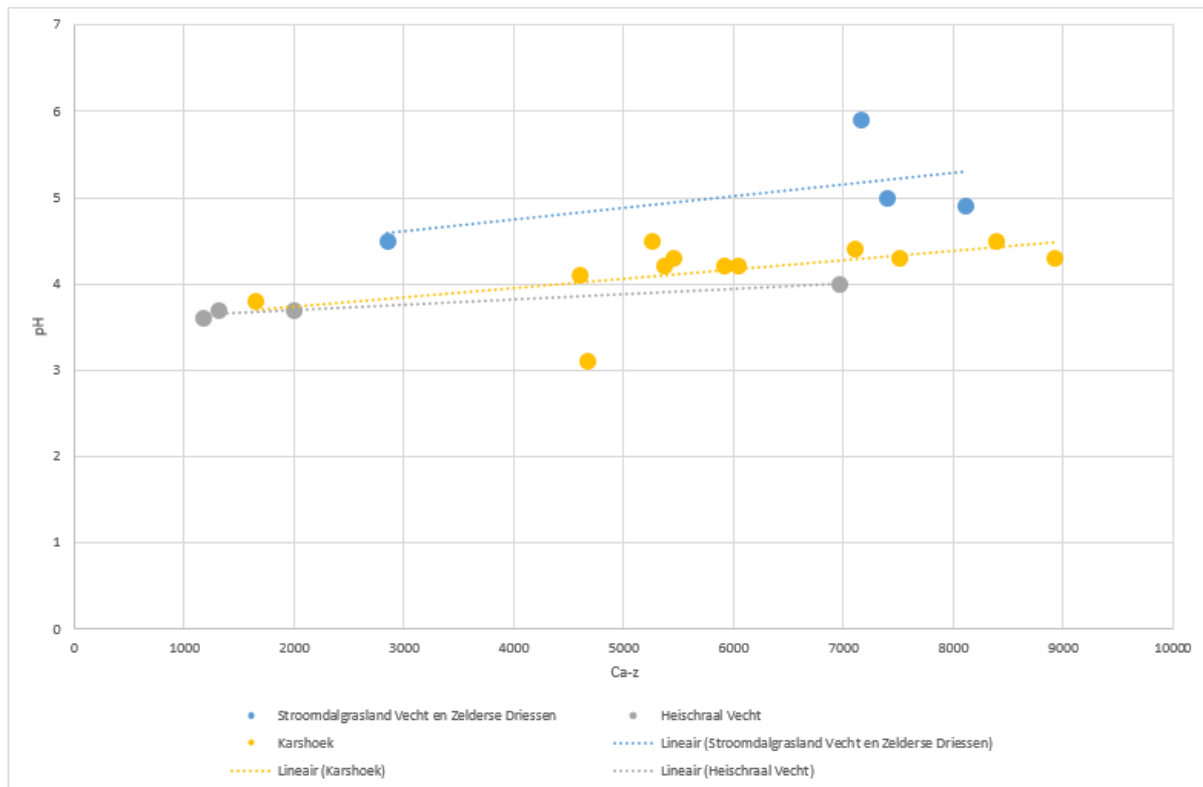
Door B-ware zijn in een ander onderzoek (Van Mullekom, 2018) referentiewaarden gegeven voor de bodemkwaliteit van stroomdalgraslanden. De referenties zijn afkomstig van Cortenoever, Ravenswaarden, Zelderse Driessen, Junner Koeland en Arriër koeland. De eerste twee zijn kalkrijke bodems die een ander type stroomdalgrasland behorend bij de associatie van Sikkelkaver en Zachte haver kennen. De Zelderse Driessen liggen langs de Niers op oude Maasduinen en kent ook een relatief kalkarme bodem. Hier vinden we een vegetatie behorend bij de associatie van Vetkruid en Tijm. Deze twee associaties worden tot de droge stroomdalgraslanden gerekend (Sedo Cerastion). De stroomdalgraslanden langs de Vecht behoren bij de associatie van Schapegras en Tijm. Die associatie zit in een ander verbond, dat van Gewoon struisgras. De referenties dienen daarom voorzichtig te worden gehanteerd. De referenties uit Arriër Koeland zijn genomen op plekken met heischraal grasland of zure rompgemeenschappen van Stroomdalgrasland. De monsters in Junner Koeland betreffen goed ontwikkeld stroomdalgrasland.

Zoals hiervoor al gesteld, is fosfaat waarschijnlijk de limiterende factor voor de vegetatie. Uit figuur 6 blijkt dat de fosfaatbeschikbaarheid in de referentiegebieden nogal verschilt. Langs de IJssel is de totale hoeveelheid fosfaat in de bodem veel hoger dan in de andere referenties, terwijl de directe fosfaat beschikbaarheid (Olsen-P) vergelijkbaar is. Dat komt doordat de bodem langs de IJssel veel kalkrijker is. Calcium bindt fosfaat op een wijze waardoor de vegetatie er niet meer bij kan. De directe fosfaatbeschikbaarheid blijkt bij goed ontwikkeld stroomdalgrasland beneden 750 micromol per liter bodem te liggen. De vanuit stroomdalgrasland ontstane heischrale graslanden bij Arriër Koeland hebben een iets hogere beschikbaarheid, tussen 800 en 1250 micromol. De directe

Scatter plot showing the relationship between Olsen-P (X-axis) and Totaal-P (Y-axis) for four different regions. The X-axis ranges from 0 to 2500, and the Y-axis ranges from 0 to 20. The legend indicates four regions: Stroomdal/grasland Vecht en Zelderse Driessen (blue), Stroomdal/grasland IJssel (orange), Heischraal Vecht (grey), and Karshoek (yellow).

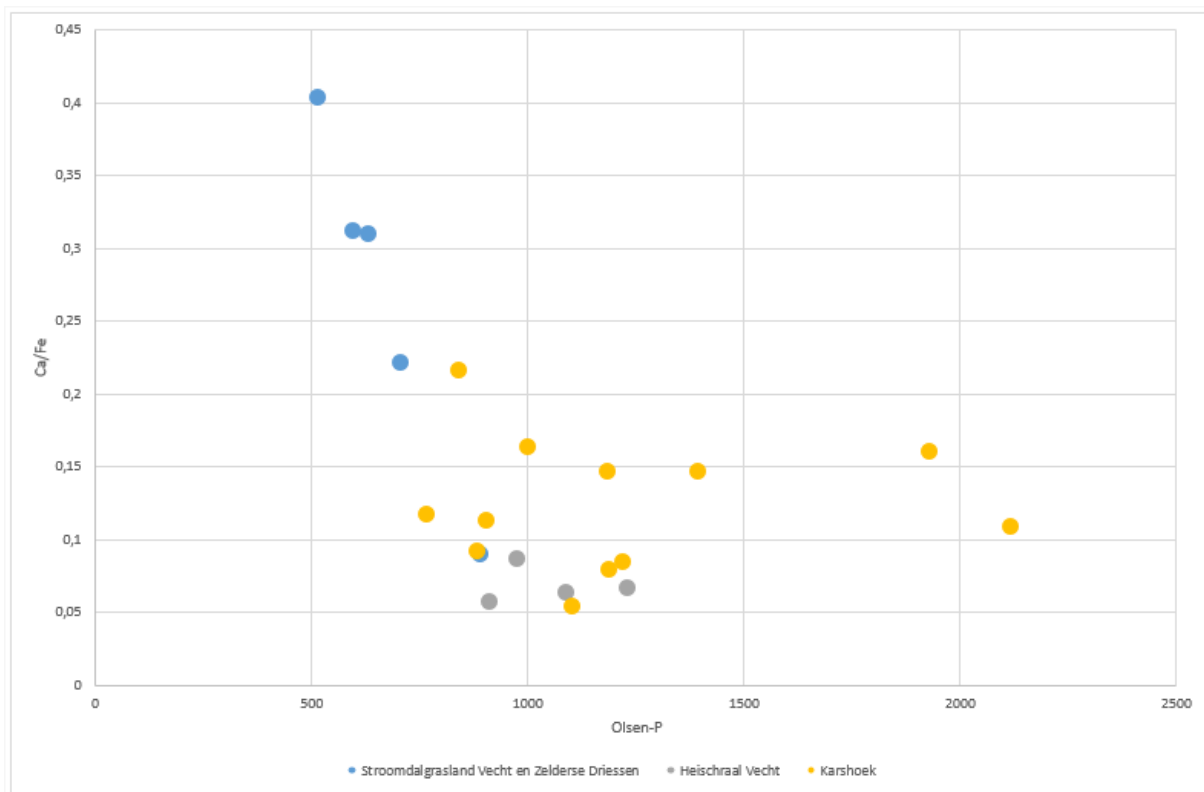
Region	Olsen-P	Totaal-P
Stroomdal/grasland Vecht en Zelderse Driessen	500	4.8
Stroomdal/grasland Vecht en Zelderse Driessen	600	4.9
Stroomdal/grasland Vecht en Zelderse Driessen	650	6.2
Stroomdal/grasland Vecht en Zelderse Driessen	700	5.3
Stroomdal/grasland Vecht en Zelderse Driessen	850	7.8
Stroomdal/grasland IJssel	400	14.0
Stroomdal/grasland IJssel	600	15.0
Stroomdal/grasland IJssel	900	19.0
Heischraal Vecht	850	6.8
Heischraal Vecht	950	7.7
Heischraal Vecht	1100	8.8
Heischraal Vecht	1200	13.6
Karshoek	800	4.0
Karshoek	850	10.4
Karshoek	900	11.3
Karshoek	1100	16.7
Karshoek	1150	14.6
Karshoek	1200	12.8
Karshoek	1200	9.2
Karshoek	1350	8.6
Karshoek	1900	16.7
Karshoek	2100	11.5

Voor stroomdalgraslanden is ook de zuurbuffering belangrijk. Calcium werkt bufferend tegen verzuring doordat het bodemmineraal Calciet (CaCO_2) in water oplost tot calcium en carbonaat, dat vervolgens protonen opneemt in bicarbonaat (H_2CO_3). Bicarbonaat is instabiel in water en zal splitsen in koolzuurgas (CO_2) en water (H_2O), waarna het koolzuurgas in de lucht verdwijnt (Appelo, 1996). De hoeveelheid Calciet is dus belangrijk voor het handhaven van een neutrale pH. Omdat de referenties langs de IJssel qua calcium gehalte sterk afwijken van de Vecht en de Niers, laten we die verder buiten beschouwing.



Figuur 33: Ca-zout tegen pH in twee referenties en in Karshoek

Uit de analyses blijkt iets vreemds (Figuur 33): de bodem pH ligt bij goed ontwikkelde stroomdalgraslanden bijna één pH eenheid hoger dan de heischrale graslanden van Arriër koeland. De hoeveelheden calcium hebben hier geen invloed op want die zijn vergelijkbaar. De waarden uit Karshoek liggen gelijk met die van goed ontwikkelde stroomdalgraslanden, en zijn dus ook zuurder bij gelijke calciumgehalten. Omdat de pH schaal logaritmisch is betekent dat dat de bodem bijna tien keer zo zuur is in Karshoek, ten opzichte van Junner Koeland. De oorzaak is niet zomaar duidelijk, maar het ijzergehalte van de bodem speelt waarschijnlijk een rol. Het blijkt dat de vergelijking tussen de calcium:ijzer-ratio en de Olsen-P een duidelijke afscheiding van de referenties laat zien (Figuur 34).

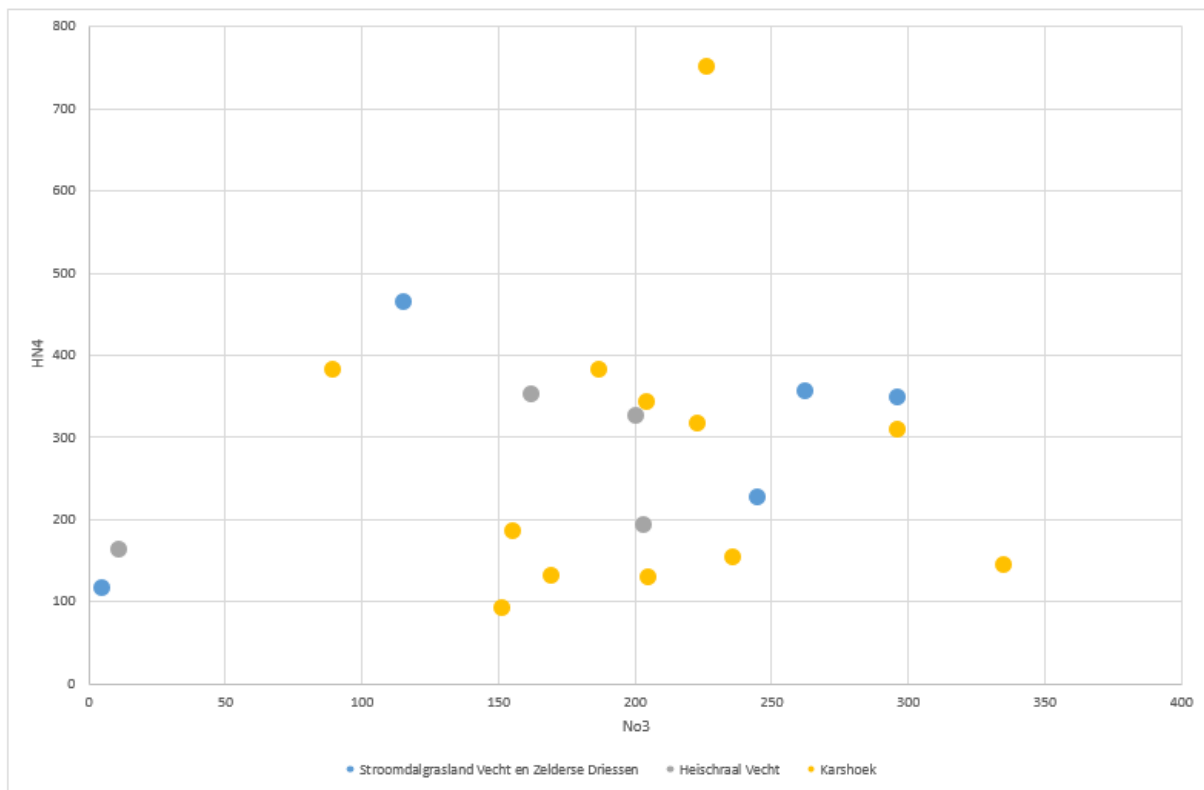


Figuur 34: P-Olsen tegen de verhouding tussen Calcium en IJzer in twee referenties en in Karshoek

Stroomdalgraslanden hebben een hoge calcium:ijzer ratio en daarmee samenhangend een lage directe fosfaatbeschikbaarheid. Heischrale graslanden of liever, verzuurde stroomdalgraslanden, hebben een lage calcium:ijzer ratio en een iets hogere fosfaat beschikbaarheid. De analyses uit Karshoek laten zien dat de bodem op de meeste plekken lijkt op het verzuurde Arriër Koeland, met wat uitschieters die een veel hogere fosfaat beschikbaarheid hebben, en een middenmoot die tussen de kenmerken van Junner Koeland en Arriër Koeland in zit. De calcium:ijzer ratio is in Karshoek altijd kleiner dan in Junner Koeland.

Het is ons onbekend waarom dit zo is, maar een hypothese zou kunnen zijn dat de lagere calcium-ijzer ratio een effect heeft op de bacterie- en schimmelpopulaties in de bodem. Die populaties zijn verantwoordelijk voor de afbraak van organisch materiaal en dus ook voor de uiteindelijke beschikbaarheid van nutriënten voor de plant. Uit onderzoek in laagvenen is bekend dat een hogere pH leidt tot een andere bacteriesamenstelling en daarmee tot een lagere fosfaat beschikbaarheid, hoewel de mineralisatiesnelheid daar juist toeneemt. De verklaring daarvoor is dat de bacteriepopulatie zó snel groeit dat alle beschikbare nutriënten door bacteriën, en niet door planten worden opgenomen. Uit weer een ander onderzoek is bekend dat IJzer toxisch kan zijn voor diverse hogere planten.

Hoewel gesteld is dat fosfaat het limiterende nutriënt is, is een vergelijking van de stikstofbeschikbaarheid tussen Karshoek en de referenties nodig. Uit Figuur 35 blijkt dat de spreiding van de nitraat en ammonium gehalten in de bodems geen duidelijke groepering van referenties weergeeft. Hier mag uit geconcludeerd worden dat de stikstofbeschikbaarheid inderdaad geen rol speelt.



Figuur 35: nitraat en ammonium beschikbaarheid in de bodem van twee referenties en van Karshoek

Samengevat

De bodem van Karshoek levert een voor stroomdalgraslanden te hoge voedselrijkdom op. Dat zit hem in de directe beschikbaarheid van fosfaat, omdat stikstof in overmaat via depositie beschikbaar is en daardoor niet limiterend is voor de vegetatie. De Olsen-P moet voor stroomdalgrasland benden de 750 microgram per liter bodem liggen.

Bovendien is de bodem te zuur, wat veroorzaakt wordt door een te lage calcium:ijzer-ratio. De lage zuurgraad verhoogd de beschikbaarheid van fosfaat. Daarnaast is het huidige extensieve grasbeheer waarschijnlijk negatief voor het behoud van de bodemkwaliteit, waardoor die verder zal verzuren en die verdere humusophoping tot gevolg heeft.

De bodem vertoont voor de kationen geen grote verschillen tussen ondiepe en diepere lagen, waardoor de benodigde zuurbuffering niet door bodemwoelende dieren (mieren, mollen, mensen) kan worden bewerkstelligd.

De bodem is reliëfrijk, en tot een diepte van meer dan dertig centimeter te rijk.

Het is niet te verwachten dat binnen de Karshoek een goede staat van instandhouding van de bodem kan worden bereikt in de komende 25 jaar. Er kan wel enige verbetering optreden.

Aanbevelingen voor beheer / herstel

Uit de analyses blijkt dat de calcium:ijzer ratio is in Karshoek relatief laag is. Het is in het kader van deze Lesa niet zo van belang wat de precieze oorzaak is. De mogelijke aangrijpingspunten voor het behoud van de stroomdalgraslanden zijn dat wél. Het ligt voor de hand de calcium:ijzer-ratio van de bodem te verhogen tot dezelfde waarden van de referenties, om op die wijze de balans te herstellen. Een lichte calciumtoediening kan daarvoor zorgen. Een goede maat lijkt voornamelijk een calcium:ijzer-

ratio van 0,3 te zijn. Tegelijkertijd kan de organische voorraad aan fosfaat afnemen door vegetatie af te voeren.

Op een aantal plekken is de fosfaat beschikbaarheid van de toplaag van de bodem nabij de streefwaarde. Verschrallen heeft daarom zin. Aangezien maaien in dit gebied vanwege de hoogteverschillen praktisch niet mogelijk is, zou een gescheperde schapenbegrazing gedurende een aantal jaren aan te bevelen zijn om de bodemkwaliteit niet verder te laten verslechteren. De schapen moeten dan wel 's-nachts buiten het gebied gehouden worden.

5.3. Hydrologie

GXG's

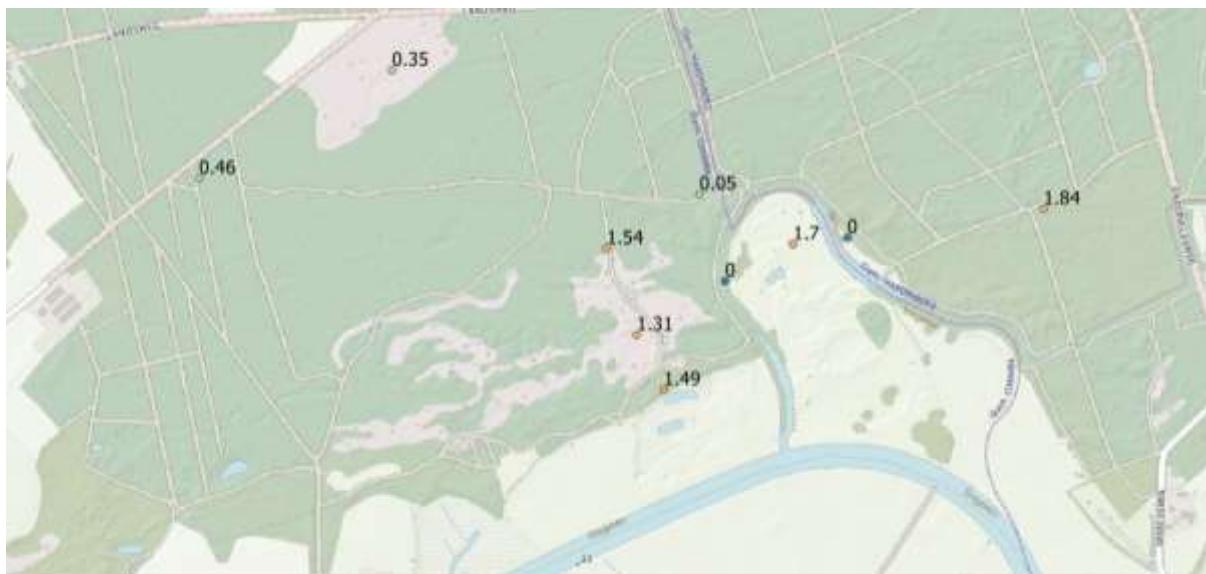
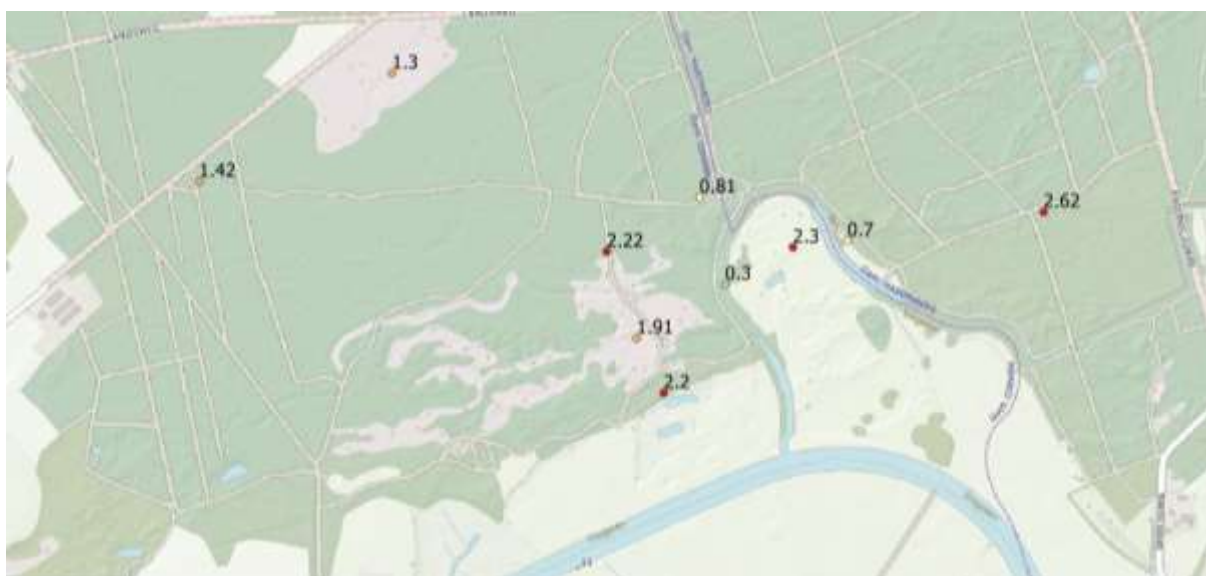
De resultaten van de tijdreeksanalyses zijn samengevat weergegeven in Tabel 3. Voor de meeste reeksen zijn middels simulaties de GXG's afgeleid. Voor de filters 1 en 2 van meetpunt B22D0961 zijn geen resultaten beschikbaar omdat de meetreeksen onverklaarbare dynamiek en sprongen vertonen. Voor de GXG-waarden die tussen haakjes staan, geldt dat deze waarden niet zijn bepaald met behulp van simulatie omdat bij de analyse de korte meetreeksen KH1 of KH2 zijn gebruikt om de dynamiek te verklaren. De weergegeven waarden zijn indicatieve schattingen op basis van de huidige meetreeksen.

Tabel 3: Samenvatting resultaten tijdreeksanalyses; de waarde tussen haakjes is de parameter standaardafwijking; een GXG tussen blokhaakjes betreft een indicatieve schatting omdat voor deze reeks geen simulatie kon worden uitgevoerd

	Filterdiepte (m-mv)	M₀ neerslag	Factor verdamping	M₀ opwater	GLG	GVG	GHG
B22D0951001	5.98-6.98	544.2 (116)	0.95 (0.11)	0.22 (0.02)	2.62	2.04	1.84
B22D0952001	2.41-1.41	690.1 (3344)	1.39 (0.29)	0.83 (0.02)	[0.70]	[-]	[0]
B22D0952002	5.68-6.68	409.0 (712)	1.19 (0.20)	0.85 (0.02)	[0.65]	[-]	[0]
B22D0953001	6.00-7.00	54.4 (7.7)	2.06 (0.28)*	0.32 (0.01)	2.30	2.08	[1.6-1.8]
B22D0954001	-0.01-0.29	112.7 (315)	2.16 (0.75)*	0.61 (0.011)	[0.3]	[-]	[0]
B22D0954002	0.89-1.89	190.9 (83)	1.08 (0.17)	0.65 (0.008)	[0.3]	[-]	[0]
B22D0954003	5.93-6.93	482.4 (366)	0.81 (0.12)	0.65 (0.008)	[0.3]	[-]	[0]
B22D0955001	1.60-2.60	585.1 (91)	0.95 (0.088)	0.44 (0.085)	1.30	0.65	0.35
B22D0955002	6.01-7.01	576.0 (93)	0.93 (0.092)	0.45 (0.12)	1.33	0.68	0.39
B22D0956001	6.03-7.03	432.2 (51)	0.83 (0.059)	0.56 (0.15)	2.22	1.76	1.54
B22D0957001	0.75-1.25	343.4 (52)	1.19 (0.099)	0.52 (0.04)	0.81	0.37	0.05
B22D0957002	5.92-6.92	292.8 (26)	0.97 (0.057)	0.33 (0.02)	0.66	0.29	0.07
B22D0958001	5.98-6.98	386.8 (44)	0.76 (0.049)	0.59 (0.2)	1.91	1.52	1.31
B22D0959001	2.39-3.39	385.0 (62)	1.55 (0.16)	0.67 (0.33)	2.20	1.65	1.49
B22D0959002	6.06-7.06	303.3 (53)	0.81 (0.081)	0.56 (0.09)	2.16	1.85	1.63
B22D0961001	1.01-0.51	n.b.	n.b.	n.b.	[0.8-1.0]	[0]	[< 0]
B22D0961002	1.52-1.02	n.b.	n.b.	n.b.	[0.8-1.0]	[0-0.1]	[< 0]
B22D0961003	5.86-6.86	306.9 (50)	0.63 (0.061)	0.55 (0.02)	0.51	0.22	-0.02
B22D0115001	9.23-10.23	456.8 (7.3)	0.92 (0.014)	0.24 (0.015)	1.42	0.72	0.46
B22D0115002	40.63-41.63	305.0 (5.2)	0.84 (0.013)	0.29 (0.015)	1.46	1.04	0.82

*waarschijnlijk sprake van 'overfit' door correlatie tussen neerslag- en verdampingscomponent

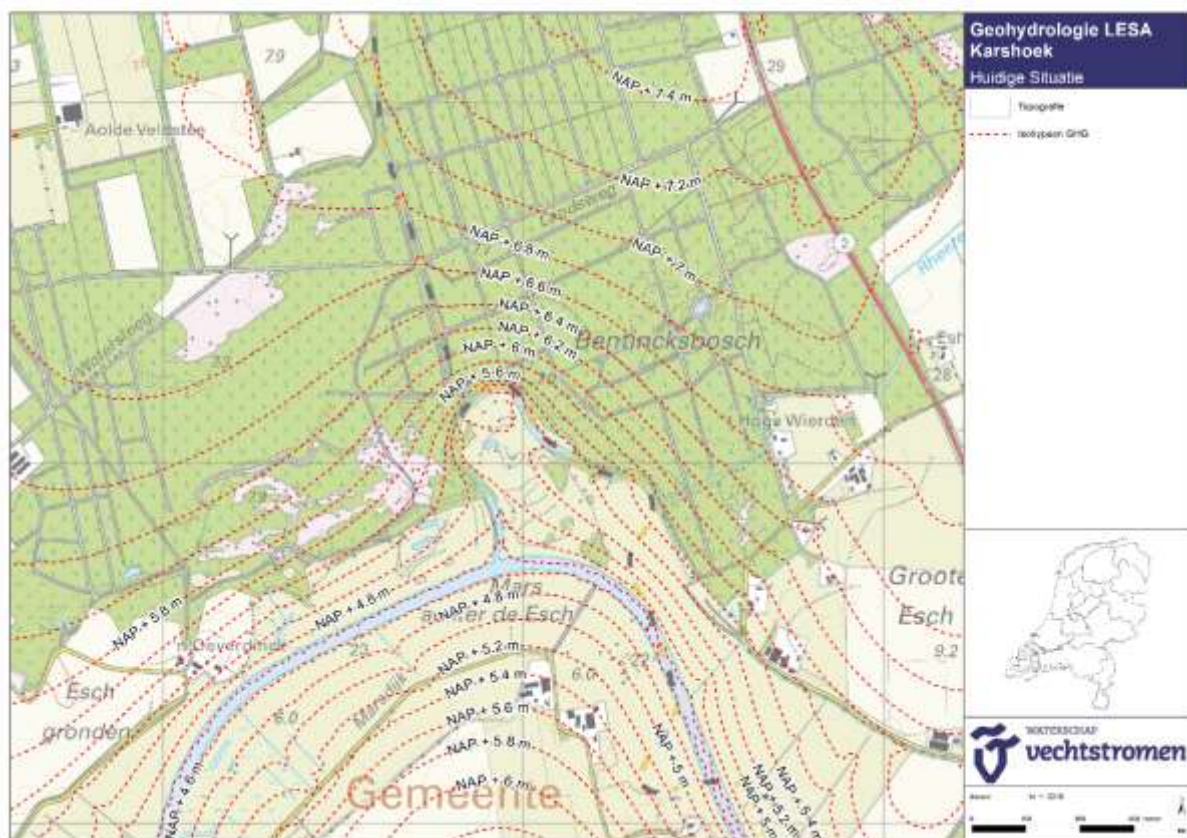
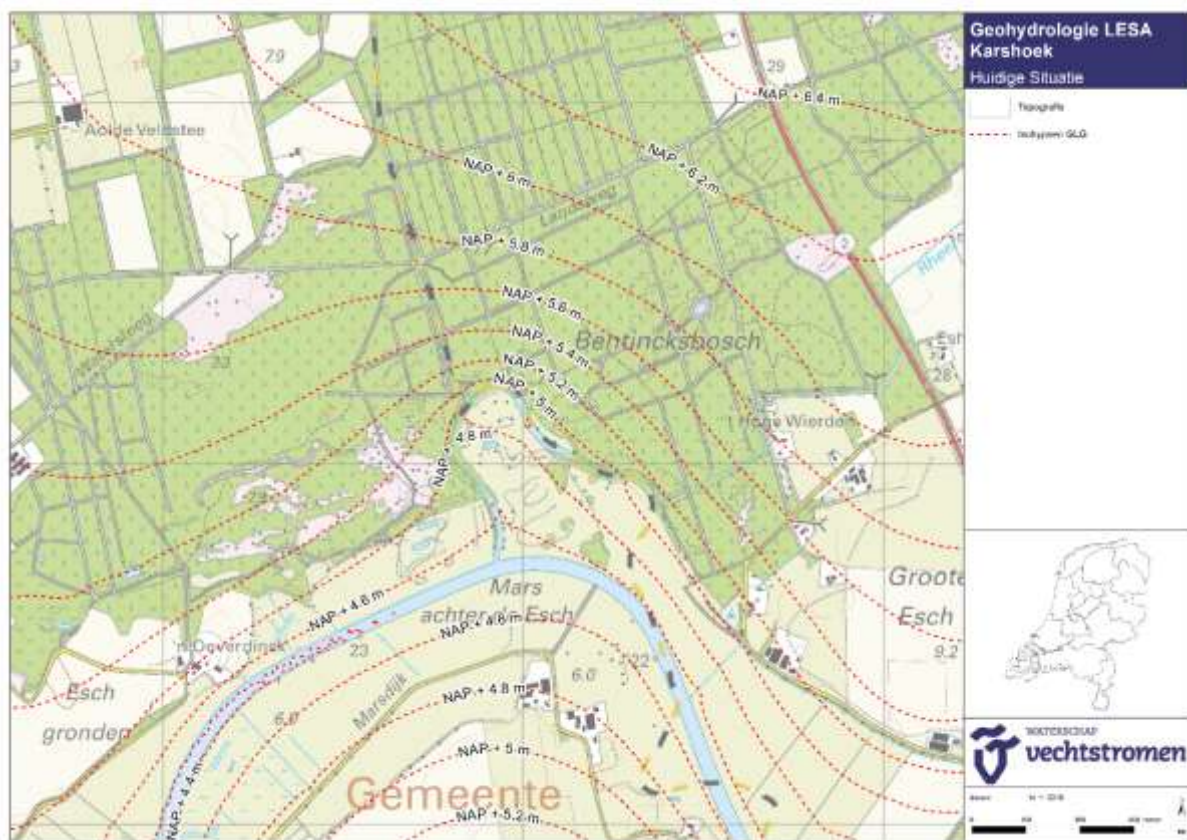
De GXG's zijn ruimtelijk weergegeven in Figuur 36. In de lager gelegen delen van het gebied die dicht bij de meander liggen komen de grondwaterstand dicht nabij maaiveld voor. De grondwaterstanden in de hoger gelegen delen liggen dieper onder het maaiveld.



Figuur 36: Gesimuleerde waarden van de GHG (boven) en GLG (onder) ter plaatse van de meetpunten in meter-maaiveld.

Regionale grondwaterstroming

Voor het verkrijgen van een vlakdekkend beeld van de grondwatersituatie en de regionale grondwaterstroming is gebruik gemaakt van het Vechtmodel (Figuur 37). De grondwaterstroming is van het noorden naar het zuiden gericht. De freatische grondwaterstand in het hoger gelegen bosgebied is 1 a 2 m hoger dan bij de Vecht. Grondwater stroomt dus vanuit deze infiltratiegebieden naar de lage gronden. De drainerende invloed van de Vecht en de meander op het stromingspatroon is duidelijk zichtbaar.



Figuur 37: Berekend isohypsen patroon GHG en GLG (m NAP)

Kwel en infiltratie

In het grondwatermeetnet zijn een aantal meetpunten die twee of drie filters bevatten. Aan de hand van deze metingen is bepaald of er kwel of infiltratie optreedt (Figuur 38).

- De meetpunten met meerdere filters direct rondom de meander laten zien dat de stijghoogte jaarrond hoger is dan de freatische grondwaterstand. Het stijghoogteverschil bedraagt 5 a 10 cm in B22D0952 en enkele centimeters in B22D0954. Er is dus jaarrond sprake van kwel in en direct rondom de meander.
- In de laagte ten noorden van de meander is eveneens het grootste deel van het jaar sprake van een opwaartse grondwaterstroming. Alleen in extreem natte periodes is kortdurend sprake van infiltratie.
- Het meetpunt met meerdere filters op de hoge gronden aan de noordzijde van het gebied (natte heide) laat zien dat er jaarrond sprake is van infiltratie.
- In de laagte ten westen van de meander (perceel Bentinck) en op de rand van het Vechtdal is in de winter sprake van infiltratie en in de zomer sprake is van kwel. In de zomer is het Vechtpoel hoog (NAP +4,5 m) en kan er kwel optreden in de uiterwaarden langs de rivier. In de winter is het Vechtpoel laag (NAP +4,15 m) en vangt de rivier de kwel af, waardoor er in de uiterwaarden infiltratie optreedt. De Vecht heeft dus een belangrijk invloed op de grondwaterstand en het al dan niet optreden van kwel.



Figuur 38: Kwel en infiltratie op basis van peilbuismetingen

Of er sprake is van kwel in lagere delen hangt samen met de afstand tot de Vecht en de invloed van de Vecht op de grondwatersituatie. De invloed van de Vecht op het al dan niet optreden van kwel lijkt beperkt tot hooguit 200 tot 300 meter. Op 350 meter afstand van de Vecht is in de lage delen al sprake van jaarrond kwel. Op de rand van het Vechtdal ten westen van Karshoek treedt infiltratie op in de winter en is sprake van kwel in de zomer (120 tot 180 meter afstand van de Vecht). Dat

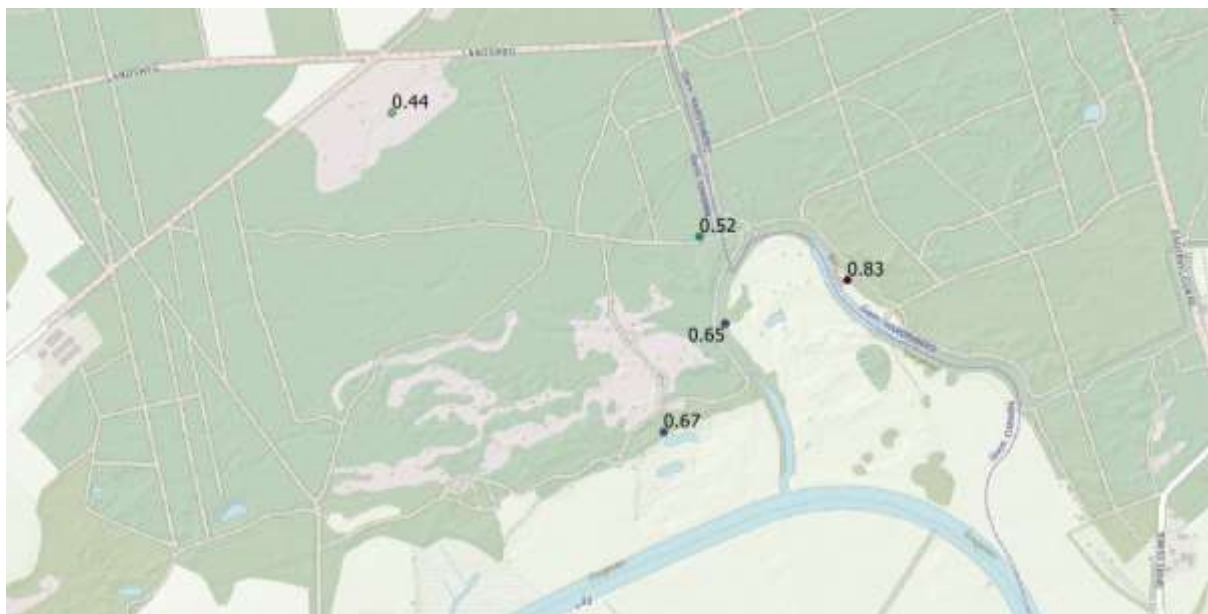
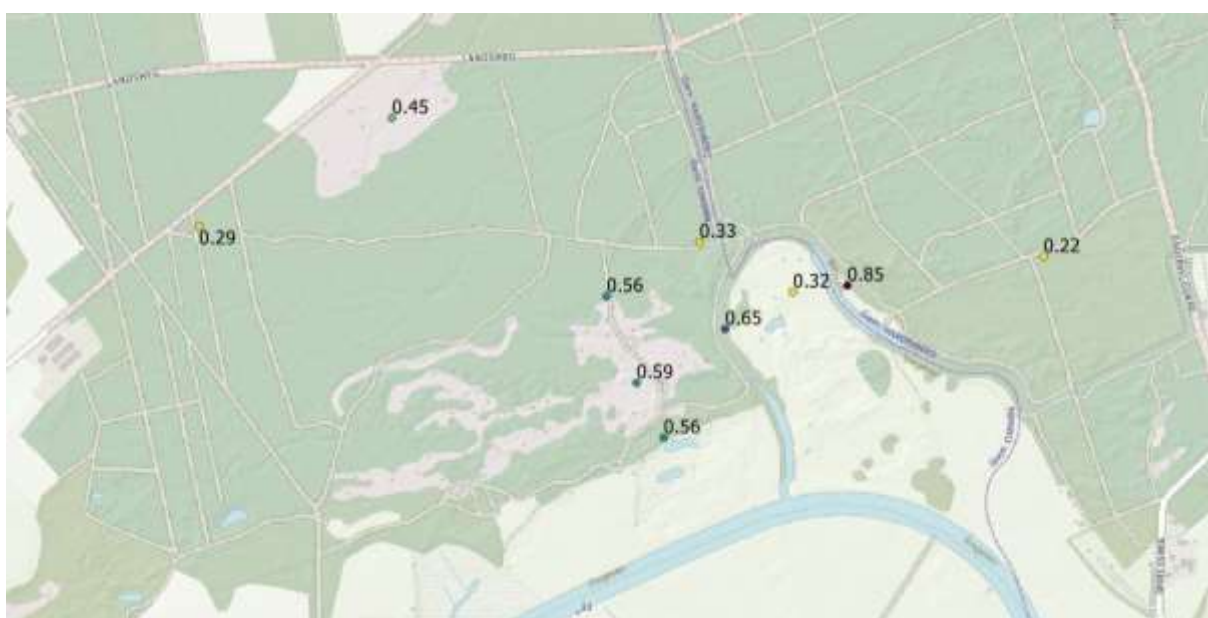
betekent dat er lokaal weerstand aanwezig moet zijn. De meest waarschijnlijk oorzaak daarvoor is de aanwezigheid van kronkelwaardafzettingen in Karshoek in combinatie met de meander die diep insnijdt in het hoger gelegen infiltratiegebied met dekzand en stuifzandafzettingen. Wellicht speelt ook de aanwezigheid van het laagpakket van Zutphen (formatie van Krefenheye) daarin nog een rol.

Invloed van de Vecht

Op basis van de tijdreeksanalyse is het effect van het peil van de Vecht op de omgeving in beeld gebracht. Het effect van de Vecht(-arm) op de grondwaterstand in de omgeving is gekwantificeerd met de parameter M_0 van het oppervlaktewater transfermodel. Deze waarde geeft de mate van respons aan bij een impuls in de Vecht. Dit kan vrij worden vertaald als de stationaire invloed van een plotselinge stijging van het rivierpeil met 1 m op de grondwaterstand. Hoe groter deze waarde, des te groter de invloed van het Vechtpeil.

Figuur 39 toont een ruimtelijke weergave van de geschatte parameter M_0 , waarbij er onderscheid is gemaakt tussen ondiepe en diepe filters. De figuur toont een plausibel beeld van de parameterwaarden, in de zin dat de M_0 groot is in de buurt van de Vecht en afneemt met de afstand van de peilbuislocatie tot de Vecht. In de filters in de buurt van de Vecht en de meander is de M_0 groter dan 0,5, wat duidt op een sterke invloed van de Vecht op de grondwatersituatie.

Alleen het filter aan de binnenzijde van de meander met $M_0=0.32$ (B22D0953) heeft een relatief lage M_0 in verhouding tot de afstand tot de Vecht. Een verklaring hiervoor is dat de peilbuis op een lokale verhoging staat, waardoor variaties in het oppervlaktewaterpeil wat gedempt worden. Verder is de M_0 van het uiterst rechts meetpunt laag doordat hier veel lokale ontwatering aanwezig is, waardoor effecten van de Vecht wordt gedempt. Tenslotte valt op dat bij de twee meetpunten die wat verderaf van de Vecht staan, de M_0 voor het ondiepe filter (0.52 resp. 0.67) hoger is dan voor het diepe filter (0.33 resp. 0.56). Dit geeft aan dat de fluctuaties van de Vechtpeilen sterker doorwerken op het grondwater in de bovenste bodemlagen dan op de stijghoogte in het regionale watervoerend pakket (grotere uitdemping).



Figuur 39: Effect van Vecht(-arm) op grondwaterstand uitgedrukt in M_0 voor ondiepe filters (0-4m – mv; boven) en diepere filters (>4m – mv; onder)

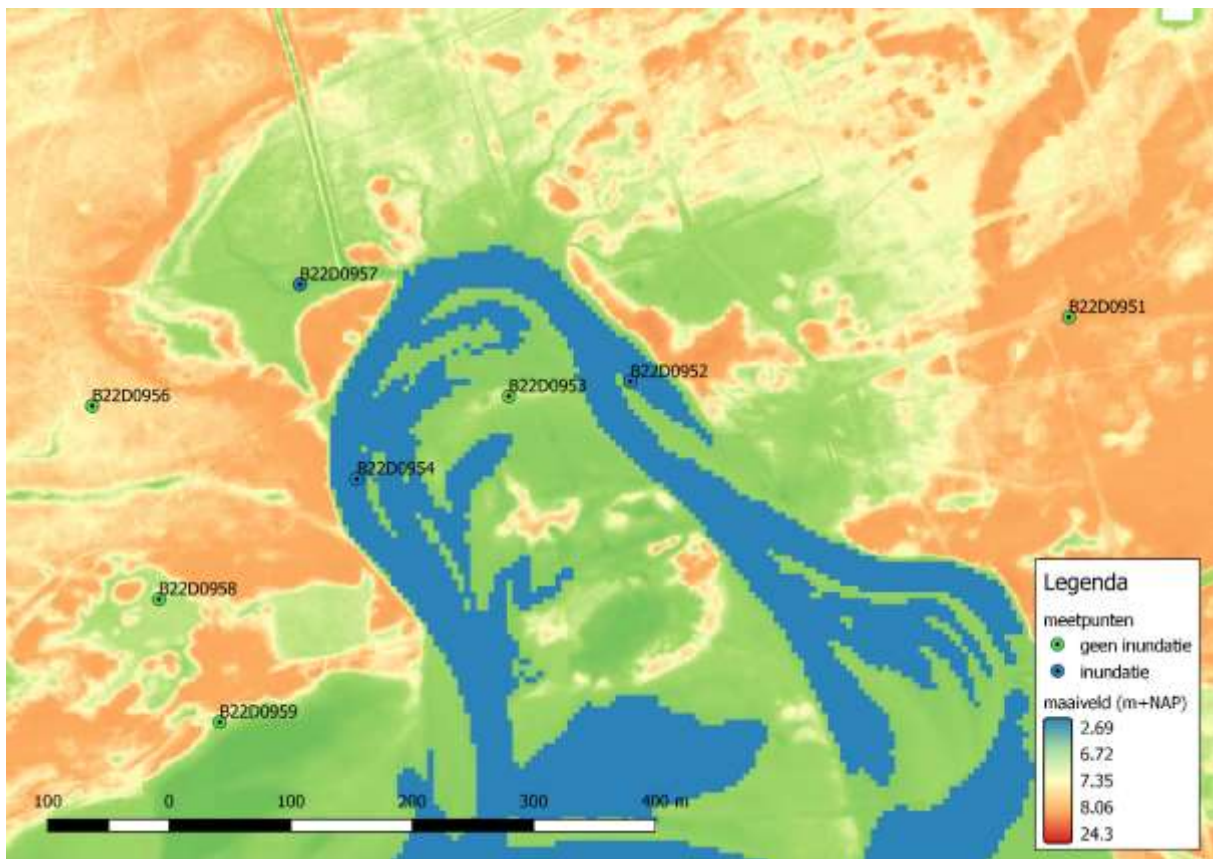
Inundatie

Bij enkele meetpunten vlakbij de Vechtarm is ten tijde van hoogwater sprake van inundatie. Bij de volgende meetpunten komt de grondwaterstand boven maaiveld en is er sprake van inundatie:

- B22D0952, hoogste stand: NAP +6 m
- B22D0954, hoogste stand: NAP +5.97 m
- B22D0957, hoogste stand: NAP +6.17 m

Figuur 40 laat zien ter plaatse van welke meetpunten wel/geen inundatie heeft plaatsgevonden in de meetperiode. Hierin is tevens het AHN maaiveld afgebeeld, waarbij de blauwe gebieden op basis van het AHN5 zijn geïnundeerd bij het hoogst gemeten peil in de Vechtarm (in de meetperiode april 2017 – april 2018). Dit was een peil van NAP +5.95 m. De blauwe gebieden hebben een maaiveldhoogte lager dan deze waarde en staan in verbinding met de Vecht.

De hoogst gemeten stand ter plaatse van B22D0957 ligt circa 0.2 m hoger dan het maximale Vechtpeil. Hier vindt geen directe inundatie vanuit de Vecht plaats. Het water stond hier echter wel ruim 0.3 m boven maaiveld. Hier zal sprake geweest zijn van verminderde afstroming waardoor water in de laagte aan maaiveld is geborgen.

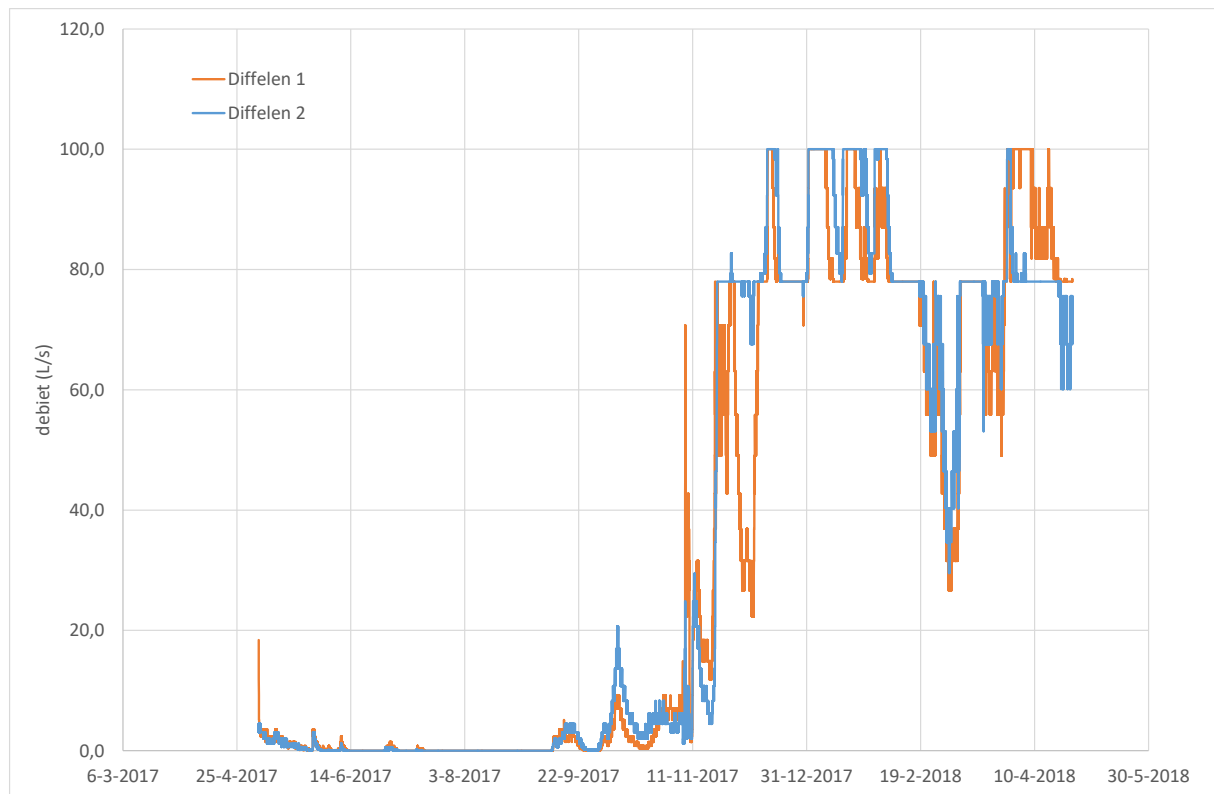


Figuur 40: Inundatie ter plaatse van meetpunten in meetperiode; achtergrondkaart toont AHN waarbij de blauwe gebieden een globale schatting representeren van het geïnundeerde gebied bij het hoogste opgetreden peil in de meetperiode (5.95 m+NAP in januari 2018)

Afvoermetingen Rheezerwaterleiding

De afvoermetingen op de twee locaties in de Rheezerwaterleiding zijn opgenomen in Figuur 41. De metingen laten zien dat er tussen half juni 2017 en half september 2017 geen afvoer meer optrad over de stuwen. In de registratie van het waterpeil is te zien dat deze bij Diffelen 1 uitzakt tot ca. NAP +5,8 m, wat ongeveer het bodemniveau is van de watergang. De Rheezerwaterleiding valt droog in de zomermaanden.

Het maximale meetbereik van de stuw is 100 L/s. Bij een hogere afvoer overstroomt de bovenkant van de V-stuw. In de figuur is te zien dat het debiet in de winter van 2017/2018 regelmatig tot aan het maximale meetbereik komt en wellicht zelfs hoger ligt dan 100 L/s.



Figuur 41: Afvoermetingen Rheezerwaterleiding

Synthese

In deze paragraaf wordt dieper ingegaan op het functioneren van het grond- en oppervlaktewatersysteem en de invloed van de Vecht, de meander en de Rheezerwaterleiding op de grondwaterstanden.

Op basis van het grond- en oppervlaktewatermeetnet en de daaruit middels tijdreeksanalyse bewerkte meetreeksen is een dwarsdoorsnede over het projectgebied gemaakt. De dwarsdoorsnede loopt vanaf de natte heide aan de noordzijde over de meander naar de oostzijde van het onderzoeksgebied. De dwarsdoorsnede en de locatie van de dwarsdoorsnede zijn weergegeven in Figuur 42 en Figuur 43.

De in de figuur weergegeven maaiveldhoogte is afgeleid uit het AHN2. De gxx's zijn gebaseerd op de verlengde tijdreeksen. Voor de dwarsdoorsnede zijn voor de locaties met meerdere filters de gxx's van de ondiepe filters opgenomen. Op basis van deze dwarsdoorsnede wordt het systeemfunctioneren toegelicht.

Uit de raai over het onderzoeksgebied blijkt dat het hoger gelegen gebied ten noorden en noordwesten van de meander fungeert als infiltratiegebied. Dit blijkt ook uit de isohypsen uit Figuur 33. De grondwaterstanden zijn jaarrond hoger dan de grond- en oppervlaktewaterstanden in de meander. Grondwater stroomt dus vanaf het hoger gelegen gebied met stuifzand en dekzandafzettingen naar de meander en kan daar uittreden als kwel. De meander snijdt dus als het ware de grondwaterbel in het infiltratiegebied aan.

Het gebied ten oosten van de meander fungeert eveneens als infiltratiegebied. Dit blijkt ook uit de isohypsen uit Figuur 33. Ook hier ligt de grondwaterstand in winter en voorjaar hoger dan de grond- en oppervlaktewaterstanden rondom de meander. Het lijkt in de figuur alsof het grondwater in de zomer tot onder de bodem van de meander wegzakt. Dit is echter niet het geval omdat de meander dieper is dan op basis van het AHN wordt gesuggereerd (zie ingemeten profielen in bijlage 5).

Het gebied binnen de meander (rivierduin en kronkelwaarden) fungeert eveneens als infiltratiegebied. Het belang van dit gebied voor de voeding van de meander is echter gering. De grondwaterstand in dit gebied ligt jaarrond lager dan die in de meander aan de oostzijde en slechts enkele decimeters hoger dan het oppervlaktewaterpeil aan de westzijde van de meander. Bovendien zal grondwater niet alleen naar het diepere deel van de meander aan de westzijde stromen maar ook richting de Vecht vanwege het feit dat het oppervlaktewaterpeil van de Vecht en het peil aan de westzijde van de meander nagenoeg gelijk aan elkaar zijn.

Uit de dwarsdoorsnede wordt ook duidelijk dat het grondwater zich in de natte heide aan de noordzijde (bij peilbuis B22D0955) zich in winter en voorjaar ondiep onder maaiveld bevindt en in de zomer diep onder maaiveld wegzakt. Deze natte heide staat dus in direct contact met het grondwater.

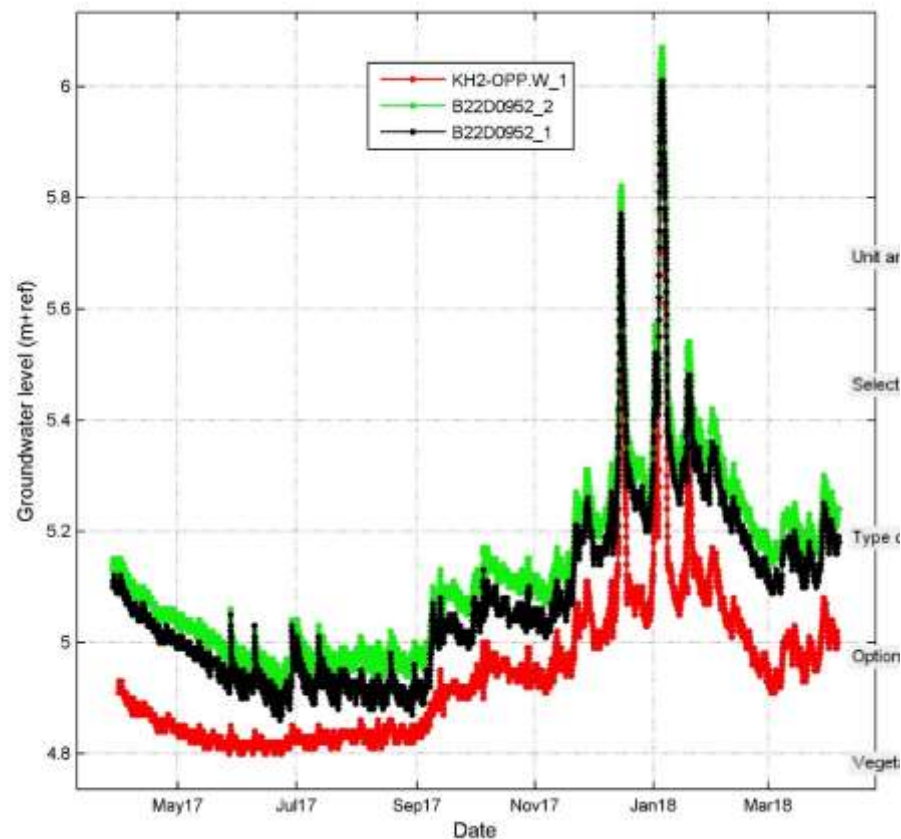
Functioneren noordwestelijke natte heide

Op de natte heidelocatie in het stuifzandgebied ten westen van de meander (bij peilbuis B22D0958) ligt het grondwater jaarrond 1,5 meter of meer onder maaiveld. In deze natte heide heeft KWR in de boringen (1008 en 1009) een compacte kleiige veenlaag aangetroffen. Boven deze slechtdoorlatende laag wordt zoveel regenwater vastgehouden dat er plaatselijk vennen zijn ontstaan. De bodem onder de laag vertoont een podzolprofiel en was droog. Hier is dus sprake van een schijnspiegelsysteem waardoor de natte heide onafhankelijk van het grondwatersysteem functioneert. De situatie hier is vergelijkbaar met andere natte heide en heidehoogveentjes die voorkomen op stuifzand of dekzand rond de Vecht zoals in de Boswachterij Ommen en het Eerder Achterbroek. De vegetatie is hier afhankelijk van regenwater dat stagneert op een slecht doorlatende laag. Het betreft dus een lokaal systeem, waarop de ontwateringsmiddelen in de omgeving geen of nauwelijks invloed op hebben.

Relatie grond- en oppervlaktewater in de meander

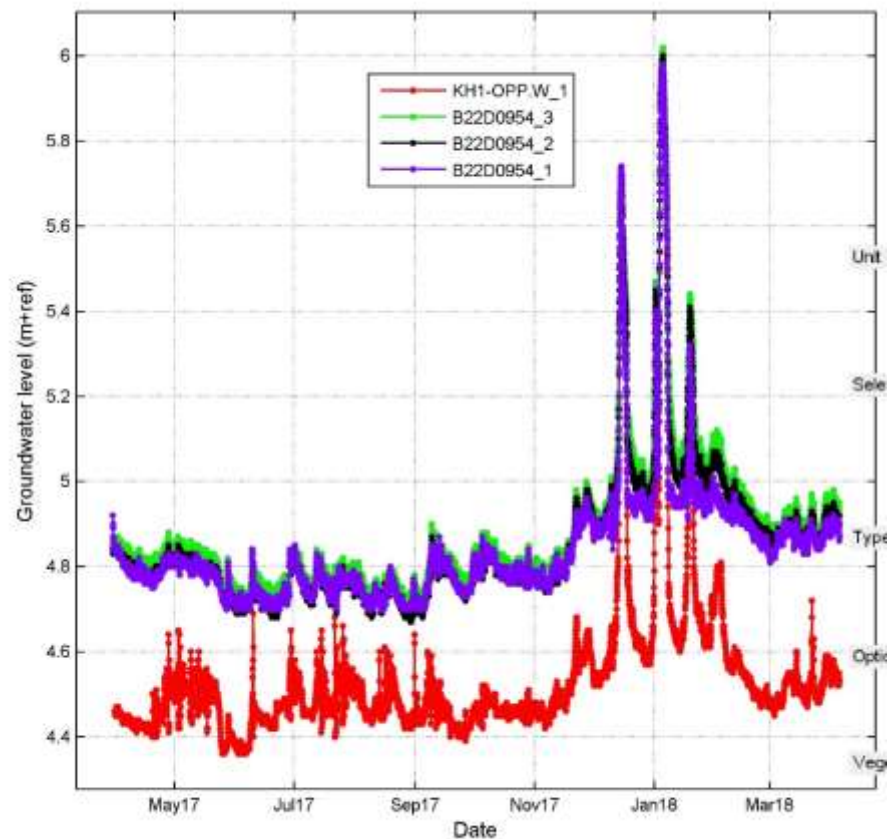
Op twee locaties, aan de oost- en westzijde van de meander, zijn oppervlaktewaterstanden in de meander en de grondwaterstand en stijghoogte direct naast de meander gemeten.

In Figuur 44 zijn de metingen aan de oostzijde van de meander weergegeven. Uit de figuur blijkt dat de stijghoogte in het diepe filter jaarrond hoger ligt dan de freatische grondwaterstand in het ondiepe filter. De grondwaterstand en stijghoogte liggen op hun beurt weer fors hoger dan het peil in de meander. Er is daarmee jaarrond sprake van kwel en de meander draineert het grondwater. In de winter is het verschil tussen grondwaterstand en oppervlaktewaterpeil groter dan in de zomer. Dit is te verklaren doordat het verschil tussen de grondwaterstand in het infiltratiegebied in de zomer en de grondwaterstand ter hoogte van de meander gedurende het jaar afneemt.



Figuur 44: Gemeten grond- en oppervlaktewaterstand oostzijde meander Karshoek.

Aan de westzijde van de meander is het beeld op hoofdlijnen vergelijkbaar met dat aan de oostzijde (Figuur 45). De stijghoogte/grondwaterstand naast de meander ligt hier fors (tot 40 centimeter) hoger dan het oppervlaktewaterpeil in de meander. De meander heeft dus duidelijk een sterk drainerende werking. Desondanks is hier sprake van jaarrond kwel. De stijghoogte in de twee diepere filters is altijd hoger dan de grondwaterstand in het ondiep filter. Het is echter de vraag of kwel het maaiveld voldoende kan bereiken.



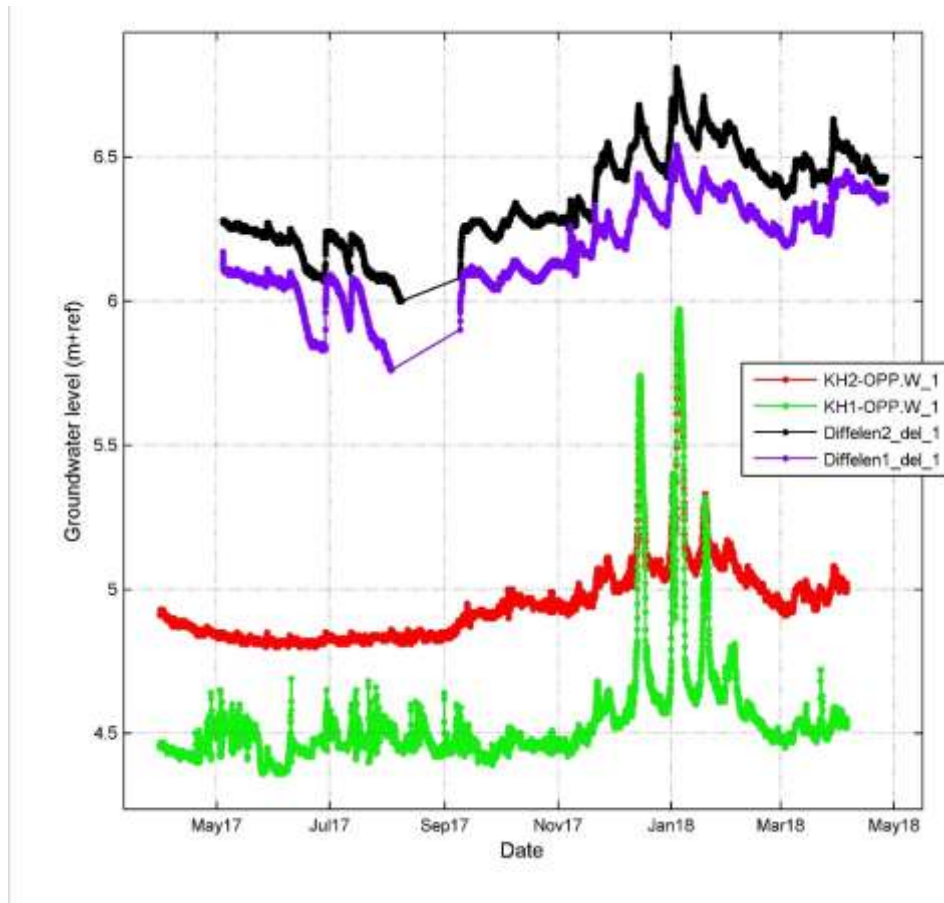
Figuur 45: Gemeten grond- en oppervlaktewaterstand westzijde meander Karshoek.

Verloop oppervlaktewaterpeil in meander en Rheezerwaterleiding

Wanneer de gemeten oppervlaktewaterpeilen in de Rheezerwaterleiding en gemeten peilen in de meander (Figuur 46) met elkaar vergeleken worden valt op dat het oppervlaktewaterpeil in de meander fors lager ($>1,30\text{m}$) ligt dan de oppervlaktewaterstand in de Rheezerwaterleiding.

Het oppervlaktewaterpeil heeft een piekerig verloop. De afvoer in de Rheezerwaterleiding wordt sterk beïnvloed door neerslag en de waterloop valt veelvuldig droog. Binnen de meander is het peilverloop stabiel als gevolg van de permante aanvoer van kwel uit het infiltratiegebied. De invloed van de hoogwaterperiode in januari 2018 is in de metingen goed zichtbaar.

Wat verder opvalt is dat er sprake van een fors peilverschil tussen de oostzijde en westzijde van de meander. Het peil aan de westzijde ligt ruim 30 centimeter lager dan dat aan de oostzijde. Het peilverloop aan de westzijde staat duidelijk direct onder invloed van peilfluctuaties in de Vecht. Aan de oostzijde wordt het peilverloop het grootste deel van de tijd bepaald door de hoeveelheid kwel die de meander afvoert en de aanvoer van water vanuit de Rheezerwaterleiding. Het oppervlaktewaterpeil is hier, met name in periode dat de Rheezerwaterleiding droogvalt, zeer stabiel.



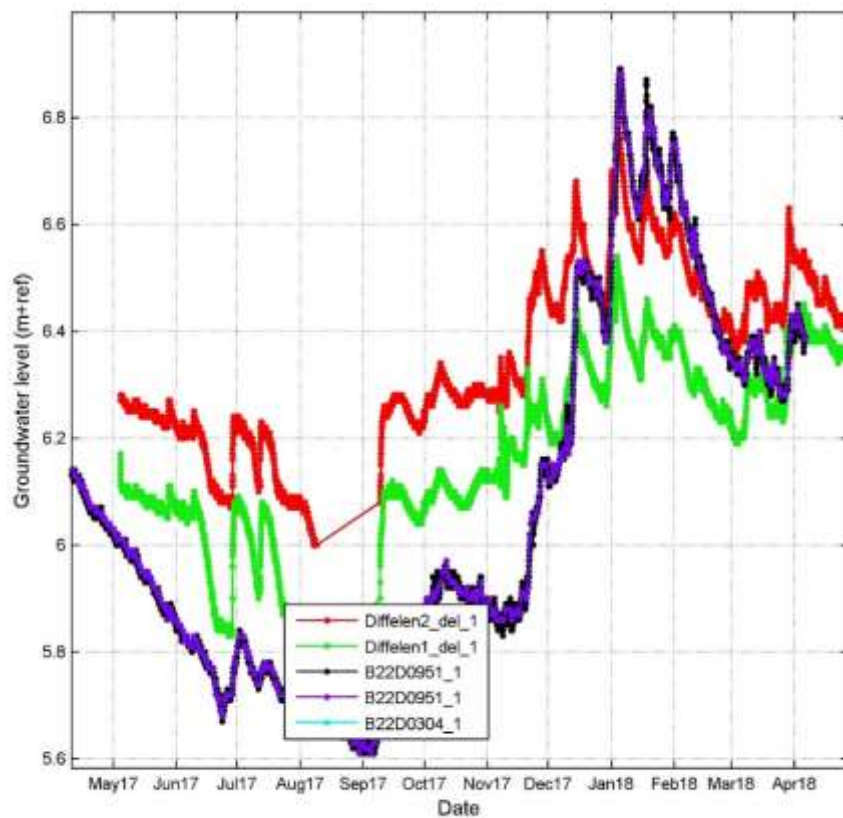
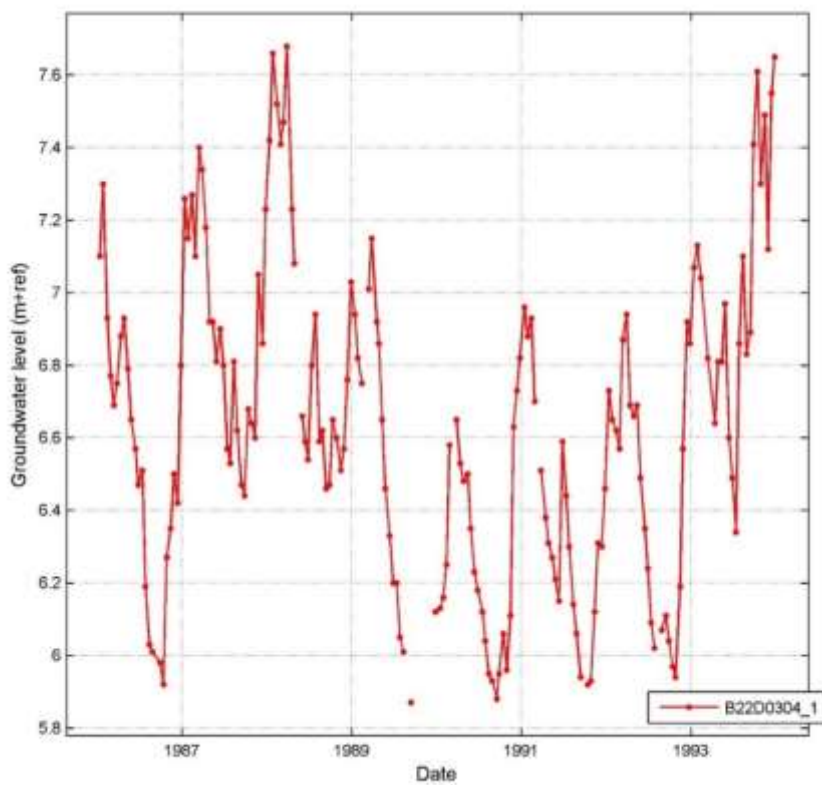
Figuur 46: Gemeten oppervlaktewaterstand in meander en in Rheezerwaterleiding

De verklaring voor de peilverschillen die in de meander optreden is de bodemhoogte van de meander. Ter hoogte van het oppervlaktewatermeetpunt KH2 (bovenstrooms) ligt de bodem van de meander op NAP +4,25 m. Het waterpeil is hier in droge perioden NAP +4,8 m. Ter hoogte van oppervlaktewatermeetpunt KH1 (benedenstrooms) ligt de bodem van de meander op circa NAP +3,93 m. Het waterpeil is hier in droge perioden NAP +4,40. Ter hoogte van de uitstroom van de meander in de Vecht ligt het bodemniveau op NAP +3,7 m. Het stuwpeil van de Vecht wordt hier grotendeels gestuurd door stuw Junne (zp=4,50, wp=4,15). De bodemhoogte van meander ligt dus ter hoogte van meetpunt KH2 gelijk of iets hoger dan het stuwpeil in de Vecht maar verder benedenstrooms lager. Dat verklaart ook het piekerige verloop van het oppervlaktewaterpeil van meetpunt KH1. De afvoer in de Vecht en het stuwpeil van stuw Junne zijn van invloed op het peilverloop in het benedenstroomse deel van de meander.

Effect Rheezerwaterleiding op grondwaterstroming

In Figuur 47 zijn de gemeten oppervlaktewaterpeilen in de Rheezerwaterleiding (Diffelen1 en Diffelen2) en de gemeten grondwaterstand van peilbuis B22D0951 weergegeven. Meetpunt

B22D0304 is opgenomen in een aparte grafiek (Figuur 47) omdat dit meetpunt alleen een oude meetreeks uit de periode 1986-1994 bevat.



Figuur 47: Gemeten oppervlaktewaterpeilen Rheezerwaterleiding en grondwaterstand in het infiltratiegebied

Uit Figuur 47 wordt duidelijk dat het peil in de Rheezerwaterleiding een groot deel van het jaar hoger ligt dan de grondwaterstand in meetpunt B22D0951. De Rheezerwaterleiding infiltreert dus in het grootste deel van het jaar totdat de leiding droogvalt en geen afvoer meer heeft.

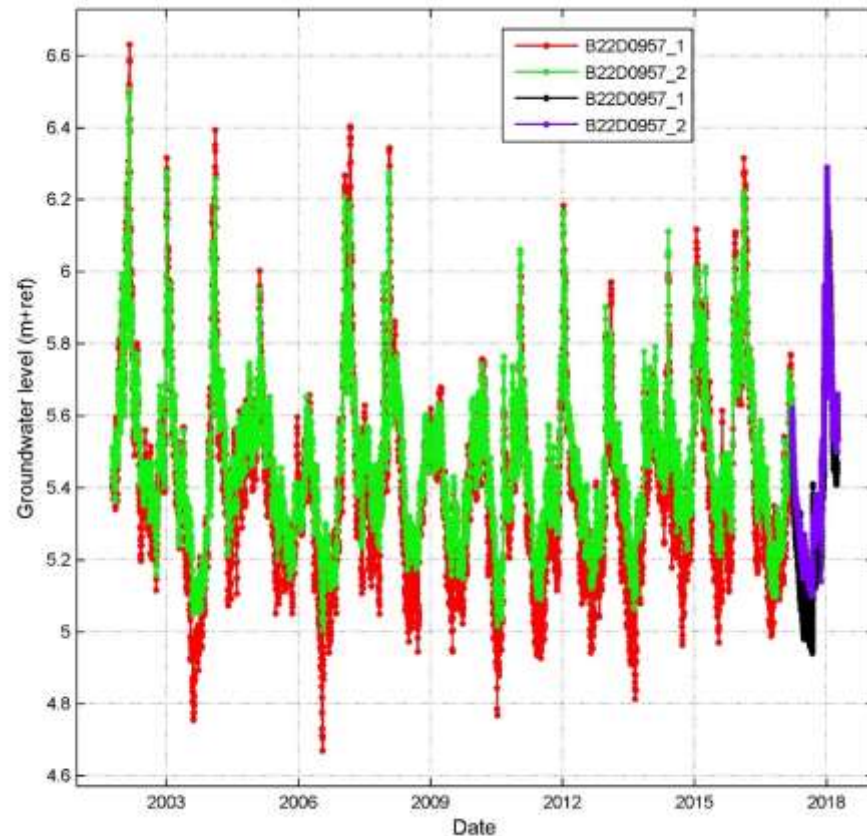
In de winterperiode heeft de leiding wel een beperkt drainerend effect. De grondwaterstand in het infiltratiegebied is hoger dan de gemeten oppervlaktewaterpeilen in de waterloop. Wanneer ook meetpunt B22D0304 in de beschouwing wordt meegenomen valt op dat vrijwel elke winter de grondwaterstand in het infiltratiegebied hoger ligt dan de bodemhoogte van de Rheezerwaterleiding. De leiding draineert het grondwater dus in de meest natte perioden in de winter.

Effect ontwatering boswachterij Hardenberg

Aan de noordzijde van de meander Karshoek mondt een diepe sloot, afkomstig uit de boswachterij Hardenberg uit in de meander. De bodemhoogte van deze sloot is ingemeten. Een tweetal dwarsprofielen en een lengteprofiel zijn weergegeven in bijlage 5.

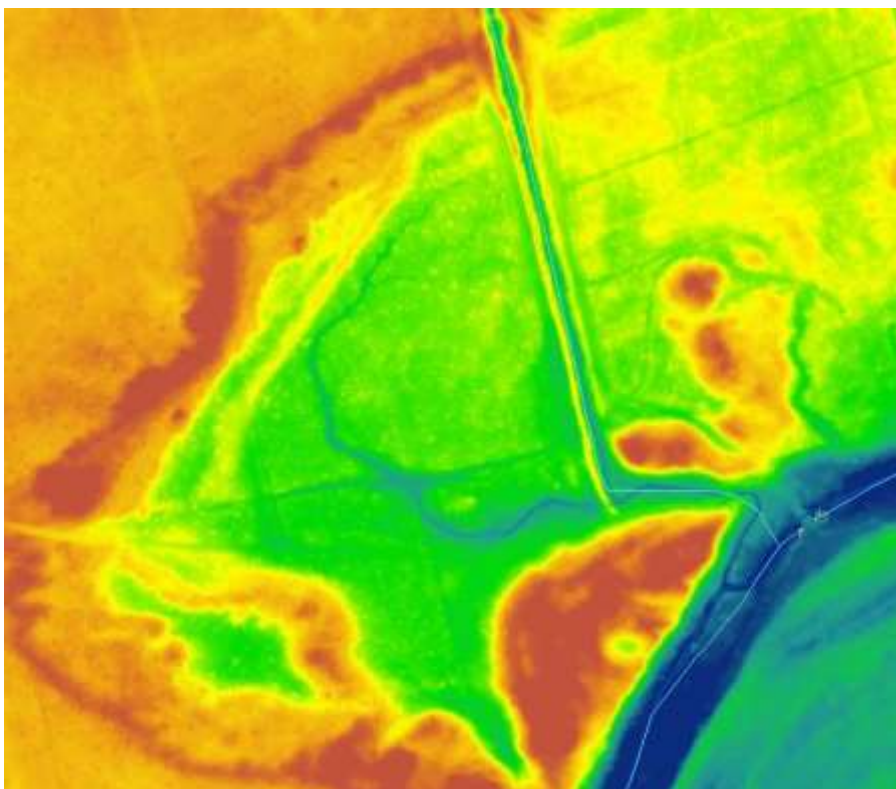
In Figuur 42 is te zien dat de sloot afkomstig uit de boswachterij Ommen een laagte te noorden van de meander en de hoger gelegen landduinen direct grenzend aan deze laagte doorsnijdt. De sloot vormt de hoofdafwatering van een groot deel van de Boswachterij Hardenberg. De landbouwgronden ten noorden van de boswachterij wateren buiten de Boswachterij om af en hebben dus een eigen afwatering (veldbezoek 29 oktober 2018).

In Figuur 48 zijn de gemeten en de op basis van tijdreeksanalyse verlengde grondwaterstanden in peilbuis B22D0957 weergegeven. Deze buis bevindt zich in de laagte ten noorden van de meander in een smalle laagte op circa 40 meter van de sloot. De bodemhoogte van de sloot ter hoogte van de peilbuis ligt op NAP +5,56 m. De grondwaterstand in de peilbuis komt vrijwel elke winter hoger dan de bodem van de sloot. De sloot draineert dus het grondwater in het winterhalfjaar. In de zomerperiode zakt het grondwater diep onder de slootbodem. De sloot heeft daarmee geen invloed op de zomersituatie en valt vroeg in het voorjaar droog. De bodemhoogte van de sloot loopt in bovenstroomse richting snel op. In het grootste deel van het traject ligt de bodemhoogte tussen NAP +6,0 en 6,57 m (zie lengte en dwarsprofielen in bijlage 5).



Figuur 48: Gemeten (paars en zwart) en op basis van tijdreeksanalyse verlengde (groen en rood) grondwaterstanden in de laagte ten noorden van de meander in Karshoek

Uit de meetreeksen wordt verder duidelijk dat het laag gelegen deel ten noorden van de meander tijdens hoge waterstanden op de Vecht niet vrij kan afwateren. Het is echter de vraag of een groot deel van de laagte überhaupt kan afwateren op de diepe sloot. Tijdens een veldbezoek (29 oktober 2018) leek er geen duiker te zitten onder het zandpad. Naast de sloot ligt een forse wal waarmee de sloot fysiek is afgesloten van de laagte (Figuur 49).

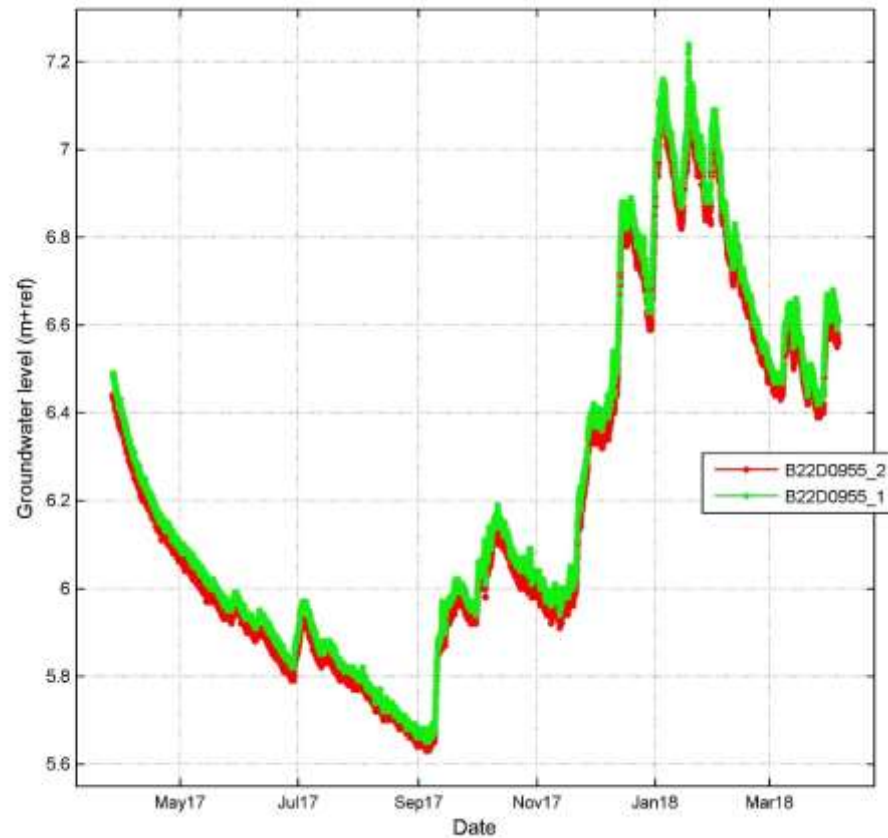


Figuur 49: Hoogteligging laagte en aanwezigheid wal langs sloot (AHN2)

Het lijkt onwaarschijnlijk dat het laag gelegen deel ten noorden van de meander regelmatig inundeert met Vechtwater omdat de maaiveldhoogte van het grootste deel van de laagte op NAP +6,60-6,80 m ligt. Ten tijde van het hoogwater in de winter van 2017/2018 blijkt dat het Vechtpeil op maximaal 5,95 kwam (oppervlaktewaterpeil meetpunt KH2). Het peil ligt daarmee circa 40 centimeter hoger dan de bodemhoogte van de sloot maar fors lager dan de maaiveldhoogte van de laagte. Uit de beschrijving in paragraaf 3.5. blijkt dat de laagte bij extremere Vechtstanden die minder frequent optreden (1x12jaar) waarschijnlijk wel met Vechtwater kan inunderen.

Effect detailontwatering rondom natte heide noordzijde

Rondom de natte heide aan de noordwestzijde van het projectgebied liggen een aantal sloten en greppels. De bodemhoogte van de sloten langs de zandweg die direct grenst aan de natte heide ligt op ca NAP +6,90 m (zie dwars- en lengteprofielen in bijlage 5). In Figuur 50 zijn de gemeten grondwaterstanden in de natte heide (B22D0955) weergegeven. Uit de figuur blijkt dat alleen in de extreem natte periode in januari en februari 2018 de grondwaterstand korte tijd hoger was dan het bodemniveau van de sloten langs de zandweg (tot maximaal NAP +7,15 m). Het is echter onwaarschijnlijk dat de sloten langs de zandweg een sterk drainerend effect hebben op het grondwater. Ten tijde van een veldbezoek werden namelijk geen duikers aangetroffen die de sloten met elkaar verbinden. De sloten fungeren dus vooral als zaksloten waar regenwater afkomstig van de zandwegen naar toe kan stromen.



Figuur 50: Gemeten grondwaterstand in de natte heide aan de noordzijde van het projectgebied

KWR heeft in het perceel met de natte heide aan de noordzijde een slenk aangetroffen. De slenk lijkt deels gegraven of verlengd. Zo is aan de noordzijde een gegraven greppel aanwezig die uitkomt in de bermsloot van het zandpad aldaar (Figuur 51). In deze slenk zijn een aantal rechthoekige kuilen aangetroffen. Het lijkt erop alsof men zakputten heeft gegraven om de heide droog te leggen (Jalink, M. en B van Delft, 2017). De greppel die laagte verbindt met de zaksloot aan de noordzijde kan in natte perioden zorgen voor versnelde ontwatering van de natte heide.

natte perioden draineren. Omdat het zaksloten betreft zonder afvoermogelijkheid zullen deze sloten niet of nauwelijks invloed hebben op het grondwaterstand verloop.

2. De mate waarin de meander het grondwater draineert is sterk afhankelijk van het bodemverloop in de meander en daarmee samenhangend het oppervlaktewaterpeil in de meander. Het bovenstroomse deel ligt qua bodemniveau hoger dan de Vecht. Daardoor is het verschil tussen grond- en oppervlaktewaterstand hier kleiner en de drainerende werking van de meander minder groot. De bodemhoogte in het benedenstroomse deel ligt lager dan het Vechtpeil. Daardoor staat het oppervlaktewaterpeil onder direct invloed van het peil in de Vecht. Het oppervlaktewaterpeil is hier fors lager dan de grondwaterstand direct naast de meander. De meander draineert het grondwater sterk. Omdat de grondwaterstanden in het infiltratiegebied jaarrond hoger liggen dan het oppervlaktewaterpeil in de meander treedt jaarrond kwel op in en direct rondom de meander. Zelfs ten tijde van het veldbezoek (29 oktober 2018) in de extreem droge zomer van 2018 was nog duidelijk sprake van stromend water in de meander en dus afvoer van grondwater.

5.4. Doelgat grondwaterstand

Om te bepalen of er in de actuele situatie sprake is van verdroging zijn voor de locaties waar peilbuizen geplaatst zijn op locaties waar habitattypen voorkomen gxx's afgeleid op basis van de met tijdreeksanalyse verlengde reeksen. Voor de bepaling van het doelgat zijn de ondiepe filters gebruikt. De gxx's voor deze locaties zijn vergeleken met de ecologische randvoorwaarden uit Waternood. De optimale bandbreedte is daarbij op vegetatietypeniveau (associatie of subassociatie) afgeleid op basis van de vegetatiebeschrijving in paragraaf 3.6.

Er zijn twee meetpunten binnen het habitatype alluviaal bos. Meetpunt B22D0952 betreft een locatie met het vegetatietype Elzenzegge-elzenbroek. Meetpunt B22D0954 staat op een locatie met de Rompgemeenschap Grote Brandnetel. Omdat het hier een rompgemeenschap betreft is ook voor deze locatie de Elzenzegge-elzenbroek genomen als ecologische randvoorwaarde. De optimale grondwaterstandrange voor dit vegetatietype ligt in het voorjaar (gvg) op -15 tot 10 cm onder maaiveld en suboptimaal tussen -30 tot 25 cm onder maaiveld. In de zomer mag het grondwater niet dieper wegzakken dan 40 centimeter (optimaal) tot 60 centimeter (suboptimaal).

Er zijn twee locaties met meetpunten binnen het habitatype Vochtige heide. Meetpunt B22D0955 staan in de vochtige heide aan de noordzijde van het plangebied. B22D0958 staat in de natte heide die direct ten noorden/noordwesten van de meander ligt. Deze locatie bestaat uit een vochtige heide waar ook een aantal soorten van zwakgebufferde/zure vennen in voorkomen. Voor beide locaties is de typische subassociatie van de natte heide als uitgangspunt genomen voor de hydrologische randvoorwaarden. De optimale voorjaarsgrondwaterstand voor dit type ligt tussen 8 en 35 cm onder maaiveld. De suboptimale bandbreedte ligt tussen -5 – 50 cm onder maaiveld. Het vegetatietype kent geen direct randvoorwaarde voor de GLG maar kent in Waternood wel een randvoorwaarde voor het aantal dagen droogtestress. Het aantal dagen droogtestress ligt op maximaal 10 (optimaal) tot 25 (suboptimaal) dagen. Uitgaande van het bodemtype ligt daarmee de optimale grens voor de GLG ondieper dan 120-150 cm beneden maaiveld.

In Tabel 4 is middels kleuren aangegeven of er sprake is van een doelgat. Opvallend is dat voor de locatie met Elzenbroekbos aan de westzijde van de meander (B22D0954) de grondwaterstanden voldoen aan de optimale vereisten terwijl hier sprake is van een rompgemeenschap met Brandnetel. Blijkbaar is op deze locatie niet zozeer de grondwaterstand bepalend voor de huidige matige

kwaliteit van de vegetatie maar spelen andere zaken zoals invloed van vermist oppervlaktewater en/of te weinig kwelinvloed naar maaiveld een rol.

In het Elzenbroekbos aan de oostzijde van de meander (B22D0952) zakt de GLG 30 centimeter te diep weg ten opzichte van de optimale grondwaterstand. Hier moet wel bij vermeld worden dat het meetpunt hier iets hoger ligt dan het maaiveld in een deel van het aangrenzende broekbos. In de laagste delen rondom het meetpunt zal de grondwaterstand daarmee wel binnen het optimale bereik liggen.

De locaties met natte heide voldoen beide niet aan de optimale vereisten. Enige nuancering is echter op zijn plaats. De natte heide direct ten westen van de meander (B22D0958) ligt op een schijnspiegelsysteem. De vegetatie heeft hier dus geen enkele relatie met de gemeten grondwaterstand in de peilbuis. Dit doelgat kan daarmee niet als knelpunt worden beschouwd.

Voor de natte heide aan de noordzijde (B22D0955) geldt dat de grondwaterstand zich in de winter vlak onder maaiveld bevindt maar in het voorjaar snel diep onder maaiveld wegzakt. In de zomer zakt de grondwaterstand weg tot net onder het optimale bereik qua vochtvoorziening. Gezien de positie van de heide in het systeem is het grondwaterstandsverloop niet zo gek. De heide ligt duidelijk in een infiltratiegebied. De zaksloten langs de zandweg bij de natte heide hebben niet of nauwelijks invloed op het grondwaterstandsverloop.

Tabel 4: Doelgat

Peilbuis	Maaiveld (m NAP)	GLG (m-mv)	GVG (m-mv)	GHG (m-mv)	Habitattype	Vegetatietype
B22D0952-1	5,57	0,7	0	0	Vochtige alluviale bossen	39AA02a
B22D0954-1	4,92	0,3	0	0	Vochtige alluviale bossen	39RG4
B22D0955-1	7,15	1,3	0,65	0,35	Vochtige heide	11Aa02c
B22D0958-1	6,93	1,91	1,52	1,31	Vochtige heide	11Aa02c/10-g

Uit deze analyse blijkt dat er ter plaatse van de peilbuizen in het Elzenbroekbos in het oosten en westen van de meander en de peilbuis in de westelijke natte heide geen sprake is van een doelgat in grondwaterstanden. De waterkwaliteitsmetingen en de vegetatiewaarnemingen laten echter zien dat er wel een eutrofiëringsknelpunt is in het Elzenbroekbos. In het oostelijk deel wordt deze verzuuring waarschijnlijk veroorzaakt door indringing van vervuild oppervlaktewater vanuit de Rheezerwaterleiding. In het noordwestelijke deel is de oorzaak waarschijnlijk gelegen in verdroging gevolgd door mineralisatie. De meander is draineert hier de grondwaterstanden en vangt de kwel af.

5.5. Verkennende scenarioberekeningen

Om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden voor het verkleinen van het doelgat zijn een viertal scenario's doorgerekend met het grondwatermodel. Niet elk scenario is technisch uitvoerbaar of reëel. De scenario's moeten worden gezien als "het draaien aan de grote knoppen". Zodoende kan nader systeeminzicht worden verkregen en kan worden getoetst of maatregelen effectief kunnen zijn.

Hierbij een opsomming van de scenario's:

- Scenario 1: Verhogen peil Vecht
- Scenario 2: Rheezerwaterleiding dempen
- Scenario 3: TOP10 watergangen dempen
- Scenario 4: Naald- en loofbos kappen en vervangen door heide/droge natuur.

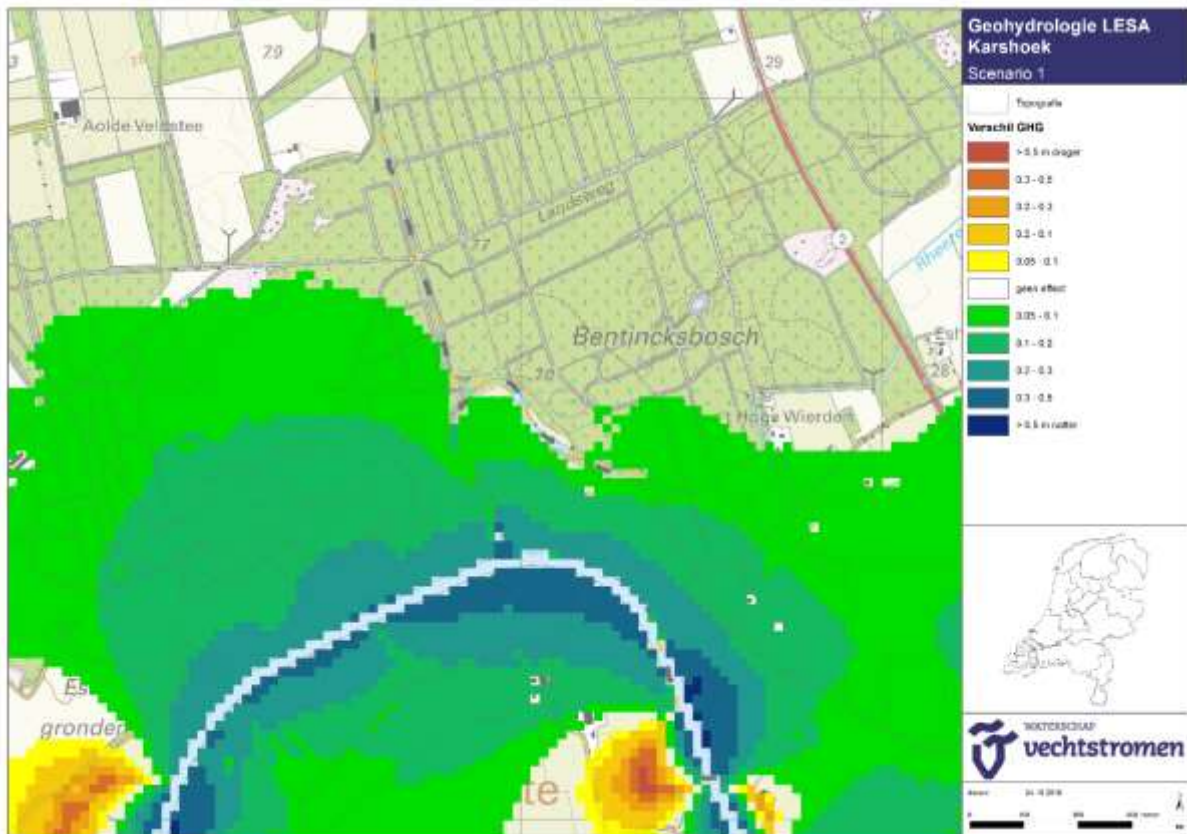
Scenario 1

Scenario 1 betreft het verhogen van de oppervlaktewaterpeilen van de Vecht. Voor scenario 1 is gebruik gemaakt van de modelresultaten van het VKA (sc 11) uit het Achtergronddocument watersysteemanalyse Vecht: van visie naar ontwerp. De zomerpeilverhoging betreft +20 cm en de winterpeilverhoging betreft +40 cm. Sc11 bevat naast de peilverhoging ook andere maatregelen zoals een kleine verbreding van het profiel van de Vecht.

Door de peilverhoging in de Vecht treedt er in de zijwaterlopen opstuwing op. De mate van opstuwing is berekend met het Sobek oppervlaktewatermodel van de Vecht en is vervolgens in het grondwatermodel meegenomen.

Figuur 52 geeft het effect van de peilverhoging in de Vecht weer voor zowel de GHG als GLG situatie. In de directe omgeving van de Vecht gaat de grondwaterstand met ca. 0,10 tot 0,30 m omhoog. De effecten dempen aan de noordzijde van de meander in Karshoek uit. In dit deel van de meander is geen opstuwing in het oppervlaktewaterpeil berekend met Sobek en hierdoor blijven de effecten begrenst tot binnen de meander.

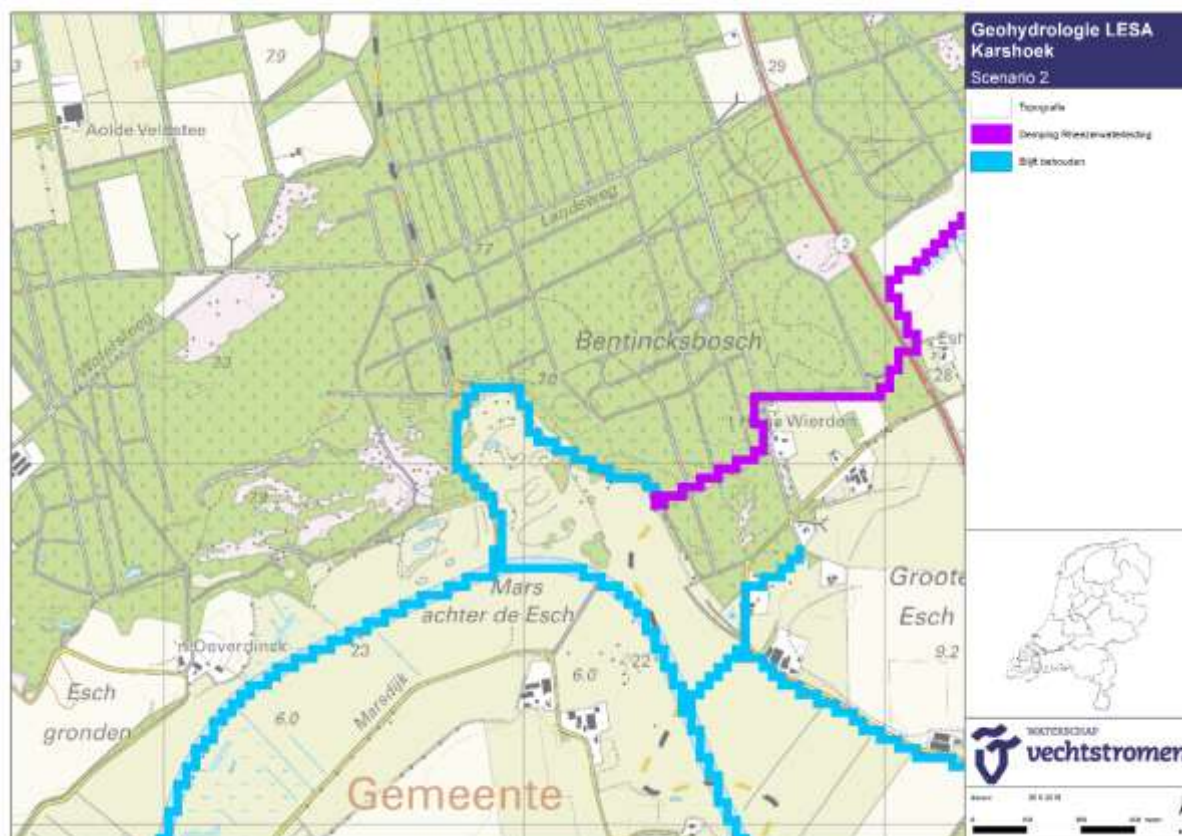
Het verhogen van het Vechtpeil heeft een positief effect in de zin dat het leidt tot een verhoging van de grondwaterstanden bij de habitattypen in Karshoek. Bovendien leidt de peilverhoging tot een toename van de kwelflux in de laag gelegen gronden langs de Vecht. De peilverhoging zal echter optreden in het gehele stuwpand Junne. Daarmee treedt er ook een forse verhoging op van de grondwaterstanden op gronden langs de Vecht die buiten het natuurgebied liggen. Deze regionale maatregel heeft impact over een groot gebied, waar het projectgebied Karshoek slechts een klein deel van uitmaakt.



Figuur 52: Effect van scenario 1 op GHG (boven) en GLG (onder). Opgemerkt wordt dat in het VKA naast de peilverhoging in de Vecht ook een aantal nieuwe meanders in de Vecht doorgerekend. Dit is de reden dat er in onderstaande kaarten een aantal locaties te zien zijn met een verlaging van de grondwaterstand.

Scenario 2

Scenario 2 betreft het dempen van de Rheezerwaterleiding. In Figuur 53 is de demping van de Rheezerwaterleiding met roze weergegeven. Omdat deze scenariostudie “het draaien aan de grote knoppen is” is er vooralsnog geen rekening gehouden met de afwatering van de landbouwgebieden die afwateren op de Rheezerwaterleiding.



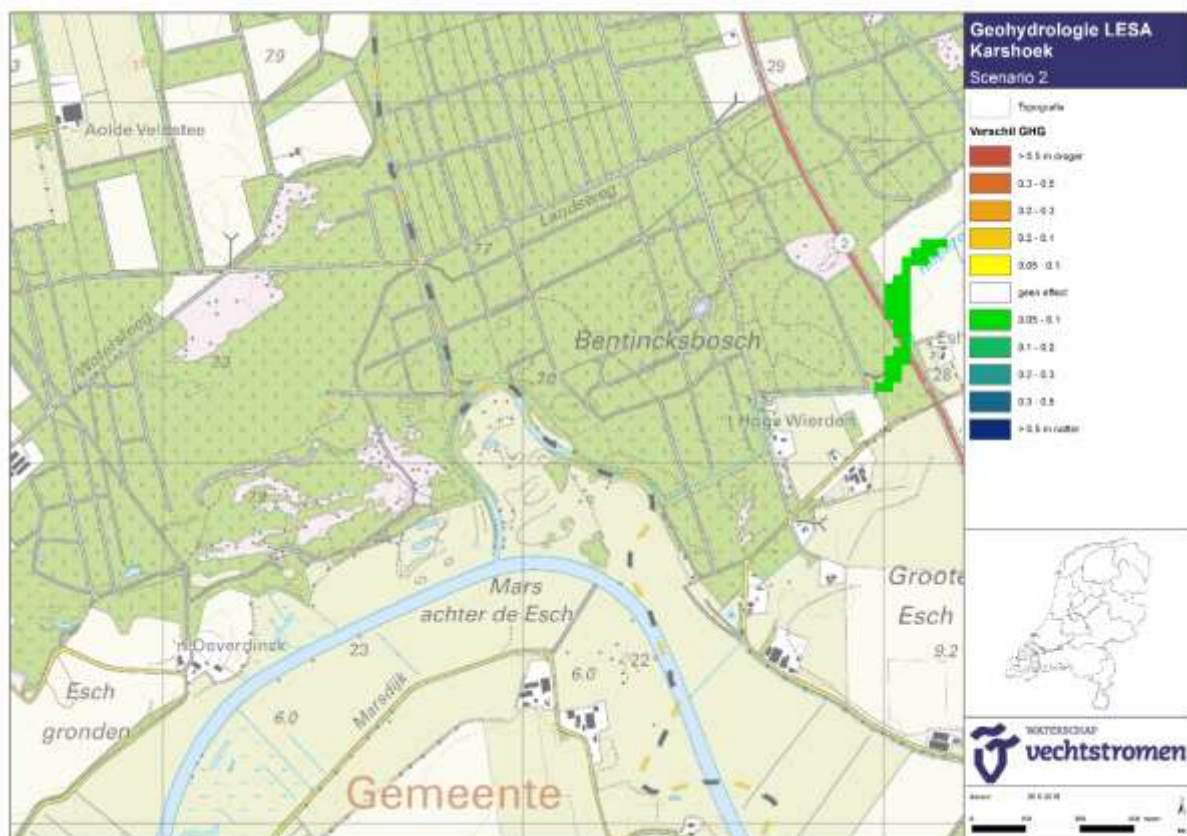
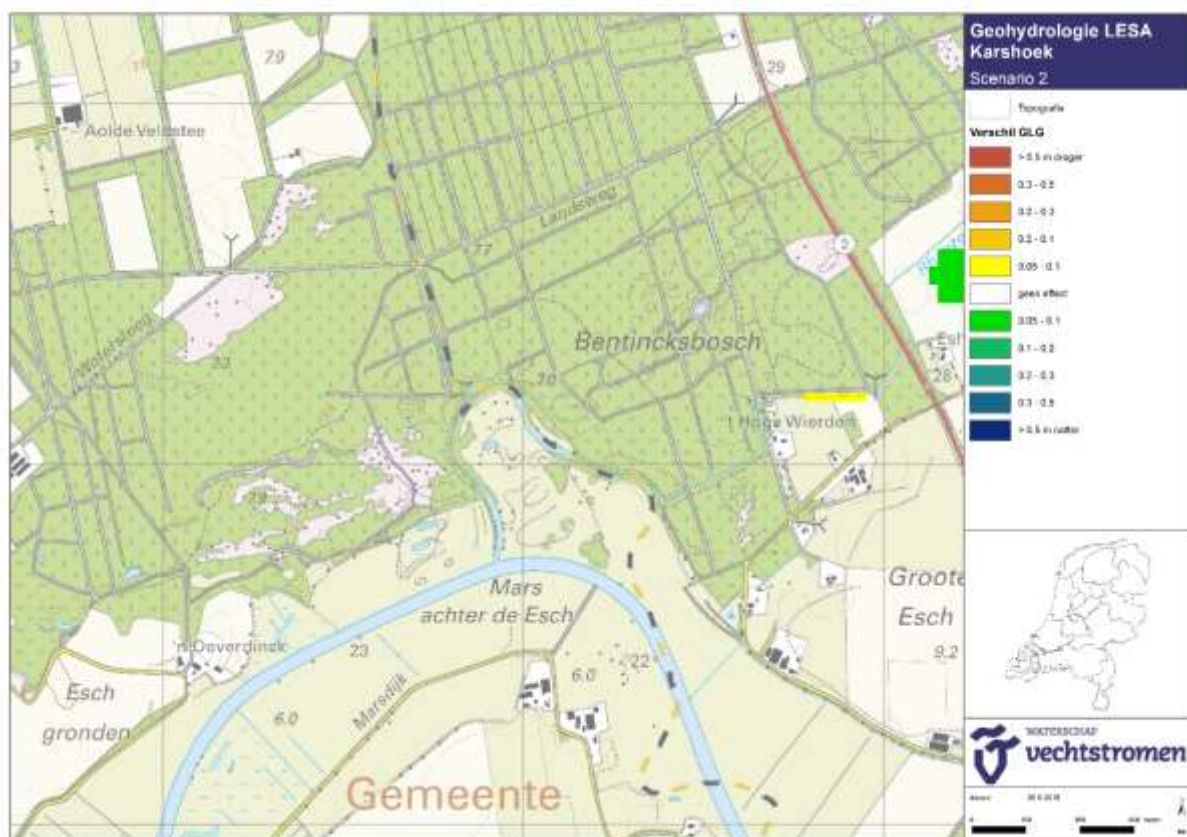
Figuur 53: Demping Rheezerwaterleiding in model

Figuur 54 geeft de effecten weer wanneer de Rheezerwaterleiding wordt gedempt. In de GHG situatie heeft het dempen een vernattend effect tot maximaal 10 cm vanwege het verkleinen van de drainerende werking. De berekende effecten op de GHG zijn zeer beperkt en zeer lokaal.

Uit de analyse van de peilbuizen in paragraaf 5.3 blijkt dat de Rheezerwaterleiding in de wintersituatie een drainerende werking heeft op de grondwaterstand in het noordelijke infiltratiegebied. Het berekende effect op de GHG wordt in het model onderschat, zowel ruimtelijk als in grootte. Dit heeft te maken met het feit dat het model de GHG te laag berekend (10-20 cm afwijking, zie bollenkaart in bijlage 4).

In de GLG situatie wordt er zeer lokaal een verlaging berekend, op deze locatie is het waterpeil in de zomerperiode hoger dan de grondwaterstand waardoor de Rheezerwaterleiding infiltreert. Bij het dempen van de Rheezerwaterleiding is dit niet meer mogelijk. Daarnaast is en het uiterste oosten van het gebied ook een vernattend effect tot maximaal 10 cm zichtbaar vanwege het verkleinen van de drainerende werking.

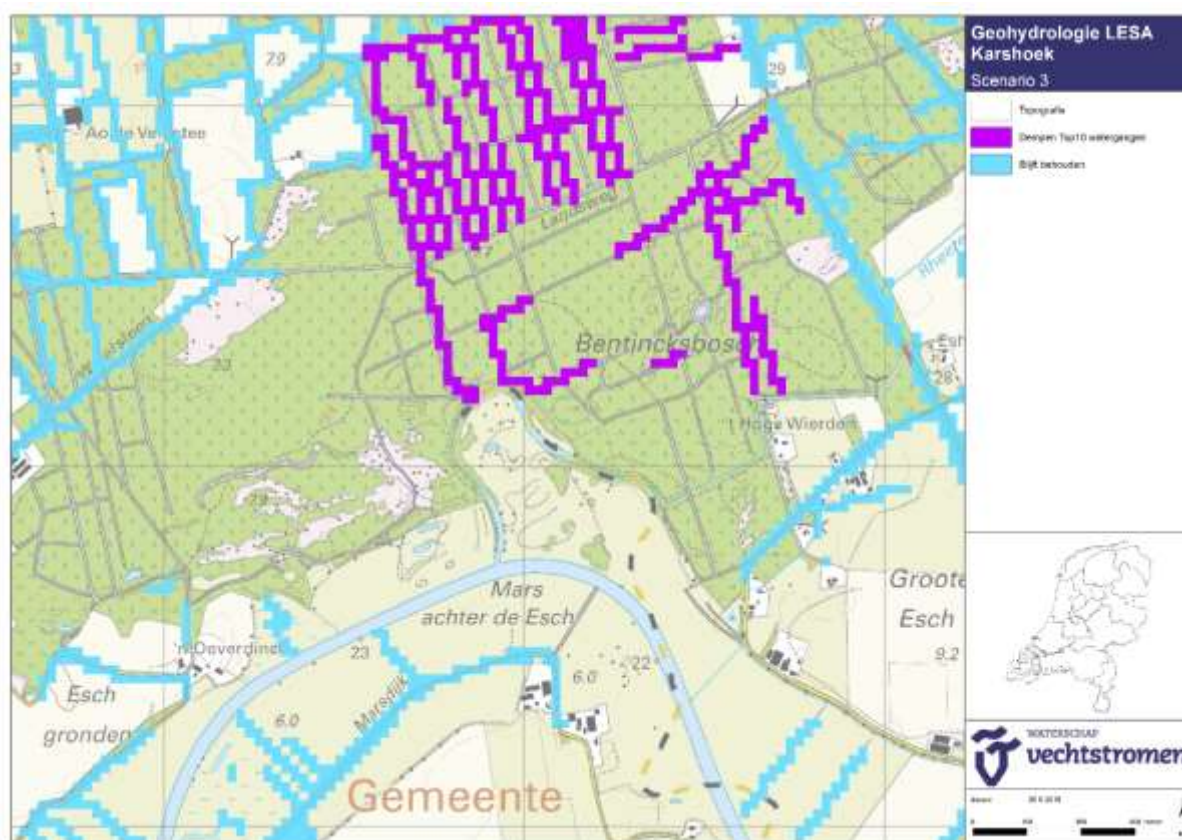
De berekende grondwaterstandsverhoging reikt niet tot in het N2000 gebied en heeft daarmee geen effect op de habitattypen. Ondanks dat het dempen van de Rheezerwaterleiding geen kwantitatief effect heeft op de habitattypen, is het kwalitatieve effect van afkoppelen van de leiding wel belangrijk voor het habitatype vochtig alluviaal bos.



Figuur 54: Effect van scenario 2 op GHG (boven) en GLG (onder)

Scenario 3

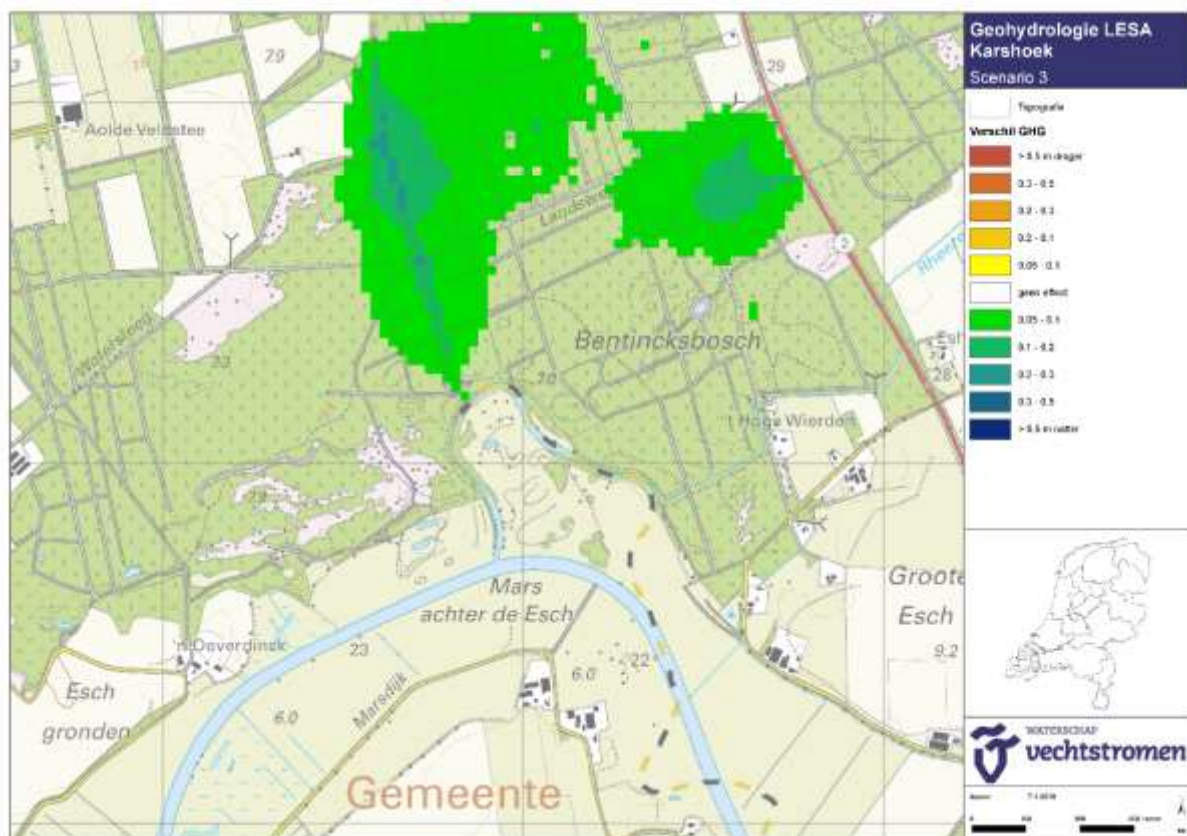
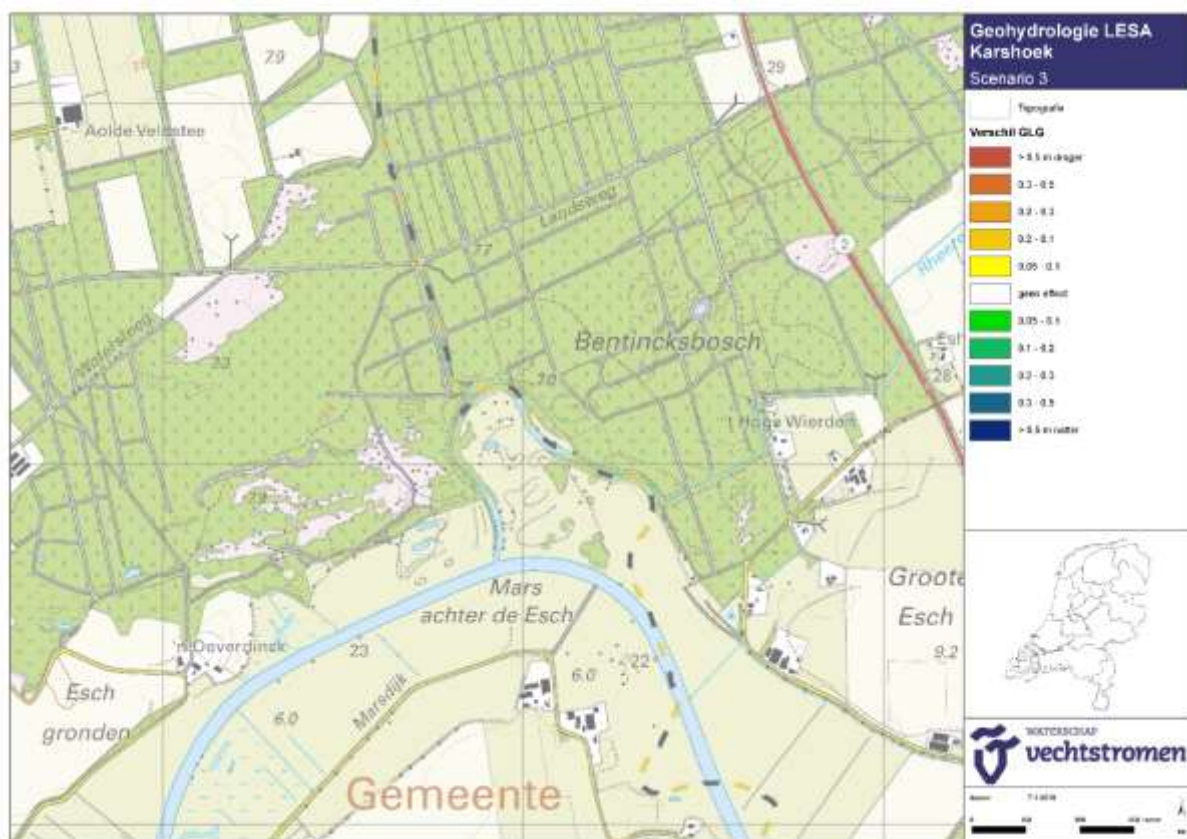
Scenario 3 betreft het dempen van alle top10 watergangen in het infiltratiegebied ten noorden van Karshoek. Figuur 55 geeft met roze de demping van de top10 watergangen weer.



Figuur 55: Demping top10 watergangen in intrekgebied

Het dempen van de top10 watergangen ten noorden van het gebied Karshoek beperkt zich tot een zichtbaar effect bij de GHG situatie (Figuur 56). Het dempen van de top10 watergangen in het bosgebied resulteert in een verhoging van de GHG met 5 tot 10 cm. De sloot die in het noorden van de meander uitkomt vormt de ontwatering van de boswachterij Hardenberg. Dit is een relatief diepe sloot. Bij het dempen van deze sloot wordt het grootste effect (5-20 cm) op de GHG berekend. De stijging van de grondwaterstand in de winter resulteert een toename van de kwelflux in de noordzijde van de meander. Echter door de diepe ligging wordt de kwel voornamelijk afgevangen door de meander. Deze maatregel is het meest effectief in combinatie met het verondiepen van de meander.

In de loop van het voorjaar en in de zomer vallen de top10 watergangen droog. In het model wordt dan ook geen effect op de GLG berekend.

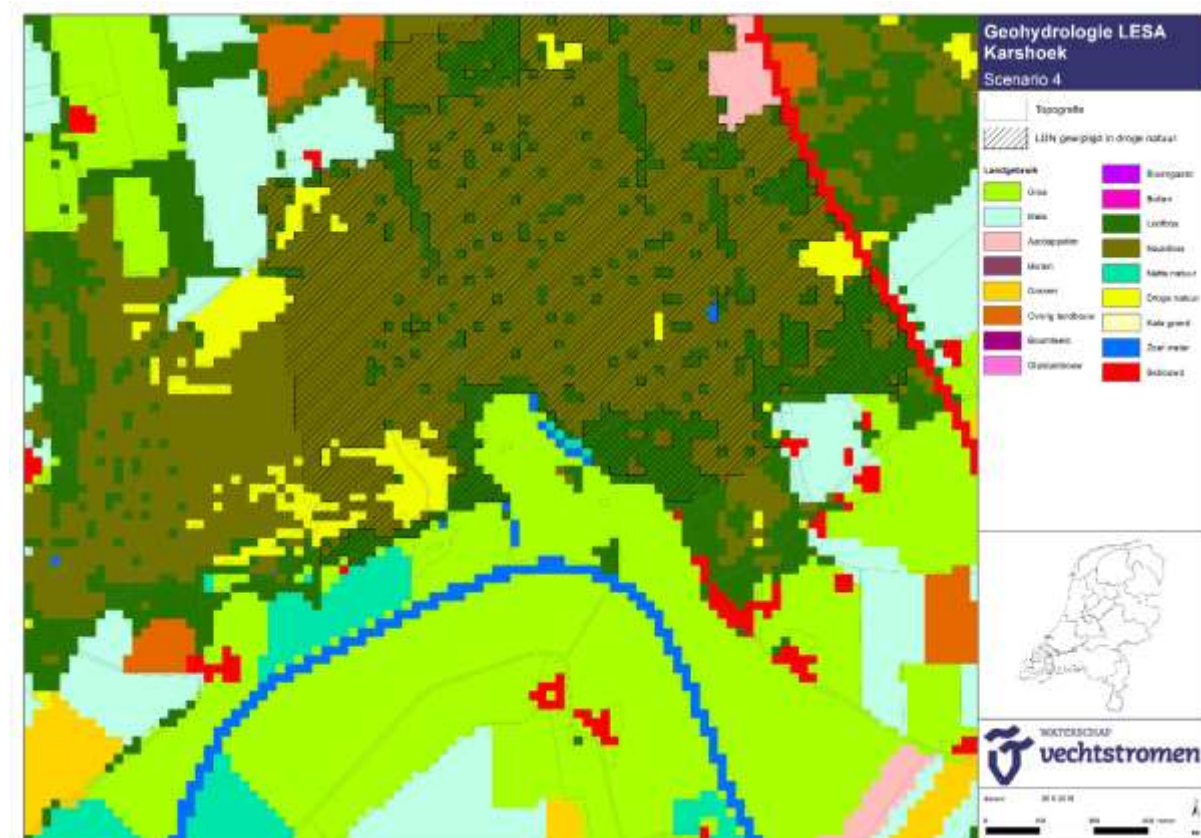


Figuur 56: Effect van scenario 3 op GHG (boven) en GLG (onder)

Scenario 4

De invloed van naaldbos op de verdamping en daarmee de grondwateraanvulling in het infiltratiegebied kan een rol spelen voor de grondwaterstroming naar Karshoek. Door omvorming van naaldbos naar loofbos of omvorming naar heide zal de grondwateraanvulling en daarmee de opbolling in het infiltratiegebied toenemen. Hoe groter de opbolling in het infiltratiegebied hoe sterker de kwelflux in en rondom de meander. Het maximale kwantitatieve effect van deze maatregel is berekend met het grondwatermodel.

Scenario 4 betreft het kappen van het loof- en naaldbos binnen het intrekgebied van Karshoek-Stegeren. Uitgegaan wordt van een nieuwe inrichting met heide/droge natuur. In Figuur 57 is met een arcering weergegeven welk gebied opnieuw wordt ingericht.



Figuur 57: Kappen van bos binnen het intrekgebied

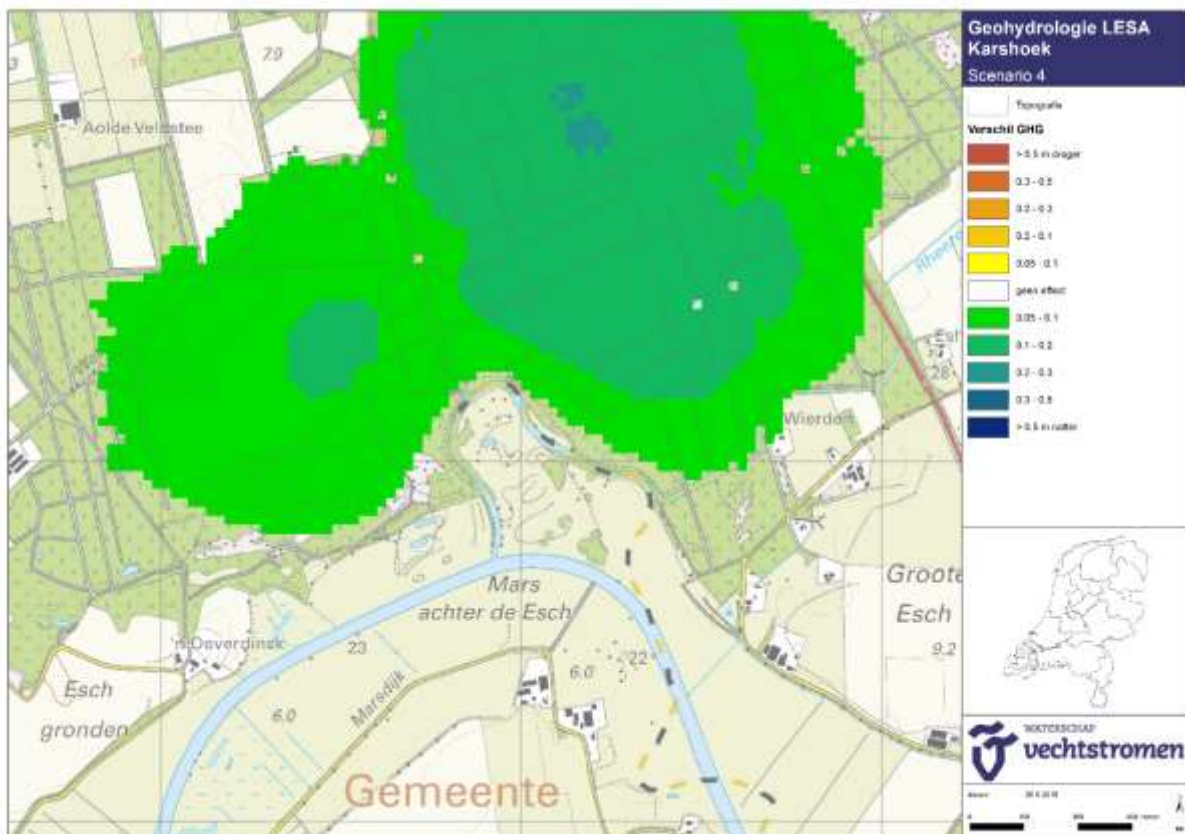
Op basis van de effecten zoals getoond in Figuur 58 is zichtbaar dat het kappen van bos een substantieel effect heeft op de grondwaterstanden ter plaatse van het intrekgebied en aan de randen van gebied Karshoek-Stegeren. De berekende grondwaterstandverhoging is maximaal 20 a 30 cm. Dit geeft aan dat de grondwateraanvulling in het model sterk toeneemt door het kappen van het naaldbos.

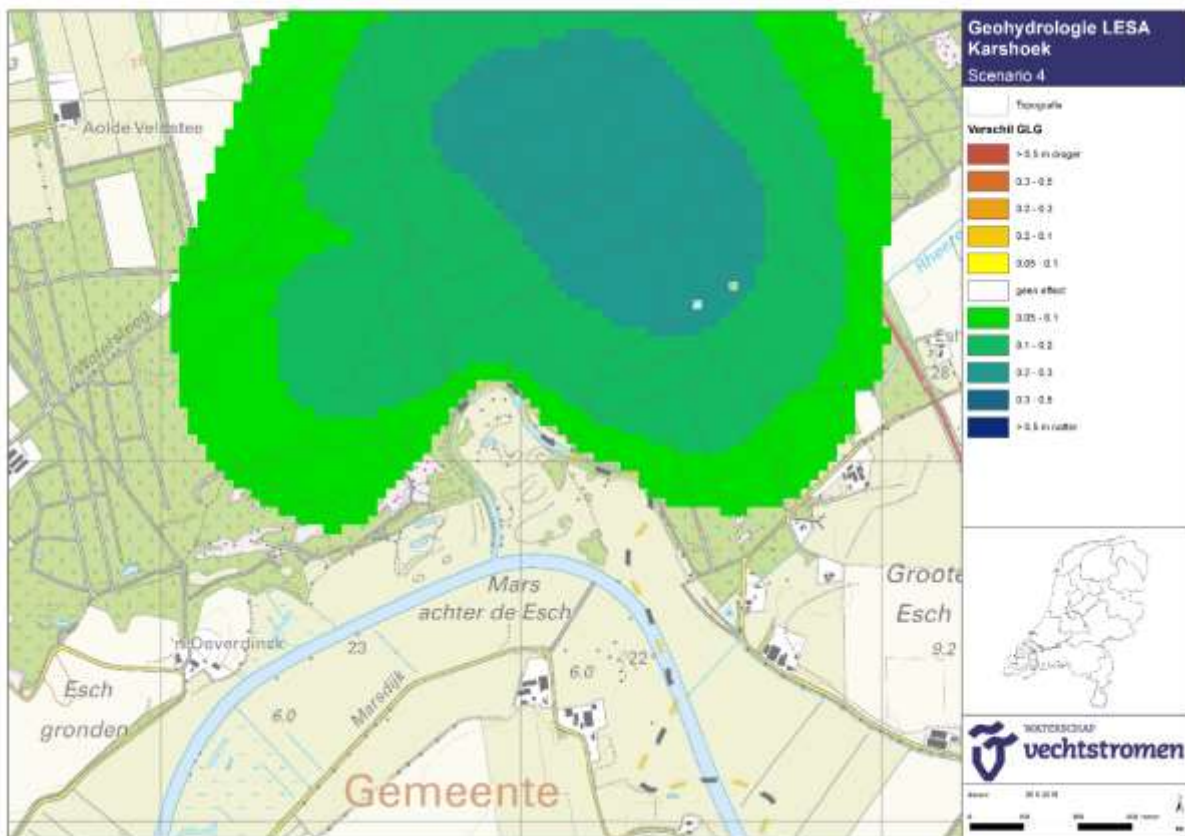
Mogelijk treedt er in het model een overschatting op van de extra grondwateraanvulling in de zomer. In de zomer ligt de grondwaterstand in het bosgebied op ruim 2 m-maaiveld. Hierdoor treedt er in werkelijkheid een verdampingsreductie en remming van de plantengroei op, die wellicht niet in voldoende mate door het model wordt meegenomen.

Er treden geen uitstralingseffecten op in het centrale gebied tussen de meander en de Vecht. Hierin speelt mee dat de grondwaterstand in de winter al reeds aan maaiveld ligt en dus niet hoger kan

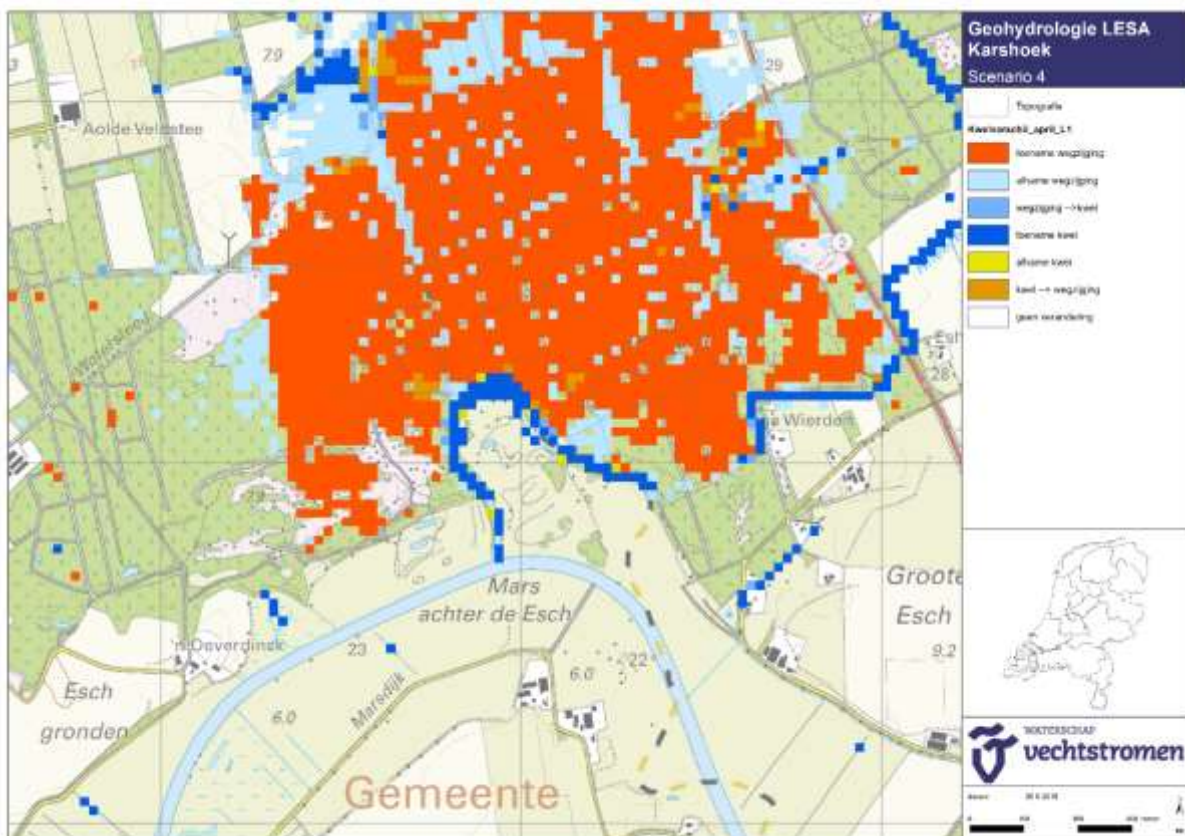
stijgen, maar ook dat meander een deel van het effect wegvangt omdat deze op peil wordt gehouden in het model.

Door de afname van de verdamping treedt een toename op van de infiltratie, en daarmee de grondwateraanvulling, ten noorden van de meander (Figuur 59). In de meander treedt daardoor een toename op van de kwel. Het kappen van het bos is op zichzelf staand geen voldoende maatregel. De toename van de kwel kan in principe ten goede komen aan de habitattypen langs de meander, maar door de huidige diepe ligging van de meander wordt de kwel voornamelijk afgevangen door de meander. Deze maatregel kan wel een bijdrage leveren in combinatie met het verondiepen van de meander. De boskap heeft echter een grote impact op de landschapsbeleving in het gebied en is om deze reden minder wenselijk.





Figuur 58: Effect van scenario 4 op GHG (boven) en GLG (onder)



Figuur 59: Effect van scenario 4 op kwel- en infiltratie

6. Synthese

De Karshoek is een oude kronkelwaard met een eenzijdig aangetakte meander. Aan de noordzijde liggen hooggelegen landduinen en stuifzanden die bestaan uit voornamelijk bos met heideveldjes. Binnen de meander is het kleinschalige reliëf, dat bij duinvorming ontstond, intact gebleven. Het zuidelijk deel van Karshoek en de graslandpercelen langs de Vecht is laaggelegen en bestaat uit oude oeverwallen en rivierkommen.

De meander staat aan de westzijde in open verbinding met de Vecht. De bodem van de meander is diep ingesneden (oost NAP +4,25 m en west NAP +3,9 m) en de meander voert jaarrond water af. Stroomopwaarts komt de Rheezerwaterleiding uit in de meander. Deze watergang vormt de afwatering van een gebied met landbouw en natuur dat tot Hardenberg strekt. In de zomerperiode valt de Rheezerwaterleiding droog. De Vecht vormt de drainagebasis van het systeem met een zomerpeil van NAP +4,50 m en een winterpeil van NAP +4,15 m (stuw Junne).

De bovenste paar meter van de ondergrond in de Karshoek bestaan uit de fijnzandige en soms lemige afzettingen van de formatie van Bortel. Hieronder bevinden zich de grovere zanden van de formatie van Kreftenheye. De basis van het watervoerend pakket wordt hier gevormd door de keileem (Formatie van Drenthe) die tussen NAP -5 en -7 m begint. In de bovengrond komen lokaal klei- en veenafzettingen voor in de lagere delen van de kronkelwaarden. In de natte heide ten westen van Karshoek ligt een compacte organische laag waarop zoveel regenwater stagneert dat er plaatselijk vennen zijn ontstaan.

De grondwaterstand ligt bij de meander en in de laagte ten noorden van de meander in de winter aan maaiveld en zakt in de zomer 30-80 centimeter onder maaiveld weg. Op de hogere stuifzandgebieden ligt de grondwaterstand in de winter op ca. 150 centimeter onder maaiveld en zakt in de zomer weg tot meer dan 200 centimeter onder maaiveld. Uit het isohypsenpatroon en de tijdreeksanalyse blijkt dat de grondwaterstanden sterk door de Vecht beïnvloed worden. Ook de meander heeft een drainerende werking op het grondwater. De peilbuizen laten zien dat er direct rondom de meander en in de laagte ten noorden van de meander jaarrond kwel optreedt. De hoge bosgebieden zijn infiltratiegebieden. In de laagte bij de rivier treedt in de zomer kwel op en in de winter infiltratie. De kwel in deze lagere delen hangt samen met de afstand tot de Vecht en de invloed van de Vecht op de grondwatersituatie. De invloed op het al dan niet optreden van kwel lijkt beperkt tot hooguit 200 tot 300 meter.

Op de concept-habitattypekaart van de provincie zijn de vegetaties binnen de meander gekarteerd als stroomdalgrasland en een kleiner deel zandverstuivingen. Er is echter twijfel over de juistheid van de habitattypekaart. Een groot deel van de binnen de meander gelegen vegetatie is productief, met hier en daar schralere plekken die tot stroomdalgrasland gerekend kunnen worden. In overige hoger gelegen delen is veel geel walstro aanwezig, maar die wordt slechts incidenteel door kensoorten van stroomdalgraslanden begeleidt. Vaker zijn productieve grassen de begeleidende soorten. De hoogste delen zijn zuur, met een dominantie van zandzegge. Deze kunnen niet tot het habitattype stuifzanden gerekend worden.

Uit bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem van Karshoek voor stroomdalgraslanden te voedselrijk is. De directe beschikbaarheid van fosfaat is te hoog en de bodem is te zuur. Daarnaast is het huidige extensieve graasbeheer waarschijnlijk negatief voor het behoud van de bodemkwaliteit, waardoor die verder zal verzuren en die verdere humusophoping tot gevolg heeft. Het is niet te verwachten dat binnen de Karshoek een goede staat van instandhouding van de bodem kan worden

bereikt in de komende 25 jaar. Er kan wel enige verbetering optreden door de stroomdalgraslanden een aantal jaren met schapen te begrazen en Calciet toe te voegen aan de bodem.

De oude meander bestaat voor het grootste deel uit het habitatype alluviale bossen en heeft een grotere omvang dan op de habitatypekaart is aangegeven. Een groot deel van de vegetatie wordt geïnterpreteerd als de rompgemeenschap van Grote brandnetel van het Elzenbroekbos. De vegetatie is vervuigd door eutrofiëring. In het oostelijk deel is de oorzaak indringing van vervuild oppervlaktewater vanuit de Rheezerwaterleiding. In het noordwestelijke deel is de oorzaak waarschijnlijk gelegen in verdroging gevolgd door mineralisatie.

De Rheezerwaterleiding heeft een deel van het jaar een infiltrerende werking totdat de leiding droogvalt in de zomer. In de winter draineert de leiding alleen in de meest natte periode. De Rheezerwaterleiding heeft daarmee geen effect op de grondwaterstand bij de habitattypen. Waterkwaliteitsonderzoek heeft echter uitgewezen dat de waterkwaliteit van de meander Karshoek voor 90% bepaald wordt door vervuild landbouwwater. Dit water wordt via de Rheezerwaterleiding afgevoerd uit omliggend landbouwgebied. De huidige oppervlaktewaterkwaliteit is weinig geschikt voor de ontwikkeling van alluviale bossen, en zeker niet voor hogere eisen stellende habitattypen als trilvenen. Het grondwater dat de meander voedt is wel van een goede kwaliteit, ook voor trilvenen.

Uit de peilbuismetingen blijkt dat er ter plaatse van de peilbuizen in het Elzenbroekbos in het oosten en westen van de meander geen sprake is van een doelgat wat betreft grondwaterstanden. De grondwaterstand- en oppervlaktewaterstandmetingen laten echter wel zien dat de meander jaarrond een sterk drainerende werking heeft op de grondwaterstand. De drainerende werking is het grootste in het westen waar de bodem van de meander lager ligt bij de uitstroom op de Vecht. Desondanks is er jaarrond kwel in de meander en valt de meander niet droog. Het is echter de vraag of deze kwel het omliggende maaiveld in het Elzenbroekbos voldoende kan bereiken.

De sloot die aan de noordzijde afwatert op de meander is afkomstig uit de boswachterij Hardenberg en doorsnijdt het laag gelegen deel ten noorden van de meander in de winter periode. De sloot vangt in deze periode het grondwater af dat naar de meander en het Elzenbroekbos stroomt. Dit zorgt voor een vermindering van de opbolling in het infiltratiegebied en daarmee een vermindering van de lokale kwelflux naar de meander.

Ten westen van de meander is een natte heide aanwezig met een zwakgebufferd ven. Hier omheen liggen de habitattypen stuifzandheiden en jeneverbesstruwelen. Deze habitattypen zijn in het veld aangetroffen op de locaties waar ze op de kaart zijn aangegeven. Ten noorden van de meander is eveneens een perceel met natte heide gelegen.

De natte heide direct ten westen van de meander ligt op een schijnspiegelsysteem dat onafhankelijk van het grondwatersysteem functioneert. De vegetatie is hier afhankelijk van regenwater dat stagneert op een slecht doorlatende laag. Het is een lokaal systeem waarop de ontwateringsmiddelen in de omgeving geen of nauwelijks invloed op hebben.

In de natte heide aan de noordzijde is er wel een doelgat in het voorjaar en de zomer. Het feit dat de grondwaterstand in het voorjaar snel en diep uitzakt is echter systeemeigen, aangezien de heide in een infiltratiegebied ligt. De ontwateringsmiddelen in de omgeving hebben hier geen invloed op. De sloten langs de zandweg fungeren vooral als zaksloten waar regenwater afkomstig van de zandwegen naar toe kan stromen. De in de slenk aanwezige heide is middels een greppel verbonden met één van de sloten langs de zandweg. Dit kan in natte perioden zorgen voor een versnelde afvoer van water uit de natte heide.

7. Maatregelen

In dit hoofdstuk wordt op basis van de systeemanalyse een advies gegeven voor de te treffen maatregelen in Karshoek.

7.1. Beschrijving maatregelen

Stroomdalgraslanden

De bodem van Karshoek bevat voor stroomdalgraslanden een te hoge voedselrijkdom. Het is niet te verwachten dat binnen de Karshoek een goede staat van instandhouding van de bodem kan worden bereikt in de komende 25 jaar. Er kan wel enige verbetering optreden door de volgende maatregelen uit te voeren:

- Begraas gedurende een aantal jaren de stroomdalgraslanden met schapen. Deze dienen de vegetatie kort af te grazen en dienen 's-nachts buiten het gebied te worden gehouden. Het is belangrijk dat de vegetatie kort de winter in gaat. Deze maatregel is een alternatief voor maaien en afvoeren.
- Voeg Calciet toe aan de bodem zodat de calcium:ijzer-ratio boven de 0,3 stijgt. Dat kan bijvoorbeeld met Dolokal, waarbij de toe te dienen hoeveelheid nog berekend moet worden. Het dient te worden toegediend in een kort afgegraasde vegetatie.

Het wordt niet aanbevolen om graafwerkzaamheden in Karshoek uit te voeren met het doel stroomdalgraslanden te realiseren. Graafwerkzaamheden dragen niet bij om de condities voor stroomdalgrasland te verbeteren. Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt namelijk dat de ijzer- en calciumgehalten in het profiel weinig veranderen, waardoor het niet zinvol is om de dieper liggende bodem naar boven te halen om de basenhuishouding te verbeteren.

Vochtige alluviale bossen

Om de vervuilde Elzenbroekbossen met rompgemeenschap van Grote brandnetel in de oude meander te herstellen is een verbetering van de waterkwaliteit noodzakelijk. Dit wordt enerzijds gedaan door de aanvoer van verrijkt landbouwwater op de meander te voorkomen. Anderzijds wordt dit beoogd door de basenvoorziening te verbeteren door het versterken van de kwelinvloed naar maaiveld. De volgende maatregelen worden geadviseerd, in volgorde van prioriteit, om een goede uitgangssituatie voor het herstel van het Elzenbroekbos te creëren:

- Rheezerwaterleiding afkoppelen van de meander en omleiden.
- Het oppervlaktewaterpeil en de bodem van de meander verhogen.
- De watergang in het noordelijke bos dempen in de laagte noordelijk van de meander.

De waterkwaliteit van de meander wordt voor 90% bepaald door vervuild landbouwwater. Door de Rheezerwaterleiding af te koppelen zal de kwaliteit van het oppervlaktewater in de meander verbeteren. In het winterhalfjaar zal er door deze maatregel geen oppervlaktewateraanvoer meer plaatsvinden op de meander. Dit heeft naar verwachting geen negatieve effecten op de grondwatersituatie, omdat de kwelflux in de meander voldoende groot is, waardoor de meander

jaarrond een stabiele waterstand heeft. Er wordt aanbevolen om de Rheezerwaterleiding tot aan de kruising met de Onderveldsweg te dempen, ter hoogte van de stuw Diffelen2. Dit traject van de watergang snijdt door een hoge zandkop en is relatief diep waardoor het voor drainage van het intrekgebied van de meander zorgt. Voor de afvoer van het landbouwwater via de Rheezerwaterleiding naar de Vecht zal een nieuw tracé gezocht moeten worden. Door Nijhof en Teunis (2016) zijn twee alternatieve tracés in beeld gebracht (Figuur 60). Een combinatie van tracés is ook een mogelijkheid, dus een afkoppeling naar de Vecht op meerdere plaatsen. Vanuit landschapsecologisch perspectief is het aan te bevelen om daarbij de laagtes in het maaiveld te volgen.



Figuur 60: Voorbeeld van alternatieve tracés Rheezerwaterleiding uit Nijhof en Teunis (2016)

Het verhogen van het oppervlaktewaterpeil in de meander is de belangrijkste lokale knop om de grondwaterstanden en kwelsituatie rondom de meander te versterken. Het is van groot belang dat het oppervlaktewaterpeil daarbij net iets lager is dan de stijghoogte van het grondwater naast de meander, om de kwelinvloed naar maaiveld in het broekbos te maximaliseren. Die stijghoogte ligt in droge periode net boven een niveau van NAP +4,70 m (west) en NAP +4,95 m (oost). Door een bodemverhoging in de meander door te voeren tot ca. NAP +4,60-4,85 m wordt de drainerende werking van de meander verminderd en kan de kwelinvloed in het maaiveld rondom de meander toenemen. Daarnaast is de verwachting dat de grondwaterstand, met name in de zomerperiode, hoger wordt. Vanuit de KRW doelen van de Vecht is een open verbinding met de meander wenselijk. Geadviseerd wordt om met een vispasseerbare cascade het verschil in hoogte tussen de bodem/peil van de meander en de Vecht te overbruggen.

De kwelflux richting de meander kan verder versterkt worden door de sloot aan die noordzijde afwatert op de meander over een lengte van ca. 220 meter te dempen (Figuur 61). Deze sloot voert water af uit de Boswachterij Hardenberg. Er zijn bovenstrooms geen landbouwgronden die afhankelijk zijn van de afwatering via deze sloot. Door de maatregelen wordt er minder water

afgevoerd en zal de opbolling in het infiltratiegebied sterker worden. Het effect op Karshoek zal, in verhouding met het effect van het peil in de meander, beperkt zijn en alleen in de winter optreden.

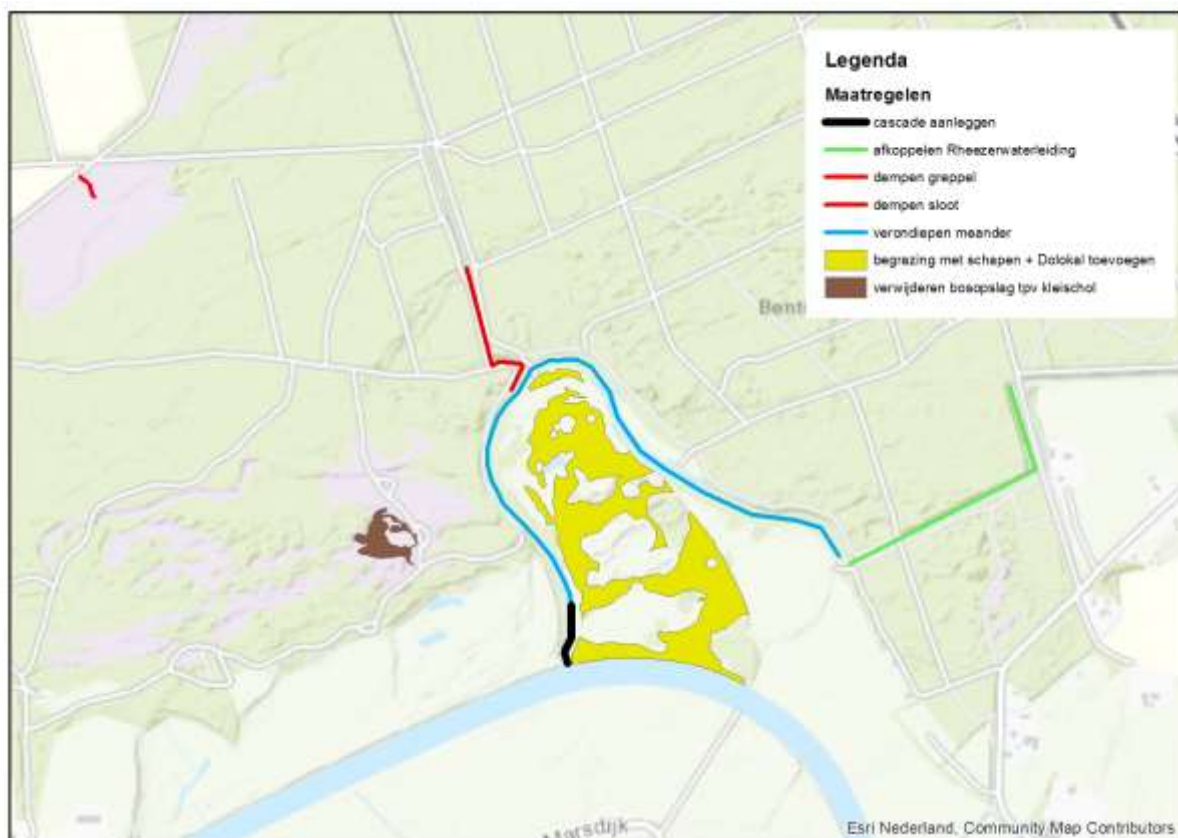
Uit de systeemanalyse blijkt dat het peil in de Vecht ook een bepalende factor is voor de grondwaterstanden- en stroming in Karshoek. Ook het kappen van bos heeft effect op de grondwateraanvulling in het infiltratiegebied. Beide maatregelen zijn meer regionaal van aard en hebben een relatief groot effectgebied. Voor de kwelflux in de meander en in het Elzenbroekbos lijkt echter het peil in de meander de belangrijkste knop. Er wordt daarom ingezet op het uitvoeren van lokale maatregelen rondom Karshoek. Er wordt verwacht dat de bovengenoemde maatregelen voldoende effectief zijn voor het verbeteren van de standplaatscondities van het Elzenbroekbos. Door middel van monitoring zal de ontwikkeling in het gebied worden gevolgd om te bevestigen of de instandhoudingsdoelen worden behaald.

Natte heide

De natte heide direct ten westen van de meander ligt op een schijnspiegelsysteem, waarop de ontwateringsmiddelen in de omgeving geen of nauwelijks invloed hebben. Als maatregel kan enkel overwogen worden om bosopslag binnen het begrenzing van het schijngrondwaterspiegelsysteem te verwijderen. Bij het toekomstig beheer van dit gebied is het van belang om de slechtdoorlatende laag in de bodem niet te verwijderen of te beschadigen door baggeren van het ven of plaggen van de heide. Een aandachtspunt hierbij is dat de exacte verbreiding van de compacte organische laag onbekend is. Deze zou middels een bodemverkenning in detail in beeld moeten worden gebracht. Indien er sprake is van (bos)opslag op de scheidende laag die de natte heide en de daarin gelegen venachtige laagte voedt dan zou opslag verwijderen een logische maatregel zijn.

De natte heide ten noorden van de meander ligt in een infiltratiegebied, waardoor de grondwaterstand in het voorjaar snel en diep onder maaiveld zakt. In het perceel is een gegraven slenk aanwezig die uitkomt op de bermsloot van het zandpad. Als maatregel kan overwogen worden om de afwateringsgreppel van deze slenk te dempen om te voorkomen dat er in een natte winter- en voorjaarssituatie water wordt afgevoerd uit de natte heide.

De maatregelen voor de stroomdalgraslanden, vochtige alluviale bossen en natte heide zijn op de maatregelenkaart in Figuur 61 afgebeeld.



Figuur 61: Maatregelkaart Karshoek

7.2. Grondwatereffecten

Om inzicht te krijgen in de grondwatereffecten van de hydrologische maatregelen op de natuur in Karshoek is een modelberekening uitgevoerd. Dit eindscenario omvat de volgende maatregelen: het dempen van de Rheezerwaterleiding tot aan de Onderveldsweg, het dempen van de top10 ontwateringssloot vanuit boswachterij Hardenberg en het verondiepen van de meander. In bijlage 6 is de schematisatie van de bodemverhoging in het model beschreven.

In dit eindscenario is geen rekening gehouden met een nieuw tracé voor de afwatering van de Rheezerwaterleiding op de Vecht. De ligging en vormgeving van de nieuwe afwatering zal eerst nader uitgewerkt moeten worden, voordat de effecten op omliggende landbouwgronden in beeld kunnen worden gebracht.

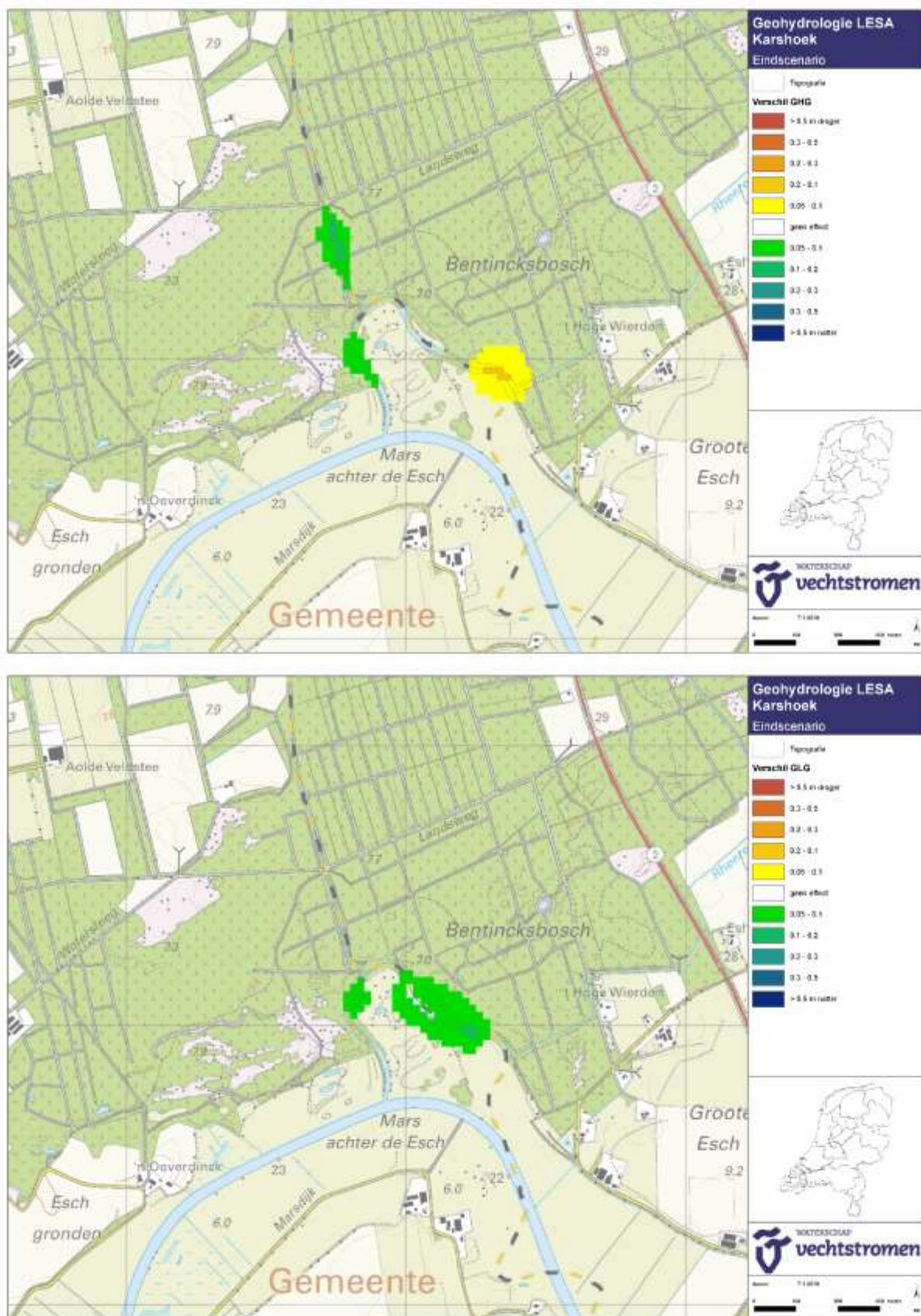
Figuur 62 *Figuur 52* geeft het effect van de maatregelen weer voor zowel de GHG als GLG situatie. In delen van de meander wordt een verhoging van de grondwaterstand met ca. 5 tot 10 cm berekend. Dit zijn de plekken waar het toekomstige peil van de meander de grootste stijging kent ten opzichte van de huidige situatie. Een verdere verhoging van het peil in de meander was niet mogelijk zonder het risico de kwel weg te drukken. In de modelsom is de conductance van de meander ten onrechte niet verlaagd, terwijl de natte omtrek wel kleiner wordt. Hierdoor zullen de effecten van de bodemverhoging in werkelijkheid iets groter zijn dan berekend.

Bij de instroom van de Rheezerwaterleiding in het oosten wordt in de winter een daling van de grondwaterstand berekend. Dit komt omdat het oppervlaktewaterpeil daalt als de Rheezerwaterleiding wordt afgekoppeld. Bij de instroom van de ontwateringssloot vanuit

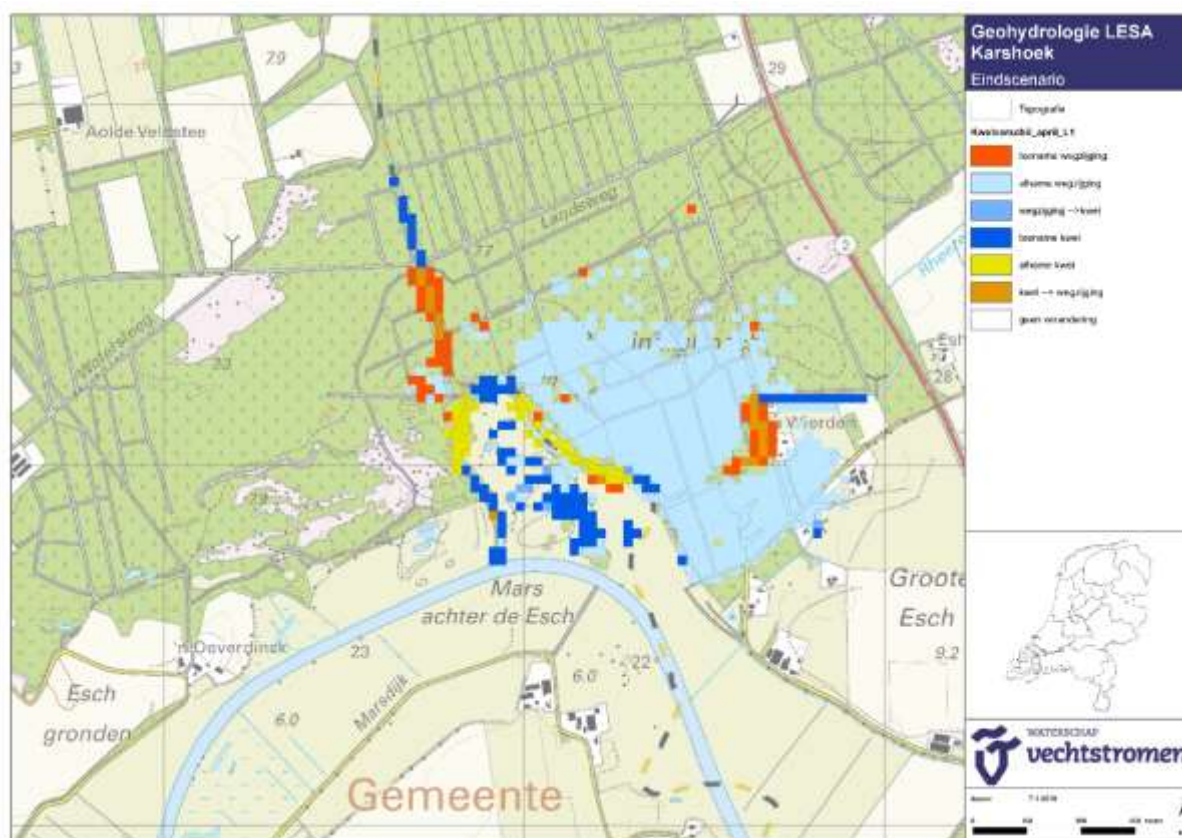
boswachterij Hardenberg wordt een toename van de grondwaterstand berekend, conform het verkennende scenario 3. Opgemerkt wordt dat er bij het dempen van de Rheezerwaterleiding een lokale verhoging van de GHG verwacht wordt op basis van de peilbuismetingen. Zoals beschreven bij verkennend scenario 2 wordt dit effect in het model onderschat door de te laag berekende GHG in het infiltratiegebied.

De berekende effecten op de kwel in april zijn opgenomen in Figuur 63. In april (zomerpeil in model) neemt de kwel in delen van meander af. Het toekomstig oppervlaktewaterpeil in de meander is hoger dan in de huidige situatie, waardoor de meander zelf minder kwel afvangt. Op basis van de systeemanalyse is de verwachting dat de kwel over een groter oppervlak rondom de meander uittreedt, en daarmee zorgt voor een toename van de kwelflux in de vochtige alluviale bossen. In de kwelkaart uit het model zijn kleine kwel verschillen langs de meander niet goed te zien omdat de modelcellen relatief groot zijn (25 m) ten opzichte van de breedte van de meander (10 m). Wel laat de kwelkaart zien dat de kwel binnenin het gebied Karshoek toeneemt. Dit geeft aan dat het oppervlaktewater van de meander minder grondwater afvangt en dat de kwel uittreedt over een groter oppervlakte in Karshoek.

Bij de uitstroom naar de Vecht neemt de kwel in de meander iets toe. Dit komt omdat de grondwaterstand in de omgeving stijgt door de maatregelen terwijl het oppervlaktewaterpeil in dit deel van de meander nauwelijks veranderd. Hierdoor neemt de grondwaterstroming naar de meander toe.



Figuur 62: Effect van eindsценario op GHG (boven) en GLG (onder).



Figuur 63: Effect van eindscenario op kwel (april).

8. Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek is gebleken dat het areaal vochtige alluviale bossen in de meander groter is dan aangegeven op de concept-habitattypekaart. Een groot deel van het alluviale bos is verruigd door eutrofiering en wordt geïnterpreteerd als de rompgemeenschap van Grote brandnetel van het Elzenbroekbos. Op basis van de systeemanalyse wordt er geconcludeerd dat het mogelijk is om met een drietal maatregelen een verbetering van de waterkwaliteit en kwelflux in de vochtige alluviale bossen in de meander te realiseren. De benodigde maatregelen zijn: afkoppelen Rheezerwaterleiding van meander, verhoging waterpeil en bodem meander, dempen ontwateringssloot boswachterij Hardenberg over een lengte van 220 m.

In dit onderzoek is twijfel gerezen over het oppervlakte gekarteerde stroomdalgrasland op de provinciale habitattypekaart. Het is de vraag of een groot deel van de voorkomende vegetatie wel kwalificeert als stroomdalgrasland. Een nieuwe vegetatiekartering moet hierover uitsluitel bieden. Op basis van bodemchemisch onderzoek wordt geconcludeerd dat de bodem in Karshoek een te hoge voedselrijkdom bevat. Het is daarom niet te verwachten dat binnen de Karshoek een goede staat van instandhouding van de bodem kan worden bereikt in de komende 25 jaar. Het gewenste einddoel (herstel en kwaliteitsverbetering) is binnen de drie PAS periodes waarschijnlijk niet haalbaar. Er kan wel enige verbetering optreden door de stroomdalgraslanden een aantal jaren met schapen te begrazen en calcië toe te voegen aan de bodem.

Voor de natte heide ten westen en noorden van de meander wordt geconcludeerd dat er geen externe maatregelen nodig dan wel mogelijk zijn. Wel kunnen er interne maatregelen uitgevoerd worden zoals het verwijderen van bosopslag ter plaatse van het schijngrondwaterspiegelsysteem in de westelijke natte heide en het dempen van de afwateringsgreppel van de slenk in de noordelijke natte heide.

Middels een modelberekening is inzicht gegeven in de hydrologische effecten van de maatregelen in Karshoek. Deze berekening heeft zich gericht op het natuurgebied. Zo is het alternatieve tracé van de Rheezerwaterleiding niet meegenomen. De in dit rapport voorgestelde maatregelen moeten in samenhang met maatregelen voor de herinrichting van Vecht en voor kwantitatief in beeld worden gebracht middels modelberekeningen. Daarbij is het van belang om een onderbouwde keuze te maken voor een alternatief tracé voor de Rheezerwaterleiding. Op deze manier wordt het effect van de maatregelen op omliggende gronden duidelijk.

9. Monitoring

Monitoring van de ontwikkelingen na inrichting is nodig om te bepalen of de maatregelen in voldoende mate hebben geleid tot behoud- en verbetering van de habitattypen. Voor het natuurherstel wordt de volgende monitoring geadviseerd in Karshoek:

- Revisiemeting uitvoeren na verondieping meander, om na te gaan of de juiste bodemniveaus zijn aangelegd. Dit is van belang omdat de oppervlaktewaterstand/bodemhoogte niet hoger mag zijn dan de kweldruk.
- Monitoring van de oppervlaktewaterstanden in de meander bij KH1 en KH2 om de verandering van de waterstand te volgen na inrichting. Deze is bepalend voor het drainerend effect op de omgeving.
- Monitoring van de grondwaterstanden in de raai van figuur 38: peilbuizen B22D0955, 956, 954, 953, 952, 951. Deze raai geeft een goed overzicht van de systeemwerking en dekt de habitattypen in Karshoek.
- Monitoring van de oppervlakte- en grondwaterkwaliteit in de meander 3 jaar na inrichting, op dezelfde wijze als in dit onderzoek. Hiermee kan bepaald worden of de maatregelen hebben geleid tot verbetering van de waterkwaliteit in de meander.
- Monitoring van CEC en basenverzadiging bij de twee peilbuizen in het Elzenbroekbos (B22D0952, B22D0954) om de 3 jaar. Deze meting wordt voorgesteld om het herstel van verzuurde standplaatsen naar een meer gebufferde situatie te volgen.
- Monitoring van bodemkwaliteit in het stroomdalgrasland: 2 x in de eerste 6 jaar en daarna 1 x per 6 jaar. De nulmeting is reeds uitgevoerd.

Daarnaast moet er aandacht zijn voor de monitoring van eventuele effecten op overige functies in het gebied. Hiervoor moeten eerst de effecten van de omleiding van de Rheezerwaterleiding (alternatief tracé) volledig in beeld worden gebracht. Op basis daarvan kan worden bepaald welke aanvullende monitoring noodzakelijk is. Er moet rekening worden gehouden dat de peilbuizen tijdig voor de ingreep worden geplaatst om de nulsituatie te kunnen bepalen.

10. Literatuur

- Appelo, C.A.J. & D. Postma. 1996. Geochemistry, groundwater and pollution (III). Balkema Rotterdam.
- Bohnen-Verbaarschot, E. & R. Loeb. 2018. Bodemchemisch onderzoek Karshoek-Stegeren. Rapport RP-17.163.18.9, B-ware, Nijmegen.
- Heinen, M.A. en L. Kruit, 2012. Kartering habitattypen Natura 2000-gebieden Overijssel. Inventarisatie van habitattypen in vijf Natura 2000-gebieden. Ecogroen rapport 12-142, Ecogroen, Zwolle.
- Jalink, M. en B van Delft, 2017. LESA Overijsselse Vecht Fase 3/4: Veldonderzoek Karshoek en Stegerense Veld, KWR rapport 2017.074, KWR, Nieuwegein.
- Jalink, M.H., B. van Delft en I. Leunk, 2016. Ecohydrologische verkenning Vechtdal Ommen-Mariënberg. Rapport KWR 2016.100 KWR Watercycle Research Institute en Wageningen Environmental Research (Alterra)
- Jalink, M.H., m.m.v. L. van der Toorn, 2018: LESA Overijsselse Vecht - Fase 3: Hydrogeologie. Rapport KWR 2017.073, KWR Watercycle Research Institute
- Jalink, M.H., B. van Delft en I. Leunk, 2016: Ecohydrologische verkenning Vechtdal Ommen-Mariënberg. Rapport KWR 2016.100 KWR Watercycle Research Institute en Wageningen Environmental Research (Alterra)
- Mullekom, M. van., B. van de Riet & A.J.M. Smolders, 2018. Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden Arriën. Rapport RP-18.021.18.27, B-ware, Nijmegen.
- Nijhoff, R. en N. Teunis, 2016. Afstudeeronderzoek naar hydrologische maatregelen voor de herinrichting van het stroomgebied van de Rheezerwaterleiding, Hogeschool Van Hall Larenstein, Velp.
- Wolfert, H.P., Maas, G. J. & Dirkx, G.H.P., 1996. Het meandergedrag van de Overijsselse Vecht: historische morfodynamiek en kansrijkdom voor natuurontwikkeling Wageningen, DLO-Staring Centrum. Staring Centrum Rapport 408
- Provincie Overijssel, 2018. Habitattypenkaart. Atlas van Overijssel.
http://gisopenbaar.overijssel.nl/viewer/app/atlasvanoverijssel_basis.

Bijlage 1 Rapport bodemchemie B-ware

Bijlage 2 Boorbeschrijvingen

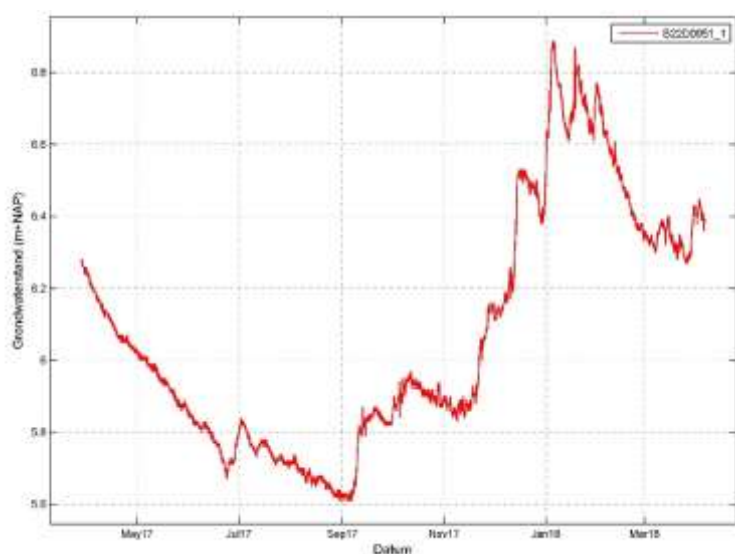
Bijlage 3 Analyse peilbuizen

B22D0951

Maaiveldhoogte: 8.37 m+NAP

Filterdiepte 1: 5.98 – 6.98 m-mv

Meetpunt B22D0951 bevat 1 meetfilter (zie Figuur 64). De meetreeks is in eerste instantie gemodelleerd met meteo als input plus het Vechtheil (Ommen), waarbij voor het Vechtheil de modelvorm RIV is gebruikt. Met dit model kan ruim 98% verklaard worden. Als we echter de resultaten bekijken, valt op dat de modelparameters voor het RIV model een grote onnauwkeurigheid hebben en dat ze onderling zeer sterk gecorreleerd zijn. Daarom is een eenvoudigere modelvorm toegepast, te weten het Impulsmodel. Ook met dit model kan 98% verklaard worden (achter de komma iets minder dan het RIV model), maar nu is de parameter betrouwbaarheid aanzienlijk beter en wijken alle parameter significant van 0 af. Dit laatste model wordt daarom geschikte geacht dan het eerstgenoemde RIV model. Tabel 5 toont enkele kentallen van het model.

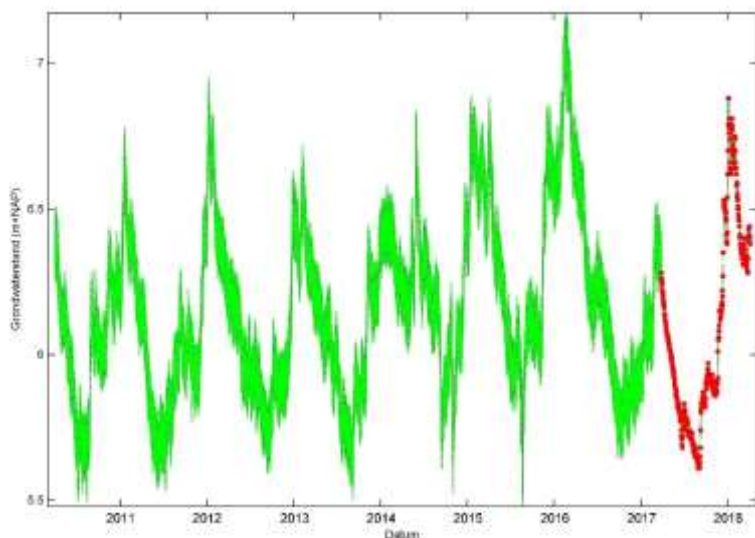


Figuur 64: Grondwaterstanden ter plaatse van meetpunt B22D0951

Tabel 5: Geschatte modelparameters voor B22D0951 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ neerslag	Factor verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1	544.2 (116)	0.95 (0.11)	0.22 (0.02)

Met behulp van geschatte model is een simulatie uitgevoerd over de periode april 2010 – april 2018. Het resultaat is weergegeven in Figuur 65. De bijbehorende GXG's zijn: GLG=2.62, GVG=2.04, GHG=1.84 m-mv (zie Tabel 6). Voor de volledigheid is er ook nog een simulatie met het RIV model uitgevoerd. Hieruit blijken vergelijkbare waarden voor de GXG te komen (maar dan met grotere onzekerheden). Dit is een extra indicatie dat de geschatte waarden een redelijke betrouwbaarheid hebben.



Figuur 65: Simulatie van grondwaterstand voor meetpunt B22D0951

Tabel 6: Geschatte GXG's voor B22D0951 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	2.62	2.04	1.84

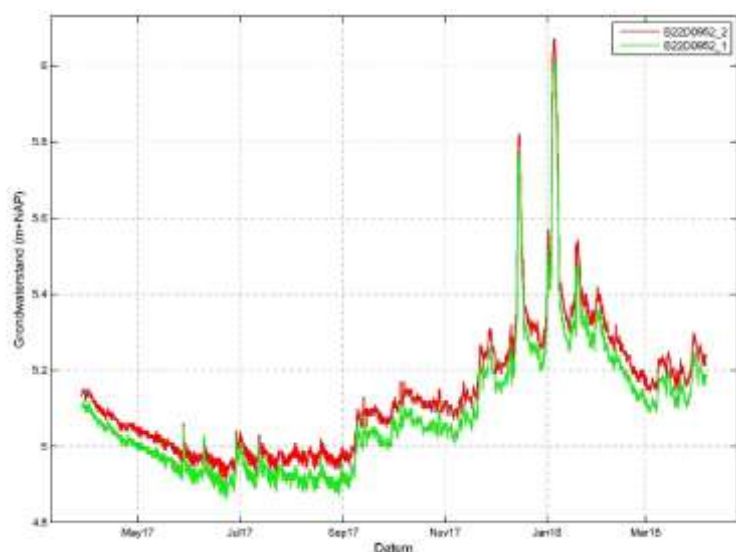
B22D0952

Maaiveldhoogte: 5.57 m+NAP

Filterdiepte 1: 2.41 – 1.41 m-mv

Filterdiepte 1: 5.68 – 6.68 m-mv

Meetpunt B22D0952 bevat 2 meetfilters (zie Figuur 66) en staat vlakbij de Vechtarm en oppervlaktewatermeetpunt KH2. In de meetperiode neemt de stijghoogte toe met de diepte, wat betekent dat er sprake is van een (lichte) kwelsituatie.



Figuur 66: Grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van meetpunt B22D0952

De grondwaterstand ter plaatse van het meetpunt wordt vrijwel volledig gedomineerd door het oppervlaktewaterpeil; 95% van de dynamiek kan worden verklaard uit het oppervlaktewaterpeil ter plaatse van KH2. Hoewel dit percentage vertekend wordt door de grote invloed van de hoogwatergolven, is de dominantie van het oppervlaktewater evident. Circa 4% wordt verklaard door neerslag en verdamping.

Tabel 7 toont de geschatte modelparameters. Hieruit blijkt dat de parameters voor neerslag niet nauwkeurig geschat kunnen worden. Dit heeft te maken met de relatief kleine bijdrage van de neerslag en uiteraard de korte meetperiode.

Tabel 7: Geschatte modelparameters voor B22D0952 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ neerslag	Factor verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1	690.1 (3344)	1.39 (0.29)	0.83 (0.02)
Filter 2	409.0 (712)	1.19 (0.20)	0.85 (0.02)

Doordat de reekslengte van KH2 gelijk is aan die van de grondwaterstanden, kunnen de meetreeksen niet voor een langjarige periode gesimuleerd worden en kunnen er dus ook geen GXG's worden afgeleid. Gegeven de waargenomen dynamiek en de grote invloed van het oppervlaktewaterpeil kan wel een indicatieve schatting worden gemaakt, waarbij voor de GLG voor filter 1 uitkomt op circa 0.7 m-mv en voor filter 2 op circa 0.65 m-mv; de GHG komt voor beide filters tot aan maaiveld. Zie Tabel 8.

Tabel 8: Indicatieve GXG's voor B22D0952 o.b.v. 1-jarige meetreeks en model

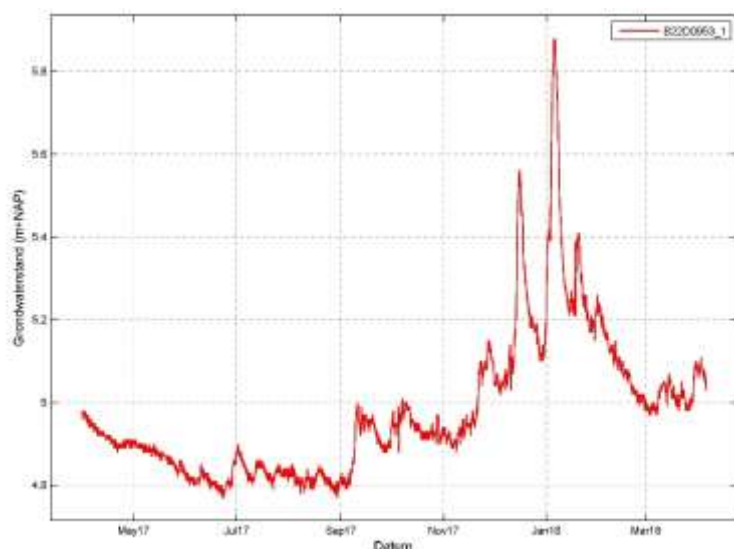
	GLG	GVG	GHG
Filter 1	0.7 (indicatie)	-	0 (indicatie)
Filter 2	0.65 (indicatie)	-	0 (indicatie)

B22D0953

Maaiveldhoogte: 7.09 m+NAP

Filterdiepte 1: 6.00 – 7.00 m-mv

Meetpunt B22D0953 bevat 1 meetfilter (zie Figuur 67). De meetreeks is gemodelleerd met meteo als input plus het Vechtpeil (Ommen), waarbij voor het Vechtpeil de modelvorm RIV is gebruikt. Met dit model kan ruim 95% verklaard worden. Tabel 9 toont enkele kentallen van het model. Hierin is te zien dat de verdampingsfactor met een waarde van 2.06 aan de hoge kant is. Waarschijnlijk is hier sprake van een 'overfit' omdat de hoogwatergolven niet volledig worden gemodelleerd (het model komt lager uit); dit wordt gecompenseerd door een grotere verdampingsdynamiek.



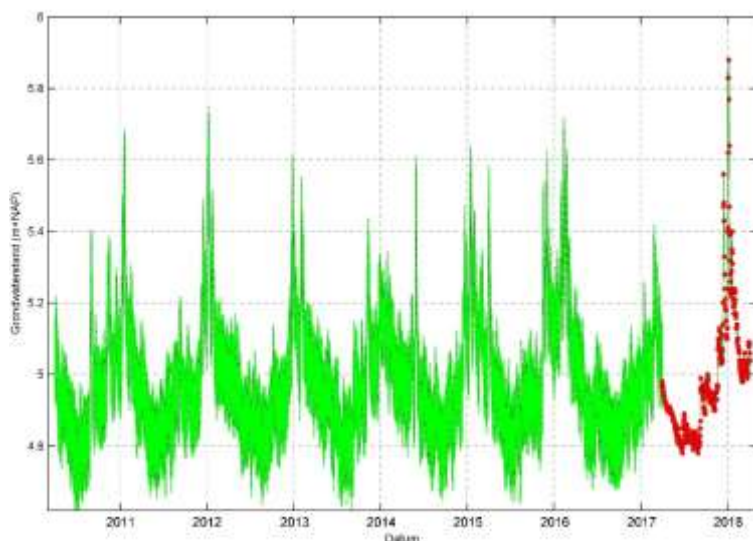
Figuur 67: Grondwaterstanden ter plaatse van meetpunt B22D0953

Tabel 9: Geschatte modelparameters voor B22D0953 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ Neerslag	Factor verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1	54.4 (7.7)	2.06 (0.28)*	0.32 (0.01)

*waarschijnlijk sprake van 'overfit'

Met behulp van het model is een simulatie uitgevoerd over de periode april 2010 – april 2018. Het resultaat is weergegeven in Figuur 68. Hierin is duidelijk te zien dat het model de hoogwatergolven onderschat (simulatie komt circa 20-30 cm lager uit dan de piek in 2018). Dit betekent dat de geschatte GHG dieper is dan werkelijk het geval zal zijn. De berekende GXG's zijn: GLG=2.30, GVG=2.08, GHG=1.84 m-mv (waarschijnlijk eerder rond de 1.60-1.70 m-mv), zie Tabel 10.



Figuur 68: Simulatie van grondwaterstand voor meetpunt B22D0953

Tabel 10: Geschatte GXG's voor B22D0953 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	2.30	2.08	1.6-1.8 (indicatie)

Het effect van een mogelijke 'overfit' van de verdamping is nog onderzocht door de hoogwatergolven uit de meetreeks weg te laten en het model opnieuw te schatten. In dat geval krijgt de verdampingsfactor een waarde 1.1, wat realistischer is. De M_0 van de neerslag wordt hoger. Voor de simulatie van de GLG maakt het echter niet uit; de gesimuleerde GLG is praktisch gelijk aan die van het eerdere model.

B22D0954

Maaiveldhoogte: 4.92 m+NAP

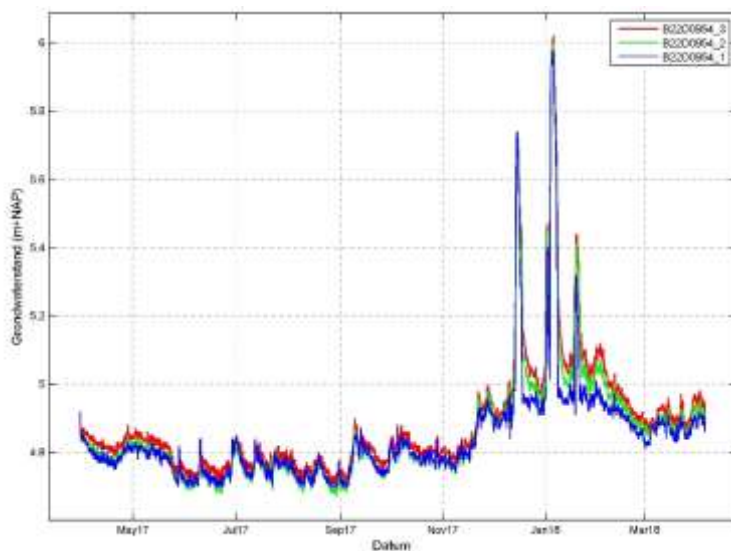
Filterdiepte 1: -0.01 – 0.29 m-mv

Filterdiepte 2: 0.89 – 1.89 m-mv

Filterdiepte 3: 5.93 – 6.93 m-mv

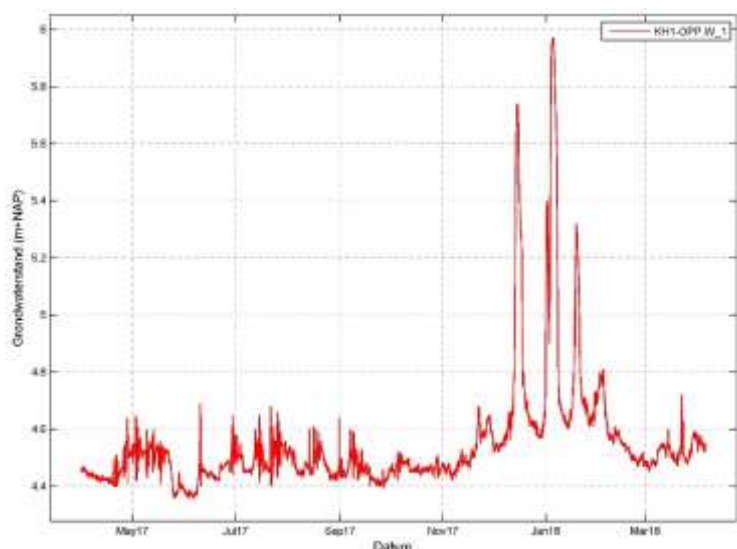
Meetpunt B22D0954 bevat drie filters en staat vlakbij de Vechtarm en oppervlaktewatermeetpunt KH1. De waargenomen grondwaterfluctuaties (Figuur 69) worden gedomineerd door het peil in de naastliggende Vechtarm (Figuur 70). In de meetperiode neemt de stijghoogte toe met de diepte, wat betekent dat er sprake is van een (lichte) kwelsituatie.

Opvallend is dat de hoogwaterpieken in december/januari resulteren in grondwaterstanden ver boven maaiveld; in januari 2018 tot wel 1 meter boven maaiveld.



Figuur 69: Grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van meetpunt B22D0954

De meetreeksen zijn zeer goed te verklaren met neerslag, verdamping en KH1; de verklarende varianties bedragen voor de filters 1, 2 en 3 resp. 95%, 98% en 98%. Zoals eerder aangegeven wordt het grootste deel van de dynamiek verklaard door het oppervlaktewaterpeil (circa 90%). De parameters voor neerslag kunnen niet nauwkeurig geschat worden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een hoge correlatie tussen de neerslag- en verdampingscomponent. De factor voor de verdamping is ook erg hoog. Waarschijnlijk is de M_0 voor de neerslag hoger en de factor voor de verdamping lager dan wat er nu is geschat (zelfde orde grootte als bij filter 2).



Figuur 70: Oppervlaktewaterpeil ter plaatse van meetpunt KH1

Tabel 11: Geschatte modelparameters voor B22D0954 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ neerslag	Factor verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1	112.7 (315)	2.16 (0.75)	0.61 (0.011)
Filter 2	190.9 (83)	1.08 (0.17)	0.65 (0.008)
Filter 3	482.4 (366)	0.81 (0.12)	0.65 (0.008)

*waarschijnlijk sprake van 'overfit'

De meetreeksen zijn minder goed te verklaren indien er gebruik wordt gemaakt van het Vechtpeil in plaats van KH1. Aangezien de reekslengte van KH1 gelijk is aan die van de grondwaterstanden, kunnen de meetreeksen niet voor een langjarige periode gesimuleerd worden en kunnen er dus ook geen GXG's worden afgeleid. Gegeven de waargenomen dynamiek en de grote invloed van het oppervlaktewaterpeil kan wel een indicatieve schatting worden gemaakt, waarbij voor alle 3 de filters de GLG uitkomt op circa 0.3 m-mv en de GHG tot aan (of boven) maaiveld (Tabel 12).

Tabel 12: Indicatieve GXG's voor B22D0954 o.b.v. 1-jarige meetreeksen en model

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	0.3 (indicatie)	-	0 (indicatie)
Filter 2	0.3 (indicatie)	-	0 (indicatie)
Filter 3	0.3 (indicatie)	-	0 (indicatie)

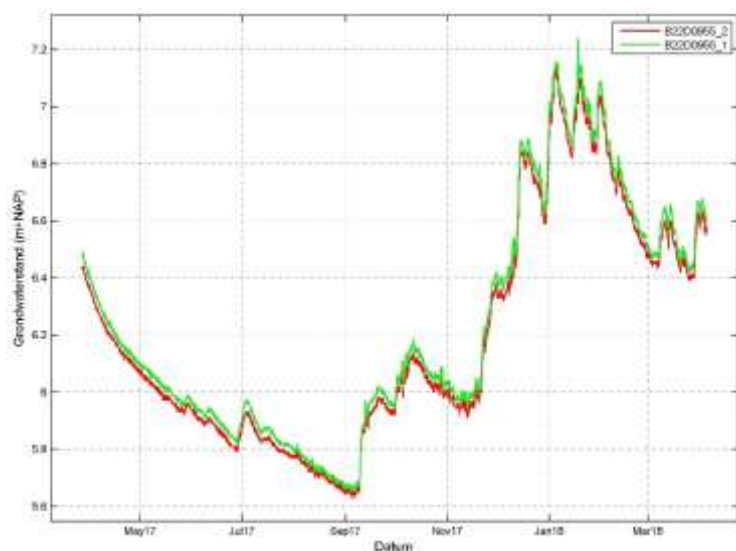
B22D0955

Maaiveldhoogte: 7.15 m+NAP

Filterdiepte 1: 1.60 – 2.60 m-mv

Filterdiepte 2: 6.01 – 7.01 m-mv

Meetpunt B22D0955 bevat 2 meetfilters (Figuur 71). In de meetperiode neemt de stijghoogte iets af met de diepte, wat betekent dat er sprake is van geringe infiltratie. De meetreeksen zijn goed te verklaren met neerslag, verdamping en het Vechtpeil (Ommen). De verklarende varianties bedragen voor beide filters 97%.



Figuur 71: Grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van meetpunt B22D0955

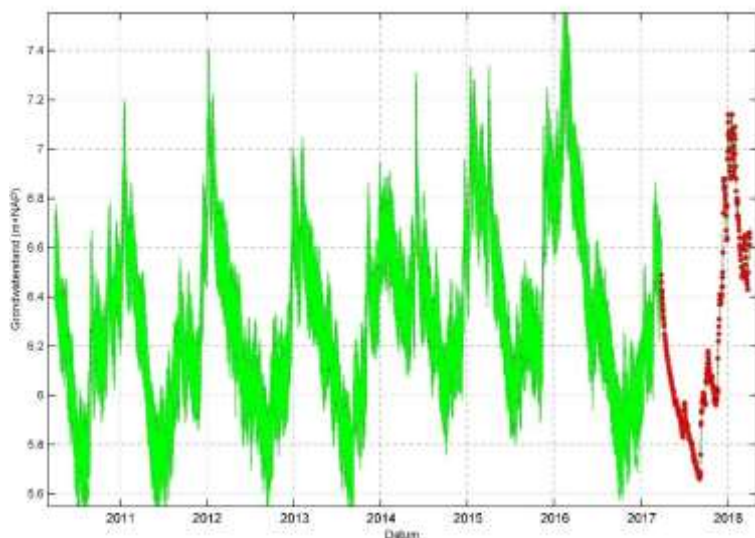
De kentallen voor de modellen zijn weergegeven in Tabel 13. De onderliggende parameters voor de respons op oppervlaktewater vallen binnen tweemaal de standaardafwijking, waardoor het model formeel niet bruikbaar is. Deze hoge standaardafwijkingen dienen echter in het licht van de hoge onderlinge correlaties tussen de parameters gezien te worden. Zoals in onderstaande tabel is te zien, is de gezamenlijke nauwkeurigheid (uitgedrukt in de standaardafwijking van M_0) wel kleiner dan tweemaal de parameterwaarde en is het model als geheel wel te gebruiken om de grondwaterstanden voor een langere periode te simuleren. De gesimuleerde grondwaterstanden worden getoond in Figuur 72. De bijbehorende GXG's zijn opgenomen in Tabel 14.

Tabel 13: Geschatte modelparameters voor B22D0955 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M_0 neerslag	Factor verdamping	M_0 oppervlaktewater
Filter 1	585.1 (91)	0.95 (0.088)	0.44 (0.085)
Filter 2	576.0 (93)	0.93 (0.092)	0.45 (0.12)

Tabel 14: Geschatte GXG's voor B22D0955 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	1.30	0.65	0.35
Filter 2	1.33	0.68	0.39



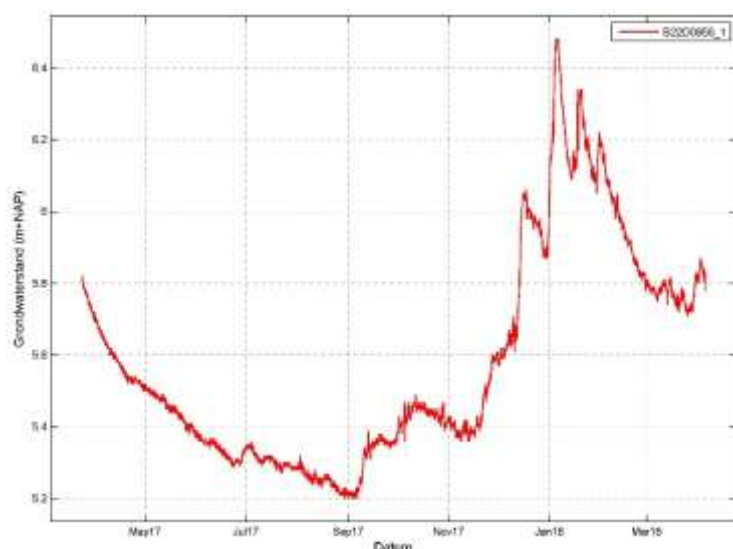
Figuur 72: Simulatie voor B22D0955_1 (filter 2 is vrijwel identiek)

B22D0956

Maaiveldhoogte: 7.54 m+NAP

Filterdiepte 1: 6.03 – 7.03 m-mv

Meetpunt B22D0956 bevat 1 meetfilter (Figuur 73). De meetreeks is goed te verklaren met neerslag, verdamping en het Vechtpeil (Ommen). De verklarende variantie is 98%.



Figuur 73: Grondwaterstand ter plaatse van meetpunt B22D0956

De kentallen voor de modellen zijn weergegeven in Tabel 15. De onderliggende parameters voor de respons op oppervlaktewater vallen binnen tweemaal de standaardafwijking, waardoor het model formeel niet bruikbaar is. Deze hoge standaardafwijkingen dienen echter in het licht van de zeer hoge onderlinge correlaties tussen de parameters gezien te worden. Zoals in onderstaande tabel is te zien, is de gezamenlijke nauwkeurigheid (uitgedrukt in de standaardafwijking van M_0) wel kleiner dan

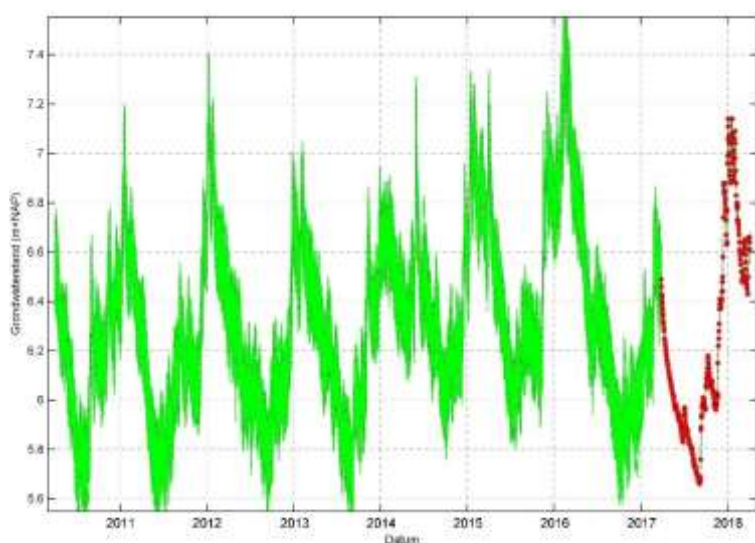
tweemaal de parameterwaarde en is het model als geheel te gebruiken om de grondwaterstanden voor een langere periode te simuleren. De gesimuleerde grondwaterstanden worden getoond in Figuur 74. De bijbehorende GXG's zijn opgenomen in Tabel 16.

Tabel 15: Geschatte modelparameters voor B22D0956 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ neerslag	Factor verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1	432.2 (51)	0.83 (0.059)	0.56 (0.15)

Tabel 16: Geschatte GXG's voor B22D0956 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	2.22	1.76	1.54



Figuur 74: Simulatie voor B22D0956

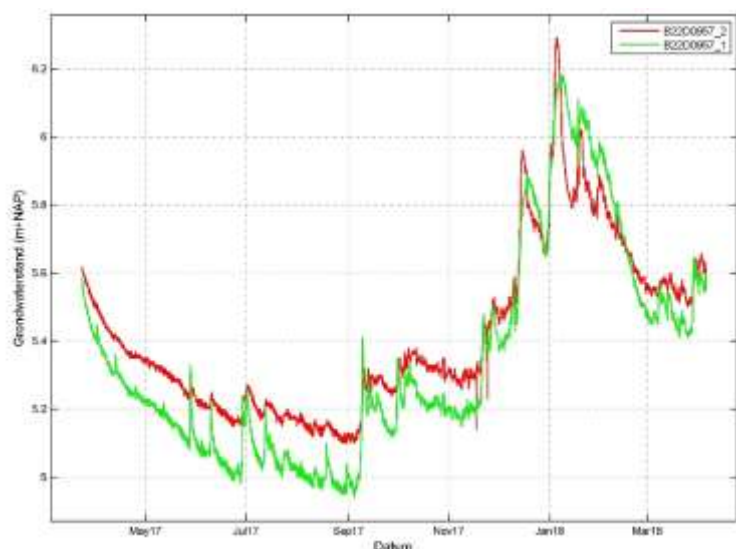
B22D0957

Maaiveldhoogte: 5.85 m+NAP

Filterdiepte 1: 0.75 – 1.25 m-mv

Filterdiepte 2: 5.92 – 6.92 m-mv

Meetpunt B22D0957 bevat 2 meetfilters (Figuur 75). In de meetperiode is de stijghoogte in het tweede filter de meeste tijd aanzienlijk hoger dan die in filter 1, behalve tijdens de hoogwaterpieken in december 2017 – februari 2018. Dan zijn de stijghoogten gelijk of is die in filter 2 lager dan in filter 1. De meetreeksen zijn goed te verklaren met neerslag, verdamping en het Vechtpeil (Ommen). De verklarende varianties bedragen voor beide filters 98%.



Figuur 75: Grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van meetpunt B22D0957

De kentallen voor de modellen zijn weergegeven in Tabel 17. Hoewel de gemodelleerde periode kort is, kunnen de modelparameters vrij goed geschat worden en zijn de standaardafwijkingen van de parameters vrij klein. Opvallend is dat in filter 1 de M_0 op het Vechtpeil aanzienlijk groter is dan die in filter 2. De stijghoogte in filter 2 reageert op de korte termijn heftiger op een peilfluctuatie dan filter 1, maar de staprespons (M_0) voor filter 1 is dus groter.

De gesimuleerde grondwaterstanden worden getoond in Figuur 76. De bijbehorende GXG's zijn opgenomen in Tabel 17: Geschatte modelparameters voor B22D0957 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M_0 neerslag	Factor verdamping	M_0 oppervlaktewater
Filter 1	343.4 (52)	1.19 (0.099)	0.52 (0.04)
Filter 2	292.8 (26)	0.97 (0.057)	0.33 (0.02)

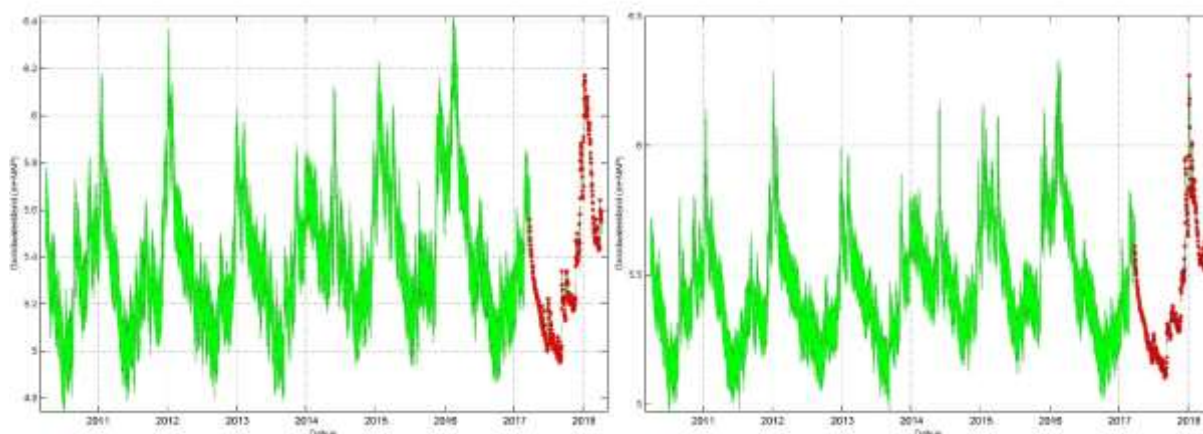
Tabel 18.

Tabel 17: Geschatte modelparameters voor B22D0957 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M_0 neerslag	Factor verdamping	M_0 oppervlaktewater
Filter 1	343.4 (52)	1.19 (0.099)	0.52 (0.04)
Filter 2	292.8 (26)	0.97 (0.057)	0.33 (0.02)

Tabel 18: Geschatte GXG's voor B22D0957 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	0.81	0.37	0.05
Filter 2	0.66	0.29	0.07



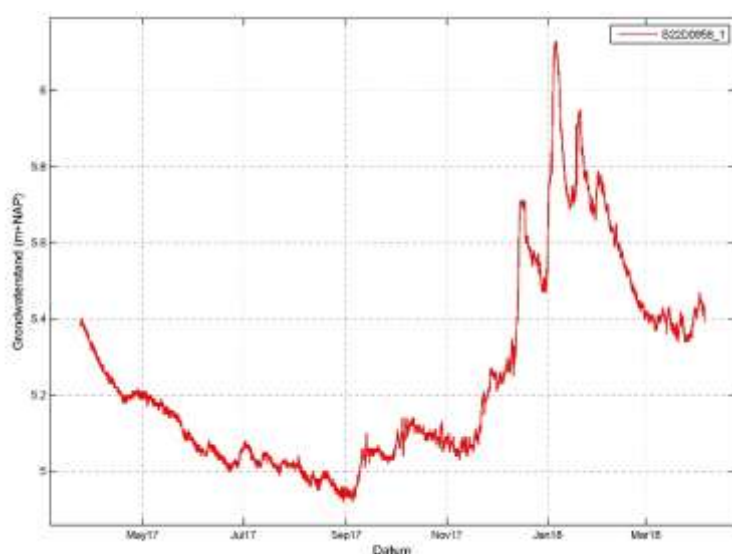
Figuur 76: Simulaties voor B22D0957 (links: filter 1; rechts: filter 2)

B22D0958

Maaiveldhoogte: 6.93 m+NAP

Filterdiepte 1: 5.98 – 6.98 m-mv

Meetpunt B22D0958 bevat 1 meetfilter (Figuur 77). De meetreeks is goed te verklaren met neerslag, verdamping en het Vechtpeil (Ommen). De verklarende variantie is 98%.



Figuur 77: Grondwaterstand ter plaatse van meetpunt B22D0958

De onderliggende parameters voor de respons op oppervlaktewater vallen binnen tweemaal de standaardafwijking, waardoor het model formeel niet bruikbaar is. Deze hoge standaardafwijkingen dienen echter in het licht van de zeer hoge onderlinge correlaties tussen de parameters gezien te worden. Zoals in onderstaande tabel is te zien, is de gezamenlijke nauwkeurigheid (uitgedrukt in de standaardafwijking van M_0) wel kleiner dan tweemaal de parameterwaarde en is het model als geheel te gebruiken om de grondwaterstanden voor een langere periode te simuleren.

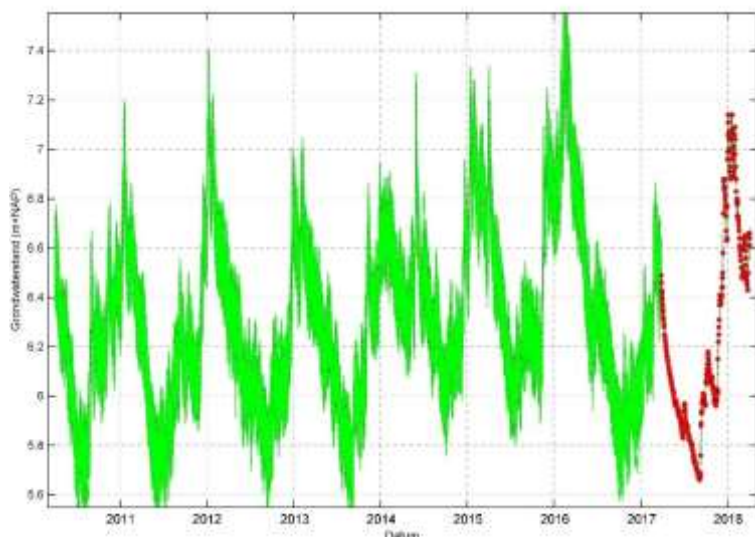
De gesimuleerde grondwaterstanden worden getoond in Figuur 78. De bijbehorende GXG's zijn opgenomen in Tabel 20.

Tabel 19: Geschatte modelparameters voor B22D0958 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ neerslag	Factor verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1	386.8 (44)	0.76 (0.049)	0.59 (0.2)

Tabel 20: Geschatte GXG's voor B22D0958 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	1.91	1.52	1.31



Figuur 78: Simulatie voor B22D0958

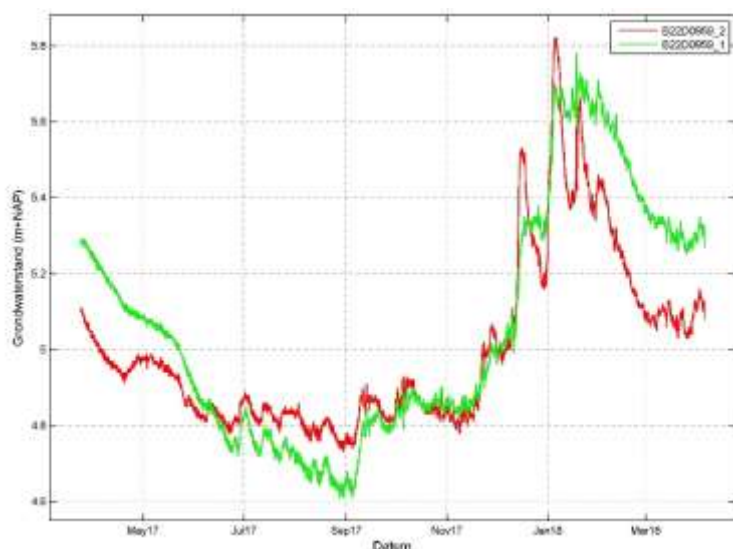
B22D0959

Maaiveldhoogte: 6.97 m+NAP

Filterdiepte 1: 2.39 – 3.39 m-mv

Filterdiepte 2: 6.06 – 7.06 m-mv

Meetpunt B22D0959 bevat 2 meetfilters (Figuur 79). Gedurende de meetperiode is het stijghoogteverschil tussen beide filters zowel positief als negatief. In de winterperiodes treedt er infiltratie op (filter 1 hoger dan 2) en in de zomerperiode is er veelal sprake van kwel. Beide reeksen tonen een verschillende dynamiek, waardoor de verwachting is dat er tussen de filters een aanzienlijke weerstand aanwezig is. Beide meetreeksen zijn goed te verklaren met neerslag, verdamping en het Vechtpeil (Ommen). De verklarende varianties bedragen voor filter 1 en 2 resp. 99% en 98%.



Figuur 79: Grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van meetpunt B22D0959

De kentallen voor de modellen zijn weergegeven in Tabel 18. Gezien de parameteronzekerheden bij met name filter 1, hebben de gesimuleerde reeksen en GXG's ook de nodige onzekerheid.

De verdampingsfactor voor filter 1 is aan de hoge kant. Ook heeft de M_0 een grote standaardafwijking. Dit komt waarschijnlijk doordat de hoogwaterpieken in filter 1 minder uitgesproken zijn, waardoor het onderscheidend vermogen minder wordt en de correlatie tussen de verklarende delen groter.

De gesimuleerde grondwaterstanden worden getoond in Figuur 80. De bijbehorende GXG's zijn opgenomen in Tabel 22. Gezien de parameteronzekerheden bij met name filter 1, hebben de gesimuleerde reeksen en GXG's ook de nodige onzekerheid.

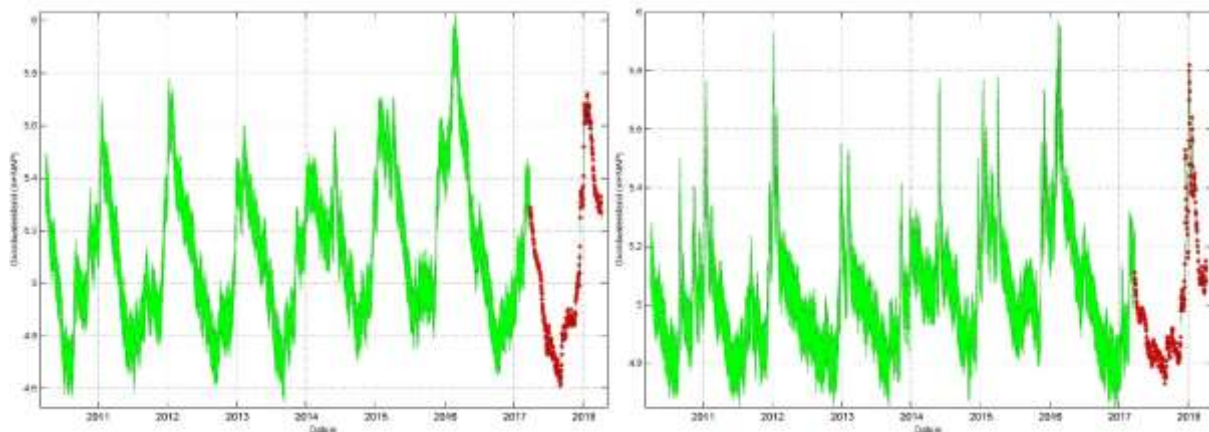
Tabel 21: Geschatte modelparameters voor B22D0959 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M_0 neerslag	Factor Verdamping	M_0 oppervlaktewater
Filter 1	385.0 (62)	1.55 (0.16)	0.67 (0.33)
Filter 2	303.3 (53)	0.81 (0.081)	0.56 (0.09)

Tabel 22: Geschatte GXG's voor B22D0959 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1*	2.20	1.65	1.49
Filter 2	2.16	1.85	1.63

*de geschatte GXG's hebben een wat grotere bandbreedte vanwege een hogere parameteronzekerheid



Figuur 80: Simulaties voor B22D0959 (links: filter 1; rechts: filter 2)

B22D0961

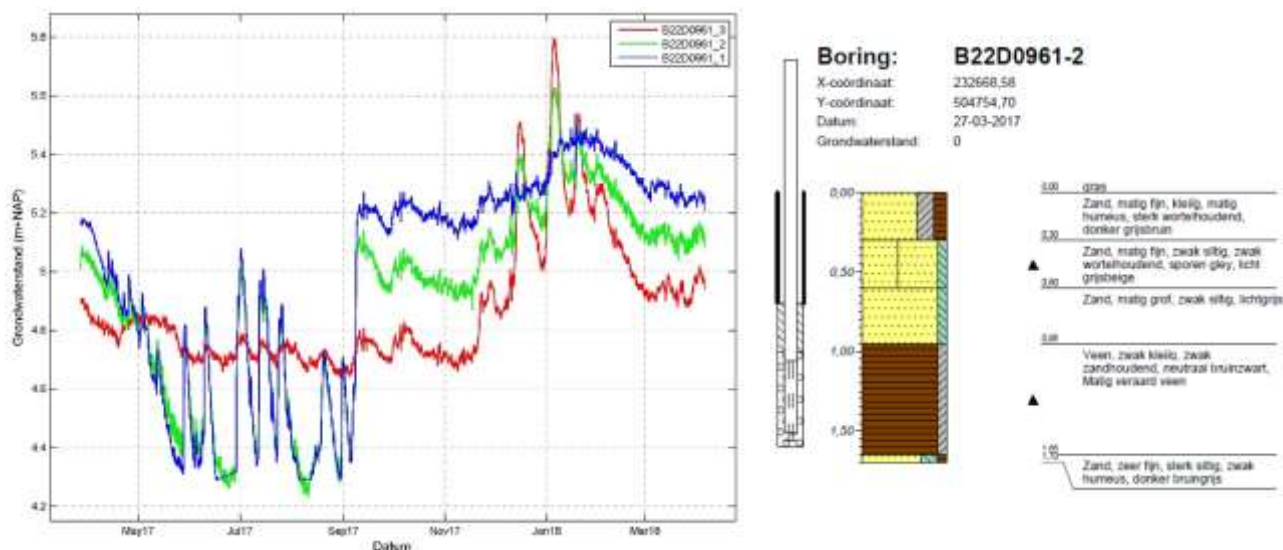
Maaiveldhoogte: 5.20 m+NAP

Filterdiepte 1: 1.01 – 0.51 m-mv

Filterdiepte 2: 1.52 – 1.02 m-mv

Filterdiepte 3: 5.86 – 6.86 m-mv

Meetpunt B22D0961 bevat 3 meetfilters (Figuur 81). In de periode tot september 2017 vertoont de dynamiek in filter 1 en 2 een sterk afwijkend gedrag ten opzichte van die van filter 3. Filter 1 lijkt ook af en toe droog te vallen. Filter 1 en 2 staan boven een veenlaag (zie boorprofiel, bovenkant veenlaag is ongeveer 4.2 m+NAP) en de meetreeksen lijken een sterk niet-lineaire dynamiek te weerspiegelen, waarbij de grondwaterstand in de zomerperiode snel en fors daalt en stijgt, terwijl in de winterperiode de grondwaterstand aan of boven maaiveld (5.2 m+NAP) staat. In de zomer is er vanuit de laag onder het veen een kweldruk, in de winter ontstaat er een neerwaartse stroming.



Figuur 81: Grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van meetpunt B22D0961 en boorprofiel (maaiveld 5.20 m+NAP)

Vanwege de sterk niet-lineaire dynamiek van filter 1 en 2, is alleen filter 3 met een tijdreeksmodel geanalyseerd. Voor dit filter geldt dat ruim 97% van de variantie verklaard kan worden uit neerslag,

verdamping en het Vechtpeil. De modelparameters staan in Tabel 23 en de gesimuleerde GXG in Tabel 24. Voor filter 1 en 2 kunnen wel grofweg de GXG's worden geschat op basis van de huidige meetreeks. Deze schattingen zijn opgenomen in de tabel.

Tabel 23: Geschatte modelparameters voor B22D0961 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ neerslag	Factor Verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1			
Filter 2			
Filter 3	306.9 (50)	0.63 (0.061)	0.55 (0.02)

Tabel 24: Geschatte GXG's voor B22D0961 o.b.v. simulaties van april 2010 – april 2018

	GLG	GVG	GHG
Filter 1	0.8-1.0 (indicatie)	0 (indicatie)	< 0 (indicatie)
Filter 2	0.8-1.0 (indicatie)	0-0.1 (indicatie)	< 0 (indicatie)
Filter 3	0.51	0.22	-0.02

B22D0115

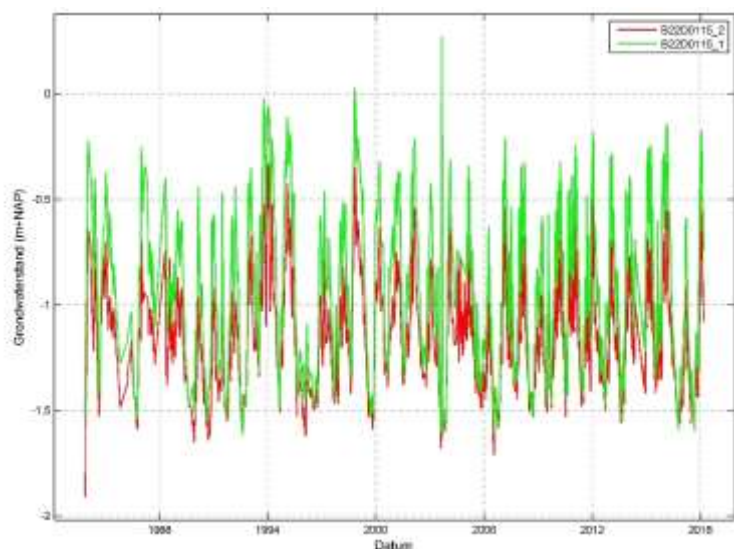
Maaiveldhoogte: 7.07 m+NAP

Filterdiepte 1: 9.23 – 10.23 m-mv

Filterdiepte 2: 40.63 – 41.63 m-mv

Meetpunt B22D0115 bevat 2 meetfilters en wordt al geruime tijd bemeten (Figuur 82). Aangezien deze meetreeksen zo lang zijn, kunnen ze helpen om de plausibiliteit van de andere modellen te toetsen. Filter 2 staat wel aanzienlijk dieper dan de overige filters, namelijk op meer dan 40 m-mv. Ter plaatse van dit meetpunt is er sprake van infiltratie.

Een tijdreeksmodel met neerslag, verdamping en het Vechtpeil als verklarende factoren kan voor beide reeksen 87% van de variantie verklaard worden.



Figuur 82: Grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van meetpunt B22D0115

De geschatte modelparameters zijn weergegeven in Tabel 25. De parameterwaarden zijn in dezelfde orde van grootte als bij de meetpunten met korte meetreeksen. Dit geeft vertrouwen in de geschatte parameters voor deze korte meetreeksen.

De GXG's hoeven niet afgeleid te worden met behulp van simulatie, omdat de meetreeks voldoende lang is. Daarom zijn in Tabel 26 de berekende GXG's weergegeven op basis van de gehele meetreeks.

Tabel 25: Geschatte modelparameters voor B22D0115 (standaardafwijking tussen haakjes)

	M₀ neerslag	Factor Verdamping	M₀ oppervlaktewater
Filter 1	456.8 (7.3)	0.92 (0.014)	0.24 (0.015)
Filter 2	305.0 (5.2)	0.84 (0.013)	0.29 (0.015)

Tabel 26: Berekende GXG's voor B22D0115 o.b.v. gehele meetreeks

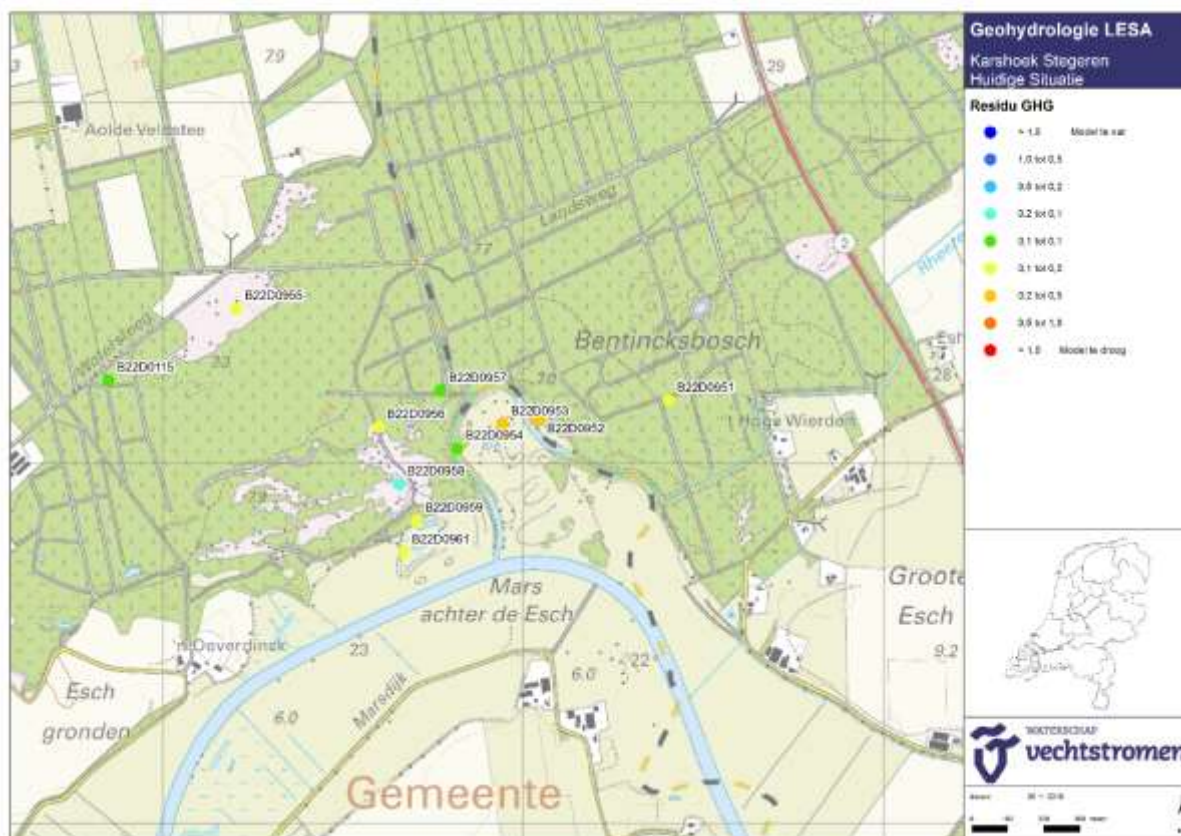
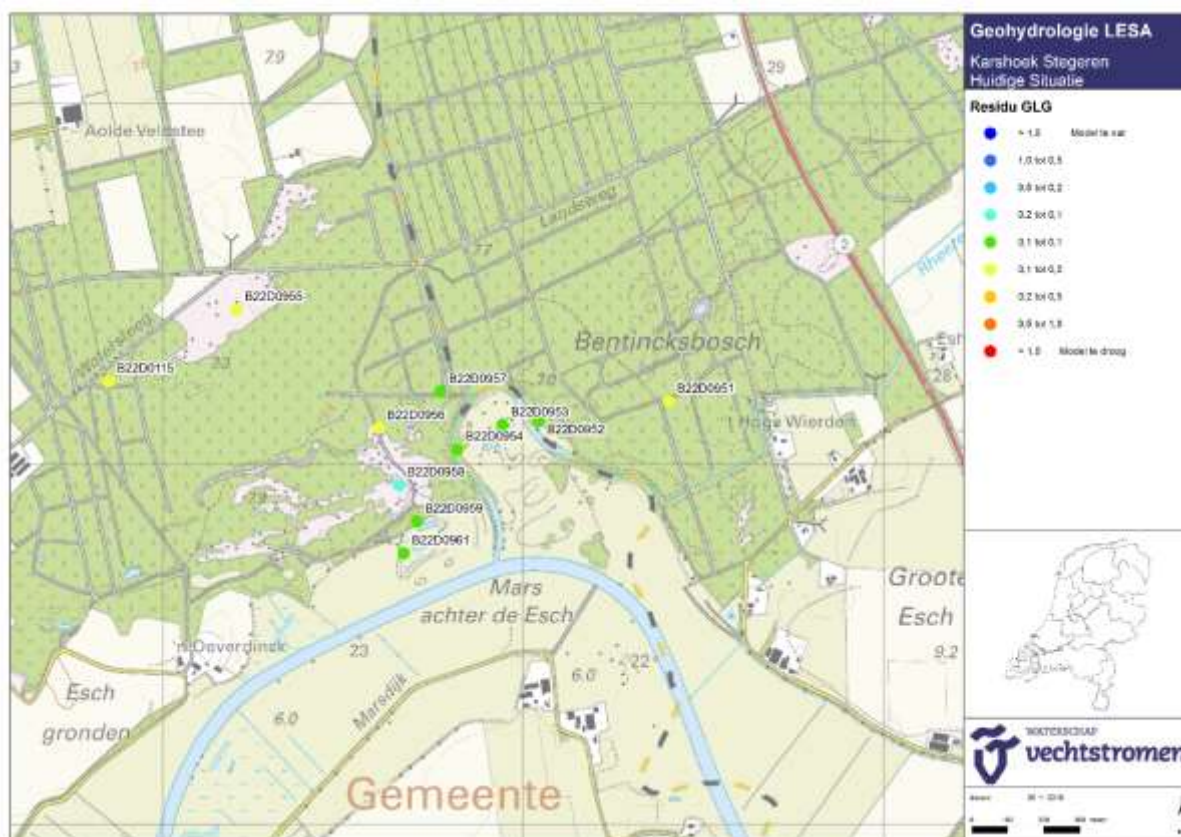
	GLG	GVG	GHG
Filter 1	1.42	0.72	0.46
Filter 2	1.46	1.04	0.82

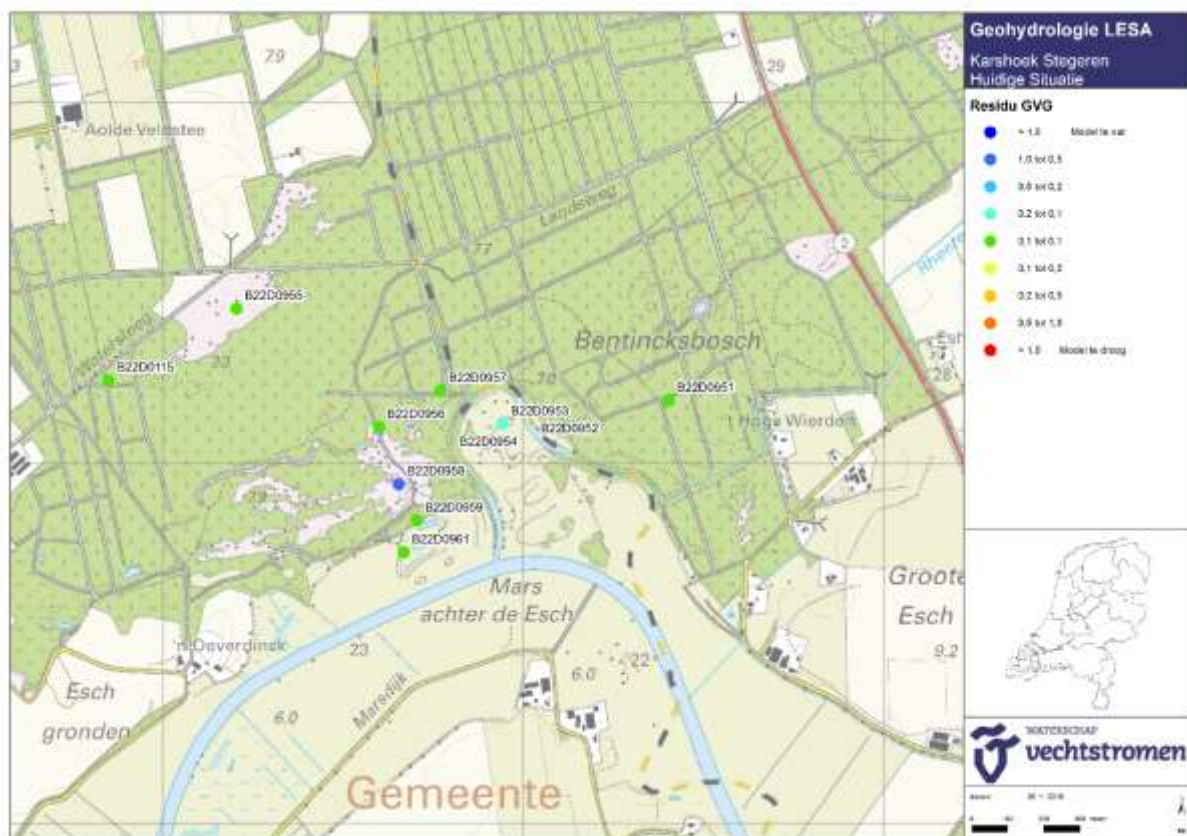
Bijlage 4 Tabel modelafwijkingen

In **Fout!** Verwijzingsbron niet gevonden. zijn de berekende en gemeten GxG's weergegeven en het verschil tussen beiden.

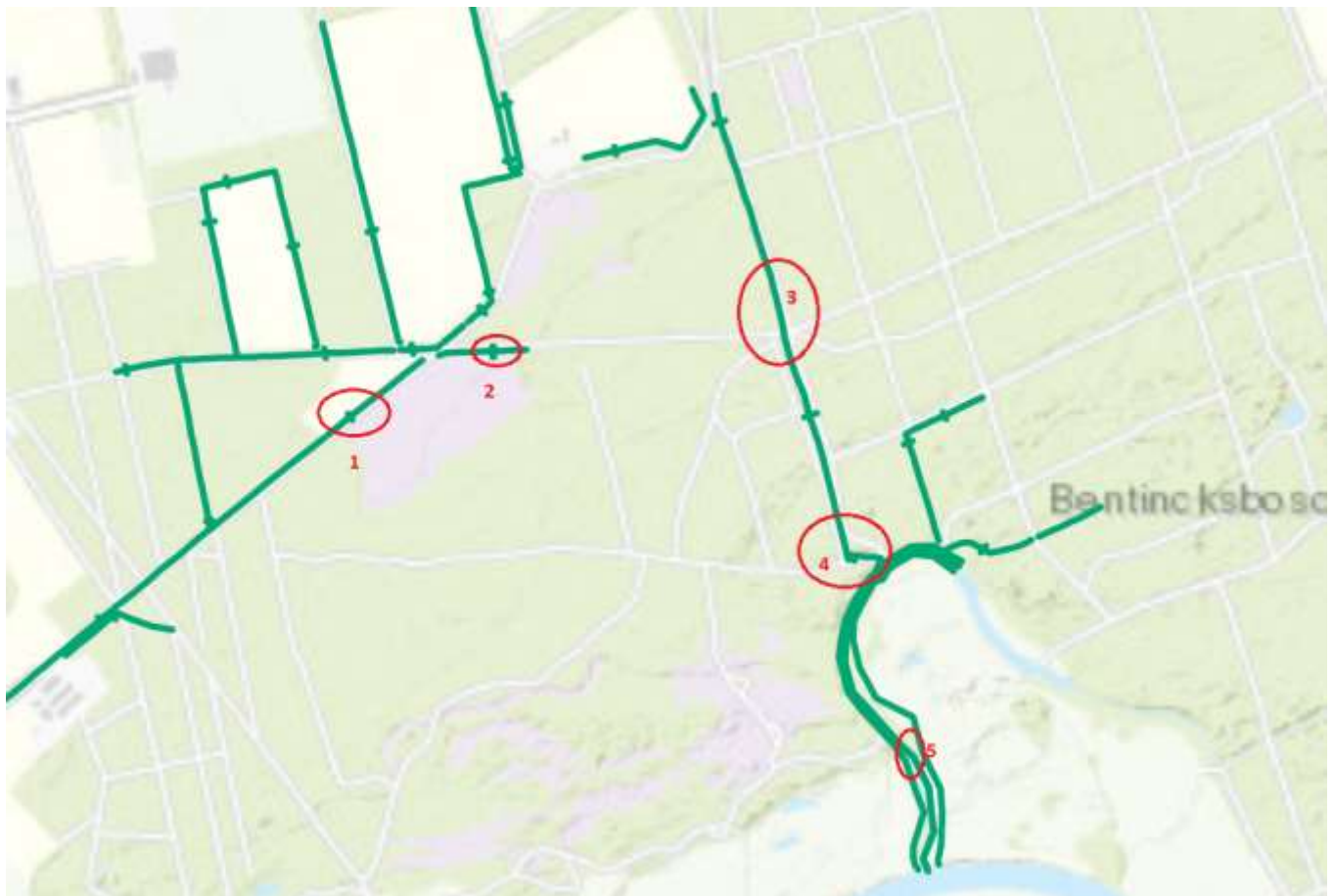
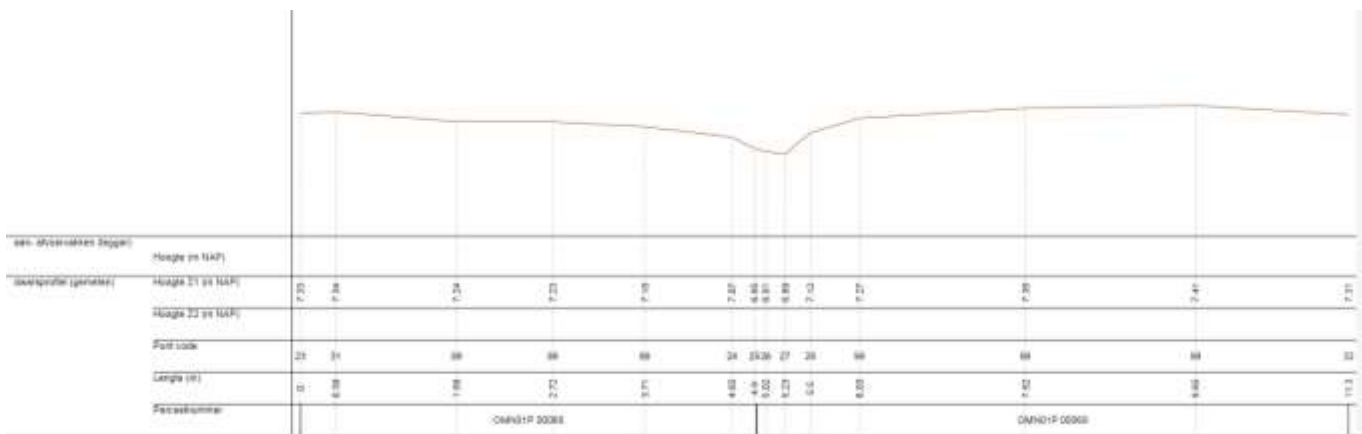
Tabel 27: Vergelijking GXG ter plaatse van meetlocaties

	GLG			GVG			GHG		
	berekend (m NAP)	gemeten (m NAP)	verschil (m)	berekend (m NAP)	gemeten (m NAP)	verschil (m)	berekend (m NAP)	gemeten (m NAP)	verschil (m)
B22D0951001	5,55	5,75	-0,20	6,27	6,33	-0,06	6,38	6,53	-0,15
B22D0952001	4,87	4,87	0,00	5,19	-	-	5,21	5,57	-0,36
B22D0952002	4,87	4,92	-0,05	5,19	-	-	5,21	5,57	-0,36
B22D0953001	4,81	4,79	0,02	5,15	5,01	0,14	5,17	5,39	-0,22
B22D0954001	4,71	4,62	0,09	4,97	-	-	4,98	4,92	0,05
B22D0954002	4,71	4,62	0,09	4,97	-	-	4,98	4,92	0,05
B22D0954003	4,71	4,62	0,09	4,97	-	-	4,98	4,92	0,05
B22D0955001	5,64	5,85	-0,21	6,47	6,50	-0,03	6,62	6,80	-0,18
B22D0955002	5,64	5,82	-0,18	6,47	6,47	0,00	6,62	6,76	-0,14
B22D0956001	5,17	5,32	-0,15	5,80	5,78	0,02	5,89	6,00	-0,11
B22D0957001	5,11	5,04	0,07	5,63	5,48	0,15	5,70	5,80	-0,10
B22D0957002	5,11	5,19	-0,08	5,63	5,56	0,07	5,70	5,78	-0,08
B22D0958001	4,92	5,02	-0,10	5,37	5,41	-0,04	5,43	5,62	-0,19
B22D0959001	4,77	4,77	-0,00	5,12	5,32	-0,20	5,14	5,48	-0,34
B22D0959002	4,77	4,81	-0,04	5,12	5,12	-0,00	5,14	5,34	-0,20
B22D0115001	5,52	5,65	-0,13	6,37	6,35	0,02	6,53	6,61	-0,08
B22D0961003	4,73	4,69	0,04	5,05	4,98	0,07	5,07	5,22	-0,15





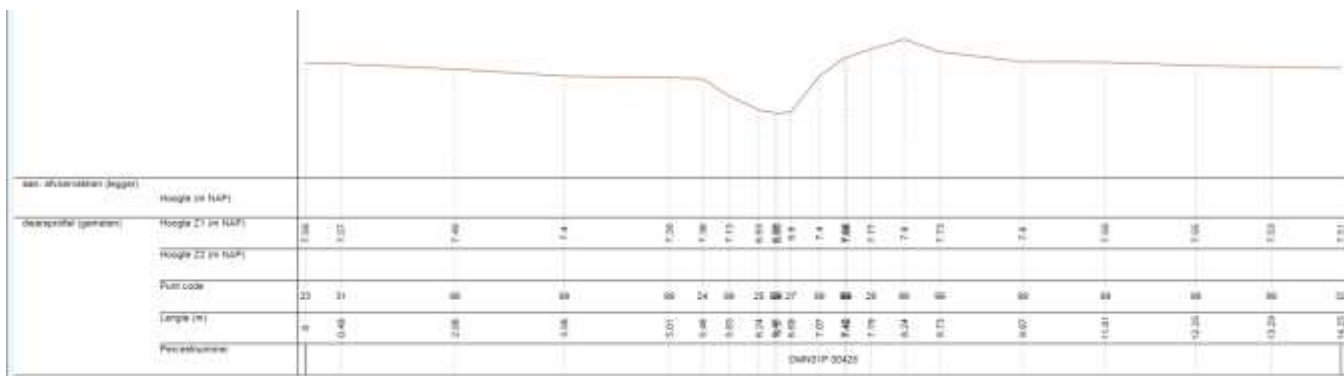
Bijlage 5 Ingemeten profielen watergangen



Dwarsprofiel 1



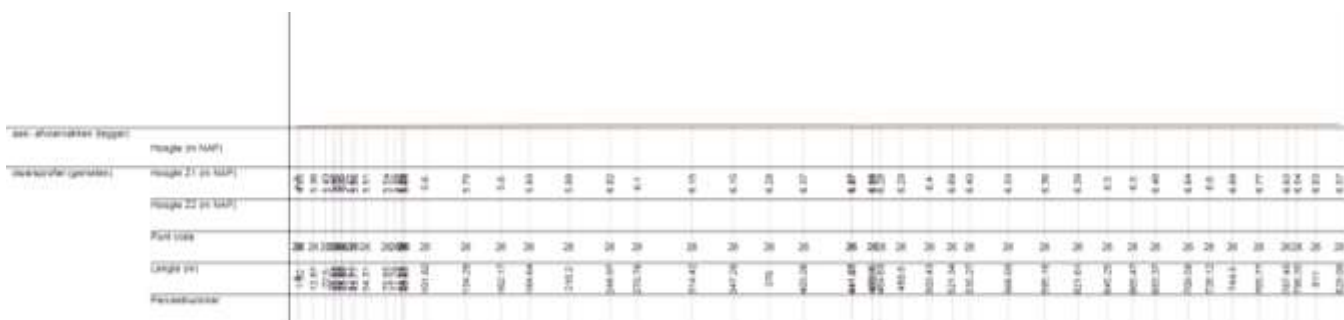
Lengteprofiel 1



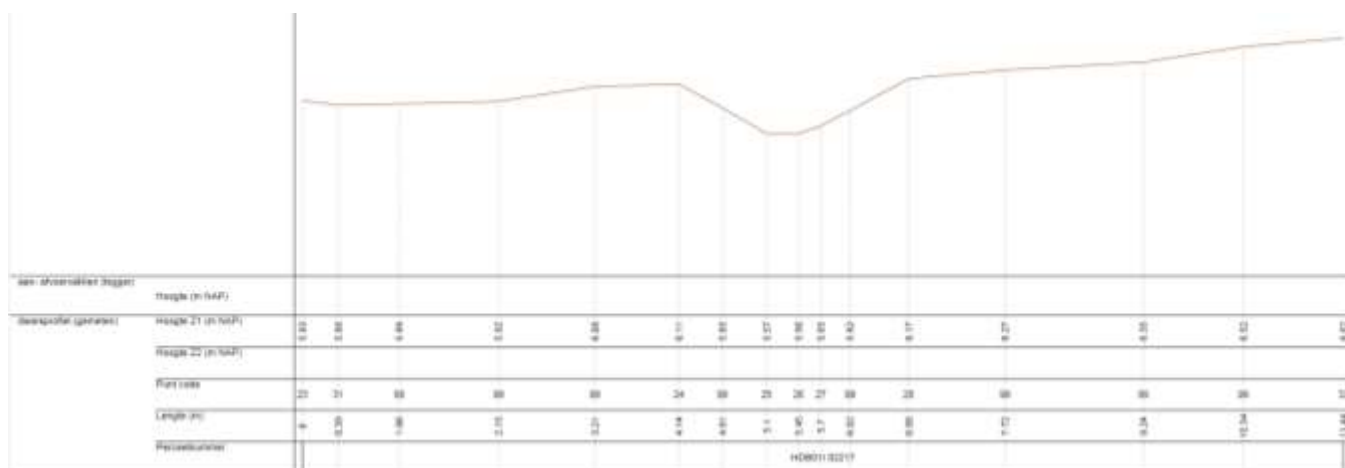
Dwarsprofiel 2



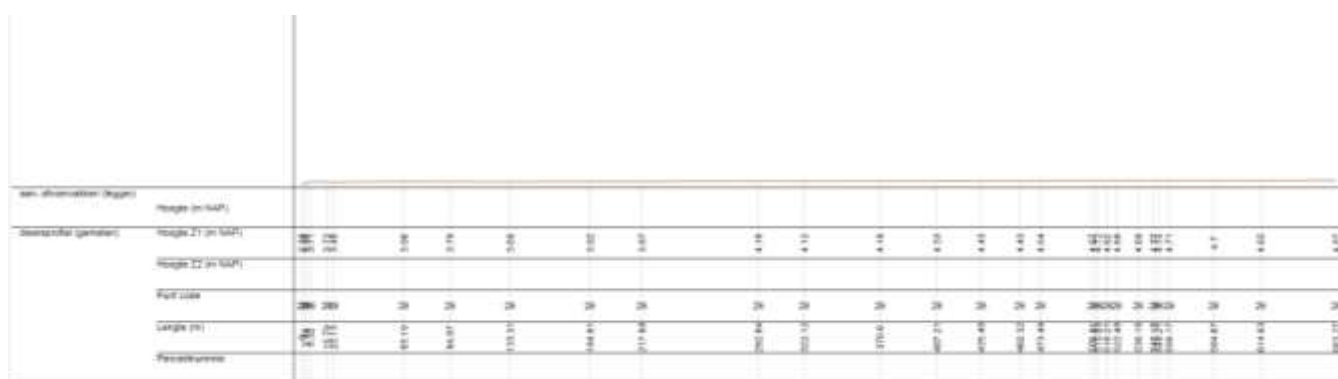
Lengteprofiel 2



Lengteprofiel 3 van de hele watergang tot aan de meander (links is zuid, rechts is noord)



Dwarsprofiel 4 nabij de peilbuis



Lengteprofiel 5 (as van de meander) links is zuid en rechts is noord

Bijlage 6 Schematisatie bodemverhoging meander

In het eindscenario is de bodem van de meander verhoogd in het model, zodat het oppervlaktewaterpeil stijgt en de drainerende werking afneemt. Hieronder is beschreven op welke wijze de bodemverhoging in het grondwatermodel is meegenomen.

- De toekomstige peilen mogen niet hoger worden dan de stijghoogte om te voorkomen dat kwel wordt weggedrukt. Het toekomstig bodemniveau in de meander is daarom afgestemd op de gemeten stijghoogte in B22D0954_2 in het westelijk deel van de meander (NAP +4,7 m) en de gemeten stijghoogte in B22D0952_2 in het oostelijk deel (NAP 4,95 m). De nieuwe verhanglijn loopt van NAP +4,6 m aan de westzijde tot NAP +4,85 m aan de oostzijde.
- Aangenomen wordt dat het toekomstige zomerpeil gelijk is aan bodemhoogte. Dit is overeenkomstig met de huidige situatie (muv uitstroom meander die door de Vecht wordt beïnvloed).
- Winterpeil is gelijk aan bodemhoogte + 10 cm. Aangezien de aanvoer vanuit de Rheezerwatergang stopt gaan we er vanuit dat het toekomstige winterpeil lager is dan in de huidige situatie.
- Geen infiltratie vanuit de watergang in het model, want er is geen wateraanvoer meer.

