Ecohydrologisch onderzoek Eerderhooilanden - Steile Oever

In relatie tot volledige inzet van de vergunde capaciteit van drinkwaterwinning Archemerberg

Definitief rapport

Zwolle, januari 2022

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau
Wipstrikkerallee 95
8023 DW Zwolle
Telefoon: 06-21526351
E-mail: hullenaar@live.com

Projecttitel: Ecohydrologisch onderzoek Eerderhooilanden & Steile Oever - In relatie tot volledige inzet van de vergunde capaciteit van drinkwaterwinning Archemerberg
Opdrachtgever: Provincie Overijssel
Auteurs: J.S. Bell en J.W. van ’t Hullenaar

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de projectuitvoerder en opdrachtgever.

Inhoud

1	**Inleiding**	5
2	**Gebiedsbeschrijving**	10
2.1	Oriëntatie	10
2.2	Geologie en geohydrologische opbouw	13
2.3	Geomorfologie en hoogteligging	18
2.4	Bodem	20
2.5	Hoofd-oppervlaktewatersysteem	22
2.6	Grondwatersysteem	25
3	**Analyse grondwaterstandsverloop**	33
3.1	Inleiding	33
3.2	Technische aandachtspunten	33
3.3	Resultaten	36
4	**Veldonderzoek**	38
4.1	Methode	38
4.2	Resultaten inventarisatie lokaal oppervlaktewatersysteem	41
4.3	Resultaten ecohydrologische dwarsprofielen	46
4.3.1	Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A’	46
4.3.2	Ecohydrologisch dwarsprofiel B1-B1’	48
4.3.3	Ecohydrologisch dwarsprofiel B2-B2’	49
4.3.4	Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C’	53
4.3.5	Ecohydrologisch dwarsprofiel D-D’	55
5	**Effecten van maatregelen in de Eerderhooilanden**	59
5.1	Inleiding	59
5.2	Effecten van maatregelen in Eerderhooilanden Zuidoost	60
5.3	Effecten van maatregelen in Eerderhooilanden Noordwest	66
6	**Synthese en conclusies**	71
6.1	Huidig ecohydrologisch functioneren	71
6.2	Ecohydrologische situatie na het treffen van lokale maatregelen	74
6.3	Effecten van verhoging van de onttrekking van drinkwater	76
6.4	Mogelijkheden voor een verdergaand ecohydrologisch herstel	77
6.5	Benodigd onderzoek	77

1 Inleiding

De drinkwaterwinning Archemerberg (voor locatie: zie figuur 1.1) is vergund voor een onttrekking van 4 miljoen m3/jaar, maar is de afgelopen jaren beperkt ingezet, tot circa 3 miljoen m3/jaar. Om tekorten door droge zomers en de toenemende vraag naar drinkwater op te vangen wil Vitens de winning gaan benutten tot de vergunde capaciteit. Uit oriënterende modelberekeningen blijkt dat de winning invloed heeft op de grondwaterstand en de kwelflux in het dal van de Beneden Regge (Royal Haskoning, 2019).

Het dal van de Beneden Regge maakt deel uit van Natura2000-gebied Vecht- en Beneden-Regge-gebied. In het Reggedal zijn ter plaatse van de Steile Oever en te midden van de Eerderhooilanden bossen aanwezig die kwalificeren als het habitattype H91E0C Vochtige alluviale bossen (voor ligging: zie figuur 1.2). In de Eerderhooilanden ligt ook een Dotterbloemgrasland. Er wordt in het gebied ook gewerkt aan herstel van het hydrologische systeem: enige jaren geleden (in 2012 / 2013) is de voorheen diepe, gekanaliseerde loop van de Regge weer omgevormd tot een ondiepe en op natuurlijke wijze meanderende rivier en de komende jaren worden in de Eerderhooilanden zelf hydrologische herstel-maatregelen getroffen. Deze maatregelen zijn niet alleen bedoeld voor een goed behoud en herstel van de reeds aanwezige grondwaterafhankelijke natuur, maar ook voor de uitbreiding hiervan.

Een toename van de grondwateronttrekking zou kunnen leiden tot nadelige ecologische effecten op het habitattype H91E0C Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland. Daarbij zou de winst die is geboekt met het herstel van de natuurlijke loop van de Regge weer (deels) teniet gedaan kunnen worden. Ook zou de toename van de onttrekking het beoogde verdere herstel van de bestaande grondwaterafhankelijke natuur en de uitbreiding hiervan kunnen bemoeilijken. Om dit te kunnen beoordelen is inzicht nodig in het ecohydrologisch functioneren van het gebied, niet alleen in relatie tot de actuele situatie, maar ook in relatie tot de situatie na uitvoering van de reeds voorziene herstelmaatregelen in de Eerderhooilanden.

Doelstelling

Doel van het project is het verkrijgen van inzicht in het ecohydrologisch functioneren van het Reggedal ter plaatse van de Steile Oever en de Eerderhooilanden, met daarbij specifieke aandacht voor de habitattypen H91E0C Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland zodat kan worden beoordeeld of een afname van de kweldruk en/of een daling van de grondwaterstand door verhoging van de onttrekking van drinkwaterwinning naar de vergunde 4 miljoen m3/jaar kan leiden tot nadelige ecologische effecten.

De onderzoeksvragen die hierbij beantwoord moeten worden zijn:

- Hoe functioneert het hydrologische systeem in de huidige situatie, treedt er in het projectgebied kwel op en zijn de Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland afhankelijk van een hoge grondwaterstand en kwel?
- In welke mate treedt door de reeds voorziene hydrologische herstelmaatregelen herstel op van de ecologische kwaliteit van de Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland en in welke mate zal als gevolg van de maatregelen uitbreiding van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur elders in het gebied optreden?

Nadat deze vragen zijn beantwoord kan als vervolg op het ecohydrologisch onderzoek worden bepaald in welke mate de onttrekking van de vergunde hoeveelheid van 4 miljoen m3 / jaar en de toename van 3 naar 4 miljoen m3 / jaar negatieve invloed heeft op het ecohydrologisch functioneren van de Vochtige alluviale bossen, het Dotterbloemgrasland

en de nog te ontwikkelen grondwaterafhankelijke natuur en kan ook worden bepaald of (indien relevant) eventuele negatieve effecten zijn te mitigeren. Dit vervolgtraject maakt echter geen deel uit van dit ecohydrologisch onderzoek.

Hoewel dit niet specifiek de doelstelling is, wordt op basis van de reeds uitgevoerde oriënterende modelberekeningen en de inzichten die volgen uit dit ecohydrologisch onderzoek wel alvast op oriënterende wijze aangegeven wat de effecten van de drinkwaterwinning op de grondwaterafhankelijke natuur zijn bij zowel de huidige onttrekkingshoeveelheid als bij een toename naar 4 miljoen m3/ jaar, zowel in relatie tot de huidige inrichting van het projectgebied als na het treffen van de reeds voorziene maatregelen. Deze inzichten volgen namelijk automatisch uit het uitgevoerde onderzoek en aan de hand hiervan ontstaat voor alle betrokkenen partijen gelijk een zo concreet mogelijk beeld van de situatie. Ook helpt dit om zo scherp mogelijk aan te geven welk nader onderzoek in het kader hiervan nodig is. Verder komen uit het ecohydrologisch onderzoek ook een aantal aanbevelingen naar voren voor een verdergaand ecohydrologisch herstel dan alleen door middel van de reeds voorziene maatregelen.

Aanpak

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden wordt een ecohydrologisch onderzoek uitgevoerd. Het onderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

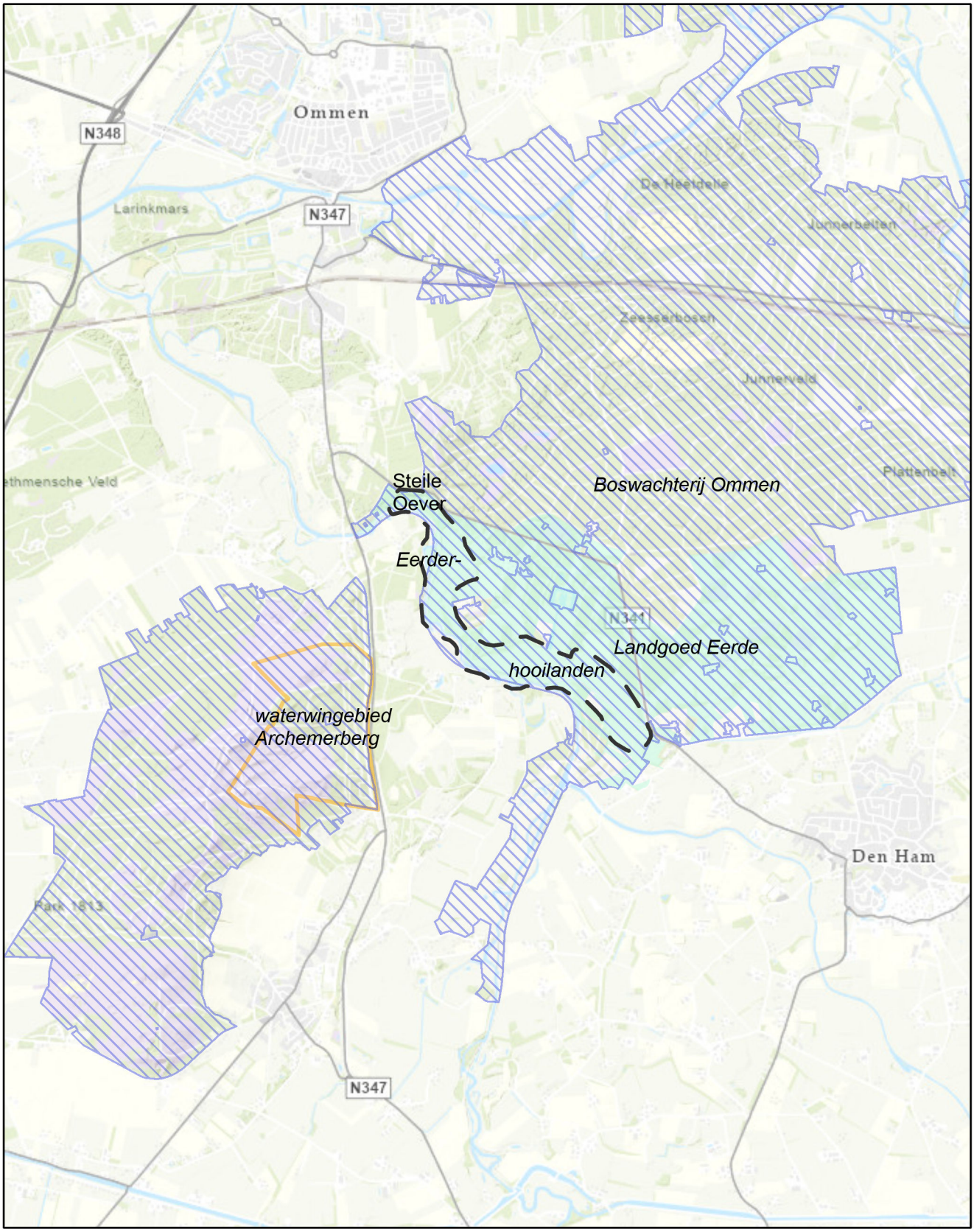
- Gebiedsbeschrijving (hoofdstuk 2).
- Analyse grondwaterstandsverloop (hoofdstuk 3).
- Veldonderzoek (hoofdstuk 4).
- Beschrijving van de effecten van de voorgenomen maatregelen (hoofdstuk 5).
- Synthese en conclusies (hoofdstuk 6).

De gebiedsbeschrijving (hoofdstuk 2) omvat de volgende onderdelen:

- Opstellen van een oriëntatie op het projectgebied.
- Beschrijving van de geologie / geohydrologische opbouw.
- Beschrijving van de geomorfologie / hoogteligging.
- Beschrijving van de bodem.
- Beschrijving van het functioneren van het hoofdoppervlaktewatersysteem.
- Beschrijving van het functioneren van het grondwatersysteem, vooral op basis van de resultaten van grondwatermodelberekeningen, met daarbij specifieke aandacht voor de kwelsituatie en het effect van de drinkwaterwinning Archemerberg hierop.

De analyse van het grondwaterstandsverloop (hoofdstuk 3) is uitgevoerd op basis van de beschikbare meetreeksen van de peilbuizen die in het projectgebied en de omgeving aanwezig zijn. Van de meetreeksen zijn grafieken gemaakt en met behulp van het programma Menyanthes zijn (voor de peilbuizen met voldoende lange meetreeksen) de GXG-waarden afgeleid aan de hand waarvan het grondwaterstandsverloop wordt gekarakteriseerd. Sommige peilbuizen bestaan uit combinaties van ondiepe en diepe filters. Zodoende kan op basis van deze reeksen ook inzicht verkregen worden in de kwelsituatie (voor toelichting van de wijze waarop dit is gedaan: zie paragraaf 3.1). Op basis van de metingen die in het kader van het veldonderzoek worden uitgevoerd is het beeld aangescherpt. Ook is op basis van de langere reeksen inzichtelijk gemaakt wat het effect is geweest van het Reggeherstel op het grondwaterstandsverloop in de Eerderhooilanden.

Het veldonderzoek (hoofdstuk 4) is uitgevoerd om goed inzichtelijk te maken wat de exacte actuele ecohydrologische situatie is om af te kunnen leiden in hoeverre met de voorgenomen maatregelen herstel en uitbreiding van grondwaterafhankelijke natuur plaats kan vinden.



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 1.1 Ligging Natura2000-gebied Vecht- en Beneden-Reggegebied en projectgebied Steile Oever en Eerderhooilanden

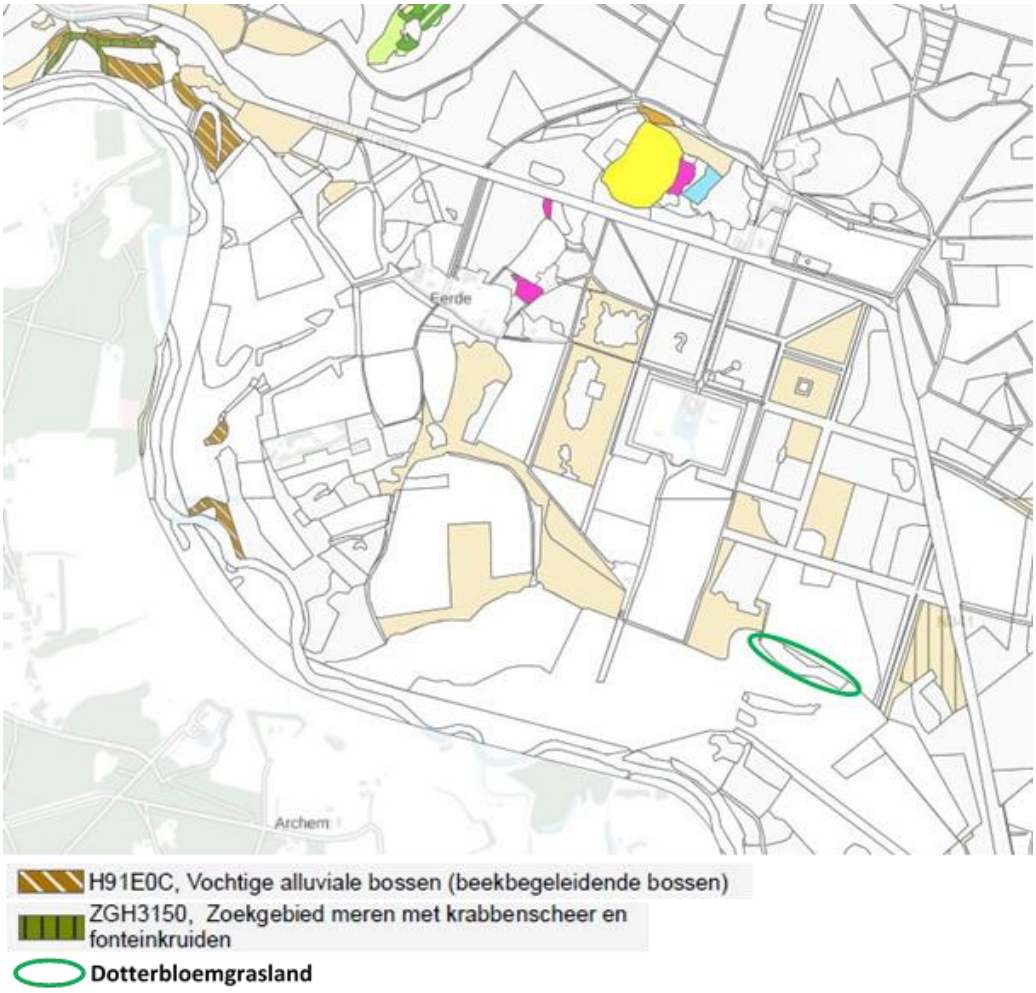
1:50,000

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Inventarisatie van het oppervlaktewatersysteem, met daarbij specifieke aandacht voor het vastleggen van de kwelverschijnselen (voor beschrijving van methode: zie paragraaf 3.1), om zo (in aanvulling op de met het grondwatermodel berekende kwelsituatie) de daadwerkelijke kwelsituatie scherp in beeld te brengen.
- Vervaardiging van een aantal ecohydrologische dwarsprofielen in de dwarsrichting van het dal ter plaatse van de bestaande peilbuizen in de Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland en ter plaatse van een reeds aanwezige peilbuizenraai elders in het projectgebied. In het kader hiervan zijn (onder meer) aanvullende boringen verricht en is ook hydrochemisch en bodemchemisch onderzoek uitgevoerd.

De beschrijving van de voorgenomen herstelmaatregelen en de effecten hiervan (hoofdstuk 5) vindt hoofdzakelijk plaats op basis van het inrichtingsplan van RoyalHaskoning uit 2018. In dit plan worden op basis van de resultaten van modelberekeningen ook de effecten van deze maatregelen in een aantal kaartbeelden weergegeven. Aan de hand van de ecohydrologische dwarsprofielen wordt ook een meer gedetailleerd beeld gegeven van de te verwachten effecten.

In de synthese en conclusies wordt op basis van het onderzoek het ecohydrologisch functioneren van de Eerderhooilanden en de Vochtige alluviale bossen aan de voet van de Steile Oever inzichtelijk gemaakt en worden de onderzoeksvragen beantwoord.



Figuur 1.2 Ligging H91E0C Vochtige alluviale bossen en Dotterbloemgrasland

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Oriëntatie

Het projectgebied maakt deel uit van het Natura 2000-gebied Vecht- en Beneden-Reggegebied en betreft het (zuid)westelijke deel van natuurgebied Eerde, dat eigendom is van Natuurmonumenten. Natuurgebied Eerde betreft een landgoed. Het landgoed ligt langs de Regge en wordt aan de noordzijde begrensd door de Boswachterij Ommen (van Staatsbosbeheer). Ten zuidwesten van Eerde, aan de andere zijde van de Regge, ligt de stuwwal van de Archemerberg. Dit is tevens de locatie van de drinkwaterwinning van Vitens.

In het westelijke deel van het landgoed Eerde bevindt zich kasteel Eerde met daaromheen grachten en een parkbos. Op hooggelegen delen ten westen hiervan liggen akkers (Eerder Esch) en ook aan de zuidoostzijde bevindt zich een hoog gelegen akker. De Eerderhooilanden liggen ten westen en ten zuiden hiervan in het beekdal van de Regge. De Steile Oever ligt in het uiterste noordwesten van het projectgebied en betreft een steile helling die is ontstaan door aansnijding van de hoger gelegen zandgronden door de Regge. Bij de kanalisatie van de Regge (in 1909) is de beekloop die voor de aansnijding zorgde afgekoppeld, dus sindsdien vindt deze aansnijding niet meer plaats. Ten oosten hiervan liggen enkele op natuurlijke wijze afgesneden meanders. Geen van deze meanders zijn in het kader van het Reggeherstelproject opnieuw aangekoppeld.

In het Reggedal zijn ter plaatse van de Steile Oever en te midden van de Eerderhooilanden bossen aanwezig die kwalificeren als het habitattype H91E0C Vochtige alluviale bossen. Het gaat hierbij ook om een prioritair habitattype. In de Eerderhooilanden ligt ook een Dotterbloemgrasland: ook dit grasland is ecologisch waardevol, maar omdat dit natuurtype op internationaal niveau minder zeldzaam is, is hiervoor geen habitattype gedefinieerd. In het Dotterbloemgrasland komen ook blauwgraslandsoorten voor. Zodoende kwalificeert het grasland op één soort na als het habitattype H6410 Blauwgrasland. De overige gronden betreffen grotendeels voedselrijke graslanden. De graslanden in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden zijn nog altijd in intensief landbouwkundig beheer. Ook de meeste graslanden in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden zijn in het verleden op intensieve wijze beheerd, maar hier is inmiddels al (deels) overgeschakeld naar een meer extensief gebruik. Voor dit deel zijn in het kader van het inrichtingsplan Archem-Eerde, waarin uitwerking wordt gegeven aan Natura2000 / PAS-opgaven, maatregelen uitgewerkt voor hydrologisch en ecologisch herstel (RoyalHaskoningDHV, 2018). Deze maatregelen worden naar verwachting op zijn vroegst in 2022 uitgevoerd. In hoofdstuk 5 worden de uit te voeren maatregelen en de hiervan te verwachten effecten beschreven.

Figuur 2.1 Topografische ligging van het projectgebied

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

1:10,000

2.2 Geologie en geohydrologische opbouw

Geologie

De geologie en geohydrologische opbouw worden toegelicht aan de hand van een geologisch dwarsprofiel van het gebied (zie figuur 2.2) en kaarten van de verbreiding van belangrijke laagpakketten (figuren 2.3a, b en c). Het dwarsprofiel en de kaarten zijn vervaardigd op basis van BRO REGIS II v2.2 (TNO-GDN). De beschrijving is opgesteld aan de hand van de Stratigrafische Nomenclator van Nederland, (TNO-GDN, 2020).

Vanaf een diepte van 110-120 m -NAP zijn kleiige Tertiaire mariene afzettingen aanwezig (BRk1 en OOc) met daarboven een circa 40-50 m dikke laag Tertiaire zanden van de Formatie van Oosterhout (OOz2). Boven de mariene afzettingen is in het Pleistoceen een 30 à 40 m dik pakket rivierzanden afgezet (Formaties van Waalre en Peize - PZWAz4). De afzettingen komen vertand voor, vanwege de aanwezigheid van het samensvloeiings-gebied van de Baltische riviergebied (Formatie van Peize) en de Rijn (Formatie van Waalre). Vrij hoog in de afzettingen komt ook een complexe eenheid voor (PZc) met een afwisseling van zandige, kleiige en organogene afzettingen.

In de Saale-ijstijd drongen ijstongen in het gebied door en werden stuwwallen gevormd en werd plaatselijk keileem afgezet. De verbreiding van de gestuwde formaties (DTc) is weergegeven in figuur 2.3a en valt samen met de stuwwallen de Archemerberg ten zuiden van de Regge en de Besthmenerberg ten noorden ervan. Ter plaatse van de Regge tussen de stuwwallen in, zijn er ook gestuwde afzettingen aanwezig in de ondergrond maar minder dik. De gestuwde afzettingen zijn vooral gevormd uit rivierzandafzettingen met lokale leemlaagjes. Uit de kaart met de verbreiding en dikte van de keileem (DRGIk1) volgt dat deze keileemlaag vooral in het oostelijke gedeelte van het natuurgebied Eerde aanwezig is (zie figuur 2.3b). Volgens de kaart komt in het oostelijke deel van de Eerderhooilanden wel keileem voor en in het westelijke gedeelte er ter plaatse van de Steile Oever niet. Bij het afsmelten van het landijs kwamen grove fluvioglaciale zanden tot afzetting. Alle afzettingen van deze periode behoren tot de Formatie van Drenthe.

Tijdens de interglaciale periode van het Eemien werden eerst door een vlechtende Rijn grove zandige sedimenten afgezet in het gebied. Deze zanden behoren tot de Formatie van Kreftenheye (KRz5 en KRz4). Met de verdergaande opwarming later in deze periode begon de zeespiegel te stijgen. De Rijn verandert in een kronkelende, meanderende stroom. In dit rustige milieu zijn klei en veen afgezet. De klei en het veen behoren tot het Laagpakket van Zutphen (KRZUk1). De verbreiding en dikte van het Laagpakket van Zutphen is weergegeven in figuur 2.3c. Hieruit blijkt dat deze laag aanwezig is in het oostelijke gedeelte van Eerde en het oostelijke gedeelte van de Eerderhooilanden en afwezig is in het westen van de Eerderhooilanden en in de omgeving van de Steile Oever. Onder het oostelijke gedeelte van de Eerderhooilanden is de dikte volgens de gegevens uit Regis II tussen de 1 en 2 meter. De bovenkant van deze laag bevindt zich op circa 7 à 8 meter onder maaiveld. Verder naar het oosten is deze laag dikker (5 à 6 meter).

In de laatste ijstijd, het Weichselien, bereikte het landijs Nederland niet, maar was de invloed van het koude klimaat wel merkbaar. In het Midden-Weichselien raakte de bodem tot op grotere diepte permanent bevroren. Regen- en dooiwater konden niet in de permafrost doordringen en moesten over het oppervlak afgevoerd worden. Tussen de stuwwallen ontstond een uitgebreid stelsel van beken en kleine riviertjes, waarin zogenaamde fluvioperiglaciale afzettingen gevormd werden. Dit zijn fijne tot grove zanden met grind, leemlaagjes en dunne veenbandjes (Formatie van Boxtel). Volgens Regis is een kleilaag van deze tijd (BXk1) aanwezig in de binnenbocht van een meander van de Regge bij de Steile Oever en loopt deze laag door onder de Regge en in een deel van het gebied met de Vochtige alluviale bossen.

In het zeer koude, laatste deel van het Midden Weichselien was er minder neerslag waardoor in het kale gebied zandverstuivingen optraden. De windafzettingen uit deze tijd

worden oud dekzand genoemd, en bestaan uit een afwisseling van horizontale laagjes lemig en niet lemig fijn zand, dat als een deken over de ondergrond ligt. In de laatste fase van deze ijstijd kon door het verdwijnen van de permafrost het water in de ondergrond wegzakken, waardoor de bovengrond verder kon uitdrogen en ondanks de aanwezige vegetatie kon de wind veel zand verstuiven. Door de aanwezigheid van een vegetatiedek werden deze zanden echter niet meer als een homogeen dek afgezet, maar werden lage duinen gevormd. Dit zand is vaak duidelijk grover dan dat van het oude dekzand, terwijl de gelaagdheid met lemige bandjes vrijwel altijd ontbreekt. Dergelijke dekzandruggen zijn, vooral buiten het beekdal van de Regge, op grote schaal aanwezig. Ze zijn echter ook in het beekdal te vinden, zoals ten zuiden van de beneden Hamerwetering.

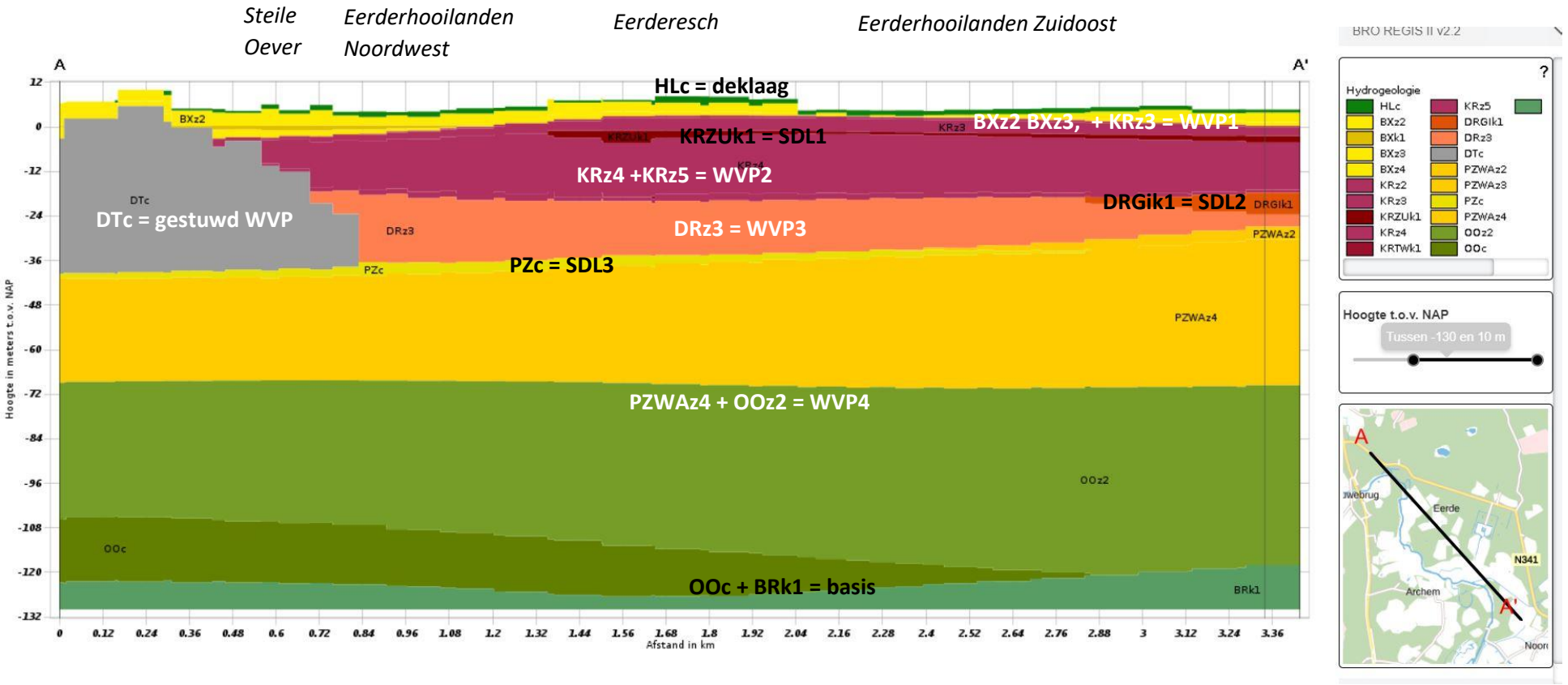
In het Holoceen werd het klimaat warmer en vochtiger en onder invloed van het vochtiger klimaat steeg de grondwaterstand. In het beekdal van de Regge werd tijdens overstromingen klei en leem afgezet, en trad in laaggelegen delen (en vooral in verlaten beekbeddingen) veenvorming op.

Geohydrologische opbouw

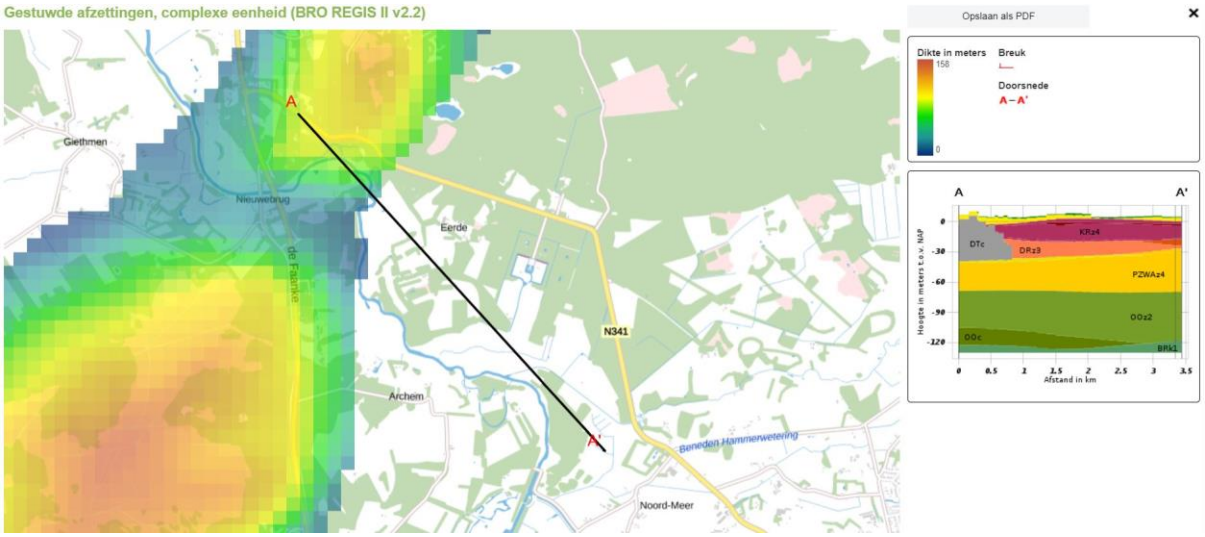
Het eerste watervoerende pakket (wvp1) bestaat uit zanden van de Formatie van Boxtel (BXz2, BXz3 en BXz4) en zanden van de Formatie van Kreftenheye. De zanden van de Formatie van Boxtel zijn doorgaans fijner (met een k van 5-10 m/d) dan die van de Formatie van Kreftenheye (met een k van 25-50 m/d). De dikte van dit eerste watervoerende pakket is circa 10 meter. In het rivierdal is dit watervoerende pakket afgedekt met holocene klei en leem en lokaal komt in het eerste watervoerend pakket een leemlaagje van de Formatie van Boxtel voor (BXk1).

Waar aanwezig vormt de kleilaag van het Laagpakket van Zutphen (KRZUk1) de eerste scheidende laag (sdl1). Ter plaatse van het oostelijk deel van de Eerderhooilanden Zuidoost bedraagt de weerstand hiervan 50 à 100 dagen. Hieronder ligt het tweede watervoerende pakket (wvp2). Dit pakket is ruim 10 meter dik en is opgebouwd uit de zanden van de Formatie van Kreftenheye (KRz4 & KRz5). Waar aanwezig (oostelijk deel van Eerderhooilanden Zuidoost) vormt keileem (DRGIk1) de tweede scheidende laag (sdl2). De weerstand hiervan is dan > 1000 dagen. Waar de keileem ontbreekt vormt het tweede watervoerende pakket één geheel met het derde watervoerende pakket (wvp3). Dit derde watervoerende pakket is circa 10 meter dik en bestaat uit zanden en de Formatie van Drenthe (DRz3). Onder het derde watervoerende pakket komt de complexe kleiige eenheid PZc voor. De weerstand van deze laag bedraagt 0 tot 50 dagen onder bijna hele Eerde. Onder de Eerderhooilanden Noordwest zou de weerstand hoger zijn (c = 50 tot 100 dagen). Verder naar het westen onder de Archemerberg neemt de weerstand verder toe, (c = 100-500 dag). Onder deze laag komt het vierde watervoerende pakket voor opgebouwd uit de zanden van de Formaties van Peize, Waalre en Oosterhout. De dikte van dit pakket is circa 80 meter. De (praktisch ondoorlatende) hydrologische basis wordt gevormd door de kleien van de Formaties van Oosterhout (OOc) en Breda (BRk1).

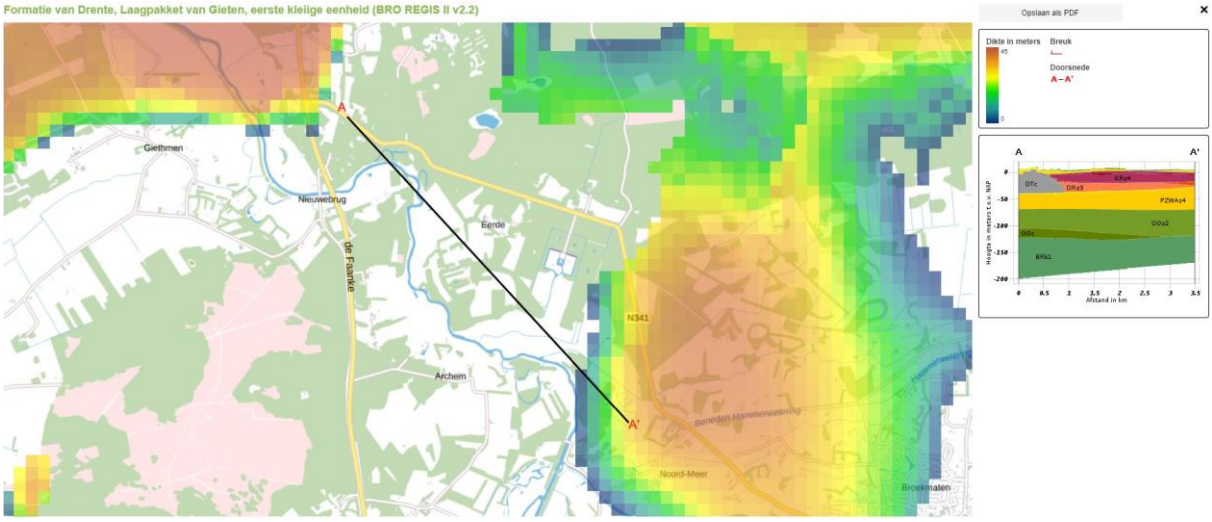
In gebieden waar zowel de keileem als de klei van het Laagpakket van Zutphen ontbreken (ofwel een groot deel van het projectgebied) is er één dik watervoerende pakket van circa 40 meter aanwezig (watervoerende pakketten 1, 2 en 3) dat veelal bestaat uit grove zanden. Waar de complexe eenheid PZc zandig ontwikkeld is heeft het gecombineerde watervoerende pakket zelfs een dikte van circa 120 meter (gecombineerd watervoerend pakket 1, 2, 3 en 4). Ter plaatse van de stuwwal van de Archemerberg bestaat de ondergrond uit één groot gestuwd zandpakket tot een minimale diepte van 30 m -NAP. De pompputten van de drinkwaterwinning Archemerberg bevinden zich in dit gestuwde pakket en dit pakket sluit direct aan op het gecombineerde watervoerende pakket 1+2+3. Het gestuwde karakter kan zorgen voor anisotropie van de grondwaterstroming. Onder de gestuwde afzettingen sluiten de onderliggende lagen min of meer aan met de afzettingen elders in de omgeving, beginnend met de afzettingen van de Formatie van Peize. Zoals al gezegd is de weerstand van de complexe keiige eenheid PZc groter onder de Archemerberg dan onder Eerde. Dit geldt dus ook voor de locatie van de drinkwaterwinning.



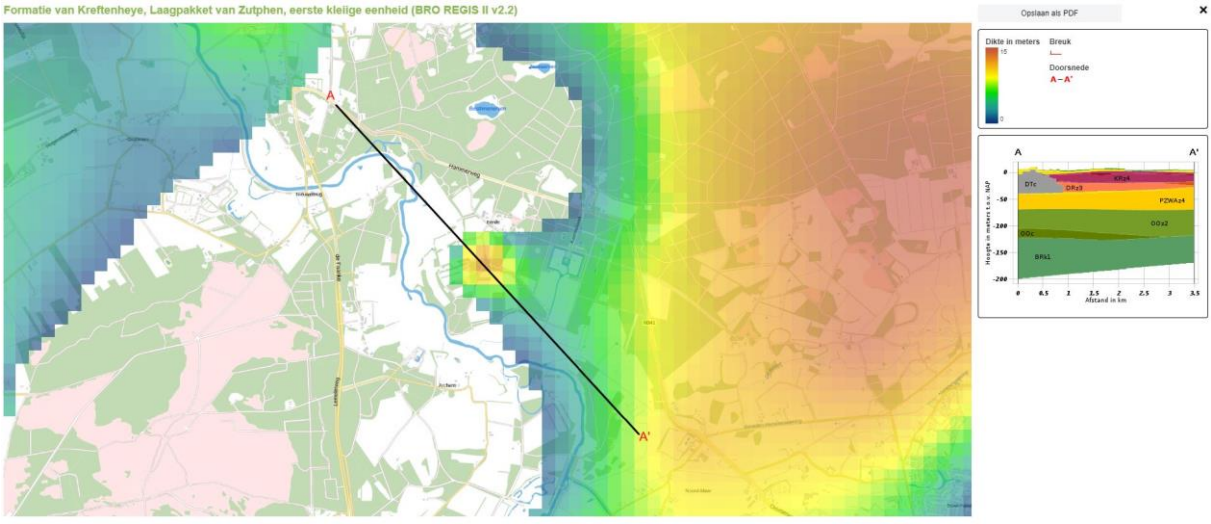
Figuur 2.2 Geologisch dwarsprofiel, REGIS II v2.2 (TNO-GDN)



Figuur 2.3a Verbreiding gestuwde afzettingen (DTc), REGIS II v2.2 (TNO-GDN)
(zwarte lijn = raai dwarsprofiel A-A': zie figuur 2.2)



Figuur 2.3b Verbreiding keileem (DRGik1)), REGIS II v2.2 (TNO-GDN)
(zwarte lijn = raai dwarsprofiel A-A': zie figuur 2.2)



Figuur 2.3c Verbreiding Laagpakket van Zutphen (KRZUk1), REGIS II v2.2 (TNO-GDN)
(zwarte lijn = raai dwarsprofiel A-A': zie figuur 2.2)

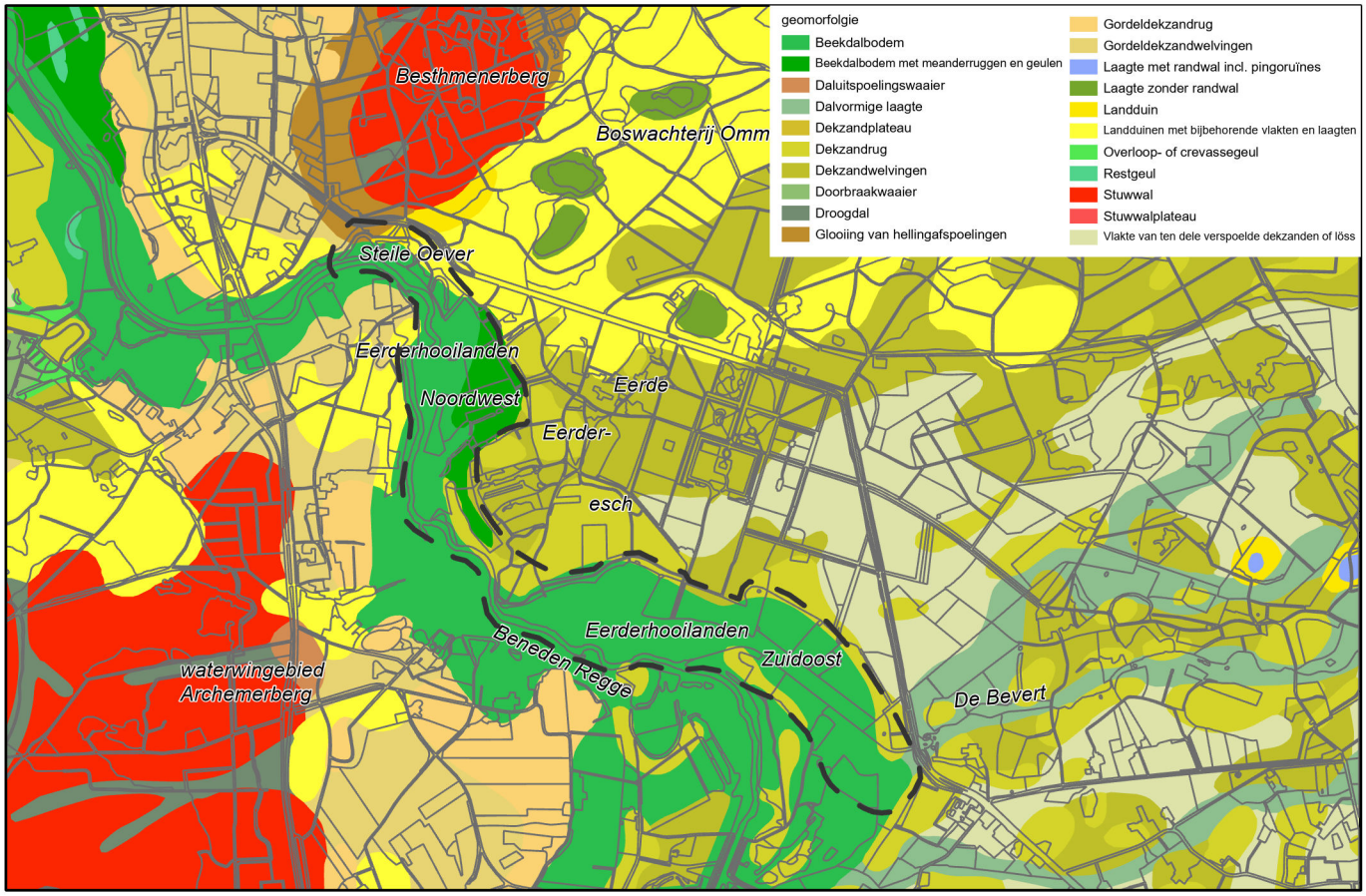
2.4 Geomorfologie en hoogteligging

De geomorfologische gesteldheid van het gebied wordt toegelicht aan de hand van de geomorfologische kaart (figuur 2.4) en de hoogtekaart (figuur 2.5). De hoogtekaart is gebaseerd op het AHN3-hoogtebestand.

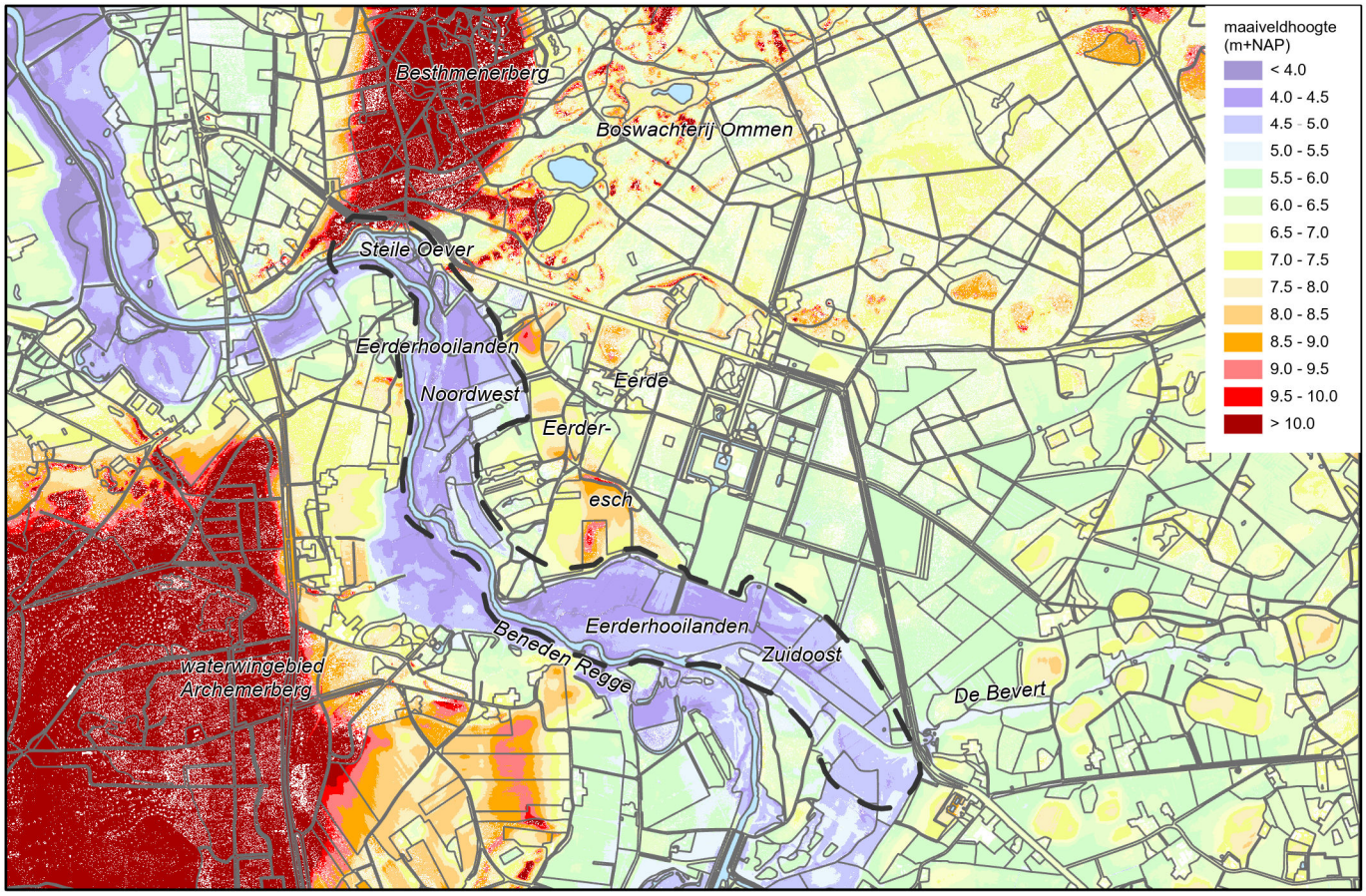
Geomorfologisch gezien is het gebied onder te verdelen in een zone met beekdal-afzettingen langs de Regge en dekzandafzettingen (dekzandruggen en ten dele verspoelde dekzanden) in de rest van het natuurgebied, met daarbinnen in het Eerder Achterbroek een stelsel van dalvormige laagten. In grote delen van het gebied is een beekdalbodem met meanderruggen en -geulen aanwezig. Uit de gedetailleerde bodemkaart van het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden (figuur 2.7) en de meer gedetailleerde hoogtekaart van figuur 4.1 volgt dat er in het projectgebied in werkelijkheid meer delen met meanderruggen en -geulen aanwezig zijn dan zoals op de geomorfologische kaart aangegeven.

Op de hoogtekaart en de geomorfologische kaart is ook goed te zien hoe het beekdal van de Regge door de stuwwallen heen snijdt. In het verleden sneed de Regge daarbij ook de stuwwal aan de noordzijde (de Besthemerberg) aan, als gevolg waarvan hier een hoge, steile oever is ontstaan en waaraan deze plek zijn naam Steile Oever aan ontleent.

De laagst gelegen gronden liggen in het beekdal van de Regge: het maaiveld ligt hier veelal tussen de 4 en 5 mNAP. In samenhang met het voorkomen van meandergeulen- en ruggen is in niet verstoorde delen van het beekdal binnen dit interval echter een gevarieerd microreliëf aanwezig. In andere delen is dit reliëf echter verloren gegaan door egalisatie (zie paragraaf 2.5). Het maaiveld van het aangrenzende dekzandgebied ligt grotendeels op een hoogte van 5,5 tot 7 mNAP en ter plaatse van de dekzandruggen kan het maaiveld oplopen tot circa 9 à 10 mNAP.



Figuur 2.4 Geomorfologische kaart



Figuur 2.5 Maaiveldhoogte

1:30,000

2.5 Bodem

Bodemkaart 1:50.000 (figuur 2.6)

De bodemkaart van Stiboka is weergegeven als figuur 2.6. De kaart is gemaakt voorafgaand aan de herinrichting van de Regge en geeft dus de oude loop weer. Uit de kaart volgt dat in het beekdal van de Regge en dus ook het projectgebied over het algemeen beekeerdgronden aanwezig zijn. Beekeerdgronden hebben een minerale eerdlaag van 15 tot 50 cm en hebben binnen 35 cm -mv duidelijk roestverschijnselen. In het beekdal van de Regge is de bovengrond vanwege de afzetting van slib vaak lemig of kleiig en dit is op de bodemkaart aangegeven met de toevoeging k (kleidek). In een klein deel van de Eerderhooilanden is volgens de Stiboka-kaart een moerige eerdgrond aanwezig. Een detailbodemonderzoek dat in 2012 voor de Eerderhooilanden is uitgevoerd laat zien dat de bodemopbouw hier in feite veel gevarieerder is dan zoals weergegeven op de Stiboka-bodemkaart (zie hieronder).

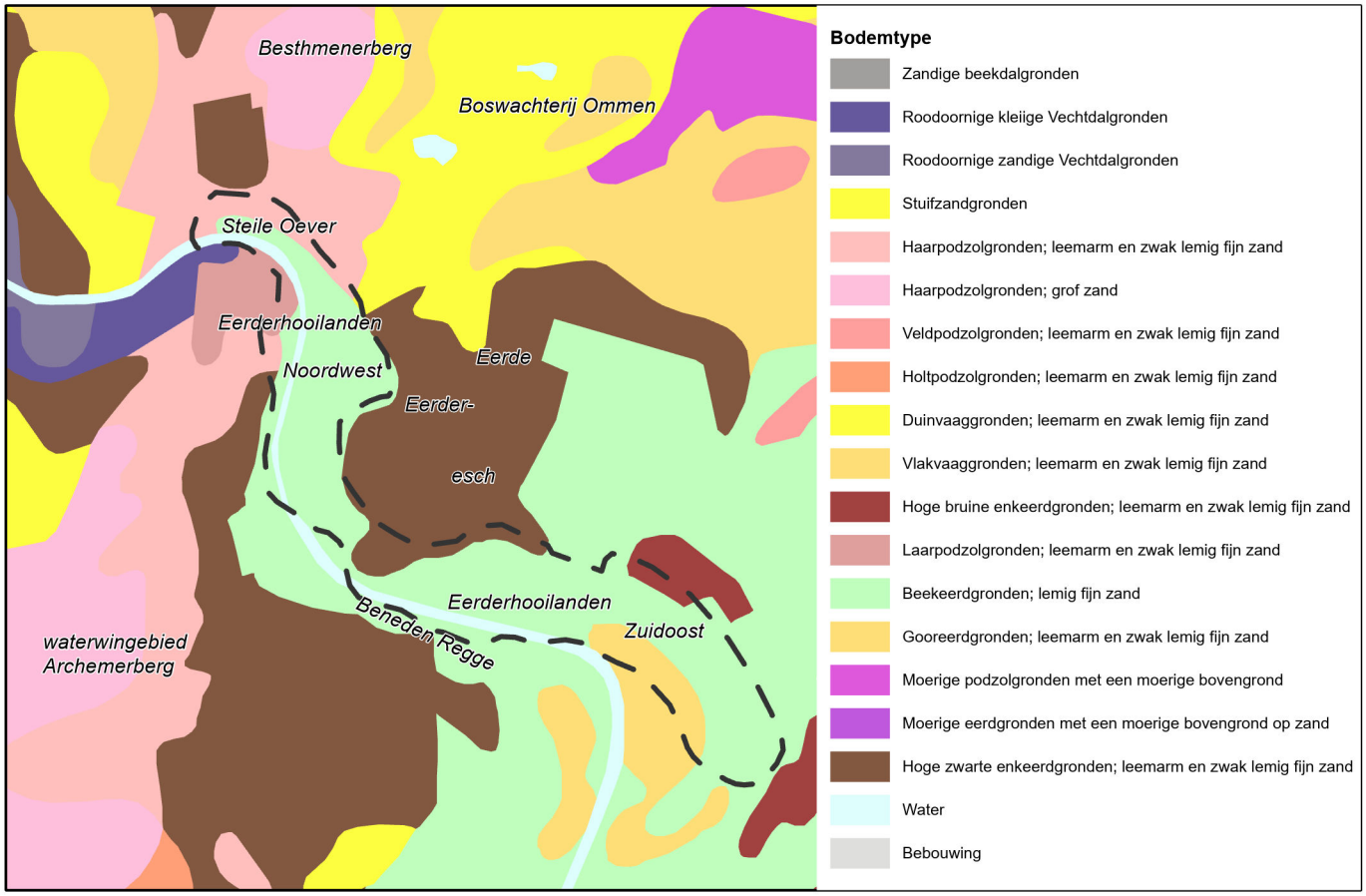
In de hoger gelegen delen zijn ter plaatse van de oude essen over het algemeen zwarte enkeerdgronden aanwezig. In de overige hoger gelegen delen liggen met name veldpodzolgronden.

Detailbodemonderzoek Eerderhooilanden (figuur 2.7)

In 2012 heeft Bell Hullenaar in samenwerking met de bodemkundige Peter Mekkink de bodemopbouw van het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden onderzocht (Bell Hullenaar, 2013). Uit dit onderzoek is gebleken dat in de Eerderhooilanden een uitermate gevarieerde bodemopbouw aanwezig is: er is een fijnmazige afwisseling aanwezig van zandgronden, kleigronden, moerige gronden en veengronden. Alle veengronden en ook de meeste moerige gronden en zandgronden hebben een (sterk) lemige toplaag of kleidek van 15 à 40 cm, en daar waar het kleidek dikker is dan 40 cm valt de bodem onder de kleigronden. Het betreft hierbij lichte klei / zavel. Alleen de zandgronden in het noordoosten hebben geen kleidek. Hier is de bodem tot op grote diepte (doorgaans minstens 50 cm -mv, en meestal over de gehele boordiepte) echter wel sterk lemig. Op enkele plekken met een moerige bodem is in plaats van een kleidek een zanddek aanwezig.

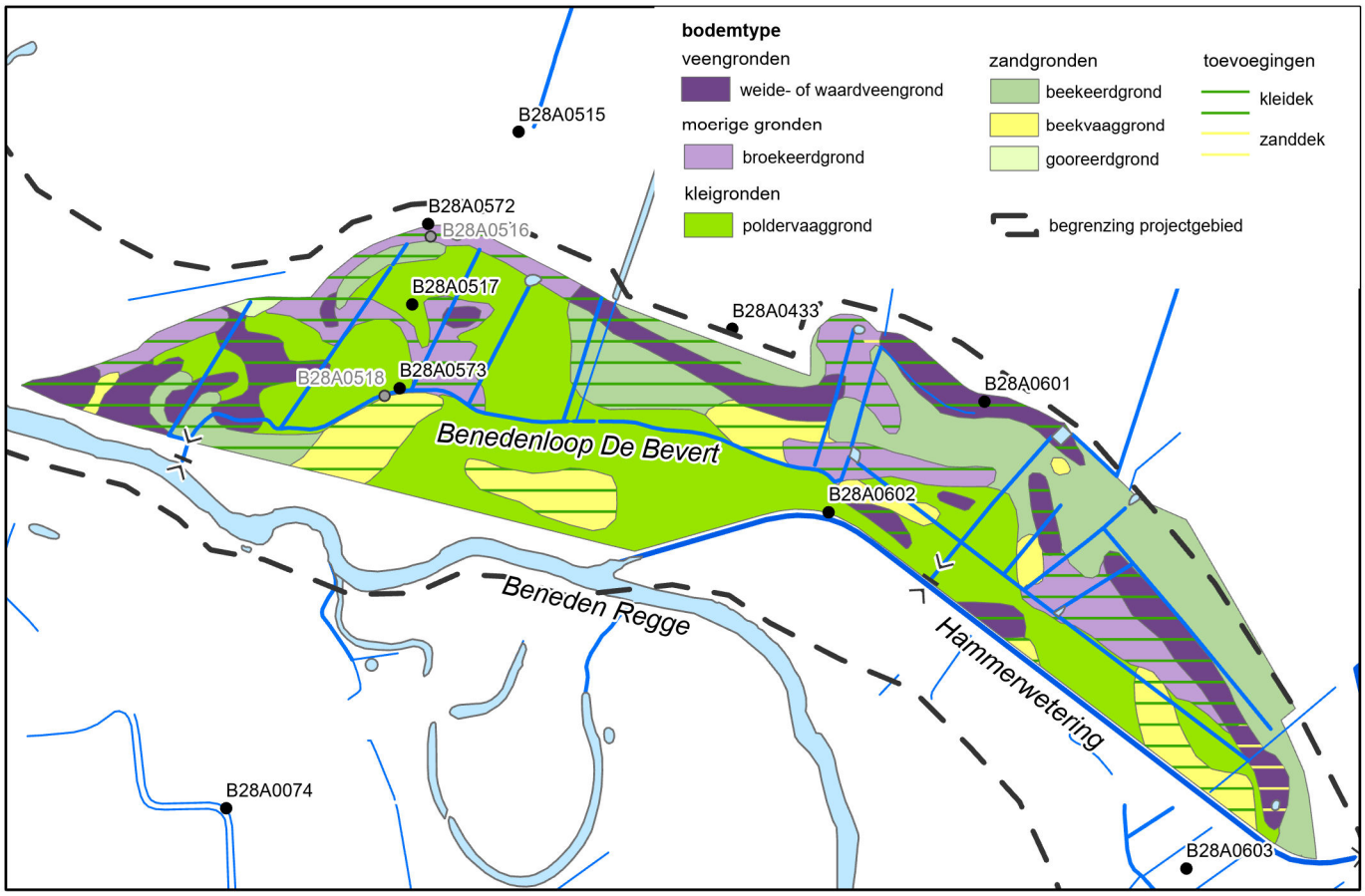
De betreffende zandgronden zijn onderverdeeld in beekeerdgronden (met een duidelijk ontwikkelde humeuze toplaag) en beekvaaggronden (zonder duidelijk ontwikkelde humeuze toplaag). De kleigronden betreffen (vrijwel) overal poldervaaggronden: vanwege de snelle omzetting van organisch materiaal in kleigronden (en mogelijk geholpen door afgraving) bevat de toplaag hier bijna nergens veel humus. Alle veengronden behoren vanwege de aanwezigheid van het klei- of zanddek tot de weide- of waardveengronden. Waardveen-gronden hebben een kleidek zonder minerale eerdlaag (< 3% organische stof). Weide-veengronden hebben een kleidek met minerale eerdlaag (3-15% organische stof).

Naast de bodemtypes, is ook de mate van antropogene beïnvloeding onderzocht. Het gaat om verwerkingen, ophogingen en afgravingen. In het gebied zijn delen in de geulen met moerige bodem of veenbodem opgehoogd. Het ophoogmateriaal betreft meestal lichte klei / zavel en in enkele gevallen zand. Op de hoogtekaart en vooral ook in het veld is goed te zien dat in de gebiedsdelen waar de aangetroffen bodemprofielen op antropogene beïnvloeding wijzen er ook sprake is van een (sterk) genivelleerd reliëf. Dit is het best zichtbaar langs de randen van het niet verstoorde gebiedsdeel ten zuidwesten van het Dotterbloemgrasland: terwijl er in dit gebied een prachtig reliëf (van hoge ruggen en diepe geulen) aanwezig is, is het reliëf in de omgeving ervan sterk genivelleerd, doordat de ruggen zijn onthoofd en de geulen zijn opgevuld. Vooral aan de zuidoostzijde is een messcherpe overgang aanwezig tussen het wel en niet verstoorde deel. In zijn totaliteit zijn er dus sterke aanwijzingen dat grote delen van het gebied geëgaliseerd zijn, en dat in combinatie hiermee aanzienlijke delen ook geploegd zijn.



Figuur 2.6 Bodemkaart (1:50000)

1:30,000



1:9,000

Figuur 2.7 Gedetailleerde bodemkaart Eerderhooilanden Zuidoost

2.6 Hoofd-oppervlaktewatersysteem

In deze paragaaf wordt het functioneren van de hoofdwaterlopen (de Beneden Regge, de Hammerwetering en de Bevert) behandeld en wordt ook ingegaan op de overstromingsinvloed van de Regge. In paragraaf 4.2 (wordt op basis van een veld-inventarisatie) ingegaan op het functioneren van het lokale stelsel in het projectgebied. Voor zover dit relevant is voor het projectgebied is de ligging van deze hoofdwaterlopen aangegeven in figuur 2.1.

De belangrijkste hoofdwaterloop is de Beneden Regge. De Beneden Regge betreft het traject van de Regge tussen stuw Hankate in gemeente Hellendoorn tot aan de uitmonding in de Overijsselse Vecht tussen Vilsteren en Ommen. De Regge is in het begin van de 20e eeuw gekanaliseerd en verdiept en in 1986 op grondige wijze uitgebaggerd. In het kader van het Reggeherstelproject is de Regge weer hersteld naar een natuurlijke, ondiepere, meanderende rivierloop. Bij Eerde is dit herstel in 2013 en 2014 uitgevoerd. De bodemhoogte is gemiddeld 1,5 meter verhoogd (RoyalHaskoningDHV, 2018) en is ter hoogte van de Eerderhooilanden ruim 1 meter verhoogd.

De Beneden Regge staat onder invloed van stuw Vilsteren die enkele kilometers benedenstrooms van de monding van de Regge in de Overijsselse Vecht aanwezig is (dit valt buiten het kaartbeeld). Het streefpeil van deze stuw bedraagt 2,35 mNAP in de winter en 2,65 mNAP in de zomer. Door het aanwezige verhang zijn de peilen ter hoogte van de Eerderhooilanden (vooral in de winter) echter beduidend hoger dan deze stuwpeilen. Het waterpeil bij 1/4Q (ofwel het waterpeil dat circa 80 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden) bedraagt ter hoogte van het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden circa 4,11 mNAP. In droge zomerperioden zakt het peil echter wel weg tot op het niveau van de Overijsselse Vecht. De waterpeilen fluctueren dus sterk (RoyalHaskoningDHV, 2018).

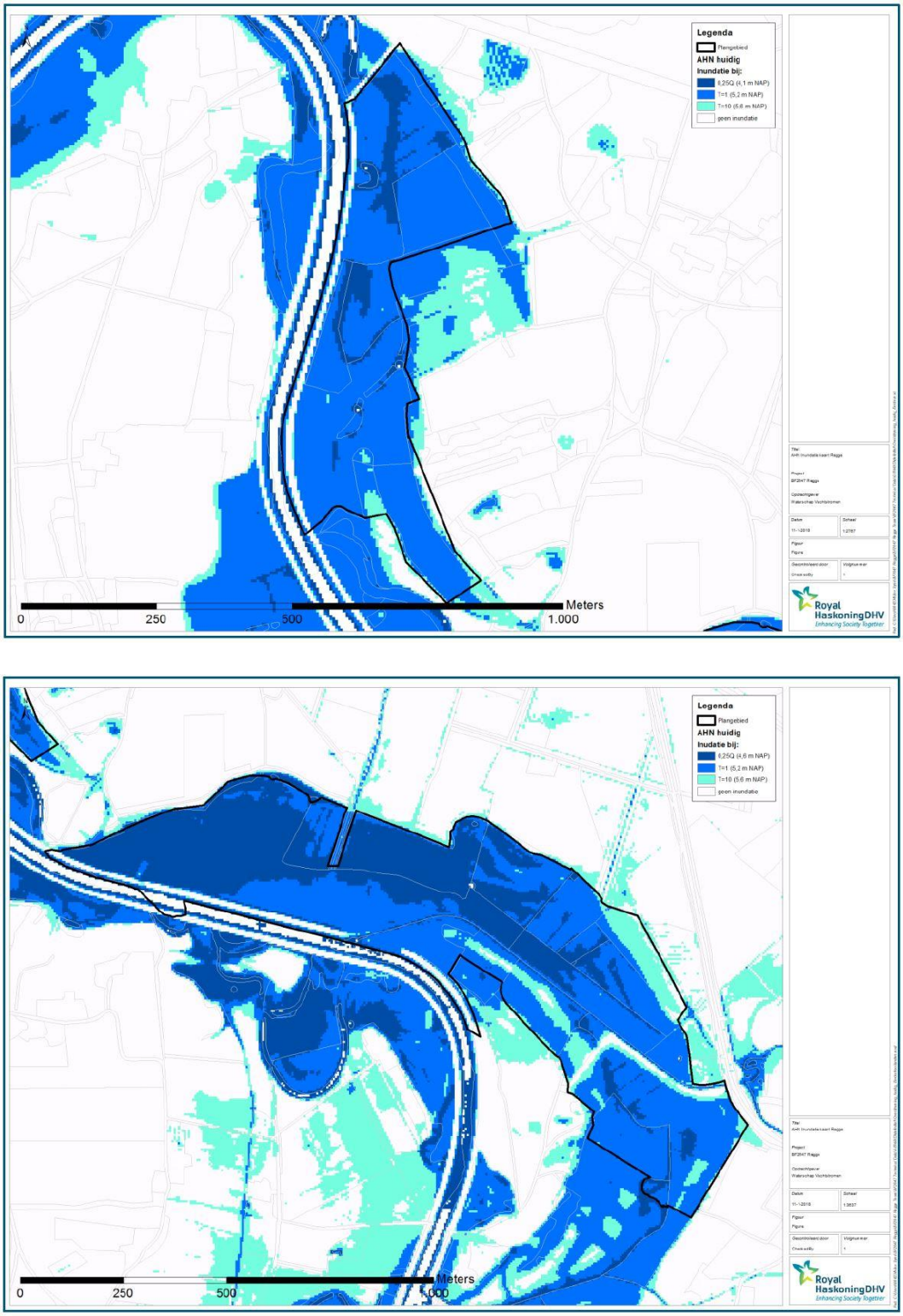
Een andere belangrijke hoofdloop betreft de Hammerwetering. Via deze wetering verloopt de afwatering van het gebied ten zuiden en ten zuidoosten van het natuurgebied Eerde, waarbij het voornamelijk gaat om intensief beheerde landbouwgronden. De Hammerwetering mondt aan de zuidzijde van (het zuidoostelijke deel van) de Eerderhooilanden uit in de Regge. Ter plaatse van de monding van de wetering in de Regge is een vaste overlaat aanwezig. Deze overlaat heeft een drempelhoogte van 3,76 mNAP. In samenhang hiermee ligt het peil in het benedenstroomse traject (bij basisafvoer) ongeveer op 3,85 mNAP. Verder bovenstrooms is direct ten oosten van de Hammerweg een stuw aanwezig (winterpeil 4,8 mNAP / zomerpeil 5,0 mNAP).

Het beekje de Bevert dat door het zuidelijke deel van het Eerder Achterbroek loopt, watert in de huidige situatie ter hoogte van de Hammerweg af op de Beneden Hammerwetering. De Bevert heeft niet alleen een afwateringsfunctie voor het oostelijke deel van natuurgebied Eerde (ofwel het Eerder Achterbroek), maar ook voor landbouwgronden ten oosten en ten noordoosten van het natuurgebied, onder meer het landbouwgebied Junnervlier. Dit landbouwgebied wordt ook bemalen (onderbemaling Junnervlier).

Overstroming van het Reggedal

Bij hoge rivierafvoeren overstroomt het beekdal van de Regge. Door de verwijdering van de kades en het herstel van de natuurlijke beekloop treedt overstroming van de Eerderhooilanden vaker op dan voorheen.

In figuur 2.8 wordt een beeld gegeven van de overstromingsdynamiek van de Eerderhooilanden en omgeving. De kaartbeelden zijn door RoyalHaskoning vervaardigd op basis van data van het waterschap. Als ondergrond is een AHN-kaart gebruikt waar de verlegging van de Beneden Regge en ook de verwijdering van de Reggekades nog niet



Figuur 2.8 Overstromingsdynamiek in Eerderhooilanden Noordwest en Eerderhooilanden Zuidoost (RoyalHaskoningDHV, 2018)

Donkerblauw = overstroming vanaf 0,25Q
Normaal blauw = overstroming vanaf 1Q = T1 (ofwel afvoerpieken met herhalingstijd van 1 x per jaar)
Grijs = overstroming vanaf T10 (ofwel afvoerpieken met herhalingstijd van 1 x per 10 jaar)

zijn verwerkt. Bij de kaartbeelden wordt aangegeven dat het wel om de huidige situatie (dus zonder kades) zou gaan. Vermoedelijk is echter geen rekening gehouden met het veelal nog aanwezig zijn van een grondrug langs de Regge en de aanwezigheid van de klepduikers op de plekken waar de lokale slotenstelsels (via deze rug) op de Regge afwateren en is alleen gekeken naar de hoogteligging ten opzichte van het Reggepeil. Het gaat dus waarschijnlijk om een situatie waarbij de klepduikers verwijderd zouden zijn en de lokale slotenstelsels in open verbinding staan met de Regge.

Uit de kaartjes volgt dat (in die situatie) overstroming van de Eerderhooilanden veelvuldig optreedt: de laagst gelegen delen overstromen (dan) al bij 0,25Q, ofwel minimaal 80 dagen per jaar en vrijwel de complete hooilanden overstromen bij 1Q, ofwel minimaal 1 x per jaar. In de Eerderhooilanden Zuidoost is de zone die bij 0,25Q al overstroomt ook omvangrijk.

Van de zone met de afgekoppelde meanders ter plaatse van de Steile Oever is slechts de meest oostelijk gelegen afgekoppelde meander zichtbaar op het bovenste kaartbeeld. Hieruit volgt dat het gebied rond de afgekoppelde meander gemiddeld minimaal 1 x per jaar overstroomt. De afgekoppelde meander zelf zou meer dan 80 dagen per jaar overstromen, maar dat beeld klopt niet, want in dat geval zou ook de overstromingsfrequentie ter plekke van de overloopdrempel van de afgekoppelde meander (naar de Regge) een dergelijke hoge overstromingsfrequentie moeten hebben, en dat is niet het geval. In relatie hiermee ligt is de overstromingsfrequentie van deze afgekoppelde meander dus (veel) lager dan 80 dagen per jaar en meer in de richting van 1 x per jaar.

2.7 Grondwatersysteem

Inleiding

De werking van het grondwatersysteem wordt toegelicht aan de hand van de resultaten van berekeningen die zijn uitgevoerd met het behulp van het WRD-model van het waterschap en aan de hand van modelberekeningen die door Vitens met een eigen model zijn uitgevoerd voor het inzichtelijk maken van de effecten van de drinkwaterwinning.

Ten aanzien van het gebruik van de resultaten van berekeningen met het WRD-model gaat het om het volgende:

- Er zijn modelberekeningen uitgevoerd in het kader van het N2000- en GGOR-traject. Bij het waterschap zijn bestanden opgevraagd waarmee door Bell Hullenaar zelf in het kader van het project 'Ecohydrologisch herstel natuurgebied Eerde' (Bell Hullenaar, 2013) isohypsen- en kwel- / infiltratiesterkten kaarten zijn gemaakt die ook nu weer worden gebruikt.
- Hetzelfde model is door RoyalHaskoningDHV gebruikt voor het doorrekenen van het inrichtingsplan Archem-Eerde, wat in feite alleen betrekking heeft op het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden: ook deze resultaten worden gebruikt.

De toelichting van de werking van het grondwatersysteem geschiedt in eerste instantie aan de hand van de volgende figuren:

- Berekende isohypsenkaart van de GHG-situatie (figuur 2.9a).
- Berekende isohypsenkaart van de GLG-situatie (figuur 2.9b).
- Berekende kwel / infiltratie in de GHG-situatie (figuur 2.10a).
- Berekende kwel / infiltratie in de GLG-situatie (figuur 2.10b).
- Berekende effecten van het Reggeherstel op de grondwaterstanden (figuur 2.11).

De in dit hoofdstuk gepresenteerde isohypsenkaarten en kwel-/infiltratiekaart betreffen de situatie voorafgaand aan het Reggeherstel. Van de situatie na het Reggeherstel en voorafgaand aan de lokale maatregelen (ofwel de huidige situatie) zijn geen afzonderlijke isohypsenkaarten en kwel- / infiltratiekaarten van het complete gebied beschikbaar. De patronen die uit de kaarten van figuren 2.9a en b en figuren 2.10a en b volgen zijn op hoofdlijnen echter ook representatief voor de huidige situatie. In hoofdstuk 5 worden dezelfde kaarten namelijk gepresenteerd voor de situatie na Reggeherstel in combinatie met lokale maatregelen in de Eerderhooilanden en zelfs dan zijn de patronen min of meer overeenkomstig met die van de situatie voorafgaand aan het Reggeherstel. Het Reggeherstel heeft uiteraard wel een sterk effect op de kwelsterkte en hoogte van de grondwaterstanden in het projectgebied. Dit effect wordt op basis van de door RoyalHaskoningDHV uitgevoerde berekeningen aan de hand van figuur 2.11 beschreven.

Vervolgens wordt op basis van de door Vitens uitgevoerde berekeningen (aan de hand van figuren 2.12, 2.13 en 2.14) ingegaan op de effecten van de drinkwaterwinning Archemerberg. In deze berekeningen is het Reggeherstel al wel opgenomen.

In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de effecten van de (nog te treffen) interne maatregelen in de Eerderhooilanden.

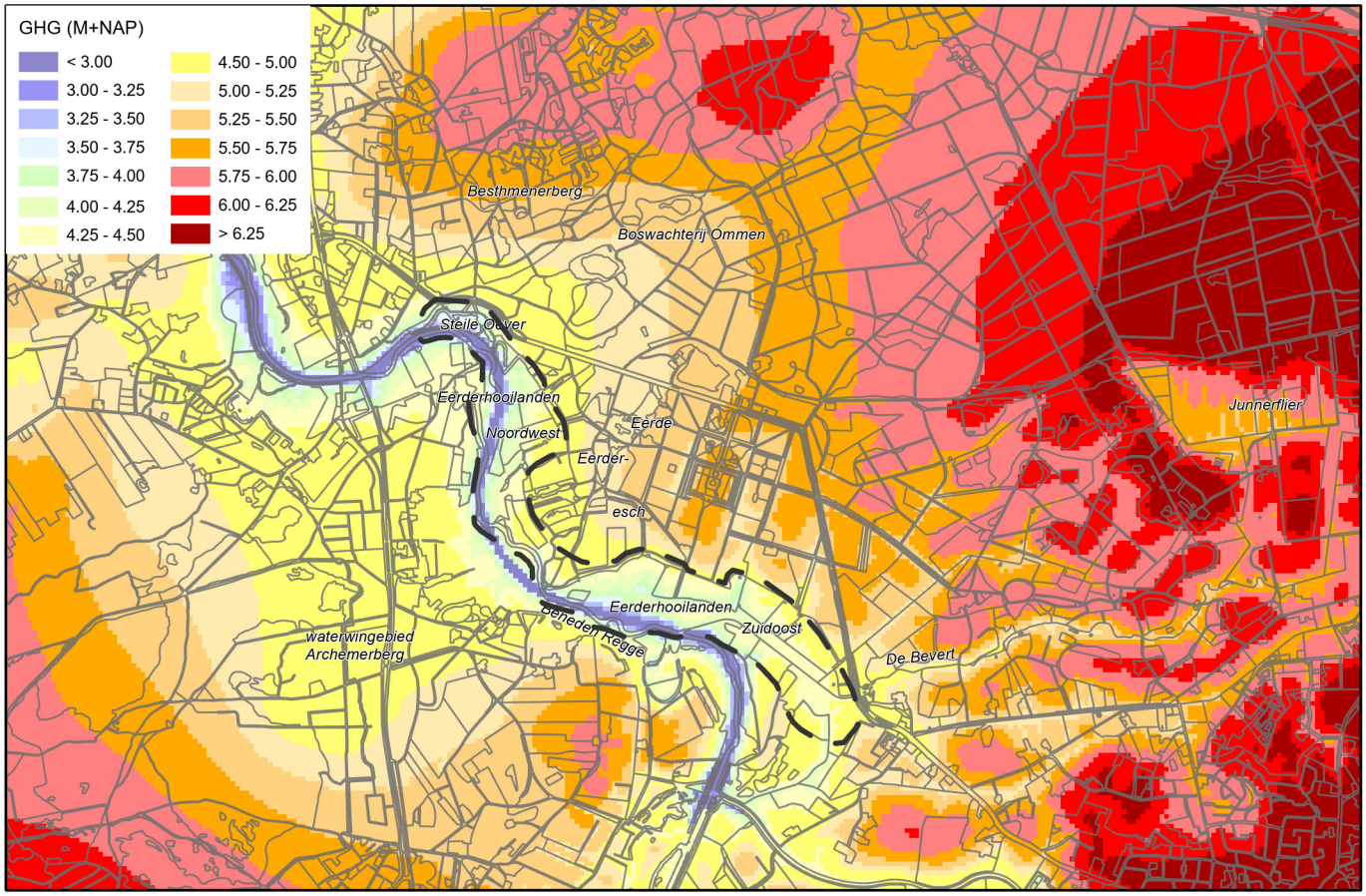
Functioneren van het grondwatersysteem op hoofdlijnen

De stuwwallen (Archemerberg en Besthmenerberg), de hoog gelegen zandgronden van Boswachterij Ommen en de hoog gelegen dekzandgronden van de Eerder Esch en het parkbos bij het kasteel vormen omvangrijke infiltratiegebieden (zie vooral figuur 2.10a). Ook ter plaatse van de dekzandgronden het Eerderbroek / Eerder Achterbroek treedt infiltratie op, maar hier komt het infiltrerende regenwater voor een groot deel al weer snel aan de oppervlakte, veelal in drainerende sloten, maar in toenemende mate ook als kwelwater in het hier aanwezige fijnmazige dalenstelsel. Overigens lijkt de drainerende werking van de sloten in het landgoedbos ten oosten van het kasteel te fors berekend, aangezien er in de huidige situatie vanuit de hier aanwezige sloten bijna nooit (dus ook niet in natte wintersituaties) oppervlakkige afvoer optreedt (Bell Hullenaar, 2013). De enige watergang in het landgoedbos die wel een aanzienlijke drainerende werking heeft betreft de Bosgracht. De Bosgracht vormt een afvoerloop voor landbouwgronden langs de Hammerweg.

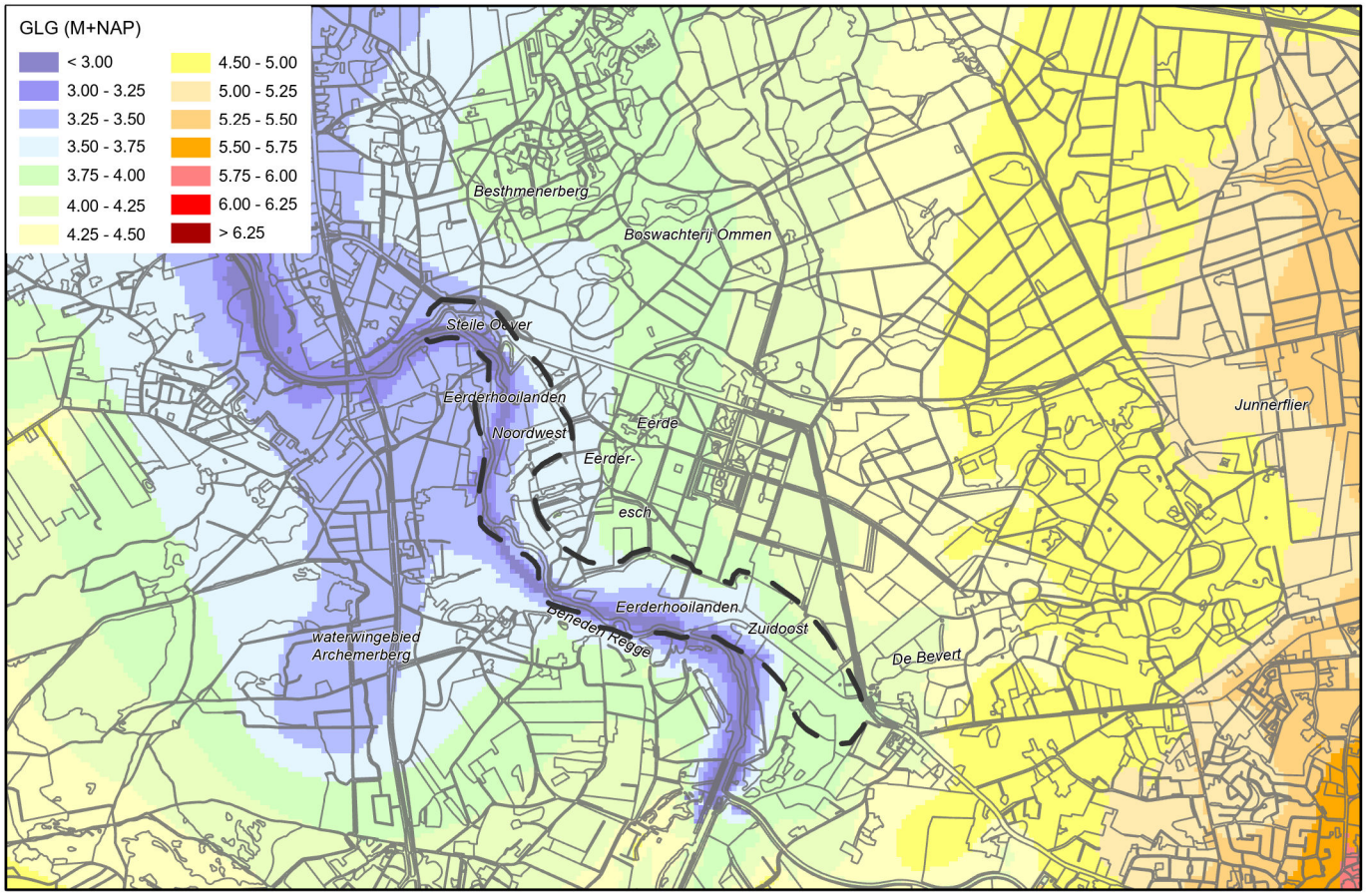
In het beekdal van de Regge treedt kwel op. Hoewel in deze met diepe Reggeloop doorgerekende situatie de Regge het kwelwater in de sterkste mate draineert, treedt ook dan al behoorlijk sterke kwel op naar de rest van het beekdal, en dus ook naar de verschillende onderdelen van het projectgebied: de afgekoppelde meanders bij de Steile Oever, het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden en het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden. In beide delen van de Eerderhooilanden wordt deze kwel nu nog in belangrijke mate afgevangen en uit het gebied afgevoerd door de nog aanwezige slotenstelsels. In hoeverre er kwel optreedt ter plaatse van de Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland zal later in het rapport, en met name in hoofdstuk 4 (op basis van de resultaten van het veldonderzoek), blijken.

Op basis van de isohypsenkaarten (figuren 2.9a en 2.9b) volgt dat de voeding van het beekdal ter plaatse van de afgekoppelde meanders bij de Steile Oever vooral afkomstig is vanuit de naastgelegen stuwwal van de Besthmenerberg. Het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden wordt behalve door de direct aangrenzende dekzandruggen van de Eerder Esch ook gevormd door de zandgronden van Boswachterij Ommen ten noorden van natuurgebied Eerde en dan met name vanuit het Eerderveld en de omgeving hiervan. Het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden wordt behalve vanuit de hoog gelegen zandgronden die direct ten noorden en noordoosten ervan liggen ook gevoed vanuit het Eerderbroek (voor zover het infiltrerende regenwater hier niet door sloten wordt afgevangen en afgevoerd) en in combinatie hiermee (onder het Eerder Achterbroek door) waarschijnlijk vanuit het gedeelte van de zandgronden van de Boswachterij Ommen ten noorden van Junnervlier, ofwel het Junnerveld. In een natuurlijke situatie zou ook voeding plaatsvinden vanuit de laagte van Junnervlier, maar in de huidige situatie is dit vanwege de sterk drainerende werking van het hier aanwezige slotenstelsel echter niet het geval.

Op de isohypsenkaarten (figuren 2.9a en 2.9b) is ook de invloed van de drinkwaterwinning Archemerberg goed zichtbaar. De afbuiging in de isohypsen ter plaatse van de winning in zowel de GHG- als de GLG-situatie geeft aan dat de winning in sterke mate grondwater naar zich toe trekt. Het effect hiervan op het grondwatersysteem van het projectgebied wordt verderop in deze paragraaf behandeld, nadat eerst de effecten van het Reggeherstel zijn besproken.

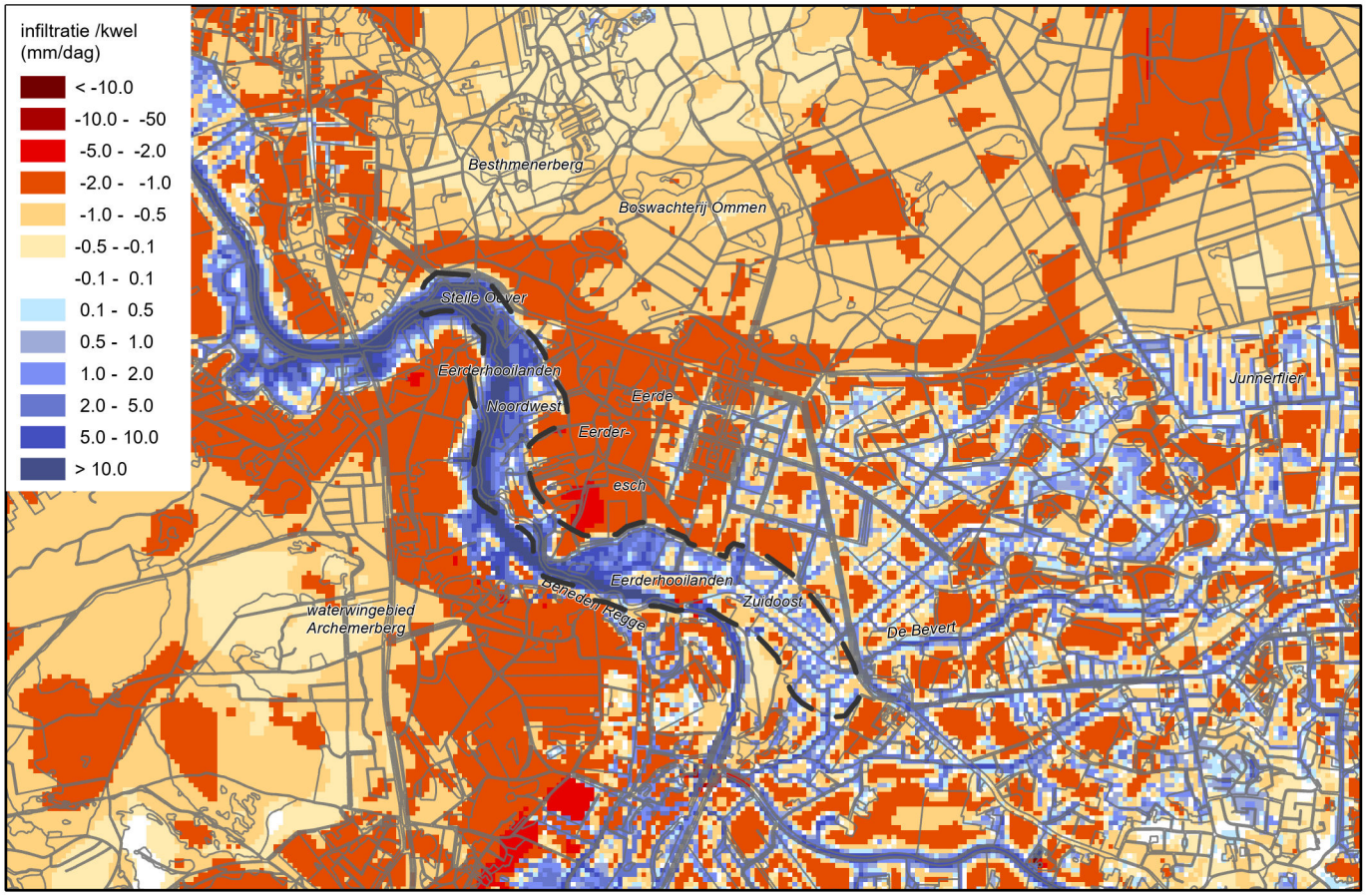


Figuur 2.9a Berekende isohypsen in de GHG-situatie, voorafgaand aan Reggeherstel

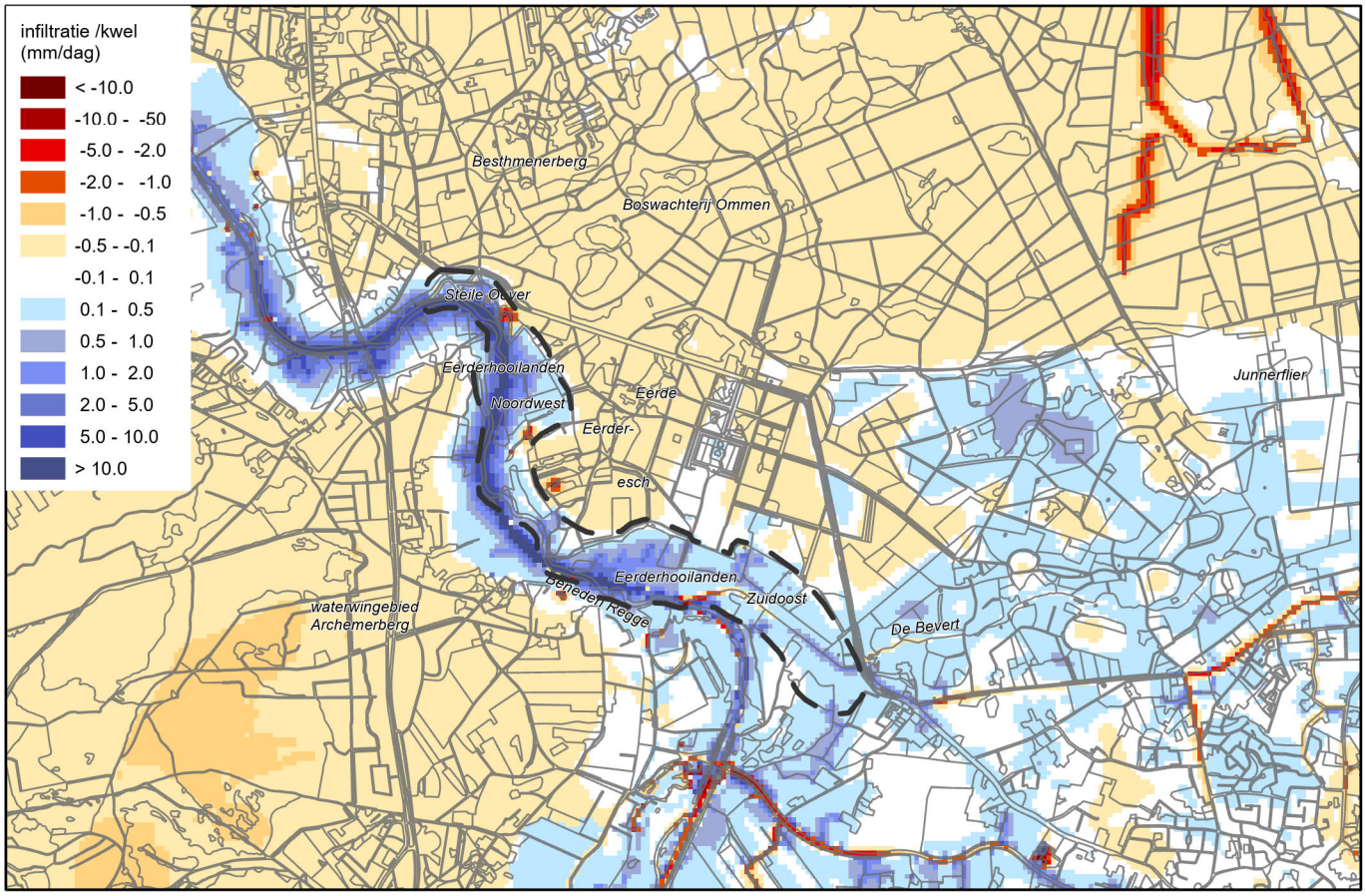


Figuur 2.9b Berekende isohypsen in de GLG-situatie, voorafgaand aan Reggeherstel

1:40,000



Figuur 2.10a Berekende kwel / infiltratie in de GHG-situatie, voorafgaand aan Reggeherstel



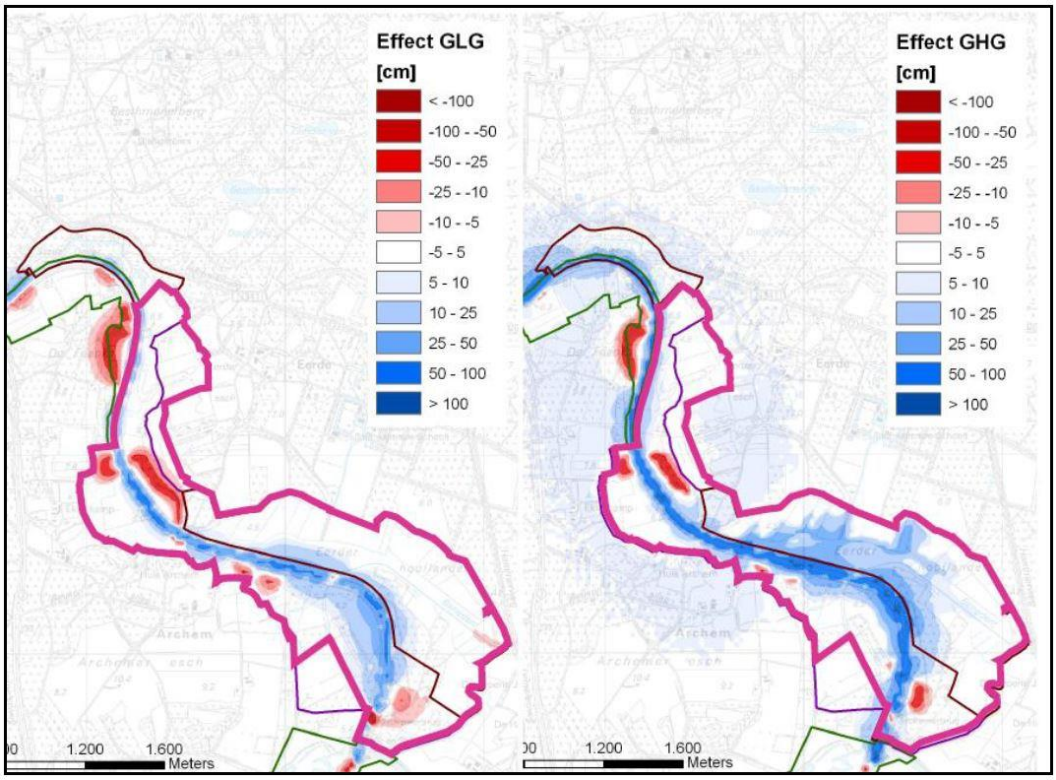
Figuur 2.10b Berekende kwel / infiltratie in de GLG-situatie, voorafgaand aan Reggeherstel

Effecten van Reggeherstel

Uit figuur 2.11 volgt dat in de zone van de voormalige diepe, gekanaliseerde rivierloop overal zowel in de GHG als in de GLG-situatie een sterke grondwaterstandsverhoging is berekend als gevolg van het Reggeherstel. In het projectgebied wordt in combinatie hiermee ook in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden in de GHG-situatie een aanzienlijke verhoging berekend. Elders in het projectgebied (noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden en afgekoppelde meanders bij de Steile Oever) wordt in de GHG-situatie nauwelijks of geen verhoging berekend, maar hier wordt in de omgeving wel een lichte verhoging berekend. Dit wijst erop dat er ook hier in het beekdal zelf wel een effect is, maar dan in relatie tot een toename van de kwel naar de afgekoppelde meanders / het slotenstelsel van de Eerderhooilanden, waarbij als gevolg van de drainerende werking hiervan de grondwaterstand (nagenoeg) niet kan stijgen. In het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden is dit blijkbaar niet het geval, wellicht omdat hier het peil van het lokale slotenstelsel is meegestegen met de peilverhoging in de Regge. Verder is het opvallend dat er in het projectgebied (praktisch) geen verhoging in de GLG-situatie wordt berekend.

Op basis van de tijdreeksanalyse die is uitgevoerd met behulp van de meetreeksen van de peilbuizen (zie hoofdstuk 4) volgt dat de effecten van het Reggeherstel in de praktijk sterker zijn dan volgt uit deze berekeningen: terwijl voor de omgeving van het Reggedal op basis van de meetreeksen van de peilbuizen verhogingen van 19 tot 28 cm zijn afgeleid, bedragen de berekende verhogingen hooguit 5 à 10 cm.

Op plekken waar in het kader van het herstelproject meanders buiten deze zone zijn uitgegraven zijn grondwaterstandsverlagingen berekend, wat ook logisch is, omdat ook de nieuwe rivierloop nog altijd een aanzienlijke diepte heeft en in deze zones voorheen over het algemeen geen watergangen aanwezig waren.



Figuur 2.11 Berekende grondwaterstandsverhogingen in de GHG- en de GLG-situatie als gevolg van het Reggeherstel (Royal HaskoningDHV, 2018)

Effecten van de drinkwaterwinning Archemerberg

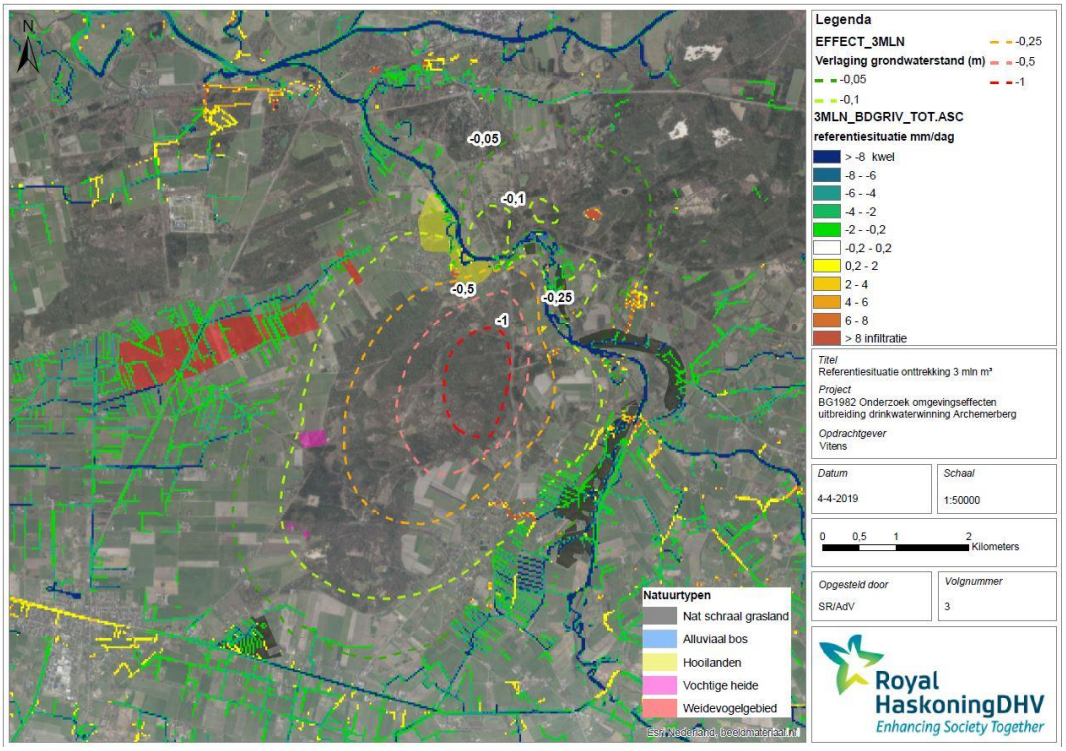
Ten (zuid)westen van de Regge wordt door Vitens uit de Archemerberg grondwater onttrokken. De pompputten bevinden zich in het gestuwde pakket, dus deze winning is freatisch. De winning bestaat sinds 1975. Er is een vergunning voor het onttrekken van 4 miljoen m3/jaar. Vanaf 2010 wordt de winning ingezet voor een capaciteit van 3 miljoen m3/jaar, waarbij Vitens de winning zoveel mogelijk ontziet. Vitens wil de winning in de toekomst wel voor de volledige 4 miljoen m3 / jaar gaan inzetten. Om op oriënterende wijze de effecten hiervan in beeld te brengen zijn door Vitens modelberekeningen uitgevoerd voor een gemiddelde situatie. Dit proces is begeleid door een breed opgezette projectgroep en de rapportage van het hele proces is door RoyalHaskoningDHV verzorgd (RoyalHaskoningDHV & Vitens, 2019). Uit deze rapportage zijn drie figuren gebruikt om de effecten van de winning op oriënterende wijze te beschrijven.

Figuur 2.12 betreft de effecten van de drinkwaterwinning Archemerberg bij de huidige onttrekking van 3 miljoen m3 / jaar voor de doorgerekende gemiddelde situatie. Het was daarbij de bedoeling om behalve de berekende grondwaterstandsverlagingen ook de berekende afname in de kwellfux weer te geven, maar per abuis is in deze figuur niet deze afname maar de totale gemiddelde kwelflux voor de huidige situatie (ofwel de referentiesituatie) weergegeven. Uit figuur 2.12 volgt dat de winning nu al een effect heeft op het grondwatersysteem. Er is daarbij niet alleen sprake van een gebied met grondwaterstandsverlagingen ter plaatse van de Archemerberg zelf, maar ook van een gebied met een verlaging van 5 tot (ruim) 10 cm in het gebied ten noordoosten van het Reggedal, over een gebied dat zich grofweg uitstrekt tot en met de westelijke helft van de Boswachterij Ommen. Aangezien in het Reggedal kwel optreedt is hier geen grondwaterstandsdaling berekend maar is hier sprake van een afname van de kwelflux, waarbij de mate van afname uit deze foutief weergegeven figuur dus niet is af te leiden.

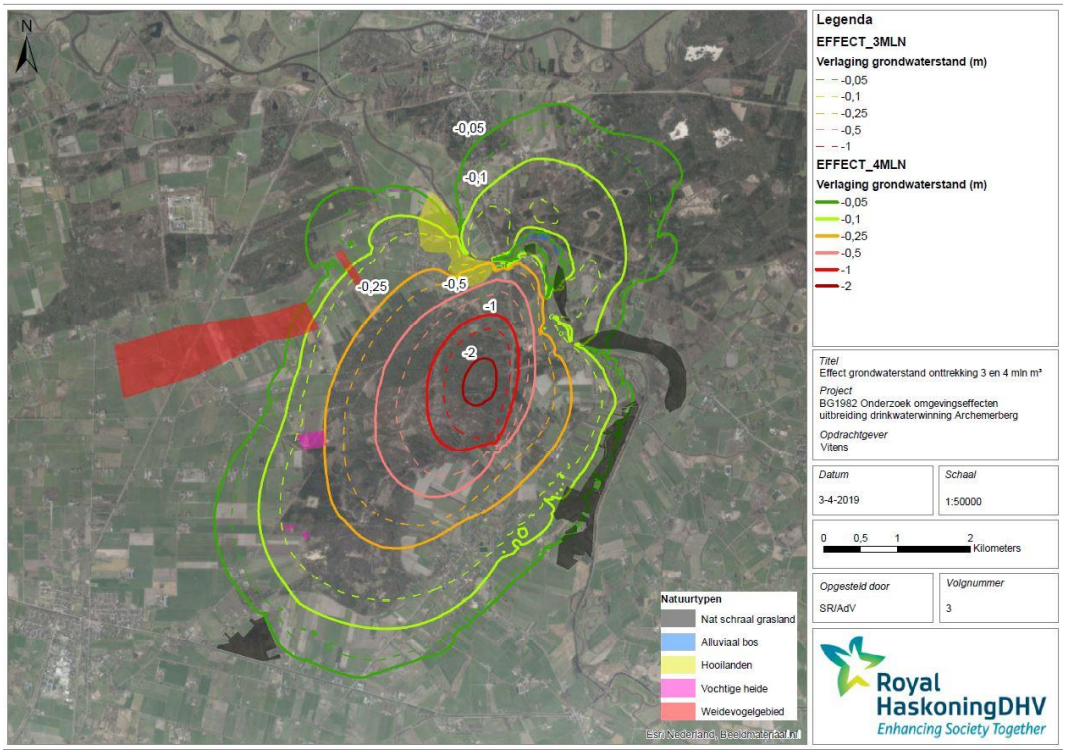
Uit figuur 2.13 volgt dat bij het verhogen van de onttrekking van 3 naar 4 miljoen m3 / jaar in het gebied ten noordoosten van het Reggedal vooral de zone met een verlaging van (ruim) 10 cm toeneemt en in combinatie hiermee neemt ook de omvang van het verlagingsgebied toe.

In figuur 2.14 zijn alleen de effecten weergegeven van de toename van 1 miljoen m3 / jaar. Daarbij is in deze figuur wel de verandering in kwelflux (als gevolg van deze toename) opgenomen. Bij het op deze manier weergeven van de effecten valt het aanzienlijke effect van de winning als geheel op de grondwaterstand in het gebied ten noordoosten van het Reggedal weg. Maar wat wel uit deze figuur volgt is het effect op de kwel in het Reggedal als gevolg van deze toename in de onttrekking: dit zorgt voor een afname van de gemiddelde kwelsterkte in het Reggedal (en dus ook in het projectgebied) van 0,2 tot 2,0 mm/d. Het gaat hierbij in de huidige situatie zowel om kwel naar de nog aanwezige sloten (bijvoorbeeld de sloten aan weerszijden van het Dotterbloemgrasland) als kwel naar de afgekoppelde meanders in het noordwesten van het projectgebied met (in de oeverzone hiervan) Vochtige alluviale bossen.

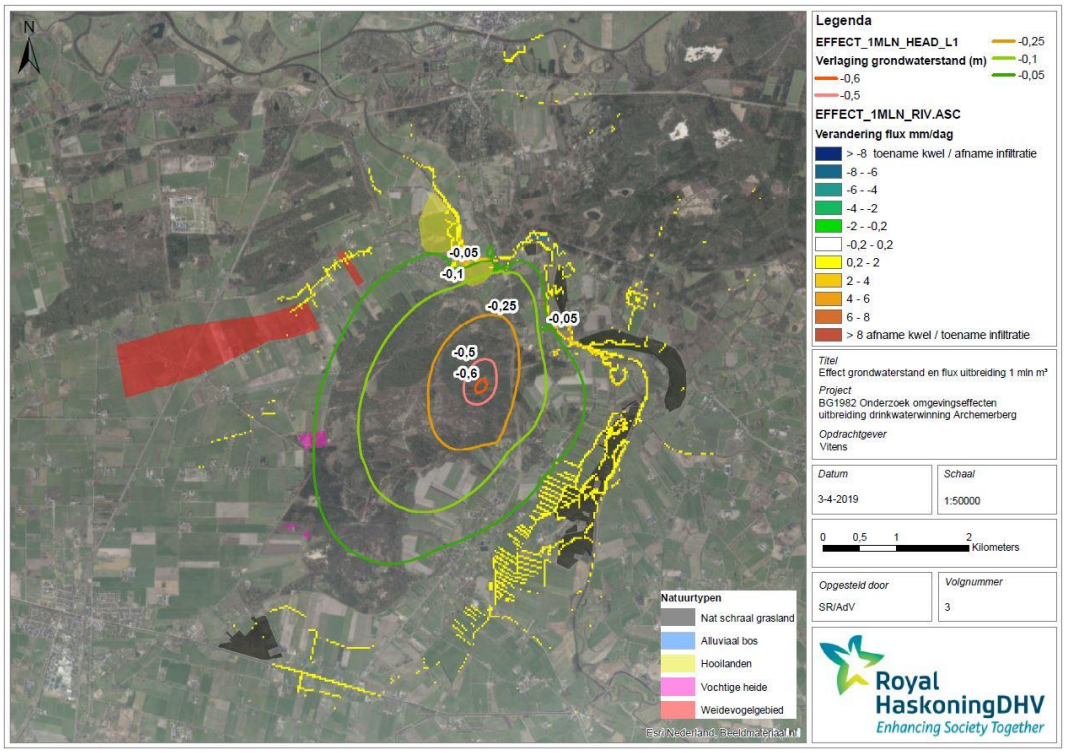
Het dempen van de sloten in het kader van de reeds geplande maatregelen in de Eerderhooilanden zal de drainerende werking van de sloten wegnemen waardoor de kwel naar de toplaag van de bodem van het Dotterbloemgrasland en andere laag gelegen delen zal worden versterkt en de grondwaterstand in de zomer minder ver beneden maaiveld zal wegzakken (wat nader zal worden toegelicht in hoofdstuk 5). Dus het kwelwater dat in de huidige situatie door de sloten wordt gedraineerd is nu weliswaar nog niet nuttig voor de grondwaterafhankelijke vegetaties, maar straks, na het dempen van de sloten, wel. Dus het effect dat in relatie tot de toename van de onttrekkingshoeveelheid is berekend voor de slootkwel is ook relevant voor de hier te herstellen grondwaterafhankelijke natuur. Hierbij gelden uiteraard andere getallen ten aanzien van de berekende afname van de kwelsterkte, aangezien het in de toekomstige situatie om diffuse kwel gaat naar de geulen / laag gelegen gebieden, in plaats van geconcentreerde kwel naar de sloten in de huidige situatie.



Figuur 2.12 Berekende effecten van de drinkwaterwinning Archemerberg voor de huidige onttrekking van 3 miljoen m3/jaar



Figuur 2.13 Berekende grondwaterstandsverlagingen van de drinkwaterwinning Archemerberg bij de huidige onttrekking van 3 en de gewenste onttrekking van 4 miljoen m3 / jaar



Figuur 2.14 Berekende effecten van de uitbreiding van de drinkwaterwinning Archemerberg met 1 miljoen m3/jaar

Uit het feit dat alleen al deze toename (van 1 miljoen m3 / jaar) een effect op de kwel heeft kan (in samenhang met de berekende verlagingscontouren voor de grondwaterstanden zoals weergegeven in figuur 2.13) worden afgeleid er ook een effect is van de winning als geheel op de kwelsterkte in het Reggedal (en dus het projectgebied) en dat het effect hiervan (in vergelijking met alleen het effect van alleen de toename) ook relatief groot is. De geldt niet alleen voor de situatie met de beoogde onttrekking van 4 miljoen m3 / jaar maar ook voor de huidige situatie met de onttrekking van 3 miljoen m3 / jaar.

3 Analyse grondwaterstandsverloop

3.1 Inleiding

In de Eerderhooilanden en de aangrenzende hoog gelegen gronden van de Eerder Esch en het landgoedbos is een hydrologisch meetnet aanwezig. Het meetnet is grotendeels ingericht door Natuurmonumenten. De peilbuizen in de Eerderhooilanden zijn echter overgenomen door waterschap Vechtstromen of door de provincie. Door de provincie zijn in 2019 ook twee peilbuizen (beide met dubbel filter) bijgeplaatst voor monitoring van het grondwaterstandsverloop in de Vochtige alluviale bossen in de noordwestelijke helft van het projectgebied (peilbuizen B22C1407 en B28A0661).

Op basis van de meetreeksen van de peilbuizen zijn grafieken vervaardigd van het grondwaterstandsverloop (zie bijlage 1). Voor de peilbuizen waarvan lange reeksen van voldoende kwaliteit beschikbaar zijn, is met behulp van het programma Menyanthes een tijdreeksanalyse uitgevoerd aan de hand waarvan de effecten van het Reggeherstel zijn afgeleid. De resultaten van deze analyse zijn opgenomen in de tabel in bijlage 2 en voor een selectie van meetpunten zijn in deze bijlage de resultaten ook grafisch weergegeven. Met behulp van Menyanthes zijn voor de peilbuizen met voldoende lange meetreeksen ook de GXG-waarden bepaald, waarbij onderscheid is gemaakt voor de oude situatie voorafgaand aan het Reggeherstel en de nieuwe situatie sinds het Reggeherstel. De resultaten hiervan zijn opgenomen in tabel 3.1.

Sommige peilbuizen bestaan uit combinaties van ondiepe en diepe filters. Zodoende kan op basis van deze reeksen ook op oriënterende wijze inzicht verkregen worden in de kwelsituatie: indien de stijghoogte van het diepe filter hoger is dan die van het ondiepe filter, en de tussenliggende bodemlaag niet een zeer hoge weerstand heeft, dan is er sprake van kwel. Hiermee is overigens nog niet duidelijk of de kwel de wortelzone van de vegetatie kan bereiken. Op basis van de resultaten van het hydro- en bodemchemisch onderzoek dat de raaien van de vier ecohydrologische dwarsprofielen is uitgevoerd ontstaat hiervan wel een beeld (zie paragraaf 4.3).

3.2 Technische aandachtspunten

Bij uitvoering van het veldonderzoek is een fout geconstateerd in de referentiehoogte van peilbuis B28A0661. Deze fout is doorgegeven aan de meetnetbeheerder van de provincie, waarop is toegezegd dat de peilbuis opnieuw zal worden ingemeten en op basis waarvan de fout zal worden gecorrigeerd. In de analyse van Bell Hullenaar is een voorlopige correctie toegepast door in ieder geval het in het veld geconstateerde onderlinge hoogteverschil tussen de referentiehoogten van het ondiepe en het diepe filter kloppend te maken (waarbij de referentiehoogte van het diepe filter als juist is verondersteld), waarmee in ieder geval de kwel- / infiltratiesituatie in de grafieken op correcte wijze wordt weergegeven.

De reeksen van de bijgeplaatste peilbuizen van de provincie zijn nog te kort voor het bepalen van de GXG-waarden. Voor deze korte reeksen zijn wel de GXG-waarden bepaald voor het jaar 2020: het enige jaar waarvan al een volledige meetreeks beschikbaar is). Door dit ook te doen voor een aantal peilbuizen waarvan de GXG-waarden ook op basis van lange reeksen (van goede kwaliteit) zijn bepaald is afgeleid in hoeverre de GXG-2020 representatief is voor de algehele GXG. Uit deze vergelijking (zie tabel 3.2) volgt dat de GXG-2020 in de buurt ligt van de algehele GXG: ten aanzien van de GHG en de GVG zijn er verschillen van hooguit een paar cm en ten aanzien van de GLG loopt het verschil uiteen van 1 tot 5 cm, waarbij de GLG-2020 iets aan de natte kant zit.

Tabel 3.1 GXG-waarden voor en na het Reggeherstel

GXG's 2006 t/m 2013

NITGCode	Filter	MaaiveId	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG
		[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m-mv]	[m-mv]	[m-mv]
B22C0104	1	6.14	3.81	4.36	4.46	2.33	1.78	1.68
B22C0549	1	6.53	4.48	5.16	5.28	2.05	1.37	1.25
B22C0610	1	6.60	4.25	5.02	5.03	2.35	1.58	1.57
B22C0611	1	5.60	4.24	4.98	5.00	1.36	0.62	0.60
B22C0612	1	5.32	4.22	4.85	4.92	1.10	0.47	0.40
B22C0613	1	5.60	4.15	4.77	4.81	1.45	0.83	0.79
B22C0614	1	5.56	4.37	4.98	5.07	1.19	0.58	0.49
B22C0615	1	7.18	6.21	6.41	6.45	0.97	0.77	0.73
B22C0616	1	6.21	6.26	6.40	6.42	-0.05	-0.19	-0.21
B22C0616	2	6.21	4.22	4.86	4.95	1.99	1.35	1.26
B22C0617	1	7.18	4.12	4.74	4.81	3.06	2.44	2.37
B22C0702	1	6.63	4.36	5.00	5.19	2.27	1.63	1.44
B22C0703	1	6.45	4.29	4.91	5.09	2.16	1.54	1.36
B28A0433	1	5.41	3.74	4.23	4.44	1.67	1.18	0.97
B28A0515	1	5.84	3.92	4.50	4.61	1.92	1.34	1.23
B28A0517	1	4.27	3.45	3.89	4.10	0.82	0.38	0.17
B28A0572	1	4.94	3.56	4.10	4.33	1.38	0.84	0.61
B28A0573	1	4.10	3.39	3.55	3.76	0.71	0.55	0.34

GXG's 2014 t/m 2019/2020

NITGCode	Filter	MaaiveId	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG
		[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m-mv]	[m-mv]	[m-mv]
B22C0104	1	6.14	3.91	4.59	4.71	2.23	1.55	1.43
B22C0549	1	6.53	4.50	5.29	5.41	2.03	1.24	1.12
B22C0615	1	7.18	6.07	6.36	6.42	1.11	0.82	0.76
B22C0616	1	6.21	6.39	6.43	6.45	-0.18	-0.22	-0.24
B22C0616	2	6.21	4.30	4.83	5.02	1.91	1.38	1.19
B22C0702	1	6.63	4.37	4.95	5.08	2.26	1.68	1.55
B22C0703	1	6.45	4.28	4.94	5.09	2.17	1.51	1.36
B22C1348	1	6.62	4.27	4.78	5.04	2.35	1.84	1.58
B28A0433	1	5.41	3.82	4.44	4.74	1.59	0.97	0.67
B28A0515	1	5.77	3.97	4.70	4.86	1.80	1.07	0.91
B28A0517	1	4.27	3.60	3.96	4.21	0.67	0.31	0.06
B28A0572	1	4.94	3.65	4.28	4.45	1.29	0.66	0.49
B28A0573	1	4.10	3.43	3.66	3.91	0.67	0.44	0.19
B28A0601	1	4.48	4.03	4.40	4.57	0.45	0.08	-0.09
B28A0601	2	4.48	3.87	4.45	4.64	0.61	0.03	-0.16
B28A0602	1	4.52	3.58	3.90	4.25	0.94	0.62	0.27
B28A0603	1	4.77	3.84	4.38	4.59	0.93	0.39	0.18

Verschillen

NITGCode	Filter	GLG	GVG	GHG
		[m]	[m]	[m]
B22C0104	1	0.10	0.23	0.25
B22C0549	1	0.02	0.12	0.14
B22C0615	1	-0.14	-0.05	-0.03
B22C0616	1	0.13	0.04	0.03
B22C0616	2	0.09	-0.03	0.08
B22C0702	1	0.01	-0.05	-0.11
B22C0703	1	-0.02	0.03	0.00
B28A0515	1	0.12	0.27	0.32
B28A0517	1	0.15	0.07	0.11
B28A0572	1	0.09	0.18	0.12
B28A0573	1	0.04	0.11	0.15

Tabel 3.2 GXG's 2020 in vergelijking met de GXG 2014 t/m 2020 voor peilbuizen met goede meetreeksen in de het Reggedal

NITGCode	Filter	Maaiveld	GLG 2020	GVG 2020	GHG 2020	GLG 2014-2020	GVG 2014-2020	GHG 2014-2020	verschil GLG	verschil GVG	verschil GHG
		[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m]	[m]	[m]
B28A0601	2	4,48	3,88	4,47	4,65	3,87	4,45	4,64	0,01	0,02	0,01
B28A0602	1	4,52	3,63	3,92	4,26	3,58	3,90	4,25	0,05	0,02	0,01
B28A0603	1	4,77	3,87	4,39	4,62	3,84	4,38	4,59	0,03	0,01	0,03

NITGCode	Filter	Maaiveld	GLG 2020	GVG 2020	GHG 2020	GLG 2020	GVG 2020	GHG 2020
		[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m-mv]	[m-mv]	[m-mv]
B22C1407	1	4,44	3,30	3,74	3,96	1,14	0,70	0,48
B22C1407	2	4,44	3,32	3,77	3,98	1,11	0,67	0,46
B28A0661	1	4,57	3,22	3,67	4,10	1,35	0,90	0,47
B28A0661	2	4,57	3,26	3,70	4,11	1,31	0,87	0,46

Aandachtspunten ten aanzien van de tijdreeksanalyse m.b.v. Menyanthes

Alleen peilbuizen met voldoende lange reeksen voor en na het uitvoeren van het Reggeherstel in 2013 en zonder veel gaten in de reeksen zijn geschikt voor het afleiden van de effecten van het Reggeherstel. Daarbij is al minimumeis een reekslengte van 3 jaar voor en 3 jaar na het jaar 2013 gehanteerd. De meeste peilbuizen hebben een reekslengte van 7 jaar voor en 7 jaar na het jaar 2013. In de grafische presentatie van de resultaten van de tijdreeksanalyse in bijlage 2 is te zien wat voor elke peilbuis de beschikbare reekslengte voor en na 2013 is.

de tijdreeksanalyse zijn B22C0104 (Eerder Esch), B28A0074 (ten zuiden van het Reggedal), B28A0515, B28A0572, B28A0433 (ten noorden van de Eerderhooilanden Zuidoost) en B22C0702 en B22C0703 (beide ten noorden van Kasteel Eerde). De reeks van peilbuis B22C1348 (ook ten noorden van Kasteel Eerde) is gecombineerd met de reeks van de oude peilbuis B22C0613. (waarbij de kanttekening wordt gemaakt dat de gegevens vanaf 2019 in DINO niet kloppen en door Bell Hullenaar de gegevens zijn gebruikt zoals aangeleverd door de provincie Overijssel). Verder is het diepe filter van peilbuis B22C0616 die de grondwaterstand onder 't Veentje meegenomen in de analyse. Nog verder naar het noorden in de boswachterij Ommen staat peilbuis B22C0549. De reeks is voldoende lang voor de analyse maar er vindt een verlaging in de grondwaterstanden plaats in 2010. Hier is dus iets anders aan de hand en de peilbuis is daarom niet verder meegenomen in de analyse. De reeksen van de peilbuizen B28A0517 en B28A0573 in de Eerderhooilanden zijn helaas ongeschikt voor de tijdreeksanalyse: de reeks van B28A0517 heeft een lange onderbreking en het peilbuis B28A0573 is tot maart 2019 te laag afgewerkt geweest om in natte winterperioden de grondwatertand te kunnen meten.

De reeksen die wel zijn gebruikt en handmatig zijn opgenomen zijn zo nodig gecorrigeerd. Meestal gaat het om meter-fouten, die makkelijk op te sporen zijn met Menyanthes.

Met de geselecteerde reeksen zijn in de eerste plaats tijdreeksmodellen gemaakt met alleen neerslag en verdamping als verklarende factoren. De neerslaggegevens zijn afkomstig van meetstation Vilsteren en de verdampinggegevens van meetstation Heino. Daarna is een staptrend ingevoerd op 1 juli 2013 om het effect van het herstel van de Regge te berekenen: door het toevoegen van een staptrend wordt het grondwater-standsverloop door het tijdreeksmodel niet alleen gerelateerd aan het verloop van de neerslag en de verdamping als verklarende factoren, maar ook aan een bepaalde 'plotselinge' verandering (in het systeem) op een bepaald moment. Bij de grafische presentatie van de resultaten van de tijdreeksanalyse in bijlage 2 (waarbij voor elk meetpunt telkens eerst de resultaten zonder staptrend en vervolgens de resultaten met het toevoegen van een staptrend worden gepresenteerd) is per meetpunt te zien in hoeverre het toevoegen van een staptrend het gemeten grondwaterstandsverloop beter verklaarbaar maakt. De berekende stappen en de bijbehorende statistieken zijn in de tabel voorin bijlage 2 opgenomen.

3.3 Resultaten

Resultaten tijdreeksanalyse

De resultaten zijn weergegeven in de tabel in bijlage 2. Een berekende steptrend is significant bij een verbetering van de verklaarde variantie van > 5%. Dit is het geval bij de peilbuizen B22C0104, B28A0074, B28A0433. De berekende verhogingen zijn:

- B22C0104: grondwaterstandsverhoging van 24 cm ter plaatse van de Eerder Esch op een afstand van 500 meter van de Regge.
- B28A0074: grondwaterstandverhoging van 28 cm ter plaatse van de hoger gelegen zandgronden ten zuiden van het Reggedal op een afstand van 300 meter tot de Regge.
- B28A0433: grondwaterstandsverhoging van 19 cm aan de rand van de hoog gelegen zandgronden, op de grens met de Eerderhooilanden, op een afstand van 300 meter van de Regge, maar hier is tussen de Regge en de peilbuis het drainerende slotenstelsel van de Eerderhooilanden nog aanwezig, wat hier (vooralsnog) een sterker effect voorkomt.

Ook verder weg van de Regge, in de buurt van kasteel Eerde, zijn lichte verhogingen berekend (uiteenlopend van 9 tot 19 cm), maar deze effecten zijn niet significant aangezien de verbeteringen van de verklaarde varianties hier < 5% zijn. Aangezien er in de betreffende periode geen andere waterhuishoudkundige maatregelen in het gebied zijn uitgevoerd en het ook plausibel is dat er verder van de Regge af lichte verhogingen kunnen optreden als gevolg van het Reggeherstel, is het onwaarschijnlijk dat er een andere oorzaak is van deze eventuele lichte grondwaterstandsverhogingen verder van de Regge af.

Dus uit de tijdreeksanalyse volgt dat het Reggeherstel heeft geleid tot behoorlijk sterke grondwaterstandsstijgingen in de omgeving van het Reggedal: namelijk afgerond 2,5 à 3 dm op een afstand van 300 tot 500 meter. Deze stijgingen zijn ook sterker dan zoals berekend in het onderzoek van RoyalHaskoningDHV: zie figuur 2.11.

Vergelijking met resultaten eerdere tijdreeksanalyse

In 2005 heeft Bell Hullenaar een meetnetevaluatie uitgevoerd voor Eerde. Daarbij is onder andere gekeken naar het invloed van de Regge op de grondwaterstanden, en dan met name het effect van het uitbaggeren en verdiepen van de Regge dat heeft plaatsgevonden in 1986. Het uitbaggeren en verdiepen in 1986 leidde tot een structurele peilverlaging van de Regge van circa 35 cm. Op basis van een tijdreeksanalyse van 2 lange grondwater-standsmeetreeksen, één van een peilbuis in de Eerde esch (B22C0104) en één van een peilbuis aan de zuid kant van de Regge (B28A0074) is afgeleid dat deze ingreep een grondwaterstandsverlaging heeft veroorzaakt van 3 á 4 decimeter. Dit betekent dus dat met het Reggeherstel de grondwaterstandsdaling als gevolg van het uitbaggeren in 1986 niet eens volledig gecompenseerd is.

Interpretatie van het grondwaterstandsverloop voor de peilbuizen in het Reggedal

Peilbuis B22C1407 maakt deel uit van raai A-A’ en staat in een Vochtig alluviaal bos. In de grafiek is te zien dan de grondwaterstand hier meestal behoorlijk ver onder maaiveld ligt. Alleen als het peil in de Regge hoog oploopt, dan stijgt de grondwaterstand tot dicht nabij maaiveld en soms loopt de waterstand tot boven maaiveld op: de peilbuislocatie is dan overstroomd met Reggewater. De laatste keer dat de peilbuislocatie overstroomde was begin 2020. De GXG2020-waarden voor deze peilbuis bedragen: GHG = 48 cm -mv, GVG = 70 cm -mv, en GLG 114 cm -mv. Dit is aan de droge kant voor Vochtig alluviaal bos, zelfs voor het bostype Vogelkers-essenbos, waarvoor (in goed ontwikkelde vorm) een GVG van

20 tot 60 cm -mv nodig is (zoals volgt uit het door Alterra en KWR vervaardigde programma Waternood). Vooral in de zomer is er vaak een lichte overdruk van het diepe filter ten opzichte van het ondiepe filter: er is dan dus een lichte kweldruk. Dit kwelwater is hier echter niet in staat de toplaag van de bodem (ofwel de wortelzone van de vegetatie, ofwel de bodemlaag van 0 tot 30 cm -mv) te bereiken. Op basis van de resultaten van het veldonderzoek wordt inzichtelijk gemaakt waarom dit het geval is en wordt de ecohydrologische toestand van het Vochtige alluviale bos nader geduid.

Peilbuis B28A0661 maakt deel uit van raai B-B' en ook deze peilbuis staat in een Vochtig alluviaal bos. Ook hier ligt de grondwaterstand doorgaans ver beneden maaiveld en loopt in perioden met hoog Reggepeil de grondwaterstand tot nabij en soms boven maaiveld op. Deze locatie is behalve begin 2020 ook eind 2020 nog een keer overstroomd. De GXG-2020-waarden voor deze peilbuis zijn: GHG = 47 cm -mv, GVG = 90 cm -mv en GLG = 135 cm -mv. Dus dit bos is (vanaf het voorjaar tot en met de zomer) nog droger dan het bos ter plaatse van peilbuis B22C1407. Ook hier is er in droge zomerperioden vaak een lichte overdruk van het diepe filter ten opzichte van het ondiepe filter, dus ook hier is er dan een lichte kweldruk en ook hier kan het kwelwater de toplaag niet bereiken.

Van de lange reeksen van peilbuizen B28A0517, B28A0572 en B28A0573 in raai C-C' in de Eerderhooilanden zijn de reeksen te gebrekkig voor het uitvoeren van een analyse met Menyanthes. Aan de hand van de grafieken, en de op grond hiervan afgeleide GXG's voor de perioden voor en na het Reggeherstel, kan op indicatieve wijze desalniettemin toch wel worden afgeleid dat er ook hier een effect is geweest van het Reggeherstel, namelijk een (GXG-)verhoging van 10 à 15 cm. Het effect is hier dus geringer dan de verder van de Regge verwijderde peilbuis B22C0104 (waar met Menyanthes een verhoging van 24 cm is berekend), maar dat komt doordat de drainerende werking van het lokale slotenstelsel van de Eerderhooilanden nog niet is aangepakt. Toch liggen de GXG's hier in de nieuwe situatie al vrij dicht nabij maaiveld (zie tabel 3.1): zo gelden voor peilbuis B28A0517 de volgende GXG's: GHG 12 cm -mv, GVG 44 cm -mv en GLG 63 cm -mv terwijl voor peilbuis B28A0573 de volgende waarden gelden GHG = 19 cm -mv, GVG = 44 cm -mv en GLG = 67 cm -mv.

Van de peilbuizen in raai D-D' zijn (nagenoeg) alleen reeksen beschikbaar van de situatie na het Reggeherstel. Peilbuis B28A0601 staat in het Dotterbloemgrasland. Voor deze peilbuizen gelden de volgende GXG's: GHG 9 cm +mv, GVG 8 cm -mv en GLG 61 cm -mv (waarbij voor de GLG filter 2 is genomen, omdat filter 1 in droge zomers droog valt). Hiermee voldoet de GVG wel aan de standplaatseisen voor Dotterbloemgrasland (GVG tussen 5 en 25 cm -mv), maar de GLG niet (GLG < 50 cm -mv): er is ten aanzien hiervan dus een doelgat van 11 cm. Het drukverschil tussen het diepe filter in de zandondergrond en het ondiepe filter in de veenlaag die aan de oppervlakte aanwezig is bedraagt doorgaans 5 à 7 cm, met daarbij een overdruk van het diepe filter ten opzichte van het ondiepe filter. In relatie met de vrij geringe weerstand van de veenlaag, en de afwezigheid van een weerstandsbiedende laag aan de veenbasis, levert dit (ondanks het beperkte drukverschil) een aanzienlijk kwel op, zoals ook is waargenomen bij het veldonderzoek (zie hoofdstuk 4).

4 Veldonderzoek

4.1 Methode

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende hoofdonderdelen:

- Inventarisatie van het oppervlaktewatersysteem.
- Vervaardiging van vier ecohydrologische dwarsprofielen.

Inventarisatie van het oppervlaktewatersysteem

Als onderdeel van het veldonderzoek is op 24-2-2021 (dus aan het einde van de winter) het lokale oppervlaktewatersysteem geïnventariseerd, waarbij met name aandacht is besteed aan het vastleggen van kwelverschijnselen, om zo (in aanvulling op de resultaten van de modelberekeningen) de daadwerkelijke kwelsituatie goed in beeld te brengen. De kwelverschijnselen zijn vastgelegd door middel van waarneming van roestverschijnselen op de bodem van het oppervlaktewaterstelsel en aan maaiveld en/of de aanwezigheid van oliefilm op het oppervlaktewater / water op maaiveld. Hierbij is niet alleen gekeken naar kwelverschijnselen in de watergangen, maar ook in de geulen en afgekoppelde meanders, zowel in de delen met de Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland als hierbuiten. In combinatie hiermee heeft gelijk ook een controle op de ligging van de sloten plaatsgevonden en heeft ook een meer algemene verkenning van het projectgebied plaatsgevonden.

Op basis van vergelijking van de op 24-2-2021 in de peilbuizen gemeten grondwaterstanden en de voor deze peilbuizen afgeleide GXG-waarden (zie tabel 4.1) volgt dat op 24-2-2021 omstandigheden aanwezig waren die iets minder nat waren dan onder GHG-omstandigheden en een stuk natter dan onder GVG-omstandigheden. Dus het grondwatersysteem waarmee de kwel gegenereerd wordt is in de voorafgaande herfst- en winterperiode behoorlijk goed op druk gekomen.

De Regge en de Hammerwetering zijn buiten de kartering van de kwelverschijnselen gelaten, omdat vanwege de sterke stroming de kwelverschijnselen hier vaak niet goed in het veld waarneembaar zijn en ook omdat zonder de kartering (en vooral op basis van de modelberekeningen) wel duidelijk is dat deze hoofdwaterlopen in sterke mate kwelwater draineren.

De waarnemingen die bij de veldinventarisatie zijn gedaan zijn weergegeven in bijlage 3 en de resultaten zijn weergegeven op de kaart van figuur 4.1. Op deze kaart en ook de overige kaarten die in dit rapport zijn opgenomen is daar waar nodig de ligging van de sloten gecorrigeerd / aangevuld. De resultaten worden behandeld in paragraaf 4.2.

Vervaardiging van ecohydrologische dwarsprofielen

In het kader van het veldonderzoek zijn in de dwarsrichting van het Reggedal ook vijf ecohydrologische dwarsprofielen vervaardigd. De ligging van de raaien van de dwarsprofielen is aangegeven op de diverse thematische kaarten.

De ligging van de raaien is als volgt:

- Dwarsprofiel A-A' is vervaardigd ter plaatse van het Vochtige alluviaal bos met peilbuis B22C1407 van de provincie in het noordwesten van het projectgebied.
- Aanvankelijk was het de bedoeling om dwarsprofiel B-B' te vervaardigen ter plaatse van het Vochtige alluviale bos met peilbuis B28A0661 van de provincie. Omdat uit de verkenning van het gebied bleek dat deze locatie erg droog is, is er

in dit inzoomgebied uiteindelijk gekozen om ook een dwarsprofiel te vervaardigen van het veel nattere Vochtige alluviale bos in een geul ten noorden van peilbuis B28A0661: dit is dwarsprofiel B1-B1'. Het dwarsprofiel met peilbuis B28A0661 betreft profiel B2-B2'.

- Dwarsprofiel C-C' is vervaardigd ter plaatse van een peilbuizenraai in het gedeelte van de Eerderhooilanden ten zuiden van de Eerder Esch. Deze peilbuizenraai was oorspronkelijk van Natuurmonumenten maar is overgenomen door de provincie.
- Dwarsprofiel D-D' is vervaardigd ter plaatse van het Dotterbloemhooiland met hierin peilbuis B28A0601. De raai loopt in zuidwestelijke richting door tot en met de Hammerwetering, met in de oeverzone hiervan peilbuis B28A0602. Deze beide peilbuizen zijn (nu) van waterschap Vechtstromen. De peilbuis in het Dotterbloemgrasland is overgenomen van Natuurmonumenten.

Ten behoeve van de vervaardiging van de dwarsprofielen zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Uitvoeren van aanvullende ondiepe grondboringen om de opbouw van de toplaag van de bodem vast te stellen.
- Plaatsing van minifilters in de toplaag van de bodem (op 20-40 cm -mv en 80-100 cm -mv) en eenmalige bemonstering hiervan in het vroege voorjaar, tezamen met de peilbuizen in het gebied, om zo af te kunnen leiden of het kwelwater periodiek door kan dringen in de toplaag van de bodem. Bij het verzamelen van de watermonsters zijn ook EGV-metingen verricht, niet alleen op de locaties waar de monsters zijn genomen, maar ook elders. De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage 4.
- Bij plaatsing van 2 tijdelijke peilbuizen met een filter op een diepte van 150-200 cm -mv om zo beter het wegzakken van de grondwaterstand in de zomer in de Vochtige alluviale bossen te kunnen meten:
    - In raai B1-B1' is dit gedaan om ook in het hier aanwezige Vochtige alluviale bos het wegzakken van de grondwaterstand te kunnen meten (want dat kan niet met peilbuis B28A0661 die in raai B2-B2' staat).
    - In raai A-A' is een peilbuis bijgeplaatst omdat peilbuis B22C1407 in het droogste deel staat van de zone die hier op kaart is aangegeven als Vochtig alluviaal bos. De extra peilbuis is geplaatst in een lager gelegen gedeelte tegen de binnenbocht van de afgekoppelde meander aan en deze plek ligt ook op grotere afstand van de drainerende Regge.
- Bemonstering van de toplaag van de bodem (op 6 locaties, op 3 dieptes per locatie) ten behoeve van bodemchemische analyse, met name om af te leiden in hoeverre de bodem gebufferd is.
- Inmeting van de mini-filters, boorgaten, grond- en oppervlaktewaterstanden in de raaien ten opzichte van de permanente peilbuizen, voor het op betrouwbare wijze vervaardigen van de dwarsprofielen.
- Beschrijving van de flora / vegetatie in de meetraaien en de omgeving hiervan op basis van een veldbezoek met ecoloog B. de Haan van Natuurmonumenten op 20-5-2021 en ecoloog J. Zwanenburg op 5-6-2021. In combinatie hiermee is ook de florakartering die voor natuurgebied Eerde in 2017 is uitgevoerd (Simmelink, 2017) geraadpleegd. Bij het veldbezoek van 20-5-2021 zijn ook de meeste overige leden van de projectgroep aangesloten, om zo een goede indruk te krijgen van het gebied.

De water- en bodemmonsters zijn verzameld door Bell Hullenaar. De analyse van de water- en bodemmonsters is uitgevoerd door B-WARE. Door B-WARE is ook de interpretatie gedaan van de analyseresultaten van het bodemchemisch onderzoek. Van het bodemchemisch onderzoek is door B-WARE ook een eigen rapportage opgesteld (zie bijlage 5). In dit rapport zijn ook de analyseresultaten van het hydrochemisch onderzoek opgenomen (in µmol/l). De interpretatie hiervan is echter (op geïntegreerde wijze, bij behandeling van de resultaten van de ecohydrologische dwarsprofielen) uitgevoerd door Bell Hullenaar. In bijlage 6 zijn de analyseresultaten van het hydrochemisch onderzoek

weergegeven in mg/l en in deze tabel worden de watermonstercodes ook gerelateerd aan de peilbuiscodes. De ligging van de raaien van de dwarsprofielen is tezamen met de locaties van de bodem- en watermonsters weergegeven in figuur 4.2.

Het veldonderzoek ten behoeve van de vervaardiging van de ecohydrologische dwarsprofielen heeft grotendeels plaatsgevonden in de periode van 15 t/m 18 maart 2021, dus in een vroege voorjaarssituatie. De (grond)waterstandsmetingen zijn in alle raaien op 18-3-2021 uitgevoerd, om zo in elke raai onder dezelfde omstandigheden te kunnen meten, temeer omdat gedurende de onderzoeksperiode het waterpeil in de Regge snel wegzakte.

Op basis van vergelijking van de op 18-3-2021 in de permanente peilbuizen gemeten grondwaterstanden en de voor deze peilbuizen afgeleide GHG- en GVG-waarden (zie tabel 4.1) volgt dat op 18-3-2021 omstandigheden aanwezig waren die veelal iets minder nat waren dan onder GHG-omstandigheden en een stuk natter dan onder GVG-omstandigheden. Het betreft dus een relatief natte vroege voorjaarssituatie.

Tabel 4.1 Verschillen tussen meetwaarden op 24-2-2021 en 18-3-2021 met GHG- en GVG-waarden voor de peilbuizen in het projectgebied

		GHG	GVG	meetwaarden m+NAP		verschil 24-2-2021		verschil 18-3-2021	
peilbuis	filter	m+NAP	m+NAP	24-2-2021	18-3-2021	met GHG	met GVG	met GHG	met GVG
B22C1407	1	3.96	3.74	3.91	3.84	-0.05	0.17	-0.12	0.10
B28A0661	1	4.10	3.67	3.84	3.86	-0.26	0.17	-0.24	0.19
B28A0517	1	4.21	3.96	4.20	4.21	-0.01	0.24	0.00	0.25
B28A0573	1	3.91	3.66	3.90	3.92	-0.01	0.24	0.01	0.26
B28A0601	1	4.57	4.40	4.53	4.50	-0.04	0.13	-0.07	0.10
B28A0602	1	4.25	3.90	4.04	4.05	-0.21	0.14	-0.20	0.15

Voor het vastleggen van het wegzakken van de grondwaterstand in de zomer ter plaatse van de twee bijgeplaatste tijdelijke peilbuizen in de Vochtige alluviale bossen zijn de grondwaterstanden in de loop van de zomer van 2021 nog drie keer opgenomen: op 12-7-2021, 5-8-2021 en 8-9-2021. Daarbij zijn in raaien A-A', B-B' en C-C' ook gelijk de permanente peilbuizen opgenomen. Door het waterschap zijn begin november 2021 de dataloggers van de permanente peilbuizen van raai D-D' nog een keer uitgelezen, dus op basis hiervan zijn ook de grondwaterstanden van deze peilbuizen op de drie extra meetdagen bekend. De gegevens van de opname op 8-9-2021 zijn gebruikt om in de dwarsprofielen het wegzakken van de grondwaterstand in de zomer te visualiseren, aangezien toen de grondwaterstand in de natte zomer van 2021 het meest in de richting van de GLG was weggezakt (zie tabel 4.2). Echter ook op 8-9-2021 waren de omstandigheden, met een verschil van doorgaans 15 à 20 cm, nog duidelijk natter dan onder GLG-omstandigheden.

Tabel 4.2 Verschillen tussen meetwaarden op 12-7-2021, 5-8-2021 en 8-9-2021 met GLG-waarden voor de peilbuizen in het projectgebied

		GLG	meetwaarden m+NAP			verschil 12-7-2021	verschil 5-8-2021	verschil 8-9-2021
peilbuis	filter	m+NAP	12-7-2021	5-8-2021	8-9-2021	met GLG	met GLG	met GLG
B22C1407	1	3.30	3.61	3.63	3.47	0.31	0.33	0.17
B28A0661	1	3.22	3.55	3.6	3.39	0.33	0.38	0.17
B28A0517	1	3.60	3.91	3.91	3.79	0.31	0.31	0.19
B28A0573	1	3.43	3.74	3.77	3.74	0.31	0.34	0.31
B28A0601	2	3.87	4.17	4.14	4.02	0.30	0.27	0.15
B28A0602	1	3.58	3.85	3.89	3.78	0.27	0.31	0.20

4.2 Resultaten inventarisatie lokaal oppervlaktewatersysteem
(zie figuur 4.1)

Afgekoppelde meanders aan de voet van de Steile Oever

Tussen de zone met de afgekoppelde meanders en de Regge ligt een lage wal die tevens dienst doet als pad. De twee afgekoppelde meanders wateren elk via een overloopje (ofwel een lage plek in het pad) in dit pad af op de Regge. De westelijke afgekoppelde meander heeft ook een zijtak. Vooral deze zijtak is sterk verland. Als bij piekafvoeren van de Regge de waterstand hoog oploopt, stroomt in eerste instantie via de overloopjes rivierwater de afgekoppelde meanders in.

In het complete gebied van de afgekoppelde meanders zijn op 24-2-2021 (en ook bij andere veldbezoeken in maart, mei en juni) kwelverschijnselen waargenomen (zie paragraaf 3.1 voor uitleg van deze term). De sterkste kwelverschijnselen zijn waargenomen in de verlande zijtak. In samenhang hiermee trad vanuit het westelijke deelsysteem (dus de westelijke afkoppelde meander inclusief de zijtak) op 24-2-2021 ook een sterke oppervlakkige afvoer op en zodoende werd hier ook bij de andere veldbezoeken (in maart, mei en juni) oppervlakkige afvoer waargenomen. Vanuit de oostelijke afgekoppelde meander (waar raai A-A' ook ligt) trad op 24-2-2021 (net) geen oppervlakkige afvoer op en ook bij de andere veldbezoeken is hier geen oppervlakkige afvoer waargenomen: dit duidt erop dat de kwelwatervoeding hier veel geringer is.

Noordwestelijke deel Eerderhooilanden en hier aanwezige vochtig alluviale bossen

In het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden ligt een slotenstelsel. Via drie klepduikers watert het stelsel af op de Regge. Het slotenstelsel dient voor de ontwatering en afwatering van het graslandgebied. Vooral in het zuidelijke deel van het deelgebied doorsnijden de sloten de hier aanwezige ruggen. Het graslandgebied is in landbouwkundig gebruikt: het gebied wordt regulier verpacht aan een boer met melkvee.

Met de klepduikers wordt voorkomen dat het gebied al bij kleine afvoerpieken overstroomt. Pas bij een waterstand van >4,75 mNAP overstroomt het gebied via lage plekken in de grondrug die langs de Regge is achtergebleven na de afgraving van de kade die hier voorafgaand aan het Reggeherstel aanwezig was.

In het gebied liggen twee geulen: een geul in het noorden en een geul in het zuiden. De noordelijke geul lag op 24-2-2021 al net droog. Een groot deel van de (sterk kronkelende) zuidelijke geul (die ook is opgenomen in dwarsprofiel B1-B1'), is in de winter en het vroege voorjaar (dus ook op 24-2-2021) watervoerend en maakt zodoende ook deel uit van het oppervlaktewatersysteem. Ook ter plaatse van het noordelijke uiteinde van deze geul staat het water in de winter en het vroege voorjaar boven maaiveld.

Ook in dit deelgebied zijn vrijwel overal in het oppervlaktewatersysteem kwelverschijnselen waargenomen. Daarbij gaat het in de sloten over het algemeen om sterke kwelverschijnselen. Vooral de sloottrajecten die de ruggen doorsnijden hebben een sterk drainerende werking op het kwelwater. Ondanks de sterk drainerende werking van de sloten is een deel van het kwelwater toch in staat om in de watervoerende delen van de zuidelijke geul (met hierin onder meer het Vochtige alluviale bos ter plaatse van dwarsprofiel B1-B1') aan de oppervlakte te komen.

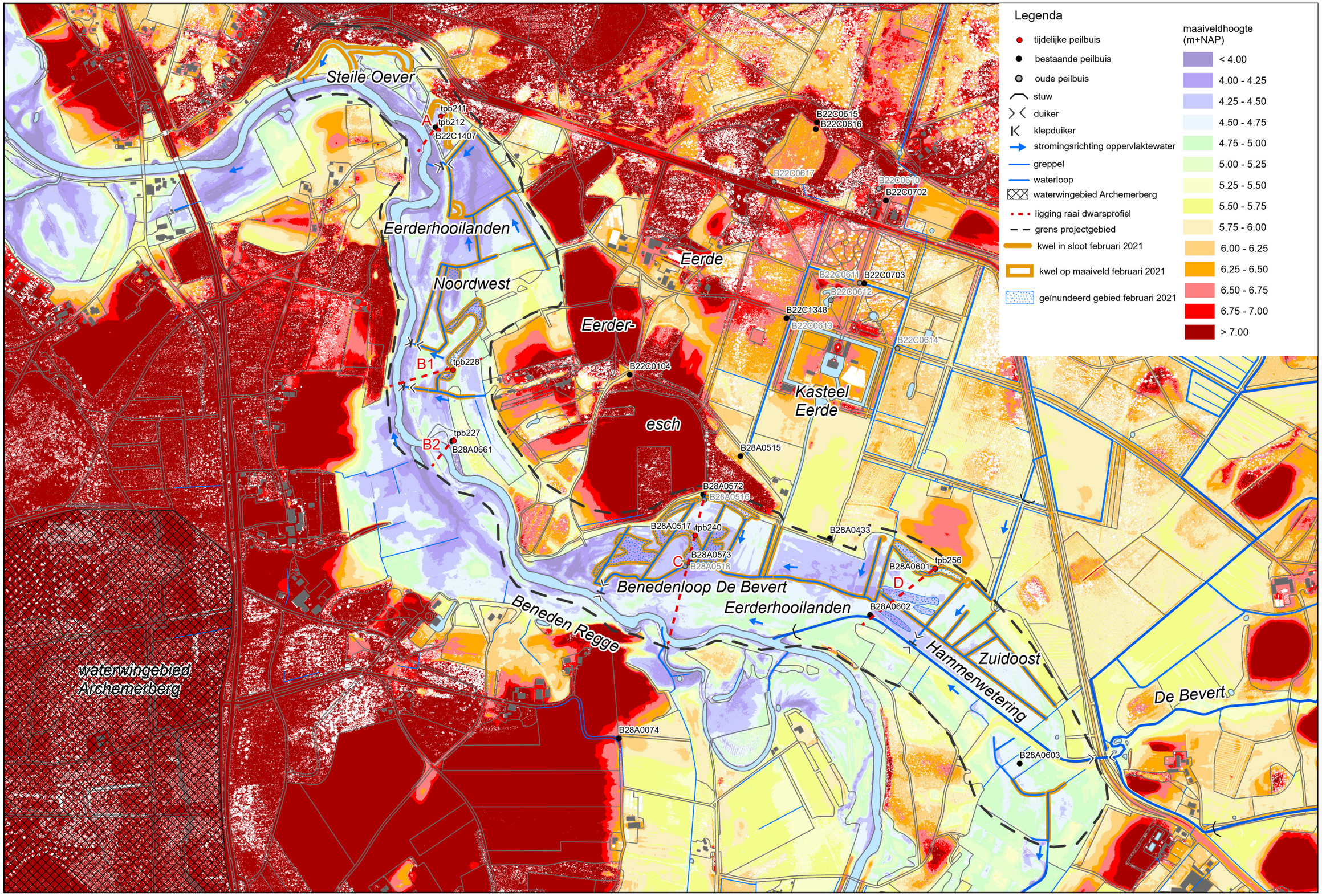
Zuidoostelijke deel Eerderhooilanden

Ook in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden ligt een slotenstelsel. Het westelijke deel hiervan watert via een klepduiker af op de Regge en het oostelijke deel hiervan watert via een klepduiker af op de Hammerwetering. In afwachting van de uitvoering van het inrichtingsplan Archem-Eerde worden de sloten in dit gebied inmiddels niet meer onderhouden waardoor ze aan het verlanden zijn.

Vooral in het westelijke deel (dus het deel met raai C-C') zijn de sloten in sterke mate verland. In de winter ligt het waterpeil hier al boven het maaiveld van de hier aanwezige geulen en laagten. Het afvoerniveau van de hoofdafvoersloot ligt in de huidige situatie op enkele dm beneden maaiveld. Deze hoofdafvoersloot betreft de voormalige benedenloop van de Bevert. In het oostelijke deel is de voormalige benedenloop bij aanleg van de Beneden Hammerwetering (omstreeks 1935) gedempt. Het afvoerniveau van de hoofdafvoersloot is meegestegen met de peilverhoging van de Regge als gevolg van het Reggeherstelproject en door verlanding is het peil van deze hoofdafvoersloot gestegen. In samenhang met de hoge peilen in het slotenstelsel zijn in het gebied ten noorden van de hoofdafvoersloot niet alleen in de slootrestanten maar ook in de watervoerende geulen en laagten sterke kwelverschijnselen waargenomen.

Hoewel ook de sloten in het oostelijke deel sterk aan het verlanden zijn, is de verlanding hier in vergelijking met het westelijke deel minder ver voortgeschreden. Zodoende draineren hier vooral de sloten het kwelwater. Ondanks de drainerende werking van de sloten treedt in de huidige situatie ook kwel op naar de geul van het Dotterbloemgrasland, die direct aan de voet van de hoger gelegen zandgronden ligt. Langs de zuidrand van de geul ligt een greppel die is bedoeld voor de afvoer van neerslagwater maar ook kwelwater draineert. De twee geulen ten zuiden van de geul met het Dotterbloemgrasland worden als gevolg van de drainerende werking van de slootrestanten en de Hammerwetering in de huidige situatie niet gevoed met kwelwater (zie ook resultaten van dwarsprofiel D-D' in paragraaf 4.3).

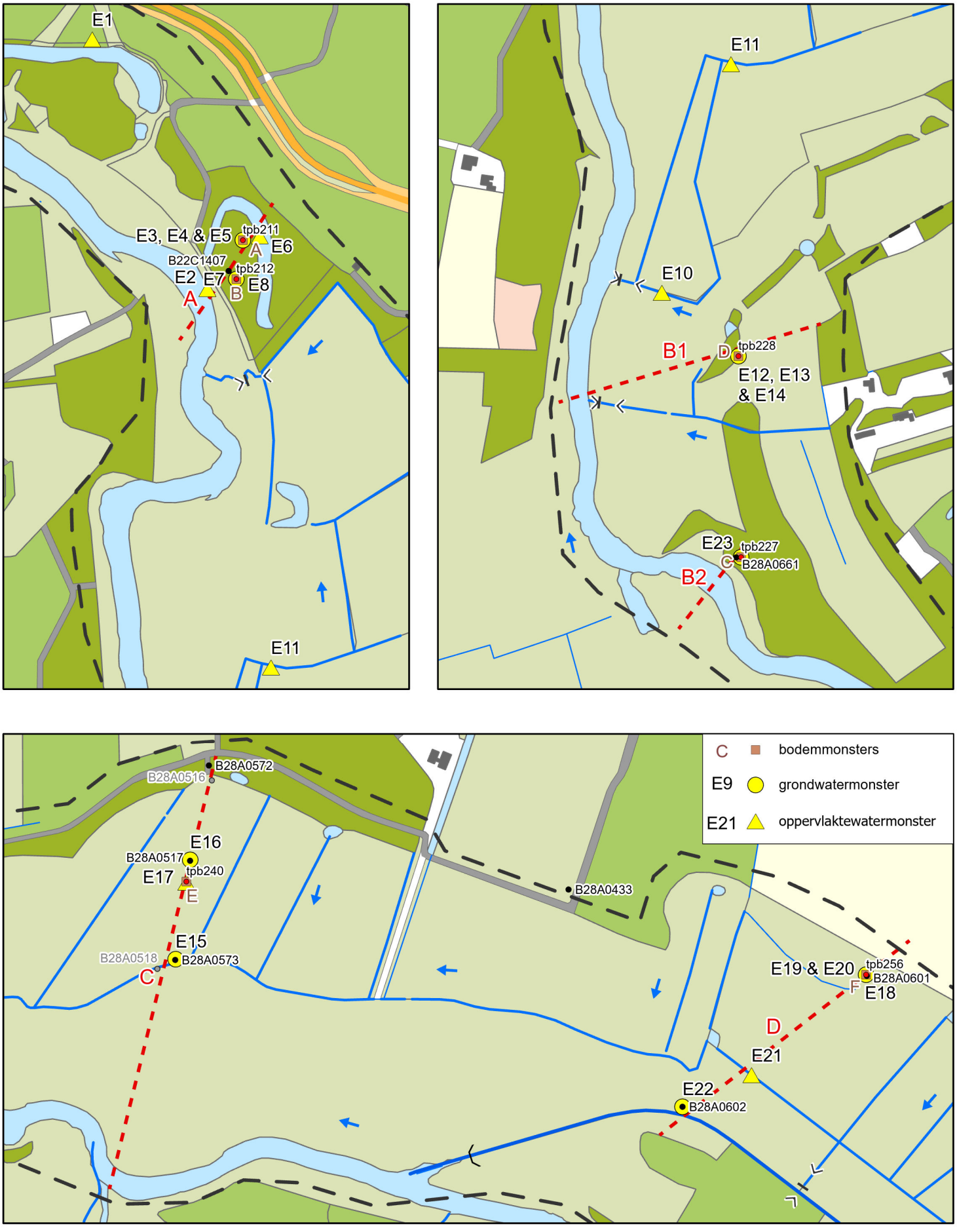
Vanuit de hoger gelegen zandgronden aan de noordzijde wateren enkele watergangen af op het slotenstelsel van het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden. Via de zogenaamde Bosgracht wateren enkele ten (noord)oosten van de Hammerweg gelegen landbouwpercelen hierop af. Ook de afvoersloot van de binnengracht van kasteel Eerde watert af op dit slotenstelsel. Ook in het omringende landgoedbos ligt een slotenstelsel, maar vanuit dit stelsel treedt (praktisch) nooit oppervlakkige afvoer op.



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 4.1 Resultaten oppervlaktewaterkartering 24 februari 2021 met de maaiveldhoogte als ondergrond

1:10,000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 4.2 Topografische kaart met ligging raaien en locaties bodem- en watermonsters

1:5,000

4.3 Resultaten ecohydrologische dwarsprofielen

4.3.1 Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'

Bodemopbouw

Ter plaatse van peilbuis B22C1407 bestaat de bodem tot op de einddiepte van de 5 meter boring hoofdzakelijk uit leemarm, matig fijn zand en op 3,3 tot 3,7 m -mv bevind zich een veenlaag. Ter plaatse van tijdelijke peilbuis tpb211 is tot op een diepte van 2 m -mv matig fijn tot matig grof, leemarm zand aangetroffen. De toplaag van de bodem bestaat op beide locaties uit sterk humeus, zwak lemig fijn zand.

Grondwatersituatie

In het dwarsprofiel is te zien dat de Regge een sterk drainerende werking heeft op het grondwater. Omdat peilbuis B22C1407 dicht bij de sterk drainerende Regge staat, en het maaiveld hier niet uitgesproken laag ligt, lag hier de grondwaterstand op 18-3-2021 al op 59 cm -mv. Ter plaatse van de lager gelegen en verder van de Regge verwijderde tijdelijke peilbuis tpb211 lag de grondwaterstand toen op 44 cm -mv. Ondanks de sterk drainerende werking van de Regge wordt aan het einde van de winter en in het vroege voorjaar, getuige de waargenomen kwelverschijnselen, de afgekoppelde meander in lichte mate gevoed met kwelwater.

In de grafiek van peilbuis B22C1407 is te zien dat de grondwaterstand hier in de zomer langdurig vrij ver beneden maaiveld wegzakt (GLG 2020 = 112 cm -mv). Op 8-9-2021 is de grondwaterstand hier tot 95 cm -mv weggezakt (zie figuur 4.3: dwarsprofiel A-A'). Ter plaatse van peilbuis tpb211 is de grondwaterstand op 8-9-2021 tot 66 cm -mv weggezakt (zie figuur 4.3: dwarsprofiel A-A'): dus ervan uitgaande dat de GLG 15 à 20 cm verder beneden maaiveld ligt dan de meetwaarde van 8-9-2021 (zie laatste alinea van paragraaf 4.1), ligt de GLG hier (afgerond) op 80 à 85 cm -mv.

Hydrochemische situatie

Het bemonsterde Reggewater (E2) is ionenrijk (EGV = 535 µS/cm), matig gebufferd (alkaliniteit 2,7 meq/l en calcium 49 mg/l), chloriderijk (69 mg/l), nitraatrijk 14 mg/l (= 3,2 mgN/l) en ook sulfaatrijk (44 mg/l).

Het grondwater van het diepe filter van B22C1407-2 (E8) heeft een EGV van 285 µS/cm, een chlorideconcentratie van 18 mg/l, een alkaliniteit van 2,4 meq/l, een nitraatconcentratie van 0,4 mg/l en een sulfaatconcentratie van 16 mg/l. Het betreft hierbij dus vrij schoon, matig gebufferd grondwater. Dit grondwater wordt echter gedraineerd door de Regge en kan de toplaag van de bodem dus niet bereiken.

Het grondwater van het minifilter in de toplaag bij B22C1407 (tpb212, E7) heeft in vergelijking met het diepe grondwater een iets lagere EGV (268 µS/cm), een veel hogere chlorideconcentratie (57 mg/l), een veel hogere nitraatconcentratie (17 mg/l) en ook een hogere sulfaatconcentratie (22 mg/l). In samenhang met het (bijna) jaarlijks overstromen van het Vochtige alluviale bos met Reggewater lijkt de hydrochemische samenstelling van dit ondiepe grondwater op die van het Reggewater. Dit geldt ook voor het minifilter in de toplaag in het lagere deel van het Vochtige alluviale bos tegen de afgekoppelde meander aan tpb211-1 (E5): ook dit water is choriderijk (42 mg/l) en (zeer) nitraatrijk (42 mg/l). Het grondwater van minifilter tpb211-2 (E4, 80-100 cm -mv) heeft nog hogere nitraat- en chlorideconcentraties (chloride = 160 mg/l en nitraat = 49 mg/l). Het grondwater van het

diepe filter (tpb211-3, E3) heeft veel lagere sulfaat- en nitraatconcentraties (nitraat 4 mg/l en sulfaat 6 mg/l), maar dit schonere grondwater kan ook hier de toplaag niet bereiken.

Het water van de afgekoppelde meander (E6) heeft een EGV van 331 µS/cm, een chlorideconcentratie van 58 mg/l, een alkaliniteit van 1,9 meq/l, een nitraatconcentratie van 0,1 mg/l en een sulfaatconcentratie van 17 mg/l. Het water is dus nitraat- en sulfaatarm maar is wel chloriderijk. Onder invloed van de kwel die optreedt naar de afgekoppelde meander wordt de kwaliteit van het water hier waarschijnlijk vooral bepaald door lokale kwel vanuit het direct aangrenzende hoog gelegen gebied en minder door overstroming van de Regge. De toch hoge chlorideconcentratie zou veroorzaakt kunnen worden door inspoeling van wegzout van de Hammerweg en de hiernaast gelegen fietspaden. Dit beeld wordt bevestigd op basis van de analyseresultaten van monster E1 van de verder noordwestelijk gelegen meander, waar sterke lokale kwel optreedt vanuit het direct aangrenzende gebied waar de Hammerweg ligt: ook dit water heeft lage nitraat- en sulfaatconcentraties (nitraat = 0,1 mg/l en sulfaat = 16 mg/l) en de chlorideconcentratie is hier nog veel hoger dan ter plaatse van locatie E6 (namelijk 141 mg/l).

.

Bodemchemische situatie

Ter plaatse van peilbuis B22C1407 (locatie B) is de toplaag van de bodem zeer fosfaatrijk (Olsen-P = 5.456 µmol/l), zeer nitraatrijk (NO3-z = 525 µmol/l), gebufferd (Ca-t = 23 mmol/l en Ca-z = 14.894 µmol/l) en zeer ijzerrijk (295 mmol/l). De bodemchemische toestand ter plaatse van tpb211 (locatie A) lijkt hierop, zij het met lagere concentraties voor alle genoemde parameters (Olsen-P = 2.754 µmol/l, NO3-z = 296 µmol/l, Ca-t = 14 mmol/l, Ca-z = 5.913 µmol/l en Fe-t = 194 mmol/l). De zeer voedselrijke en gebufferde omstandigheden hangen samen met het (bijna) jaarlijks overstromen van het Vochtige alluviale bos met voedselrijk Reggewater, waarbij de mate waarin dit het geval is wordt bepaald door de afstand tot de Regge. De hoge ijzerrijkdom van de bodem is waarschijnlijk te danken aan de afzet van lemige, ijzerrijke slibdeeltjes (zie rapportage B-WARE in bijlage 5).

Vegetatie / flora

Het Vochtige alluviale bos dat in dit gebied aanwezig is en samenhangt met de overstromingsinvloed van de Regge betreft grotendeels Vogelkers-essenbos. Het gaat daarbij om de Rompgemeenschap met Grote brandnetel van het Onderverbond der vochtige Elzen-Essenbossen (Simmelink, 2017). In het bos is behalve Gewone es en Inheemse vogelkers ook zeer veel Kardinaalsmuts aanwezig: een struiksoort die is gebonden aan gebufferde omstandigheden. Ook Vlier, Hop, Klimop en Aalbes komen veelvuldig in het bos voor. Omdat de bodem vanwege de hoge voedselrijkdom van het overstromingswater zeer voedselrijk is, is de kruidlaag zeer ruig ontwikkeld: Grote brandnetel domineert en in combinatie hiermee zijn soorten als Hondsdraf en Kleefkruid aanwezig. In het lage deel van het bos, tegen de afgekoppelde meander aan, waar tpb211 staat, is dankzij de hier ’s-winters natte omstandigheden en ’s-zomers vochtige omstandigheden (GLG = 80 à 85 cm -mv) in de struiklaag veel Zwarte bes aanwezig. In de oeverzone van de afgekoppelde meander (waar het maaiveld 30 cm lager ligt dan ter plaatse van tpb211 en dus de GLG op 50 à 55 cm -mv ligt) groeit bovendien Elzenzegge: dit zijn beide meer kritische, grondwaterafhankelijke soorten van Elzenbroekbos. Elders in de oeverzone van deze afgekoppelde meander groeien ook grondwaterafhankelijke soorten als Gele lis en Bosbies. De afgekoppelde meander zelf is deels grotendeels vegetatieloos en deels begroeid met Klein kroos.

In de oeverzone van de zijtak van de verder noordwestelijk (dus buiten het dwarsprofiel) gelegen afgekoppelde meander is onder invloed van de sterke kwel die hier optreedt een redelijk goed ontwikkeld Elzenbroekbos aanwezig, met behalve Zwarte els en Zwarte bes veel grote pollen Pluimzegge. In combinatie hiermee zijn hier ook de meer kritische grondwaterafhankelijke soorten Elzenzegge en Koningsvaren aanwezig. Andere soorten

die hier bij de veldbezoeken op 20-5-2021 en/of 5-6-2021 zijn aangetroffen zijn: Scherpe zegge, Waterzuring, Melkeppe, IJle zegge, Liesgras, Riet, Gele lis, Kikkerbeet, Pitrus, Wilgenroosje, Bitterzoet, Kamperfoelie, Inheemse vogelkers en Hop. Bij de florakartering in 2017 is hier ook Waterviolier waargenomen (Simmelink, 2017). In de oeverzone van de poel die ter plaatse van het uiteinde van de zijtak aanwezig is groeit de grondwaterafhankelijke Bosbies en deze soort is ook veelvuldig aanwezig in de oeverzone van de Regge.

4.3.2 Ecohydrologisch dwarsprofiel B1-B1'

Bodemopbouw

Ter plaatse van tpb228 (die aan de rand van een geul, in een zone met Vochtig alluviaal bos staat) bestaat de bodem tot op de einddiepte van de boring (2 m -mv) voornamelijk uit matig grof zand, met hierin (op een diepte van 80-150 cm -mv) houtresten. De toplaag van de bodem (0-10 cm -mv) is moerig ontwikkeld en hieronder (10-20 cm -mv) ligt een leemlaag. Ter plaatse van de overige boringen bestaat de toplaag op de meeste plekken uit zwak tot sterk lemig, fijn zand. Ter plaatse van de hoge rug met Bo230 is de toplaag leemarm en is hieronder een laag zwak lemig zand aanwezig.

Grondwatersituatie

Op 18-3-2021 lag de grondwaterstand ter plaatse van tpb228 (dus aan de rand van de geul) op 5 cm -mv en de waterdiepte in de geul zelf bedroeg op dat moment 35 cm. Ook elders in het dwarsprofiel lag de grondwaterstand in de lage delen toen nabij maaiveld. De geul wordt ondanks de drainerende werking van de Regge en de drainerende werking van de perceelsloten van de Eerderhooilanden in lichte mate gevoed met kwelwater. Vooral de drainerende werking van de (niet in het dwarsprofiel opgenomen) sloten aan de zuidwest- en noordwestzijde van het Vochtige alluviale bos hebben negatieve invloed op de kwelsituatie van de geul en dus het bos.

Op 8-9-2021 is de grondwaterstand ter plaatse van tpb228 tot 56 cm -mv weggezakt en ter plaatse van de geul lag de grondwaterstand op dat moment 13 cm onder de geulbodem. Ter plaatse van de peilbuis zal de GLG dus op ongeveer 70 à 75 cm -mv liggen en ter plaatse van de geul zal de GLG rond de 30 cm -mv liggen.

Hydrochemische situatie

Het grondwater van het diepe filter van tpb228 (ofwel tpb228-3, E12) is ionenrijk (EGV = 598 µS/cm), sterk gebufferd (alkaliniteit = 5,4 meq/l en calcium = 96 mg/l), heeft een vrij lage chlorideconcentratie (16 mg/l), maar bevat wel een aanzienlijke hoeveelheid nitraat (9 mg/l) en sulfaat (45 mg/l). Dit wijst op de aanwezigheid van basenrijk kwelwater, dat als gevolg van uitspoeling van meststoffen in het intrekgebied (ter plaatse van de Eerder Esch) nitraatrijk en sulfaatrijk is. Het ondiepe grondwater van tpb228-2 (E13) en tpb228-1 (E14) lijkt hierop: het kwelwater is dus goed in staat ook de toplaag van de bodem te bereiken.

Het slootwater dat buiten het dwarsprofiel ten noordwesten van het Vochtige alluviale bos is bemonsterd (E10) is ionenrijk, basenrijk en antropogeen beïnvloed (EGV 408 µS/cm, alkaliniteit 2,9 meq/l, calcium 58 mg/l, chloride 24 mg/l, nitraat 6,3 mg/l en sulfaat 41 mg/l): het betreft hierbij een mixtype van (vooral) basenrijk kwelwater met een bijmenging van lokaal geïnfiltreerd neerslagwater. Dus dit bevestigt het beeld dat deze sloot een drainerende werking op het basenrijke kwelwater heeft.

Ook het water dat buiten het dwarsprofiel verder noordelijk op een zeer laag gelegen (kwel)plek in het vroege voorjaar boven maaiveld aanwezig was betreft een dergelijk mixtype (E11: EGV = 366 µS/cm, alkaliniteit 3,3 meq/l, calcium 57 mg/l, nitraat 0,1 mg/l, sulfaat 20 mg/l. Uit de aanwezigheid hiervan volgt dat (in aanvulling op het reeds aanwezige Vochtige alluviale bos) ook andere delen van de geul hoge potenties hebben voor ontwikkeling van waardevolle kwelafhankelijke natuur.

Bodemchemische situatie

Onder invloed van de voeding met basenrijk kwelwater is ter plaatse van tpb228 (ofwel locatie D) de moerige toplaag van de bodem sterk gebufferd (Ca-t van 73 mmol/l en Ca-z van 24.914 µmol/l). De toplaag van de bodem is bovendien ijzerrijk (160 mmol/l) en niet al te fosfaatrijk (Olsen-P = 827 µmol/l).

Vegetatie

In relatie tot de voeding met kwelwater, de ’s-winters zeer natte omstandigheden en de ook ’s-zomers niet al te ver wegzakkende grondwaterstand (met een GLG van 70 à 75 cm -mv ter plaatse van tpb228 en een GLG van 30 cm -mv ter plaatse van de geul) is in en langs de geul Elzenbroekbos aanwezig met in de zone met tpb228 Zwarte bes in de ondergroei, en in combinatie hiermee soorten als Wolfspoot, Bitterzoet en (in het water) Mannagras en Gele lis. Wat hoger op de oever groeien Hop, Klimop, Inheemse vogelkers, Amerikaanse vogelkers, Meidoorn, Geel nagelkruid, Brede stekelvaren, Hondsdraf en Reuzen-balsemien. In de kwelsloten in de omgeving van het Vochtige alluviale bos zijn Grote waterranonkel en Waterviolier waargenomen (Simmelink, 2017).

4.3.3 Ecohydrologisch dwarsprofiel B2-B2’

Bodemopbouw

Ter plaatse van peilbuis B28A0661 bestaat de bodem voornamelijk uit leemarm, matig fijn tot matig grof zand en ook de toplaag van de bodem is hier leemarm. Op een diepte van 1,5 tot 1,8 m -mv bevindt zich een kleilaag.

Grondwatersituatie

Op 18-3-2021 lag de grondwaterstand hier al op 60 cm -mv. In de zomer zakt de grondwaterstand snel en ver weg (grondwaterstand op 8-9-2021 = 123 cm -mv, GLG 2020 = 140 cm -mv). De grondwaterstand fluctueert mee met het peil van de nabij gelegen sterk drainerende Regge en omdat het gebied niet uitgesproken laag ligt, ligt de grondwaterstand daarbij het gehele jaar door behoorlijk ver beneden maaiveld en kan kwelwater hier dus niet tot in de toplaag van de bodem doordringen.

Hydrochemische situatie

Het ondiepe grondwater van het bijgeplaatste filter tpb227 in de toplaag van de bodem ter plaatse van peilbuis B28A0661 (E9) is nitraat-, sulfaat- en zeer chloriderijk en heeft zodoende ook een behoorlijk hoge EGV (EGV = 433 µS/cm, chloride = 92 mg/l, nitraat = 41 mg/l en sulfaat = 52 mg/l). Het water lijkt in veel opzichten op het Reggewater. Dit komt doordat het bos (ondanks de niet uitgesproken lage ligging) wel (bijna) elk jaar een keer

overstroomt met rivierwater. Ook niet lang voordat het veldonderzoek is uitgevoerd (namelijk eind december 2020) is het bos nog een keer overstroomd.

Het grondwater van het diepe filter van peilbuis B28A0661 heeft een EGV van 342 µS/cm, een alkaliniteit van 2,2 meq/l, een chlorideconcentratie van 26 mg/l, een nitraat-concentratie van 0,4 mg/l en een sulfaatconcentratie van 45 mg/l. De kwaliteit van dit grondwater wordt meer bepaald door de grondwatervoeding vanaf de hoge zandgronden. Dit grondwater wordt (zoals gezegd) echter gedraineerd door de Regge en kan dus de toplaag van de bodem niet bereiken.

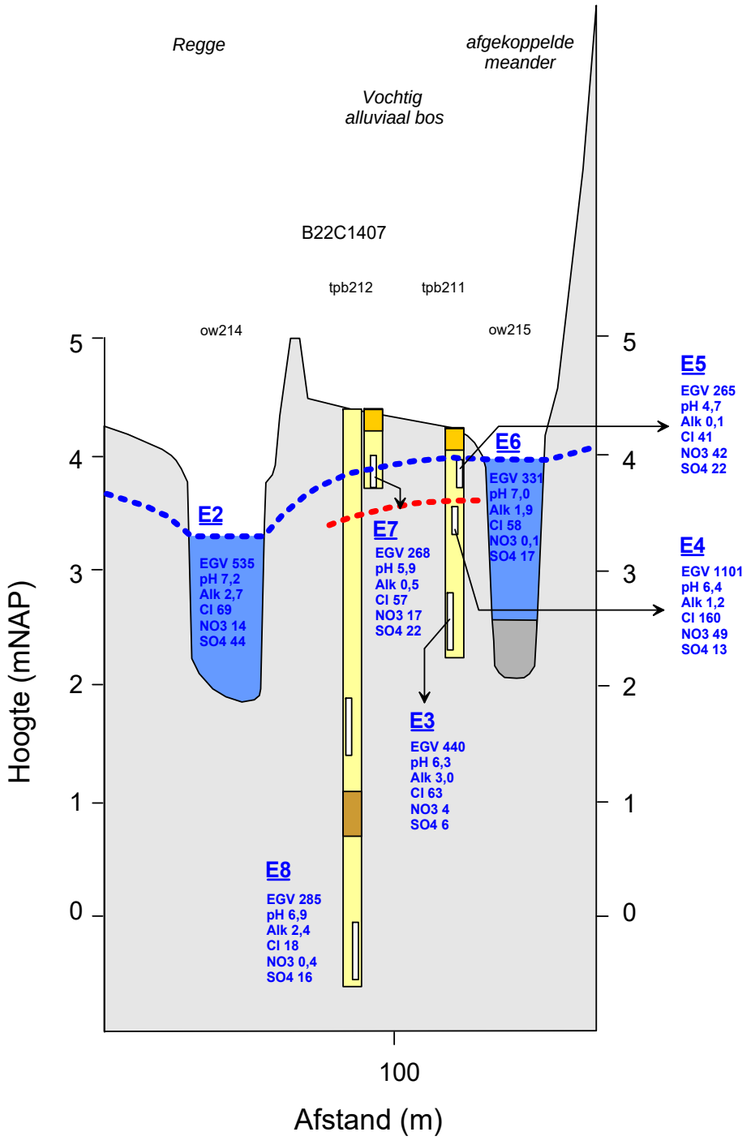
Bodemchemische situatie

Ondanks de overstromingsinvloed is de toplaag van de bodem ter plaatse van peilbuis B28A0661 (locatie C) slechts zwak gebufferd, ijzerarm en ook niet heel fosfaatrijk (Ca-t = 8 mmol/l en Ca-z = 6.625 µmol/l Olsen-P = 966 µmol/l en ijzer = 16 mg/l. Deze locatie is daarmee veel minder voedselrijk en ook veel minder gebufferd dan de locatie met peilbuis B22C1407 (in raai A-A'). Sinds de uitvoering van het Reggeherstelproject overstroomt het bos met peilbuis B28A0661 minstens zo vaak als het bos met peilbuis B22C1407. Totdat het Reggeherstel plaatsvond werd het bos ter plaatse van peilbuis B28A0661 echter afgeschermd van de Regge door een hoge kade (met een kruinhoogte van 6,5 mNAP), wat dus bijna 2 meter hoger is dan het hier aanwezige maaiveld. Dus hier vindt de buffering en voedselaanrijking van de bodem door middel van overstroming met Reggewater pas kort (nog geen 10 jaar) plaats, terwijl ter plaatse van de zone met de afgekoppelde bij de Steile Oever dit proces ook daarvoor al plaatsvond.

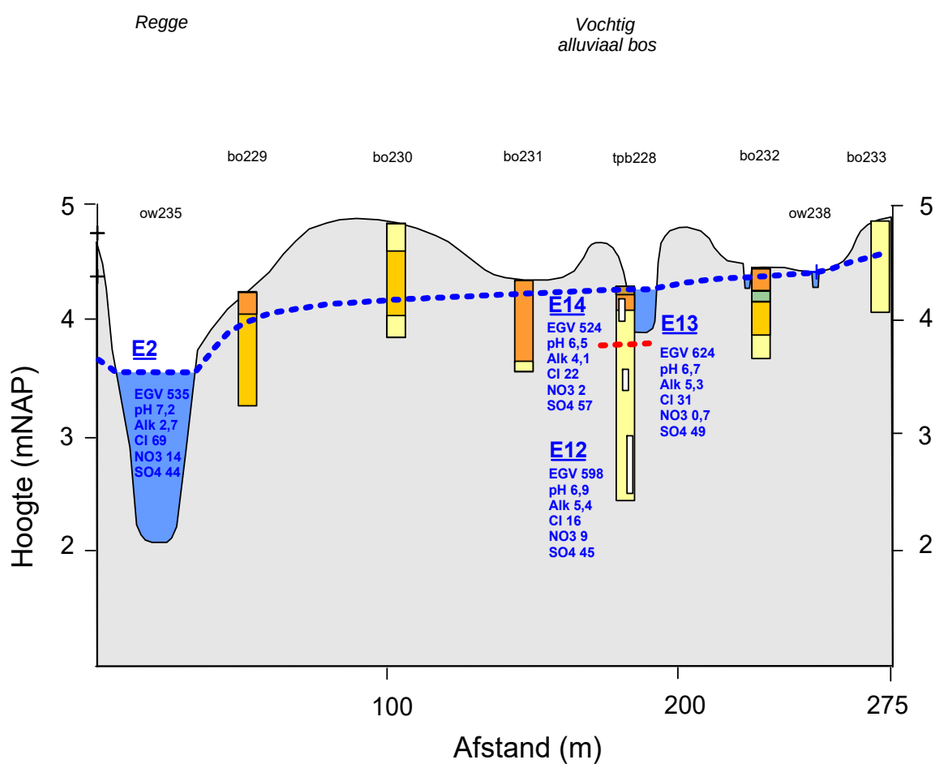
Vegetatie

De boomlaag van de zone die op de habitattypenkaart is aangegeven als het Vochtige alluviaal bos bestaat voornamelijk uit Zwarte els. Omdat de bomen allemaal van dezelfde leeftijd lijken te zijn en er ook geen jonge exemplaren aanwezig zijn lijkt het bos aangeplant. Iets ten zuiden van de raai is een enkele Gewone es aanwezig. In de struiklaag groeien soorten als Hulst, Lijsterbes, Amerikaanse vogelkers en Inheemse vogelkers. In relatie tot de droge en zure omstandigheden is de kruidlaag slecht ontwikkeld: er groeit vooral veel Brede stekelvaren. Daarnaast is ook Rankende helmbloem aanwezig. Het bos kan hooguit worden gezien als een slecht ontwikkelde vorm van Vogelkers-essenbos.

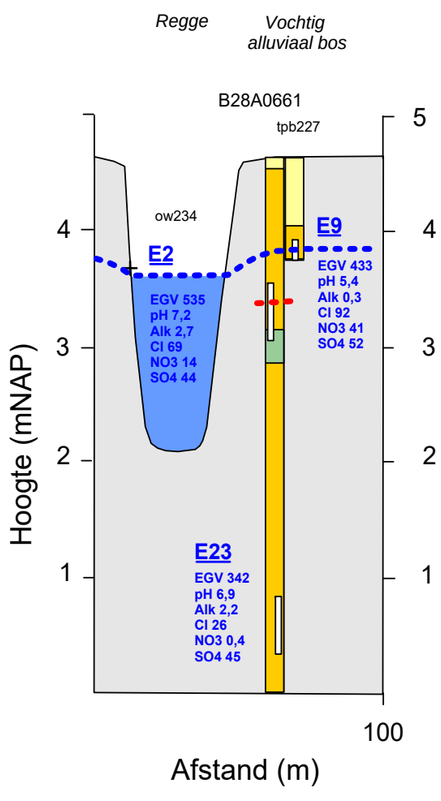
Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'



Ecohydrologisch dwarsprofiel B1-B1'



Ecohydrologisch dwarsprofiel B2-B2'



Legenda

- = veen
- = klei / leem
- = sterk lemig zand
- = zwak lemig zand
- = leemarm zand
- = open water (situatie 18-3-2021)

- = grondwaterstand op 18-3-2021 (gemeten in peilbuizen & boorgaten)
- = grondwaterstand op 8-9-2021 (alleen gemeten in peilbuizen)

B22C1407 = filter van peilbuis

tpb228 = minifilter van tijdelijke peilbuis

- **E2** = code watermonster
- **EGV 562** = Elektrisch Geleidings Vermogen (µS/cm)
- **pH 6,5** = zuurgraad (-)
- **Alk 6,4** = alkaliniteit (meq/l)
- **Cl 75** = chlorideconcentratie (mg/l)
- **NO3 9** = nitraatconcentratie (mg/l)
- **SO4 18** = sulfaatconcentratie (mg/l)

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 4.3 Ecohydrologische dwarsprofielen A-A', B1-B1' en B2-B2'

4.3.4 Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C’

Bodemopbouw

Ter plaatse van peilbuizen B28A0517 en B28A0573 is tot op de einddiepte van de boringen (3,5 m -mv) onder de toplaag vooral leemarm zand aangetroffen. Het gaat hierbij niet alleen om matig fijn tot matig grof zand, maar (ter plaatse van B28A0573) ook om zeer grof zand. Op elke boorlocatie is als gevolg van afzetting van beekleem de toplaag lemiger / kleiiger ontwikkeld dan de ondergrond. Ter plaatse van de hoger gelegen delen gaat het hierbij vooral om zwak lemig, zeer fijn zand en in de laag gelegen delen / geulen is een 30 tot 45 cm dikke leem- of kleilaag afgezet, met hieronder soms een veenlaagje.

Grondwatersituatie

In relatie tot het laten verlanden van de perceelsloten ligt de grondwaterstand in de vroege voorjaarssituatie (zoals gemeten op 18-3-2021) in de laag gelegen delen van het gebied ten noorden van de hoofd-afvoersloot nu al aan of (in de geulen) boven maaiveld. Ondanks het in sterke mate stijgen van het afvoerniveau van de hoofdafvoersloot (ofwel de voormalige benedenloop van de Bevert) onder invloed van de peilstijging in de Regge (als gevolg van het Reggeherstel) en de verlanding van de afvoersloot, ligt het afvoerniveau van de sloot nog altijd een paar decimeter onder maaiveld, waardoor in de geul waarin deze sloot ligt de (grond)waterstand in het vroege voorjaar niet boven maaiveld maar vlak hieronder ligt.

In de laag gelegen delen treedt sterke kwel op. In de geul met peilbuis B28A0573 kan vooral ten zuiden van de hoofd-afvoersloot de kwel de toplaag van de bodem echter niet bereiken als gevolg van de drainerende werking van deze sloot. Ook op de plekken waar de verlandende perceelsloten ruggen doorsnijden hebben de perceelsloten nog een drainerende werking op het kwelwater. Desondanks treedt in de geul met tpb240 in de oeverzone in het vroege voorjaar (en ook in de winter) nu al behoorlijk sterke kwel op. De kwelwatervoeding van de geul die direct langs de rand van de hoge zandgronden ligt is onder invloed van het hier hoge peil beperkt.

Vanwege de reeds doorgevoerde vernattingsmaatregelen zakt de grondwaterstand in de zomer niet ver weg: zo ligt ter plaatse van B28A0517 de GLG op 67 cm -mv en is hier op 8-9-2021 een grondwaterstand van 48 cm -mv gemeten. In de naast gelegen geul lag de grondwaterstand op 8-9-2021 op 18 cm -mv en zal de GLG dus op circa 37 cm -mv liggen.

Hydrochemische situatie

Het grondwater van peilbuis B28A0573, ofwel het grondwater dat (nu nog) wordt gedraineerd door de hoofdafvoersloot, is sterk gebufferd / basenrijk en licht antropogeen beïnvloed (EGV = 463 µS/cm, chloride = 26 mg/l, alkaliniteit = 3,8 meq/l, nitraat = 0,3 mg/l en sulfaat = 36 mg/l). Het grondwater van peilbuis B28A0517 is matig gebufferd en schoon (EGV = 157 µS/cm, alkaliniteit = 1,4 meq/l, chloride = 9 mg/l, nitraat = 0,2 mg/l en sulfaat = 1 mg/l). Het kwelwater dat in de geul bij tpb240 uittreedt is behoorlijk sterk gebufferd en schoon (EGV 308 µS/cm, alkaliniteit 2,7 meq/l, chloride 21 mg/l, nitraat 0,2 mg/l en sulfaat 5 mg/l). Ter plaatse van tpb240 is in minifilter 1 (toplaag) een EGV van 52 µS/cm gemeten en is in filter 2 een EGV van 114 µS/cm. Dus in de zone die direct aan de geul grenst kan het kwelwater de toplaag van de bodem (nu dus nog) niet goed bereiken.

Bodemchemische situatie

Onder invloed van de voeding met kwelwater is de bodem op locatie E (geul naast tpb240) zeer sterk gebufferd (Ca-t = 15,5 à 18,5 mmol/l, Ca-z = 24.165 à 31.567 µmol/l) en tevens zeer ijzerrijk (254 à 248 mmol/l). De toplaag bevat echter ook aanzienlijke hoeveelheid fosfaat (0-20 cm -mv: Olsen-P = 1.446 µmol/l en 20-40 cm -mv: 1.076 µmol/l). De onderliggende veenlaag (40-60 cm -mv) is fosfaatarm (Olsen-P van slechts 44 µmol/l)

Vegetatie

In relatie tot de fosfaatrijke toplaag van de bodem is in deze geul (ondanks de sterke voeding met basenrijk kwelwater) een soortenarme ruige, moerassige vegetatie aanwezig met soorten als Liesgras, Pitrus, Rietgras, Vlotgras, Kruipende boterbloem, Veldbeemd en Geknikte vossestaart. In de geul die direct aan voet van de hoge zandgronden ligt is Wilgenstruweel aanwezig en hier groeit ook Riet en Scherpe zegge. Ook Zwarte bes is in deze geul aangetroffen (Simmelink, 2017). Het tussenliggende grasland is onder invloed van het verschralingsbeheer dat hier wordt gevoerd al best aardig ontwikkeld: de vegetatie is vrij open en er groeien soorten als Kruipend zenegroen, Scherpe boterbloem, (veel) Reukgras, Beemdgras, Pinksterbloem en Rode klaver. Langs de rand van de geul is ook Tijmereprijs aangetroffen. In het gebied zijn in de florakartering van 2017 ook Draadrus, Moerasrolklaver, Poelruit, Waterviolier en Zilverschoon aangetroffen (Simmelink, 2017). Onder invloed van de sterke voeding met kwelwater is in de hoofd-afvoersloot Holpijp massaal aanwezig en groeit bovendien Grote moerasscherm. Ook Drijvend fonteinkruid en Kikkerbeet zijn in deze sloot waargenomen. In de oeverzone van de sloot groeien onder andere Scherpe zegge, Poelruit, Moerasspirea en Veldbeemd.

4.3.5 Ecohydrologisch dwarsprofiel D-D’

Bodemopbouw

Ter plaatse van peilbuis B28A0602 is tot op de einddiepte van de boring onder de toplaag uitsluitend leemarm zand aanwezig. Ook bij de overige boringen in dit dwarsprofiel is onder de toplaag alleen leemarm zand aangetroffen. In het dwarsprofiel zijn drie natuurlijke geulen opgenomen. In de geul die direct aan de voet van de hoger gelegen zandgronden ligt (ofwel de geul met het Dotterbloemgrasland) is een (kleiige) veenlaag van 60 cm aanwezig. In de andere twee geulen is aan de oppervlakte een kleilaag van 35 à 40 cm aanwezig met hieronder een veenlaag van 60 à 65 cm. Buiten de geulen bestaat de toplaag van de bodem meestal uit sterk lemig zand. Ter plaatse van de hoog gelegen rug waar boring Bo262 is uitgevoerd bestaat de toplaag uit leemarm zand met hieronder sterk lemig zand.

Grondwatersituatie

Ondanks de drainerende werking van de Hammerwetering en de verlandende sloten zijn in de huidige situatie al behoorlijk natte omstandigheden aanwezig, met in de geulen in het vroege voorjaar een (grond)waterstand aan of iets boven maaiveld. In het gebied treedt sterke kwel op. In de huidige situatie treedt echter alleen in de geul die direct aan de voet van de hoger gelegen zandgronden ligt (ofwel de geul met het Dotterbloemgrasland) maaiveldskwel op, dus alleen hier treedt nu voeding van de toplaag van de bodem met kwelwater op. Het niet optreden van maaiveldskwel in de overige twee geulen hangt samen met de nog aanwezige drainerende werking van de Hammerwetering en de slootrestanten.

Op 8-9-2021 is de grondwaterstand ter plaatse van B28A0601 (dus in de geul met het Dotterbloemgrasland) weggezakt tot 46 cm -mv op 8-9-2021 en de GLG ligt hier op 61 cm -mv. Ter plaatse van B28A0602 is op 8-9-2021 een grondwaterstand van 74 cm -mv gemeten en hier ligt de GLG op 94 cm -mv, maar deze peilbuis staat op een vrij hoge plek. Aangenomen dat in de naastgelegen geul de grondwaterstand net zo ver wegzakt als ter plaatse van peilbuis B28A0602, ligt in de naastgelegen geul de GLG op op circa 50 cm -mv.

Hydrochemische situatie

Het grondwater van het diepe filter van B28A0601 (E18) is behalve sterk gebufferd ook nitraatrijk en matig sulfaatrijk (EGV = 609 µS/cm, alkaliniteit = 5,0 meq/l, calcium = 95 mg/l, chloride = 18 mg/l, nitraat = 41 mg/l en sulfaat = 36 mg/l). De hoge nitraatconcentratie wordt veroorzaakt door inspoeling van meststoffen vanuit de direct aangrenzende, hoog gelegen, intensief beheerde landbouwgrond. Ook de verhoogde sulfaatconcentratie hangt hiermee waarschijnlijk samen. Ook het grondwater van het diepe minifilter van tpb256 (met filter net onder de veenbasis / monstercode E19) is sterk gebufferd, maar in vergelijking met het diepere grondwater is het grondwater van tpb256-2 een stuk minder nitraatrijk maar wel wat sulfaatrijker (EGV = 494 µS/cm, alkaliniteit = 4,4 meq/l, calcium = 78 mg/l, chloride = 14 mg/l, nitraat = 5,2 mg/l en sulfaat = 42 mg/l). Dit kan het gevolg zijn van het optreden van denitrificatie onder invloed van pyriet. Het grondwater van het minifilter van tpb256 in de toplaag van het veenpakket (E20) is in vergelijking hiermee veel minder sterk gebufferd, minder sulfaatrijk en vooral veel minder nitraatrijk (EGV = 283 mg/l, alkaliniteit = 2,2 meq/l, calcium = 50 mg/l, chloride = 16 mg/l, nitraat = 0,2 mg/l en sulfaat = 28 mg/l). Dit wijst op het optreden van denitrificatie tijdens de stroming via het kwelwater via veenpakket in combinatie met verdunning van het kwelwater met neerslagwater.

Het bemonsterde water van de kwelsloot (E21) is sterk gebufferd en (vrij) schoon (EGV = 371 µS/cm, alkaliniteit = 3,7 meq/l, calcium = 60 mg/l, chloride = 17 mg/l, nitraat = 0,1 mg/l en sulfaat = 8 mg/l). Dit geldt ook voor het grondwater van het diepe filter van B28A0602 (E22): EGV = 412 µS/cm, alkaliniteit = 3,7 meq/l, calcium = 57 mg/l, chloride = 24 mg/l, nitraat = 0,3 mg/l en sulfaat = 18 mg/l. Dit basenrijke grondwater wordt echter (nog) gedraineerd door de Hammerwetering.

Bodemchemische situatie

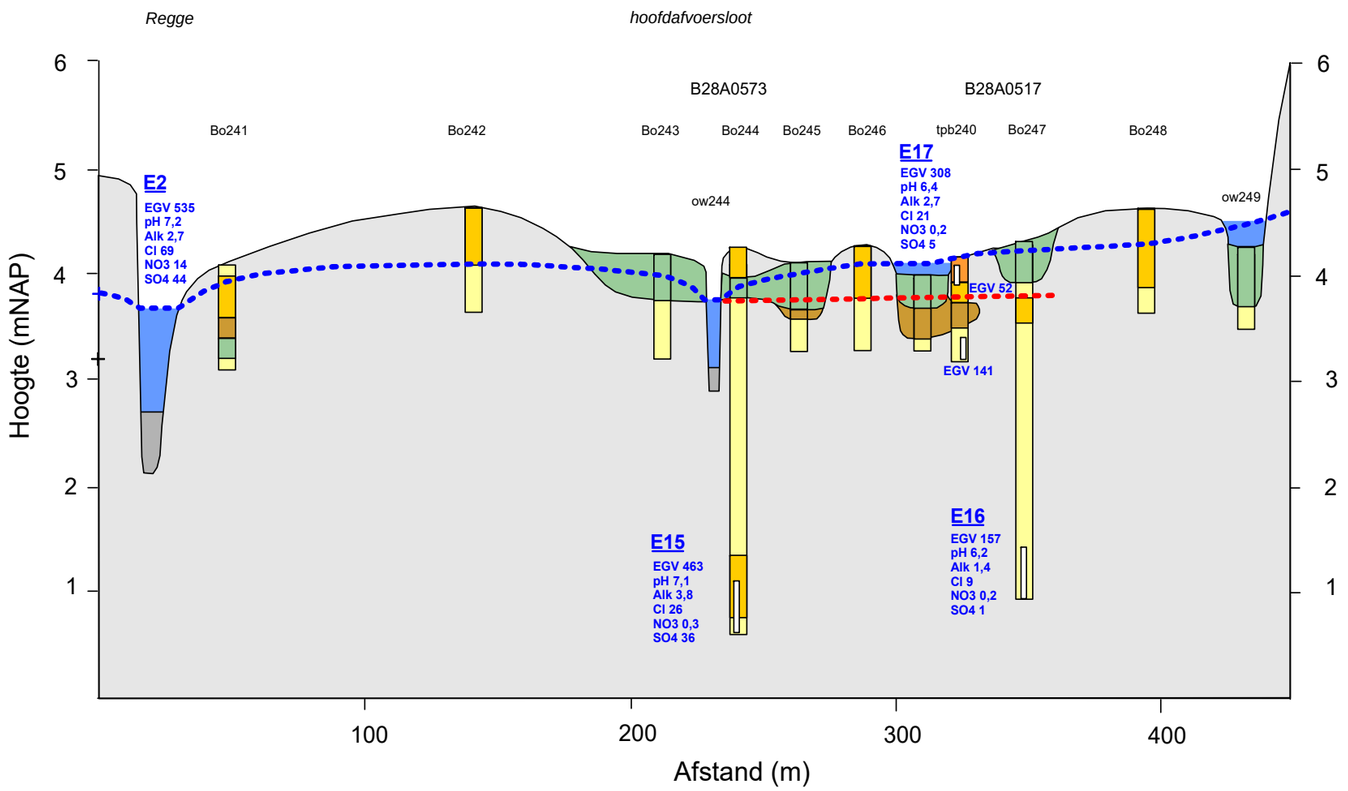
Dankzij de voeding met kwelwater is de veenbodem van het Dotterbloemgrasland over de gehele diepte sterk gebufferd en ijzerrijk (Ca-t 76 tot 114 mmol/l, Ca-z 24.824 tot 29.352 µmol/l) en ook zeer ijzerrijk (81 tot 147 mg/l). De toplaag is vanwege de bijmenging met neerslagwater wel wat minder calciumrijk dan de diepere bodemlagen. De toplaag van de bodem is licht verrijkt met fosfaat (Olsen-P = 792 µmol/l), maar dit valt wel binnen de range van goed ontwikkelde vochtige hooilanden (300 tot 800/900 µmol/l). Vanaf 20 cm -mv is de veenbodem fosfaatarm (Olsen-P 193 à 152 µmol/l).

Vegetatie

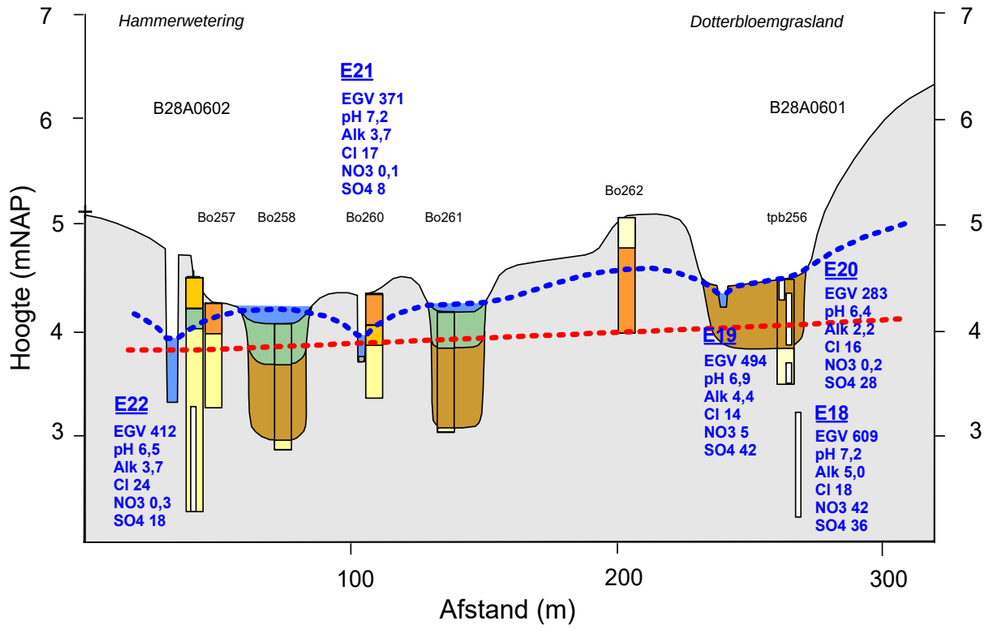
Dankzij de voeding met sterk gebufferd kwelwater, de slechts in beperkte mate wegzakkende grondwaterstand in de zomer (GLG = 61 cm -mv) en dankzij het zorgvuldig uitgevoerde hooilandbeheer is in de noordoostelijke geul redelijk goed ontwikkeld Dotterbloemgrasland aanwezig, met hierin behalve Gewone dotterbloem ook soorten als Echte koekoeksbloem, Tweerijige zegge, Brede orchis en Waterkruiskruid. In combinatie zijn hier op 20-5-2021 en/of 5-6-2021 ook de volgende soorten aangetroffen: Blauwe zegge, Egelboterbloem, Kale jonker, Kleine valeriaan, Kruipend zenegroen, Reukgras, Ruw walstro, Smalle weegbree, Veelbloemige veldbies, Veldrus en Waternavel. Uit de florakartering van 2017 volgt dat in het grasland bovendien de volgende soorten voorkomen: Draadrus, Moerasrolklaver, Moerasstruisgras, Schildereprijs, Waterdrieblad (Simmelink, 2017). Daarnaast is bij de eigen veldbezoeken ook geconstateerd dat ruigtesoorten als Poelruit en Moerasspirea veelvuldig aanwezig zijn en dat plaatselijk ook veel Riet groeit: deze soorten geven aan dat voedselrijkdom aan de hoge kant is, wat dus conform is aan de resultaten van het bodemchemisch onderzoek.

In de overige twee geulen zijn in de huidige situatie vanwege de aanwezigheid van de voedselrijke bodem vooral soorten van voedselrijke overstromingsgraslanden en het Zilverschoonverbond aanwezig. Het gaat hierbij om soorten als Rietgras, Kruipende boterbloem, Pinksterbloem, Zilverschoon, Pitrus en Geknikte vossestaart. Onder invloed van de voeding van de sloot met kwelwater groeit hier de kwelafhankelijke Holpijp.

Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'



Ecohydrologisch dwarsprofiel D-D'



Legenda

- = veen
- = klei / leem
- = sterk lemig zand
- = zwak lemig zand
- = leemarm zand
- = open water (situatie 18-3-2021)

- = grondwaterstand op 18-3-2021 (gemeten in peilbuizen & boorgaten)
- = grondwaterstand op 8-9-2021 (alleen gemeten in peilbuizen)

B22C1407 = filter van peilbuis

tpb228 = minifilter van tijdelijke peilbuis

E2	= code watermonster
EGV 562	= Elektrisch Geleidings Vermogen (µS/cm)
pH 6,5	= zuurgraad (-)
Alk 6,4	= alkaliniteit (meq/l)
Cl 75	= chlorideconcentratie (mg/l)
NO3 9	= nitraatconcentratie (mg/l)
SO4 18	= sulfaatconcentratie (mg/l)

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 4.4 Ecohydrologische dwarsprofielen C-C' en D-D'

5 Effecten van maatregelen in de Eerderhooilanden

5.1 Inleiding

In het kader van het inrichtingsplan Archem-Eerde (RoyalHaskoningDHV, 2018) zijn inrichtingsmaatregelen uitgewerkt voor het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden. De te treffen maatregelen en de effecten hiervan worden in paragraaf 5.2 beschreven. De effectbeschrijving geschiedt op basis van de resultaten van de door RoyalHaskoningDHV uitgevoerde modelberekeningen en de resultaten van het veldonderzoek, en daarbij dan met name de ecohydrologische dwarsprofielen.

Er zijn in dit plan echter geen maatregelen opgenomen voor het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden. Maatregelen blijven hier voorlopig achterwege om de graslanden de komende jaren op reguliere wijze te kunnen blijven gebruiken voor beweiding met koeien. Als de inrichting van het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden gereed is, ontstaat de mogelijkheid om ook dit gebied te gaan benutten voor beweiding en kan in samenhang met de sterke vergroting van de totale oppervlakte van het beweidingsgebied de beweiding op veel extensievere wijze gaan plaatsvinden. Zodoende ontstaan naar verwachting op termijn ook mogelijkheden voor het treffen van lokale maatregelen in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden.

In het rapport van RoyalHaskoningDHV (2018) wordt vermeld dat uit de effectbeoordeling van hydrologische maatregelen zou blijken dat het dempen van kavelsloten in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden maar tot een zeer beperkte verandering in de grondwaterstanden zou leiden, op grond waarvan is beoordeeld dat deze maatregel niet noodzakelijk is voor het behoud van het hier aanwezige grondwaterafhankelijke habitattype H91E0C Vochtige alluviale bossen. Uit het door Bell Hullenaar uitgevoerde veldonderzoek volgt echter dat er wel degelijk mogelijkheden zijn om door middel van het treffen van lokale maatregelen de hydrologische omstandigheden te verbeteren en daarmee ook te komen tot een betere waarborging van het behoud alsmede het herstel van het habitattype H91E0C Vochtige alluviale bossen in dit deelgebied. Op basis van de al eerder uitgevoerde modelberekeningen met behulp van het WRD-model (in het kader van het N2000- en GGOR-traject) en de resultaten van het veldonderzoek zal dit in paragraaf 5.3 worden onderbouwd.

5.2 Effecten van maatregelen in Eerderhooilanden Zuidoost

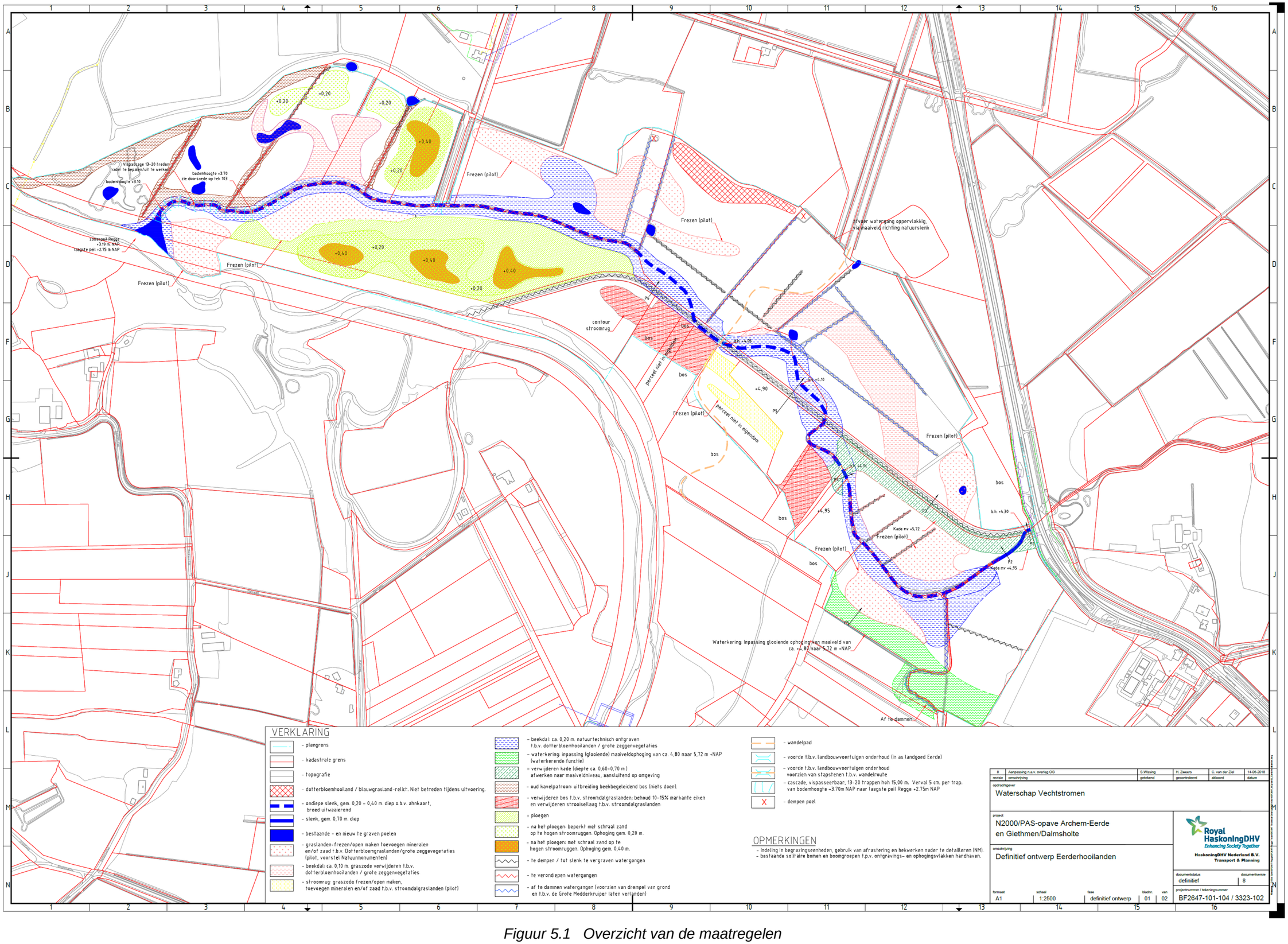
Maatregelen

De belangrijkste maatregelen die in het kader van het inrichtingsplan Archem - Eerde (RoyalHaskoningDHV, 2018) met betrekking tot het herstel van het hydrologische systeem en de hiermee samenhangende waardevolle grondwaterafhankelijke natuur in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden worden getroffen zijn (zie figuur 5.1):

- De perceelsloten worden gedempt, sterk verondiept (tot 20 cm -mv) of afgedamd.
- De Hammerwetering wordt gedempt.
- Conform de historische ligging van de benedenloop van de Bevert wordt in de centrale as van de Eerderhooilanden een natuurstroom tot ontwikkeling gebracht. In het westelijke deel is deze beekloop (in verdiepte vorm, als hoofd-afvoersloot) nog aanwezig. Voor de omvorming tot natuurstroom zal de loop hier verondiept worden tot 20 cm -mv. In het oostelijke deel, waar de beekloop is verdwenen, zal deze als ondiepe loop opnieuw worden uitgegraven.
- In stroken aan weerszijden van de natuurstroom wordt over een diepte van 20 cm de fosfaatrijke toplaag van de bodem afgegraven / afgeplagd.
- In combinatie hiermee wordt in bepaalde zones alleen de zode verwijderd, wat betekent dat hier de toplaag over een diepte van circa 10 cm zal worden afgegraven.
- In combinatie hiermee wordt in andere delen de toplaag gefreesd / los gemaakt en worden mineralen en/of zaad van goed ontwikkelde vochtige hooilanden toegevoegd.

In het inrichtingsplan wordt er nog vanuit gegaan dat niet alleen de Bevert maar ook het bovenstrooms van de Eerderhooilanden gelegen deel van de Hammerwetering zou gaan afwateren via de natuurstroom, wat gezien de slechte waterkwaliteit van de Hammerwetering en een sterk negatief effect zou hebben op de beoogde ecologische ontwikkeling van de Eerderhooilanden en met name voor de natuurstroom en de hieraan grenzende af te plaggen zone. In het kader van de nadere planuitwerking is het inmiddels de bedoeling om alleen het water van de Bevert via de natuurstroom af te gaan voeren (mededeling H. Gronert, Natuurmonumenten) en zal het zeer voedselrijke water van de Hammerwetering via een andere loop vanaf de Hammerweg in zuidwestelijke richting worden afgevoerd naar de Regge.

Omdat de Bevert in belangrijke mate gevoed wordt vanuit het oostelijke deel van natuurgebied Eerde, is de waterkwaliteit hiervan veel beter dan die van de Hammer-wetering. Wel wateren intensief beheerde landbouwgebieden die ten (noord)oosten van het natuurgebied liggen (onder meer Junnervlier) af op de Bevert en ook binnen het natuurgebied liggen nog regulier verpachte en behoorlijk intensief beheerde landbouwgronden. Natuurmonumenten wil in samenwerking met andere organisaties de komende jaren werken aan de aanpak van dit probleem en in combinatie hiermee hier gelijk tot herstel van het hydrologische systeem te komen, waarmee niet alleen de ecologische ontwikkeling van de betreffende gebieden zelf, maar ook het grotere geheel, met als onderdeel hiervan de Eerderhooilanden, verder zal gaan verbeteren.

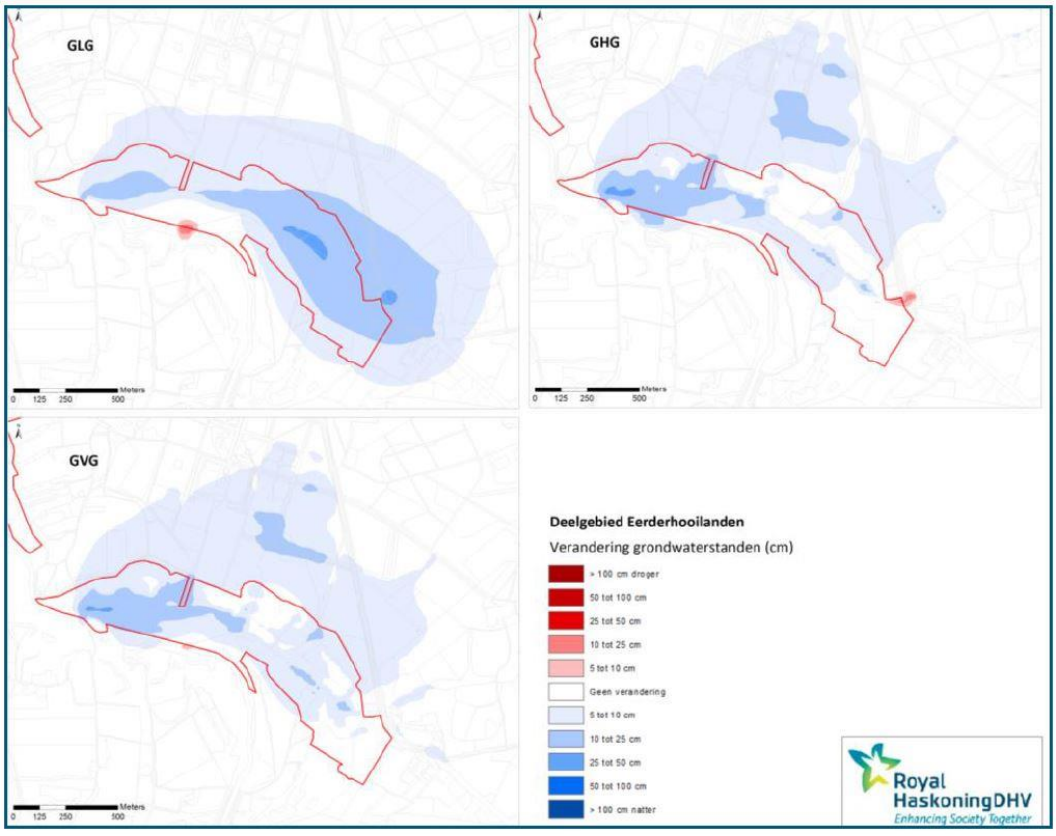


Figuur 5.1 Overzicht van de maatregelen

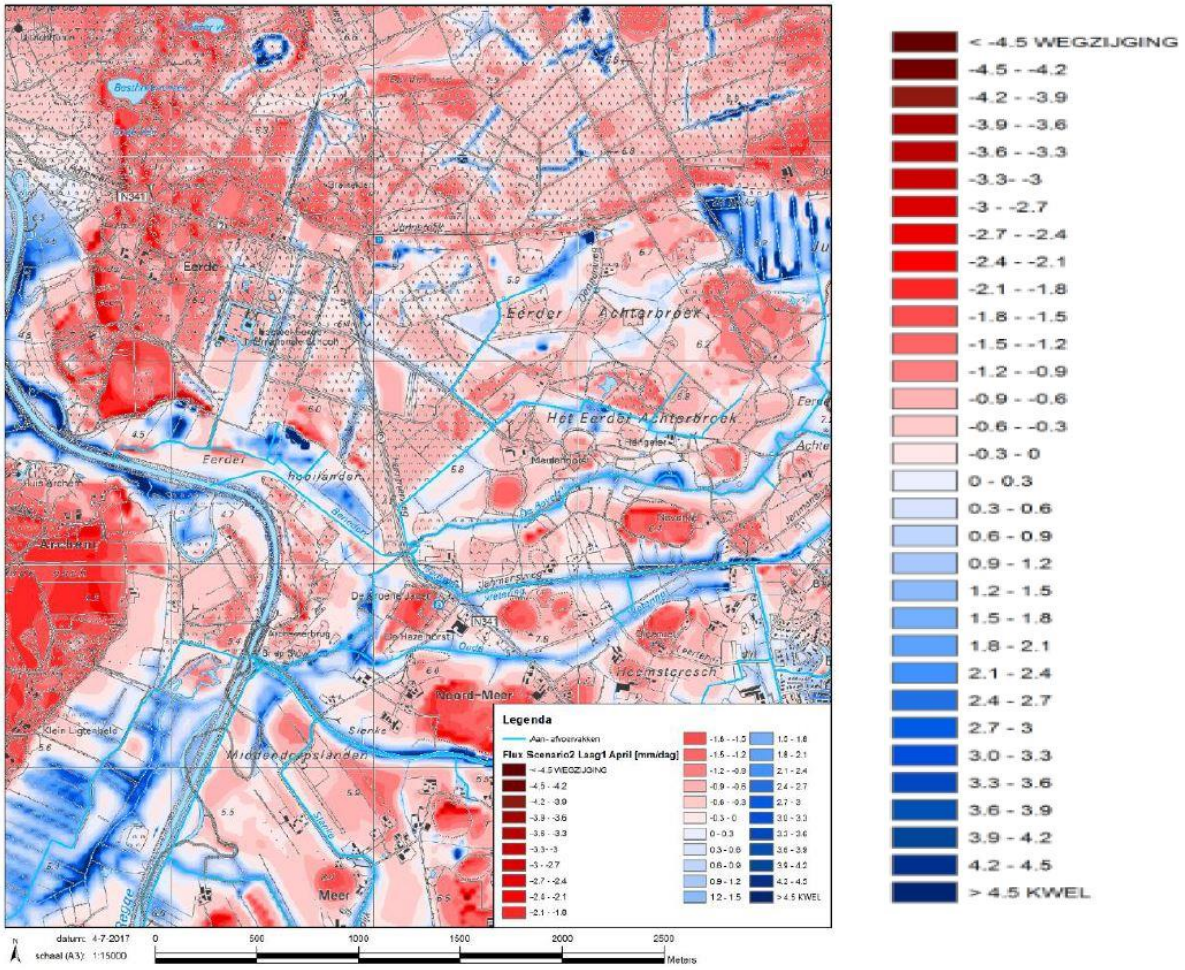
Berekende effecten

De effecten zijn berekend voor een situatie zonder toepassing van maaiveldsverlaging en wel rekening houdend met afvoer van het water vanuit het bovenstrooms van het projectgebied gelegen deel van de Hammerwetering. Aldus zijn voor de voorgenomen maatregelen in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden de volgende effecten berekend (zie figuren 5.2 en 5.3):

- Zowel in de GHG-, GVG als GLG situatie treden grondwaterstandsstijgingen op. De berekende stijgingen lopen uiteen van 5 tot 25 cm. Uit aanvullende figuren die in het rapport van RoyalHaskoningDHV zijn opgenomen volgt dat de GHG daarmee in een groot deel van het gebied iets boven maaiveld komt te liggen, dat de GVG iets onder maaiveld komt te liggen en dat de in de laagste delen de GLG op 50 tot 75 cm -mv komt te liggen.
- In het laag gelegen gebied waar nu sterke kwel optreedt naar de sloten blijft de kwel ook bij demping, verondieping en afdamming van het huidige stelsel behouden. Door de omvorming van de huidige diepe hoofdafvoersloot naar de ondiepe natuurstroom zou ter plaatse van de natuurstroom (bij aansluiting van de Hammerwetering hierop) de kwel afnemen (en zelfs omslaan naar infiltratie), waardoor de kwel elders in de laag gelegen delen van de Eerderhooilanden toeneemt.
- Ter plaatse van het Dotterbloemgrasland wordt een sterke toename van de kwel en een GLG-verhoging van circa 10 cm berekend. Op deze wijze zal hier vrijwel worden voldaan aan de GLG-standplaatseis voor goed ontwikkeld Dotterbloemgrasland (GLG < 50 cm -mv), aangezien in de huidige situatie de GLG hier op 61 cm -mv ligt.



Figuur 5.2 Berekende effecten in de GHG-, GVG- en GLG-situatie



Figuur 5.3 Berekende kwel in de GVG-situatie in de nieuwe situatie

In het rapport van RHDHV zijn ook figuren opgenomen van de toekomstige overstromingsdynamiek, maar ook hierbij is uitgegaan van aansluiting van de Hammerwetering op de natuurstroom, dus deze figuren zijn niet meer van toepassing. Waarschijnlijk geven de eerder weergegeven figuren die betrekking zouden moeten hebben op de huidige situatie juiste de toekomstige situatie goed weer (zie figuur 2.8), aangezien in de figuur van de huidige situatie vermoedelijk geen rekening gehouden is met de aanwezigheid van de klepduikers en de grondruggen langs de Regge.

Als gevolg van het verwijderen van de klepduikers en het laten afwateren van de natuurstroom via een nieuw aan te leggen cascade op de Regge, zal de overstromingsfrequentie van de Eerderhooilanden in ieder geval toenemen ten opzichte van de huidige situatie. Hierdoor zal dus ook de eutrofiërende werking van het overstromingswater toenemen. Dit is ongunstig voor de ontwikkeling van de gewenste waardevolle grondwaterafhankelijke natuur, die gebonden is aan hooguit matig voedselrijke omstandigheden, maar past wel bij het streven naar de ontwikkeling van een natuurlijk beekdallandschap.

Effecten ter plaatse van ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'

Door het dempen / verondiepen van de sloten en de omvorming van de hoofdafvoersloot in een ondiepe natuurstroom zal het kwelwater de geulen en de toplaag van de bodem in de overige laag gelegen delen in sterkere mate en op grotere schaal dan nu gaan voeden.

In de zone langs de natuurstroom waar de toplaag van de bodem over een diepte van 20 cm wordt afgegraven, met als doel de bodem op effectieve te verschralen, waardoor hier goede mogelijkheden ontstaan voor ontwikkeling van waardevolle, aan matig voedslerijke omstandigheden gebonden, grondwaterafhankelijke natuur (met name Dotterbloem-grasland, Grote zeggenvegetaties en desgewenst ook Elzenbroekbos).

In het laag gelegen gebied ten noorden van de te herstellen natuurstroom is het de bedoeling om ter plaatse van de natuurlijke geul alleen de zode te verwijderen, ofwel de toplaag over een diepte van 10 cm af te graven. Als gevolg hiervan zal de bodem hier slechts in beperkt mate worden verschraald. Elders wordt de toplaag niet verwijderd of opgehoogd, waarschijnlijk met grond die bij afgravingen elders vrijkomt. Dus hier vindt helemaal geen verschraling plaats. Dus hier kunnen de genoemde doelvegetaties naar verwachting ook niet tot ontwikkeling worden gebracht.

Door het slechts in bepaalde zones plaggen ontstaan ook niveauverschillen in het maaiveld. De te plaggen delen kunnen zo een licht drainerende werking gaan uitoefenen op de delen waar de toplaag niet wordt afgegraven. Dit probleem kan worden verzacht door op de overgangen de plagdiepte zeer geleidelijk te laten afnemen. Zelfs bij het verwijderen van de zode in de natuurlijke geul kan dit ongewenste effect optreden, aangezien deze geul nu al enkele decimeters lager ligt dan de omgeving. Het verdient met name hier daarom de voorkeur om de randen van de geul mee te plaggen.

Ook is het belangrijk om zowel in deze geul als in de geul die ontstaat door het afplaggen van de toplaag aan weerszijden van de natuurstroom enkele (subtiele) drempels te handhaven, zodat de geulen niet tot op laag niveau leegstromen, maar een afvoerniveau krijgen dat goed aansluit op het maaiveld van de niet af te graven delen in de omgeving. Zodoende zal in de geulen in natte perioden een waterdiepte van enkele decimeters boven maaiveld aanwezig zijn, waardoor hier (onder invloed van de voeding met kwelwater) Grote Zeggevegetaties of andere moerassige vegetaties tot ontwikkeling kunnen komen.

Effecten ter plaatse van ecohydrologisch dwarsprofiel D-D'

Door het hier dempen / verondiepen van de sloten en het dempen van de Hammerwetering zal de kwel naar het Dotterbloemgrasland worden versterkt en zal de GLG dichter nabij maaiveld komen te liggen: uitgaande van de GLG-berekende verhoging van circa 10 cm en de huidige GLG van circa 6 dm -mv ter plaatse van peilbuis B28A0601 zal de GLG in de toekomstige situatie op circa 5 dm -mv komen te liggen, waarmee nagenoeg wordt voldaan aan de GLG-standplaatseis voor goed ontwikkeld Dotterbloemgrasland (namelijk GLG < 50 cm -mv). Ook elders zal het kwelwater de geulen en de toplaag van de bodem in de overige laag gelegen delen op grote schaal gaan voeden en zal de grondwaterstand in de zomer niet ver beneden maaiveld wegzakken.

De natuurstroom komt ter plaatse van de meest zuidelijke geul van het dwarsprofiel te liggen. Zodoende zal in deze geul de toplaag over een diepte van 20 cm worden afgegraven, waardoor hier de bodem op effectieve wijze zal worden verschraald. In de centraal gelegen geul zal de toplaag alleen worden gefreesd. Omdat hierdoor de fosfaatrijkdom van de bodem niet verminderd zal dit naar verwachting niet leiden tot een betere vegetatieontwikkeling in de geul, terwijl hier wel hoge potenties aanwezig zijn. Wel is het de bedoeling om in enkele verder westelijk en zuidoostelijk gelegen deelgebieden de zode af te plaggen: dit zal wel zorgen voor verschraling, maar waarschijnlijk zal de mate waarin dit gebeurt onvoldoende zijn voor ontwikkeling van Dotterbloemhooiland.

5.3 Effecten maatregelen in Eerderhooilanden Noordwest

Berekende effecten

Van het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden zijn geen berekeningsresultaten beschikbaar van de effecten van uitsluitend lokale maatregelen. Wel zijn kaarten van al eerder met het WRD-model uitgevoerde berekeningen beschikbaar, waarin zowel het Reggeherstel als lokale maatregelen zijn opgenomen, niet alleen in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden, maar ook in het zuidoostelijke deel hiervan, alsmede het landgoedbos.

In figuur 5.4 zijn (voor zowel de GHG- al de GLG-situatie) de berekende grondwaterstandsverhogingen weergegeven, in figuur 5.5 betreft de berekende GHG- en GLG-isohypsenkaarten en figuur 5.6 betreft de berekende GHG- en GLG-kwelsituatie voor de situatie met het treffen van al deze maatregelen tezamen.

Uit deze kaarten volgt dat bij het gecombineerd uitvoeren van deze maatregelen ook in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden sterke grondwaterstandsverhogingen kunnen worden gerealiseerd (met bijvoorbeeld een verhoging van de GLG met 10 tot 20 cm) en ook dat daarbij in sterke mate kwel in het gebied aanwezig blijft. Dit kwelwater zal dan niet meer (zoals nu nog het geval is) worden gedraineerd door de sloten maar in de geulen aan de oppervlakte komen en ook elders in het gebied in de toplaag van de bodem gaan doordringen.

Effecten ter plaatse van ecohydrologisch dwarsprofiel A-A’

Bij aanpak van de drainerende werking van het slotenstelsel in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden zal de kwelwatervoeding van de zuidoostelijke afgekoppelde meander (ofwel de afgekoppelde meander die is opgenomen in dwarsprofiel A-A’) verbeteren en hierdoor zal in de oeverzone de grondwaterstand in de zomer minder ver beneden maaiveld wegzakken. Zodoende zullen in de oeverzone van de afgekoppelde meander de reeds aanwezige soorten van Elzenbroekbos (Zwarte bes en Elzenzegge) zich naar verwachting uitbreiden en kan ook vestiging van andere Elzenbroekbossoorten plaatsvinden. Zo zal deze laag gelegen zone zich dus meer ontwikkelen tot een Elzenbroekbos.

De invloedsfeer van de lokale maatregelen in de Eerderhooilanden reikt niet tot aan de noordwestelijke afgekoppelde meander en de zijtak hiervan. Dus hier zullen de (nu al gunstige omstandigheden in relatie tot het optreden van sterke kwel) niet veranderen. Dus het goed ontwikkelde Elzenbroekbos dat in de huidige situatie langs de zijtak al aanwezig is zal ook in deze vorm aanwezig blijven.

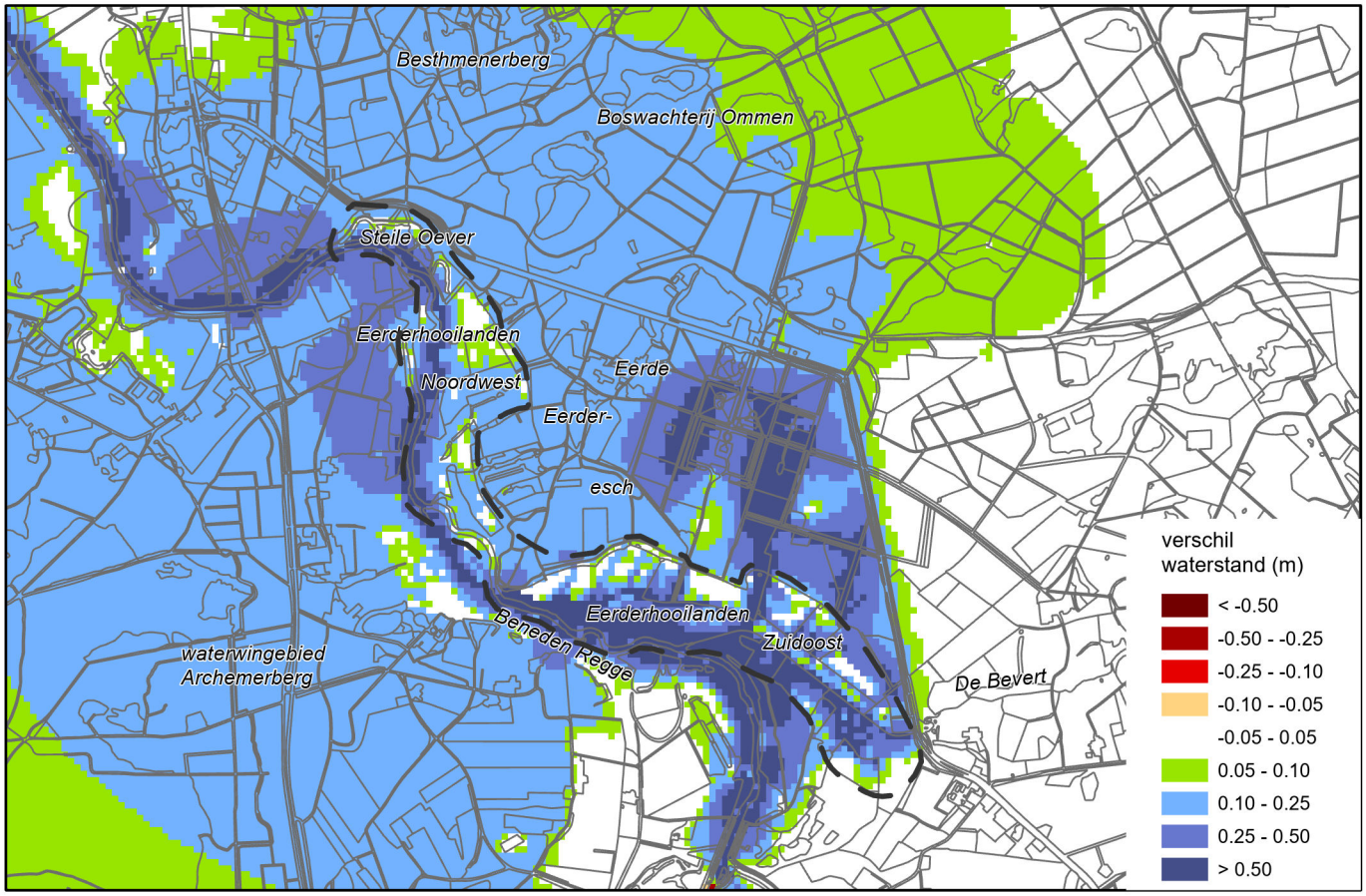
Effecten ter plaatse van ecohydrologisch dwarsprofiel B1-B1’

Indien maatregelen worden getroffen waarmee de drainerende werking van de interne sloten wordt tegengegaan dan zal de kwelwatervoeding van het in dit dwarsprofiel opgenomen Vochtige alluviale bos toenemen en zal (in samenhang hiermee) de grondwaterstand in de zomer minder ver beneden maaiveld wegzakken, waardoor hier naar verwachting mogelijkheden zullen ontstaan voor vestiging van meer kritische soorten van Elzenbroekbos, zoals bijvoorbeeld Elzenzegge. Hierdoor zal dus een kwaliteitsverbetering optreden van het nu zeer matig ontwikkelde Elzenbroekbos. Bovendien zijn er in dit gebied goede mogelijkheden om het Elzenbroekbos in sterke mate uit te breiden, niet alleen in de lengterichting van de geul, maar ook in de breedte hiervan, indien de sloten worden gedempt en in combinatie hiermee de fosfaatrijke bovengrond van het aangrenzende intensief beheerde landbouwgebied wordt afgeplagd: ten opzichte van

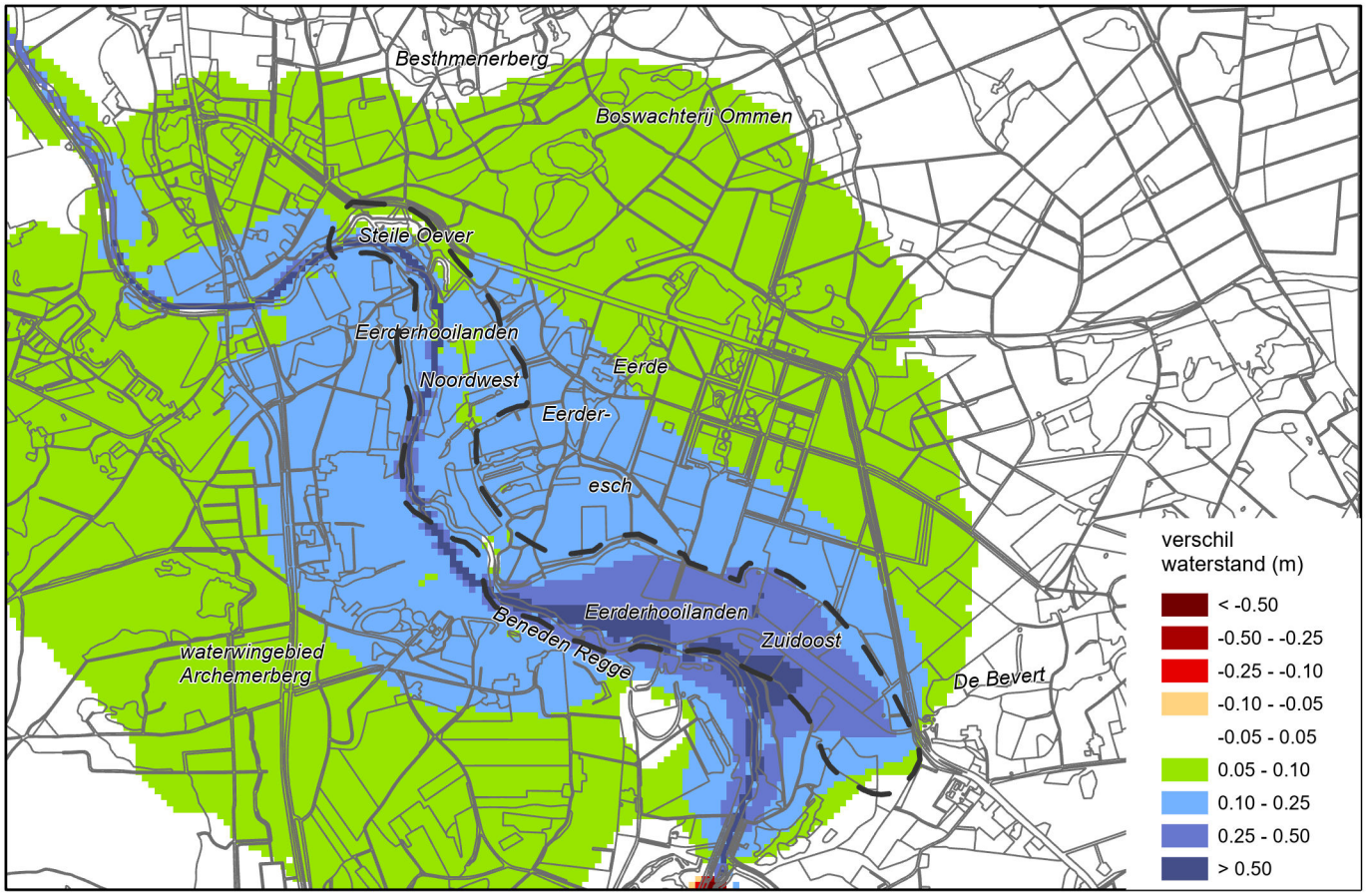
het huidige bosje in dit gebied kan de oppervlakte Vochtig alluviaal bos met gemak met een factor 10 worden vergroot. Uitbreiding van het Vochtige alluviale bos is in dit deelgebied bovendien landschappelijk goed inpasbaar: in een groot deel van de geul is nu namelijk al struweel aanwezig of groeien bomen langs de geul, waardoor er nu al een half open landschap aanwezig is.

Effecten ter plaatse van ecohydrologisch dwarsprofiel B2-B2'

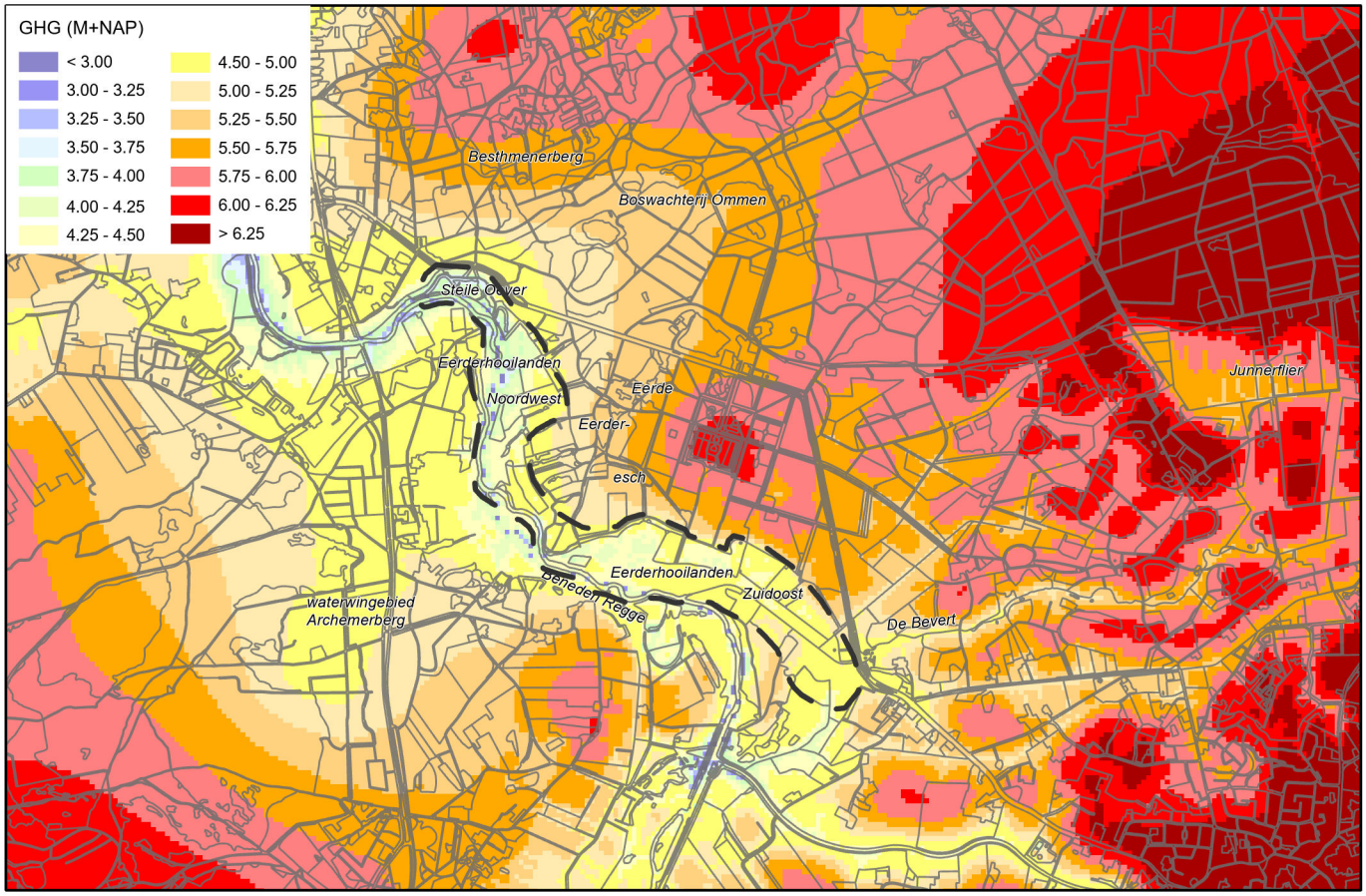
Door de maatregelen in de Eerderhooilanden zal de situatie van het Vochtige alluviale bos dat is opgenomen in dwarsprofiel B2-B2' niet veranderen. Wel zal door de versterking van de overstromingsinvloed als gevolg van het Reggeherstel na verloop van jaren de bufferingstoestand van de nu nog zure bodem naar verwachting beter worden, maar tegelijkertijd zal ook de voedselrijkdom van de bodem hierdoor groter worden. In samenhang hiermee wordt verwacht dat het bos zich (naar voorbeeld van het Vochtige alluviale bos in het hoger gelegen deel van dwarsprofiel A-A') zal ontwikkelen richting een voedselrijke variant van het Vogelkers-Essenbos.



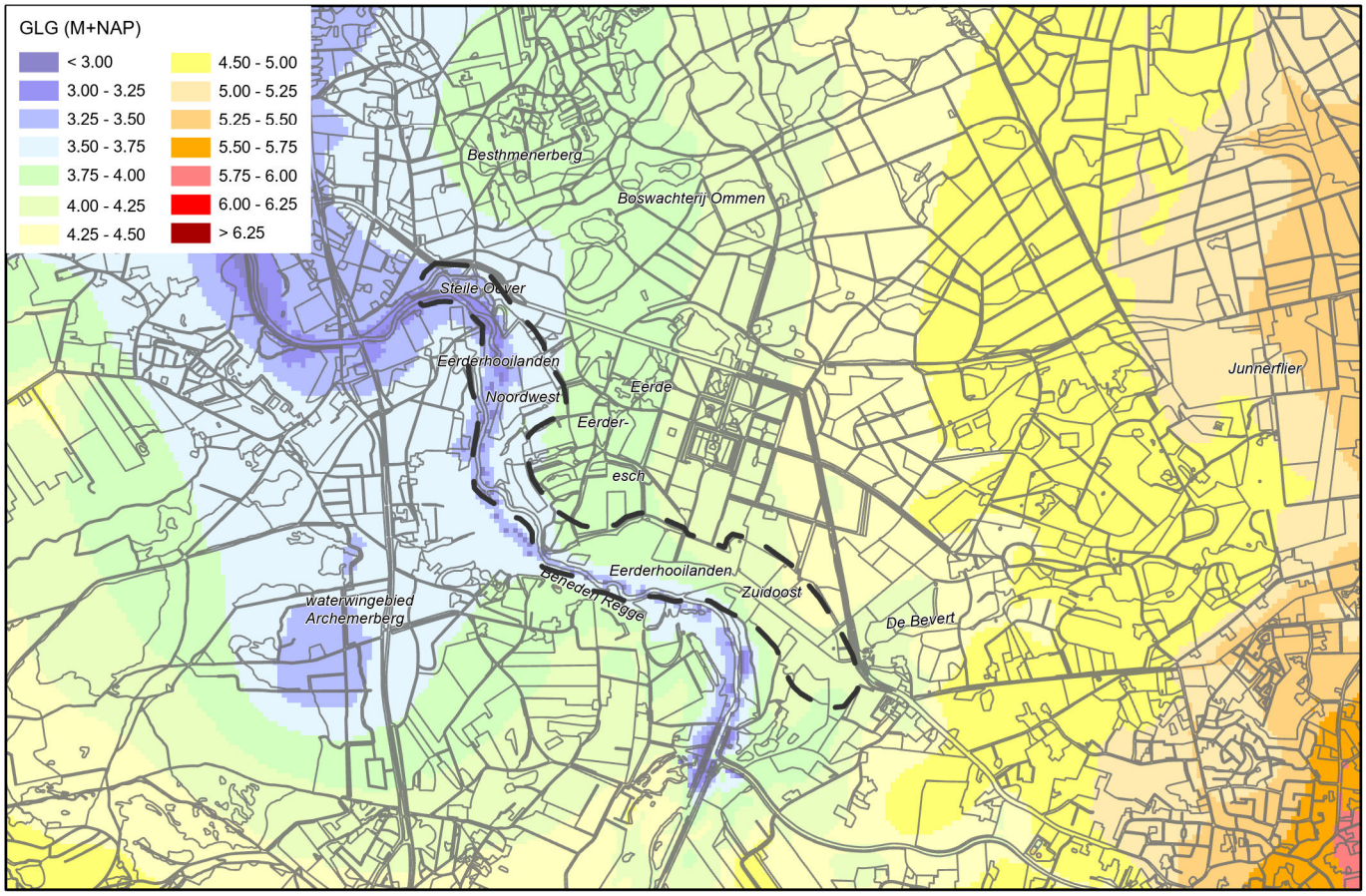
Figuur 5.4a Berekende grondwaterstandsverhogingen in de GHG-situatie, bij uitvoering Reggeherstel en interne maatregelen



Figuur 5.4b Berekende grondwaterstandsverhogingen in de GLG-situatie, bij uitvoering Reggeherstel en interne maatregelen

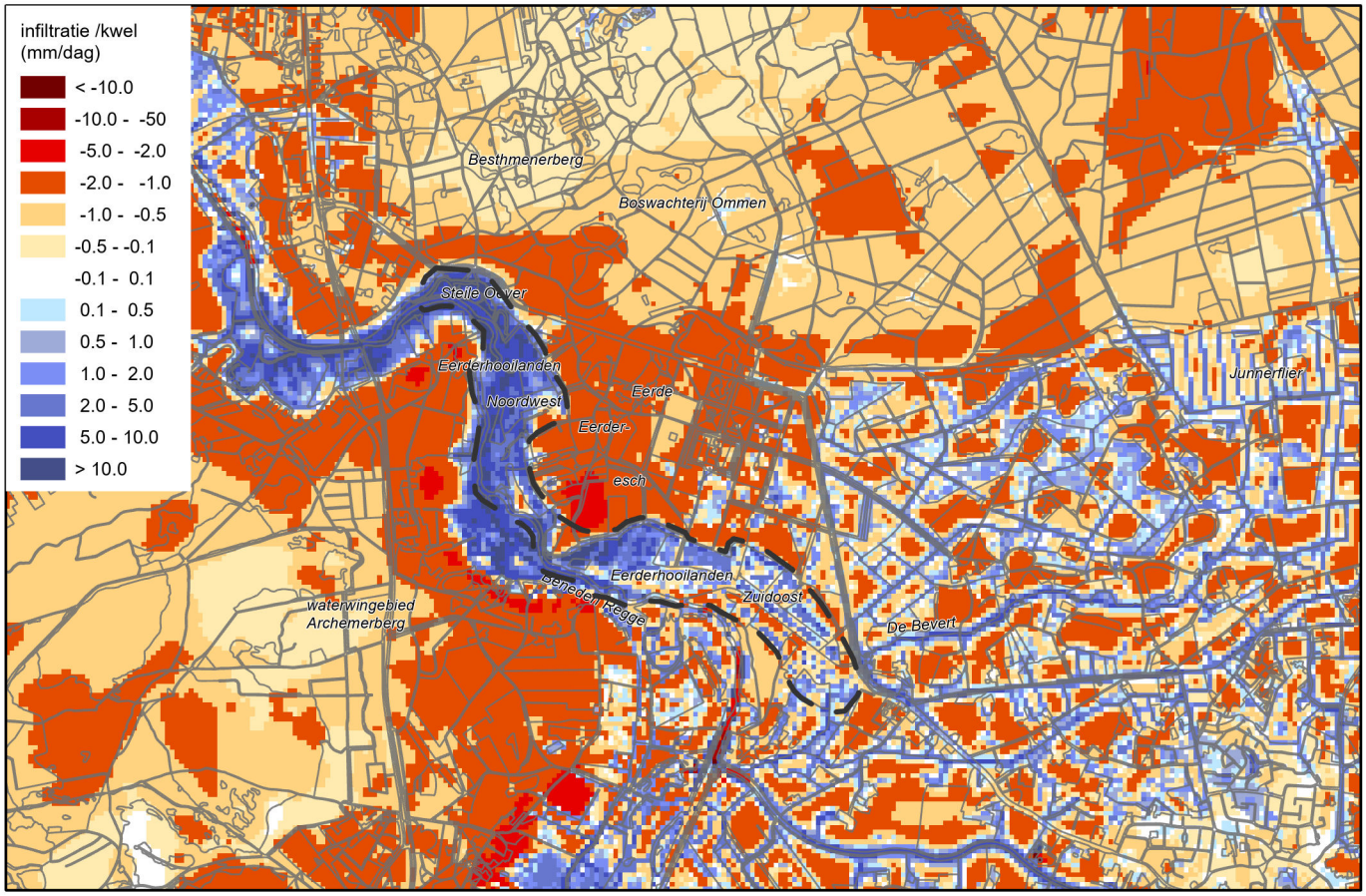


Figuur 5.5a Berekende isohypsen in de GHG-situatie, na uitvoering Reggeherstel en interne maatregelen

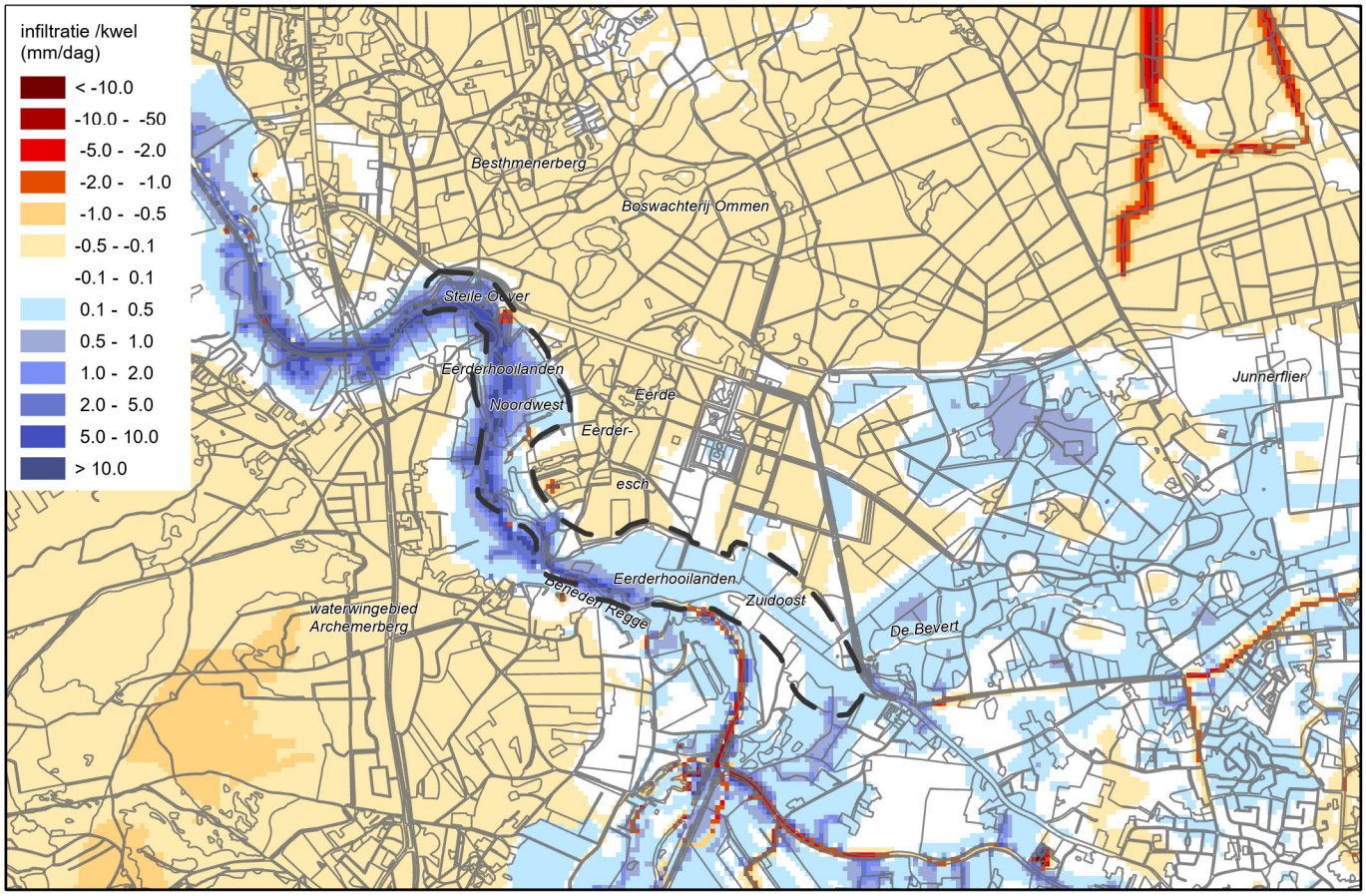


Figuur 5.5b Berekende isohypsen in de GLG-situatie, na uitvoering Reggeherstel en interne maatregelen

1:40,000



Figuur 5.6a Berekende kwel / infiltratie in de GHG-situatie, na uitvoering Reggeherstel en interne maatregelen



Figuur 5.6b Berekende kwel / infiltratie in de GLG-situatie, na uitvoering Reggeherstel en interne maatregelen

1:40,000

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

6 Synthese en conclusies

6.1 Huidig ecohydrologisch functioneren

Het projectgebied Eerderhooilanden & Steile Oever ligt in het rivierdal van de Regge. De hoog gelegen gronden aan zuid- en noordzijde van het gebied betreffen voornamelijk dekzandgronden en aan de westzijde doorsnijdt het rivierdal een stuwwallengebied, met aan de zuidzijde van het rivierdal de stuwwal van de Archemerberg en aan de noordzijde de stuwwal van de Besthmenerberg. Vanwege aansnijding van de (voet van de) Besthmenerberg door de Regge in de periode voordat (aan het begin van de 20e eeuw) kanalisatie hiervan plaatsvond ontstond hier ook de Steile Oever.

Tot aan de (praktisch) ondoorlatende hydrologische basis, die op circa 115 m -NAP ligt, zijn er in principe vier watervoerende pakketten aanwezig, met hiertussen drie slecht doorlatende lagen: een kleilaag van het Laagpakket van Zutphen (sdl1), een keileemlaag van het Laagpakket van Gieten (sdl2) en een complexe kleiige eenheid van Formatie van Peize (sdl3). Ter plaatse van een groot deel van het projectgebied ontbreken de eerste en de tweede slecht doorlatende lagen: hier is een gecombineerd watervoerend pakket 1+2+3 van 35 à 40 meter dik aanwezig. Dit gecombineerde watervoerende pakket sluit direct aan op het gestuwde zandpakket van de stuwwallen. Vanuit het stuwwalpakket van de Archemerberg vindt de grondwateronttrekking van de drinkwaterwinning Archemerberg plaats. Hieronder is ook ter plaatse van de stuwwal de scheidende laag van de Formatie van Peize aanwezig. Onder deze laag bevindt zich het diepe, ofwel 4e watervoerende pakket, dat circa 80 meter dik is.

In het rivierdal is door de invloed van de Regge een fijnmazig patroon van meanderruggen en geulen ontstaan. In het beekdal zijn onder invloed van de voeding met ijzer- en basenrijk kwelwater met name beekeerdgronden tot ontwikkeling gekomen en in de geulen is veen gevormd, met hierop (als gevolg van afzetting van beekleem) een klei- of leemdek. Daar waar een zandbodem aanwezig is, is de toplaag hiervan vanwege de afzetting van de beekleem zwak of sterk lemig. Hoewel in delen van het projectgebied deze natuurlijke geomorfologie en bodemopbouw nog intact zijn, heeft in andere delen ook verstoring hiervan plaatsgevonden door egalisatie.

Voordat het Reggeherstel (in 2013 / 2014) plaatsvond werd de natuurlijke overstroming van de Eerderhooilanden belemmerd door een hoge kade. Sinds de uitvoering van het Reggeherstelproject overstroomt het gehele beekdal weer op (meer) natuurlijke wijze, niet alleen vanwege het verwijderen van de kade, maar ook vanwege de verondieping van rivierloop.

In het Reggedal, en dus ook in het projectgebied, treedt op omvangrijke schaal kwel op (zie figuur 4.1). Vanwege de doorstroming van kalkrijke afzettingen is het kwelwater basenrijk. Het projectgebied wordt daarbij gevoed vanuit het noorden en het noordoosten: de Besthmenerberg, de hoog gelegen zandgronden van het zuidelijke deel van Boswachterij Ommen, de Eerder Esch, het parkbos van kasteel Eerde en ook de dekzandruggen van het Eerderbroek vormen het voedingsgebied. Vooral de drainerende werkingen van de slotenstelsels van het zuidelijke deel van het Eerderbroek, van de landbouwpercelen langs de Ommerweg (die afwateren via de Bosgracht) en van de laagte van Junnerflier vormen belangrijke aantastingen van het voedingsgebied.

Omdat het gestuwde pakket van waaruit het grondwater ter plaatse van de drinkwater-winning Archemerberg wordt onttrokken in direct contact staat met het gecombineerde watervoerende pakket 1+2+3 dat in het grootste deel van het projectgebied aanwezig is kan ook het effect van de winning gemakkelijk doorwerken in het projectgebied. Op grond van modelberekingen voor een gemiddelde situatie volgt dat de huidige winning van 3 miljoen / jaar niet alleen een grondwaterstandsverlaging veroorzaakt in een gebied ten

zuiden van het Reggdal (waar de winning zich bevindt) maar ook in een gebied ten noorden van het Reggedal, waaruit is af te leiden dat er ook een effect is op de kwel in het Reggedal.

De Regge heeft een sterk drainerende werking op het kwelwater. Dankzij het Reggeherstel is de rivierloop veel minder diep geworden, waardoor de drainerende werking hiervan is verminderd, waardoor de kwel naar het projectgebied is toegenomen en wat vooral in de omgeving van het rivierdal heeft geleid tot een grondwaterstandsverhogingen, van circa 2,5 à 3 dm. Hiermee zijn de eerdere grondwaterstandsverlagingen, die het gevolg waren van het grondig uitbaggeren / verdiepen van de rivierloop in 1986, voor een belangrijk deel teniet gedaan.

In de zone met de afgekoppelde meanders ter hoogte van de Steile Oever is vooral de kwelwatervoeding van de noordwestelijke afgekoppelde meander en de zijtak hiervan sterk. Onder invloed hiervan is in de oeverzone van de sterk verlande zijtak een goed ontwikkeld Elzenbroekbos aanwezig, met kritische grondwaterafhankelijke soorten als Elzenzegge, Koningsvaren en Zwarte bes en in combinatie hiermee soorten als Pluimzegge, Melkeppe, Gele lis en Waterzuring. In de oeverzone van een poel aan het uiteinde van de zijtak groeit bovendien de grondwaterafhankelijke soort Bosbies en in de zijtak zelf is ook Waterviolier waargenomen. De zuidoostelijke afgekoppelde meander (ofwel de afgekoppelde meander die is opgenomen in dwarsprofiel A-A': zie figuur 4.3) wordt in lichte mate gevoed met kwelwater en in de zomer zakt de grondwaterstand in de laag gelegen zone net naast de afgekoppelde meander behoorlijk ver weg (GLG = 80 à 85 cm -mv): in samenhang hiermee zijn hier slechts op beperkte schaal soorten van Elzenbroekbos aanwezig, vooral Zwarte bes en op bescheiden schaal (lager in de oeverzone) ook Elzenzegge.

Bij de minder laag gelegen delen van de Vochtige alluviale bossen ter hoogte van de Steile Oever is vooral de overstromingsinvloed van de Regge bepalend voor de bosontwikkeling en in samenhang hiermee is hier Vogelkers-Essenbos aanwezig. Het basenhoudende maar ook zeer voedselrijke overstromingswater zorgt behalve voor een lichte buffering van de bodem ook voor zeer voedselrijke omstandigheden: zodoende is het bos weelderig ontwikkeld, met in de boom- en struiklaag behalve Zwarte els, Gewone es en Inheemse vogelkers ook veel Kardinaalsmuts en soorten als Vlier, Klimop en Hop, terwijl in de kruidlaag Grote brandnetel sterk domineert.

In zowel het noordwestelijke als het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden wordt een groot deel van het kwelwater gedraineerd en uit het gebied afgevoerd door de hier (nog) aanwezige slotenstelsels. Zodoende zijn de grondwaterstanden hier ook maar in beperkte mate gestegen als gevolg van het Reggeherstel.

Desondanks wordt de geul waarin het Dotterbloemgrasland ligt (in het vroege voorjaar) wel door basenrijk kwelwater gevoed en kan het kwelwater hier ook tot in de toplaag van de bodem doordringen (zie figuur 4.4: dwarsprofiel D-D'). Onder invloed van de kwelwater-voeding, het nooit bemesten van het grasland en het altijd goed uitvoeren van het maaibeheer is hier een redelijk goed ontwikkeld Dotterbloemgrasland bewaard gebleven, met hierin ook elementen van Blauwgrasland: zo zijn hier naast Gewone dotterbloem, Waterkruiskruid, Brede orchis en Tweerijige zegge ook soorten als Blauwe zegge, Veldrus en Kleine valeriaan aanwezig. Vanwege de drainerende werking van de sloten in het aangrenzende gebied is de basenaanrijking van de toplaag nu echter nog niet optimaal en zakt ook de grondwaterstand in de zomer nog te ver beneden maaiveld weg (huidige GLG = 61 cm -mv / gewenste GLG maximaal 50 cm -mv). Vanwege het te ver wegzakken van de grondwaterstand in de zomer treedt een versterkte mineralisatie op van de hier aanwezige veenbodem waardoor in het grasland ook ruigtesoorten als Poelruit en Moerasspirea veelvuldig voorkomen. Ook de voeding met nitraatrijk grondwater vanuit de aangrenzende intensief bemeste akker vormt een bedreiging, hoewel vanwege het optreden van denitricatieprocessen tijdens de doorstroming van de veenlaag het nitraat de toplaag van de bodem niet lijkt te bereiken, maar wat (vanwege het optreden van definitrificatie-processen met pyriet) wel leidt tot een verhoogde sulfaatconcentratie, die op

zijn beurt kan leiden tot interne eutrofiëring, door het in versterkte mate vrijkomen van fosfaat uit de bodem.

Ook een geul in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden wordt in de huidige situatie ondanks de drainerende werking van het slotenstelsel in het aangrenzende gebied in lichte mate gevoed door kwelwater en onder invloed hiervan is hier Elzenbroekbos aanwezig (zie figuur 4.4: dwarsprofiel B1-B1'). Vanwege de geringe mate van kwelwatervoeding, het (in samenhang hiermee) ook te ver wegzakken van de grondwaterstand in de zomer (GLG 70 à 75 cm -mv) en ook vanwege de geringe omvang ervan, is het bos in de huidige situatie matig ontwikkeld: alleen in het laagste deel worden soorten als Zwarte bes en Gele lis aangetroffen.

Het Vochtige alluviale bos aan de zuidzijde hiervan (zie figuur 4.4: dwarsprofiel B2-B2') ligt niet uitgesproken laag en ligt ook nabij de drainerende Regge. Dus hier treedt geen kwelwatervoeding op en ligt de grondwaterstand zelfs in het vroege voorjaar al behoorlijk ver beneden maaiveld (GVG van 90 cm -mv). Het bos staat pas sinds het Reggeherstel (ofwel 2014) weer onder invloed van overstroming door de Regge. Dit resulteert in de aanwezigheid van een enerzijds niet al te voedselrijk maar anderzijds ook nog altijd behoorlijk zure toplaag van de bodem. Onder invloed van de droge en zure omstandigheden is hier hooguit een slecht ontwikkelde vorm van Vogelkers-essenbos aanwezig, met soorten als Brede stekelvaren en Rankende helmbloem in de kruidlaag. Na verloop van jaren mag worden verwacht dat het bos zich in relatie tot de herstelde overstromingsinvloed zal ontwikkelen in de richting van een voedselrijke variant van het Vogelkers-essenbos.

Beantwoording van de eerste onderzoeksvraag

De beantwoording van de eerste onderzoeksvraag (hoe functioneert het hydrologische systeem in de huidige situatie, treedt er in het projectgebied inderdaad kwel op en zijn de Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland afhankelijk van een hoge grondwaterstand en kwel?) is dus als volgt:

- In het projectgebied treedt ondanks de diepe ontwatering / afwatering van delen van het intrekgebied (zuidelijke deel Eerderbroek, landbouwpercelen langs de Ommerweg en Junnervlier), het effect van de drinkwaterwinning Archemerberg en de sterk drainerende werking van de Regge op grote schaal kwel op. Het kwelwater is basenrijk. In de huidige situatie wordt in een groot deel van het projectgebied het kwelwater nog gedraineerd door sloten. Desondanks zijn onder invloed van de voeding met het basenrijke kwelwater en de hiermee gepaard gaande hoge grondwaterstanden op een aantal plekken in het projectgebied waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen aanwezig, namelijk het Vochtige alluviale bos in de oeverzones van de afgekoppelde meanders ter hoogte van de Steile Oever, het Vochtige alluviale bos in de geul in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden en het Dotterbloemgrasland. Vooral vanwege de aanwezigheid van de nog drainerende sloten in het projectgebied zijn deze grondwaterafhankelijke natuurtypen op de meeste plekken echter nog niet optimaal ontwikkeld.
- Ten aanzien van de Vochtige alluviale bossen gaat het om de laag gelegen delen die tevens op enige afstand van de sterk drainerende Regge liggen: in deze delen is onder invloed van de voeding met kwelwater en de hoge grondwaterstanden Elzenbroekbos aanwezig. Bij de minder laag en / of meer nabij de Regge gelegen delen is de overstromingsinvloed van de Regge het sterkst bepalend voor de bosontwikkeling en in samenhang hiermee is daar Vogelkers-Essenbos aanwezig. Deze bossen zijn dus veel minder kritisch ten aanzien van de grondwatersituatie.
- Het Dotterbloemgrasland en een deel van de Vochtige alluviale bossen (namelijk de Elzenbroekbossen) zijn dus afhankelijk van kwel en een hoge grondwaterstand.

6.2 Ecohydrologische situatie na het treffen van lokale maatregelen

Eerderhooilanden Zuidoost

Door de voorgenomen demping van de Hammerwetering en de demping / verondieping van de sloten in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden zal de basenrijke kwel naar het huidige Dotterbloemgrasland worden versterkt (waardoor de basenaanrijking van de toplaag van de bodem worden verbeterd) en zal de GLG dichter nabij maaiveld komen. Uitgaande van de berekende verhoging van 10 cm zal de GLG op circa 5 dm -mv komen te liggen, waarmee net wordt aan de GLG-standplaatseis van maximaal 50 cm -mv voor goed ontwikkeld Dotterbloemgrasland.

Door deze maatregelen zal de rest van het gebied sterk vernatten en (ook) hier zal het kwelwater op grote schaal de geulen en de toplaag van de bodem elders in de laag gelegen delen gaan voeden. Op deze wijze kan de oppervlakte aan waardevolle, grondwater-afhankelijke natuur (met name Grote zeggenvegetaties in de geulen en Dotterbloem-grasland of desgewenst Elzenbroekbos in de overige laag gelegen delen) in dit gebied in principe vergroot worden van circa 1 ha in de huidige situatie naar meer dan 30 ha in de toekomstige situatie.

Om de potenties goed te uiting te laten komen is behalve herstel van het hydrologische systeem echter ook effectieve verschraling van de bodem noodzakelijk: als gevolg van het voormalige landbouwkundige gebruik is de toplaag van de bodem namelijk te fosfaatrijk. Daar waar de toplaag over een diepte van 20 cm wordt afgeplagd (ofwel aan weerszijden van de te ontwikkelen natuurstroom) zal effectieve verschraling plaatsvinden. Daar waar alleen de zode wordt verwijderd (zijgeul en enkele ander zones) zal de mate van verschraling naar verwachting te beperkt zijn. Daar waar de toplaag niet wordt verwijderd of alleen wordt gefreesd zal helemaal geen verschraling plaatsvinden, dus hier zullen naar verwachting alleen natte, zeer voedselrijke vegetaties tot ontwikkeling komen.

Eerderhooilanden Noordwest

Hoewel er voor het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden op korte termijn nog geen concrete lokale maatregelen zijn voorzien is het wel de bedoeling om ook hier op de langere termijn lokale maatregelen te treffen. Het is van groot belang om hieraan ook daadwerkelijk uitwerking te geven. Het hier dempen van de sloten is namelijk in de eerste plaats belangrijk voor het herstel van een goede kwelwatervoeding en het (hiermee) voorkomen van het te ver wegzakken van de grondwaterstand in de zomer in het hier (in / langs de geul) reeds aanwezige Elzenbroekbos, waardoor de kwaliteit van dit nu matig ontwikkelde bos zal verbeteren. In de tweede plaats zijn er in dit gebied goede mogelijkheden om het Elzenbroekbos in sterke mate uit te breiden, niet alleen in de lengterichting van de geul, maar ook in de breedte hiervan, indien de sloten worden gedempt en in combinatie hiermee de fosfaatrijke toplaag van het aangrenzende intensief beheerde landbouwgebied wordt afgeplagd. Het afplaggen van de toplaag en het uitbreiden van het bos dragen op hun beurt ook weer bij aan verbetering van de kwaliteit van het bestaande Elzenbroekbos. Op deze wijze kan de oppervlakte Vochtige alluviale bossen alleen al hier met minimaal een factor 10 (en zelfs een factor 20) worden verhoogd. Daarbij is bosuitbreiding in deze geul ook landschappelijk goed inpasbaar. In de derde plaats wordt bij het dempen van de sloten in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden ook de kwelwatervoeding naar het Vochtige alluviale bos direct ten noordwesten hiervan (in de oeverzone van de zuidoostelijke afgekoppelde meander) vergroot, waardoor de hier reeds aanwezige kritische soorten Elzenzegge en Zwarte bes zich kunnen uitbreiden en ook vestiging van andere Elzenbroekbossoorten kan plaatsvinden.

Daar waar handhaving van een open landschap wenselijk is zijn bij het dempen van de sloten en het op effectieve wijze verschralen van de bodem grote kansen voor de ontwikkeling van Grote zeggenvegetaties in de geulen en Dotterbloemgraslanden in de overige laag gelegen delen.

Beantwoording van de tweede onderzoeksvraag

De beantwoording van de tweede onderzoeksvraag (in welke mate treedt door de reeds voorziene hydrologische herstelmaatregelen herstel op van de ecologische kwaliteit van de Vochtige alluviale bossen en het Dotterbloemgrasland en in welke mate zal als gevolg van de maatregelen uitbreiding van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur elders in het gebied optreden?) is dus als volgt:

- Door de op korte termijn reeds voorziene demping van de sloten in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden zal de basenrijke kwel naar het Dotterbloemgrasland worden versterkt en zal de GLG minder ver beneden maaiveld komen te liggen, waarmee net wordt voldaan aan de GLG-standplaatseis van maximaal 50 cm -mv. Door deze verbetering van de hydrologische condities zal herstel optreden van de ecologische kwaliteit van het Dotterbloemgrasland.
- Door op langere termijn ook de sloten in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden te dempen kan hier op vergelijkbare wijze de ecologische kwaliteit van twee Elzenbroekbossen worden verbeterd. Het gaat hierbij om het Elzenbroekbos dat in de geul van noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden ligt en het Elzenbroekbos dat aan de noordwestzijde direct grenst aan de Eerderhooilanden en in de oeverzone van de afgekoppelde meander ligt.
- Als gevolg van de reeds voorziene maatregelen in het zuidoostelijke deel van de Eerderhooilanden (onder meer het dempen van sloten en het afplaggen van de fosfaatrijke toplaag) zal hier ook uitbreiding plaatsvinden van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur. Het gaat hierbij met name om Dotterbloemgraslanden, Grote zeggenvegetaties en eventueel ook Vochtige alluviale bossen.
- Door op langere termijn ook lokale maatregelen te treffen in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden kan ook hier uitbreiding van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur plaatsvinden. Daarbij liggen in het noordwestelijke deel ook extra goede kansen voor uitbreiding van Elzenbroekbos vanuit de bestaande kern.

6.3 Effecten van verhoging van de onttrekking van drinkwater

Het gestuwde pakket van waaruit het grondwater ter plaatse van de drinkwaterwinning Archemerberg wordt onttrokken staat in direct contact met het gecombineerde watervoerende pakket 1+2+3 dat in het grootste deel van het projectgebied aanwezig is. Zodoende kunnen de effecten van de winning ook in in sterke mate doorwerken in het projectgebied. Op grond van modelberekingen voor een gemiddelde situatie volgt dat de huidige winning van 3 miljoen / jaar niet alleen een grondwaterstandsverlaging veroorzaakt in een gebied ten zuiden van het Reggdal maar ook in een gebied ten noorden van het Reggedal, op grond waarvan is af te leiden dat er ook een effect is op de kwel in het Reggedal. Ook is voor de gemiddelde situatie berekend dat bij het verhogen van de onttrekking naar 4 miljoen m3/jaar deze effecten zullen toenemen, met daarbij in het gehele projectgebied een afname van de kwel.

Deels betreft het hierbij een afname van de kwel naar de afgekoppelde meanders met in de oeverzones hiervan Elzenbroekbos en deels betreft het kwel naar de nog aanwezige sloten, bijvoorbeeld naar de twee sloten aan weerszijden van het Dotterbloemgrasland en de sloten in de nabijheid van het Elzenbroekbos in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden. Middels het dempen van de sloten (als onderdeel van de hier voorgenomen lokale maatregelen) zal de drainerende werking hiervan worden weggenomen en zal in laag gelegen delen (onder meer de geul met het Dotterbloem-grasland en de geul met het Elzenbroekbos in het noordwestelijke deel van de Eerder-hooilanden) de kwel naar de toplaag van de bodem worden versterkt, waardoor de basenaanrijking van de toplaag zal worden verbeterd. Ook zal door het dempen van de sloten het wegzakken van de grondwaterstand in de zomer worden tegengegaan. Door de verbetering van de hydrologische condities zal de ecologische kwaliteit van het Dotterbloemgrasland en het Elzenbroekbos verbeteren. Dus het kwelwater dat in de huidige situatie door de sloten wordt gedraineerd is nu weliswaar nog niet nuttig voor de grondwaterafhankelijke vegetaties, maar straks, na het dempen van de sloten, wel. Dus het effect dat in relatie tot de toename van de onttrekkingshoeveelheid is berekend voor de slootkwel is ook relevant voor de hier te herstellen grondwaterafhankelijke natuur. Dit geldt eveneens in relatie tot de (in de Eerderhooilanden) beoogde uitbreiding van grondwaterafhankelijke natuur. Hierbij gelden uiteraard andere getallen ten aanzien van de berekende afname van de kwelsterkte, aangezien het in de toekomstige situatie om diffuse kwel gaat naar de geulen / laag gelegen gebieden, in plaats van geconcentreerde kwel naar de sloten in de huidige situatie.

Op grond hiervan mag worden verwacht dat de toename van de onttrekking leidt tot:

- Een verslechtering van de hydrologische condities en zodoende dus een ecologische achteruitgang van het bestaande Elzenbroekbos in de oeverzones van de afgekoppelde meanders.
- Een belemmering van het beoogde herstel van Elzenbroekbos en Dotterbloem-grasland elders in het projectgebied, aangezien bij het verhogen van de onttrekking het effect van de lokale maatregelen zal worden gereduceerd en temeer omdat het volledige effect hiervan nodig is om tot een goed herstel te komen.
- Het op hiermee vergelijkbare wijze bemoeilijken van de uitbreiding van waarde-volle grondwaterafhankelijke natuur.

Door middel van het uitvoeren van modelberekeningen kunnen deze verwachtingen worden geverifieerd (zie paragraaf 6.5: benodigd onderzoek). Op basis van de inzichten die voorkomen uit dit ecohydrologisch onderzoek kan dit op weloverwogen wijze worden gedaan, door bijvoorbeeld niet alleen te kijken naar de huidige situatie maar ook naar de toekomstige situatie met herstel en uitbreiding van grondwaterafhankelijke natuur na uitvoering van de lokale herstelmaatregelen.

6.4 Mogelijkheden voor een verdergaand ecohydrologisch herstel

Uit het onderzoek komen ook een aantal opties naar voren voor het nog verder verbeteren van de ecohydrologische / bodemchemische omstandigheden van het projectgebied dan alleen het treffen van de reeds benoemde lokale maatregelen:

- Ervoor zorgen dat de hoge potenties voor ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuur in grotere delen van de Eerderhooilanden goed tot uiting komen door niet alleen aan weerszijden van de te herstellen natuurstroom, maar ook elders in kansrijke delen de toplaag over een diepte van 20 cm af te plaggen. De hiermee gepaard gaande maaiveldsverlaging betekent eveneens een extra stimulans voor het laten doordringen van basenrijke kwel tot in de toplaag van de bodem en het minder ver beneden maaiveld laten wegzakken van de grondwaterstand in de zomer. Bij het afplaggen van de toplaag dient goed te worden aangesloten op de natuurlijke hoogteligging, zodat er geen storende niveauverschillen onstaan, als gevolg waarvan de te plaggen delen een licht drainerende werking kunnen uitoefenen op de niet te plaggen delen. In combinatie hiermee de natuurlijke ruggen herstellen op de plekken waar ze in het verleden ook hebben gelegen, waarmee dus ook wordt gezorgd voor geomorfologisch herstel en herstel van gradiënten.
- Voor zover nog aanwezig de drainerende werking van de sloten in het lokale intrekgebied tegengaan: de sloten in het parkbos beter afdammen of dempen, de drainerende werking van de sloten in het zuidelijke deel van het Eerderbroek tegengaan en het afvoerniveau van de Bosgracht verhogen, waarbij het naar verwachting noodzakelijk zal zijn om de beperkte oppervlakte landbouwgrond die hierop afwatert om te vormen tot natuur of hier anders over te schakelen naar een andere vorm van landbouw.
- Omvormen van landbouwgronden naar natuur in het stroomgebied van de Bevert, zodat de waterkwaliteit van deze beek verbetert, wat ook belangrijk is voor een goede ecologische ontwikkeling van de natuurstroom, waarop de Bevert zal worden aangesloten. Tevens kan hiermee een meer geleidelijke voeding van de beek en de natuurstroom plaatsvinden, zodat er gedurende het voorjaar en de zomer langduriger sprake zal zijn van stroming in de beek en de natuurstroom. Bovendien kunnen op deze wijze ook de hoge potenties voor ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuur (waaronder Vochtige alluviale bossen) in het dal van de Bevert zelf benut worden.
- Herstel van de laagte van Junnervlier, door middel van demping van sloten / herstel van venachtige situatie, zodat deze weer als voedingsgebied kan gaan functioneren. Dit is niet alleen belangrijk voor de voeding van de Eerderhooilanden, maar ook voor de voeding van het dalenstelsel van het Eerderbroek en hieraan grenzende de Brakel.

6.5 Benodigd onderzoek

Verbetering monitoring grondwaterstandsverloop Vochtige alluviale bossen

De reeds aanwezige twee peilbuizen in de Vochtige alluviale bossen staan beide niet in het grondwaterafhankelijke type Elzenbroekbos, maar in het minder kritische type Vogelkers-Essenbos. Om een goed inzicht te krijgen in het grondwaterstandsverloop van dit kritische bostype en daarbij ook de effecten een eventuele toename van de winning te kunnen meten, dienen twee peilbuizen te worden bijgeplaatst. De locaties van de bij te plaatsen peilbuizen zijn weergegeven in figuur 6.3. De noordelijke locatie betreft een nieuwe peilbuis in de oeverzone van de zijtak van de noordwestelijke afgekoppelde meander (waar in het kader van het uitgevoerde ecohydrologisch onderzoek geen tijdelijke

peilbuis is geplaatst). In deze kwelrijke zone is weliswaar niet veel Zwarte els aanwezig maar groeien wel (kritische) grondwaterafhankelijke soorten als Elzenzegge, Pluimzegge, Scherpe zegge, Zwarte bes en Koningsvaren. De zuidelijke locatie betreft een nieuwe peilbuis in het Elzenbroekbosje met Zwarte bes in de ondergroei in de geul in het noordwestelijke deel van de Eerderhooilanden (op de plek waar in het kader van het uitgevoerde ecohydrologisch onderzoek wel een tijdelijke peilbuis is geplaatst). Voor het vastleggen van de kwelsituatie dienen op beide meetlocaties dubbele filters geplaatst te worden. Om zeker te weten dat de peilbuizen op de juiste plekken worden geplaatst zijn door Bell Hullenaar de exacte locaties van de peilbuizen in het veld vastgelegd met GPS en gemarkeerd met piketten. De coördinaten van de te peilbuizen zijn: X 226176, Y 501050 en X 226297, Y 500156.

In combinatie hiermee is het raadzaam om de monitoring van het grondwaterstandsverloop met behulp van de reeds aanwezige peilbuizen van de provincie (B22C1407 en B28A0661) te continueren. Dit is niet alleen zinvol omdat hier al reeksen van enkele jaren zijn verzameld, maar ook (en vooral) omdat op deze wijze ook monitoring van het grondwaterstandsverloop van het Vogelkers-Essenbos zal blijven plaatsvinden. Dus in combinatie met de nieuwe peilbuizen zal zo monitoring van het grondwaterstandsverloop van het gehele scala aan bostypen dat hier binnen het habitattype H91E0C aanwezig is plaats gaan vinden. Met de vier peilbuizen wordt bovendien een goede afdekking van het meetnet over de verspreid in het gebied gelegen delen met het habitattype H91E0C verkregen.

Berekening van de effecten als gevolg van verhoging van de drinkwateronttrekking

Om de effecten van de toename van de drinkwateronttrekking op de reeds aanwezige, te herstellen en te ontwikkelen grondwaterafhankelijke natuur scherp in beeld te kunnen brengen dienen (aanvullende) modelberekeningen te worden uitgevoerd. Het is daarbij belangrijk om niet alleen de gemiddelde situatie, maar ook de GHG-, GVG- en GLG-situatie door te rekenen en daarbij ook rekening te houden met de gevolgen van klimaatsverandering en dan met name het in samenhang hiermee vaker voorkomen van (zeer) droge zomers. Hierbij is het ook van belang om te onderzoeken hoe lang het duurt voordat de grondwaterstanden weer tot op het normale niveau zijn hersteld na een zeer droge zomer. Dit betekent dat er in aanvulling op de reeds uitgevoerde stationaire berekeningen ook niet-stationair gerekend zal moeten worden. Net als bij de reeds uitgevoerde berekeningen zal daarbij niet alleen het effect op de grondwaterstand, maar ook het effect op kwellflux in beeld moeten worden gebracht.

De effecten dienen in beeld te worden gebracht ten opzichte van de toekomstige situatie na het treffen van de interne herstelmaatregelen. Hiertoe dienen eerst de lokale maatregelen in het noordwestelijke deel te worden doorgerekend. Dit levert dan gelijk de onderbouwing voor de noodzaak van het treffen van deze maatregelen voor behoud, herstel en uitbreiding van het habitattype H91E0C Vochtige alluviale bossen en de mogelijkheden voor uitbreiding van grondwaterafhankelijke natuur in dit deelgebied. Om dit op correcte wijze te kunnen doen dient het lokale oppervlaktewatersysteem (van zowel sloten als natuurlijke geulen) goed in het model te zijn ingebouwd. Voor het zuidoostelijke deel zijn de lokale maatregelen al doorgerekend, maar als hiervoor een ander model wordt gebruikt, dan zal dit opnieuw moeten gebeuren.

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 6.1 Locaties bij te plaatsen peilbuizen

1:5,000

Literatuur

Bell, J.S. & J.W. van ‘t Hullenaar, 2013. Ecohydrologisch herstel natuurgebied Eerde. Bell Hullenaar, in opdracht van Natuurmonumenten.

RoyalHaskoningDHV, 2018. Regge inrichtingsplan Archem - Eerde, deelgebieden Eerde en Eerderhooilanden. In opdracht van waterschap Vechtstromen.

RoyalHaskoningDHV & Vitens, 2019. Resultaten onderzoek omgevingseffecten drinkwaterwinning Archemerberg. In opdracht van Vitens.

Simmelink, M., 2017. Flora- en structuurkartering van Eerde in 2017. Vereniging Natuurmonumenten, afdeling Natuur en Landschap.

STIBOKA, 1983. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, blad 28 West Almelo. Stiboka, Wageningen.

STIBOKA, 1989. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, blad 22 West Coevorden & 22 Oost Coevorden. Stiboka, Wageningen.

Overzicht bijlagen

1 Grafieken grondwaterstandsverloop

2 Resultaten tijdreeksanalyse met behulp van Menyanthes

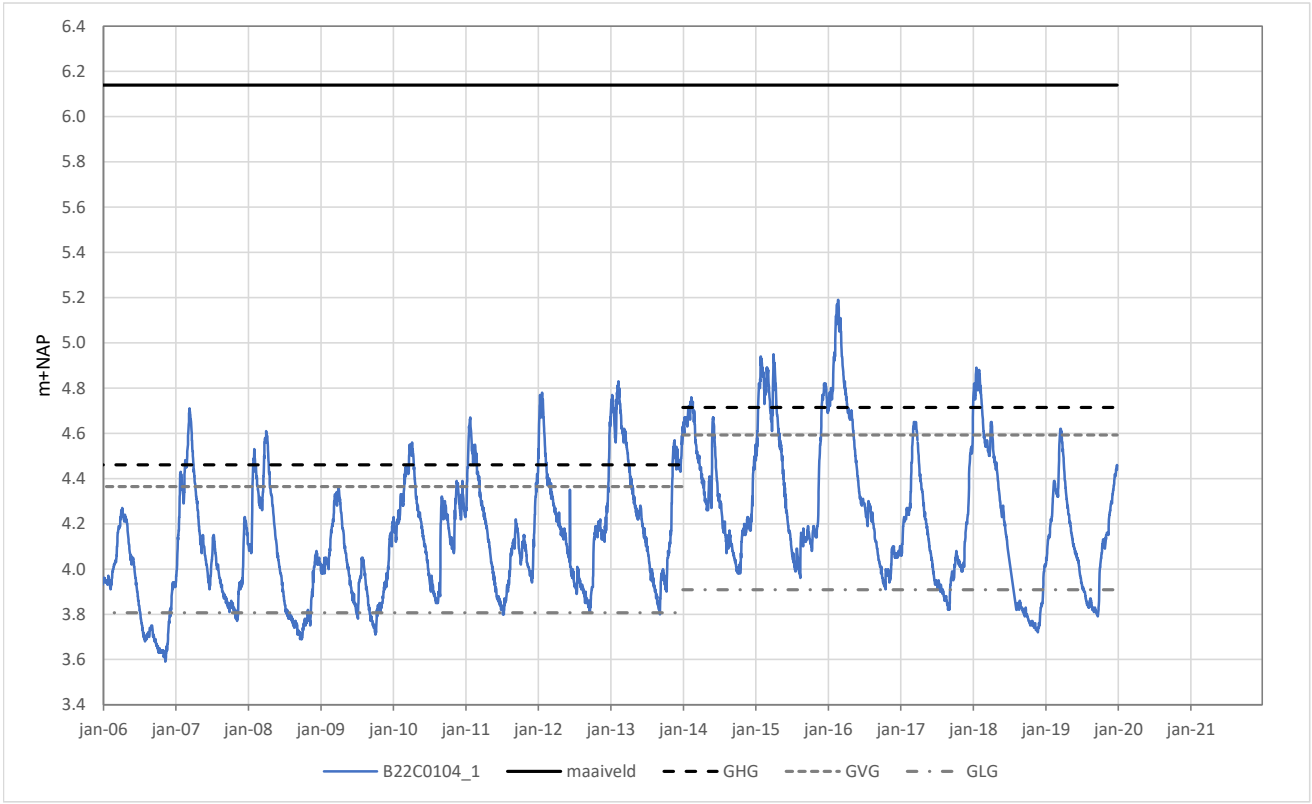
3 Inventarisatie oppervlaktewatersysteem

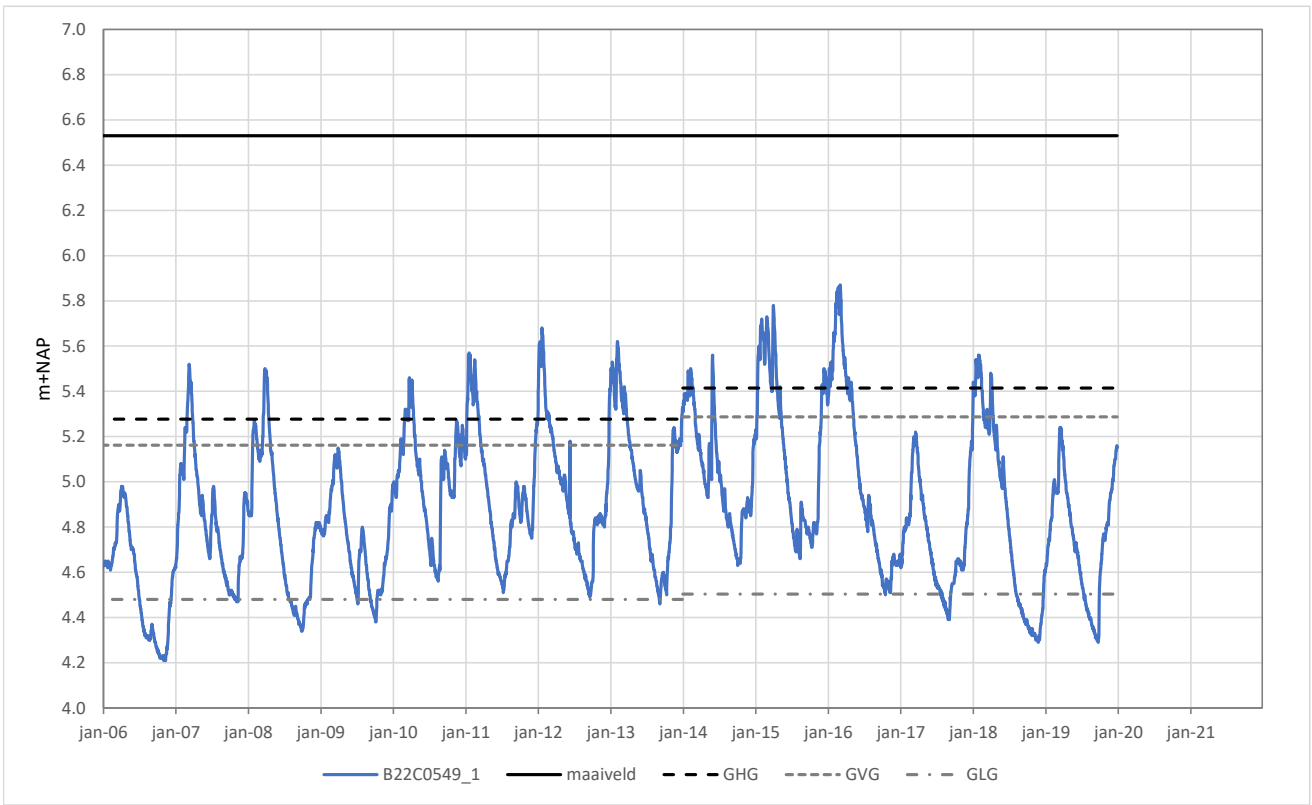
4 EGV-metingen maart 2021

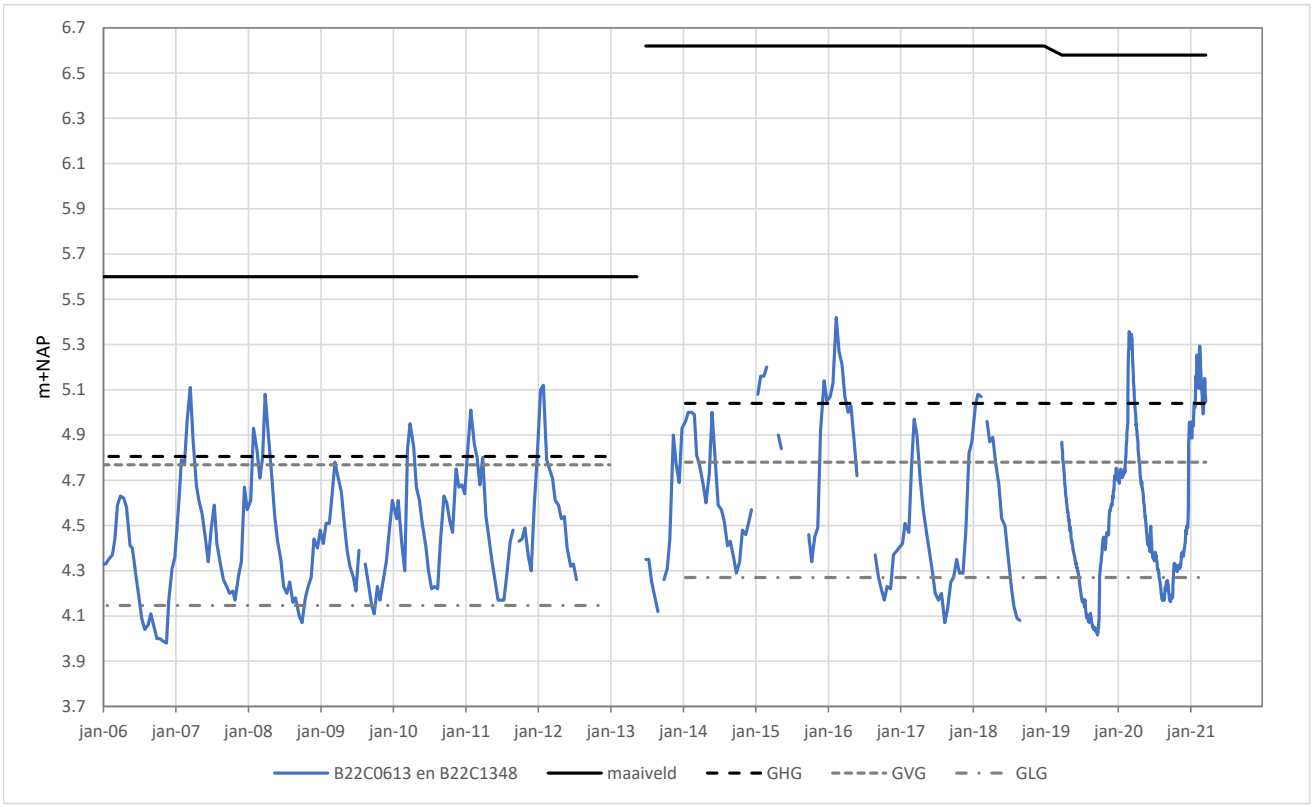
5 Rapportage bodem- en hydrochemisch onderzoek B-WARE

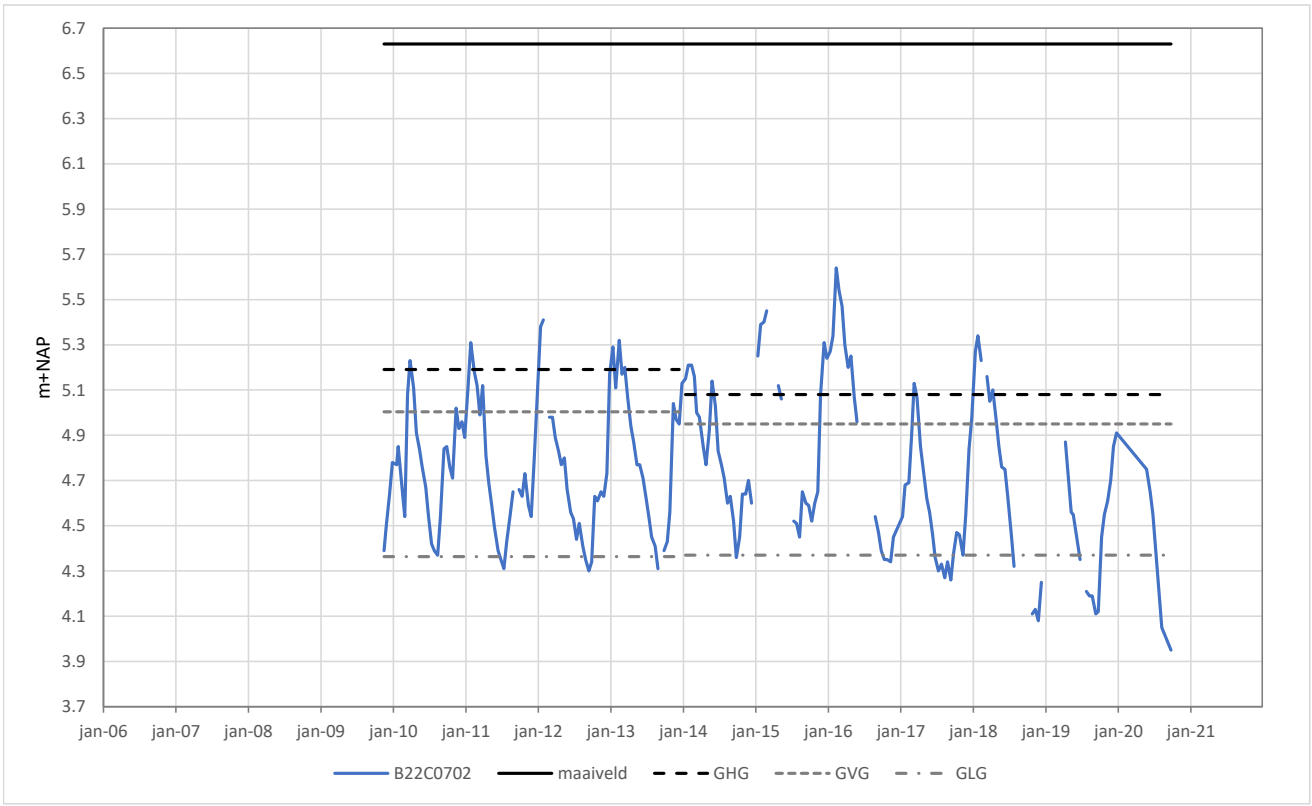
6 Analyseresultaten hydrochemisch onderzoek (mg/l) B-WARE maart 2021

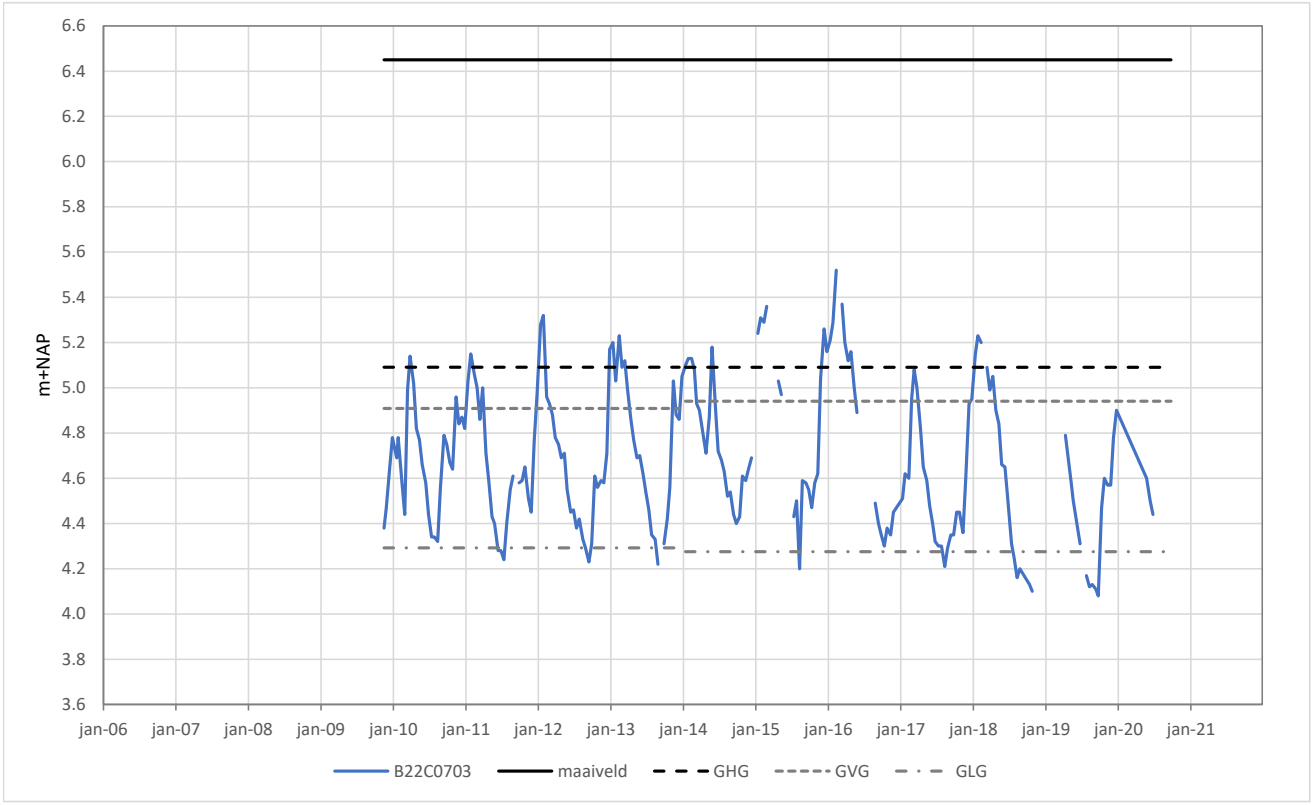
Bijlage 1 Grafieken grondwaterstandsverloop

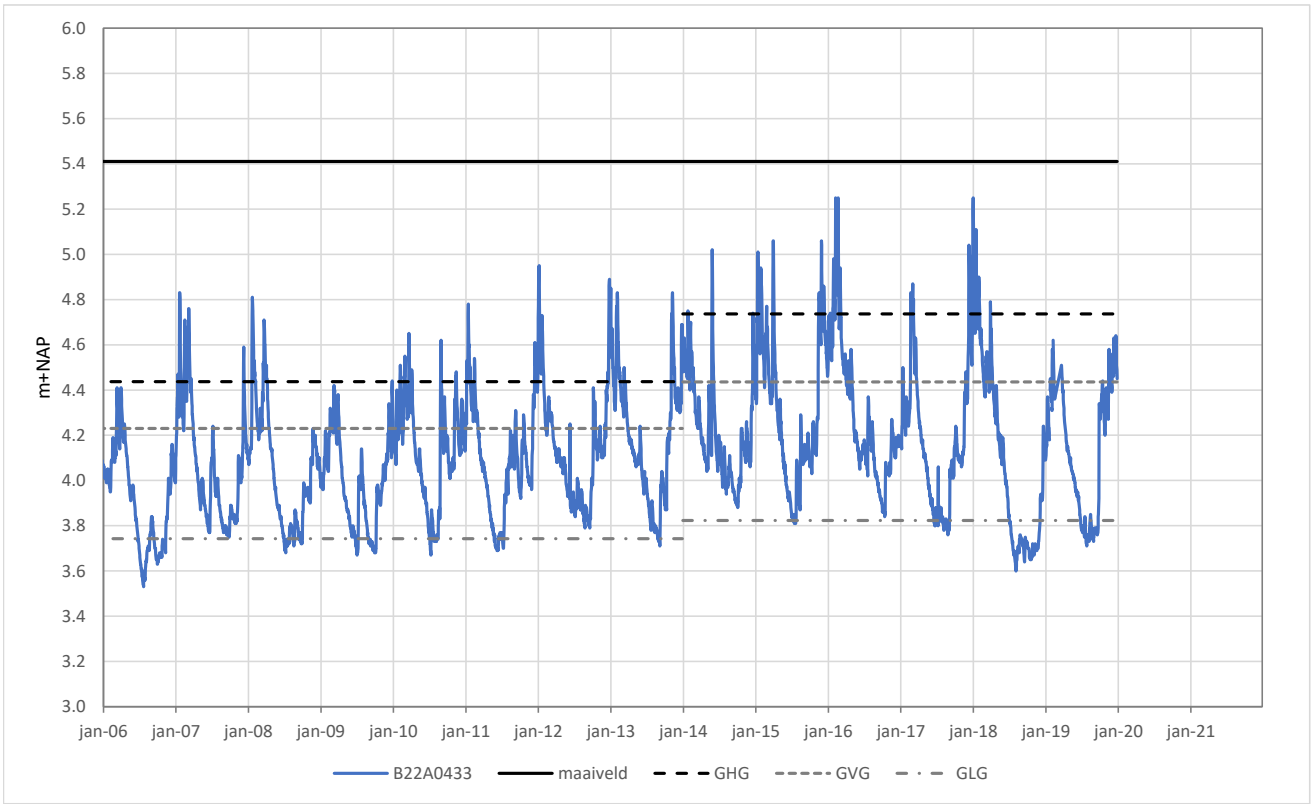


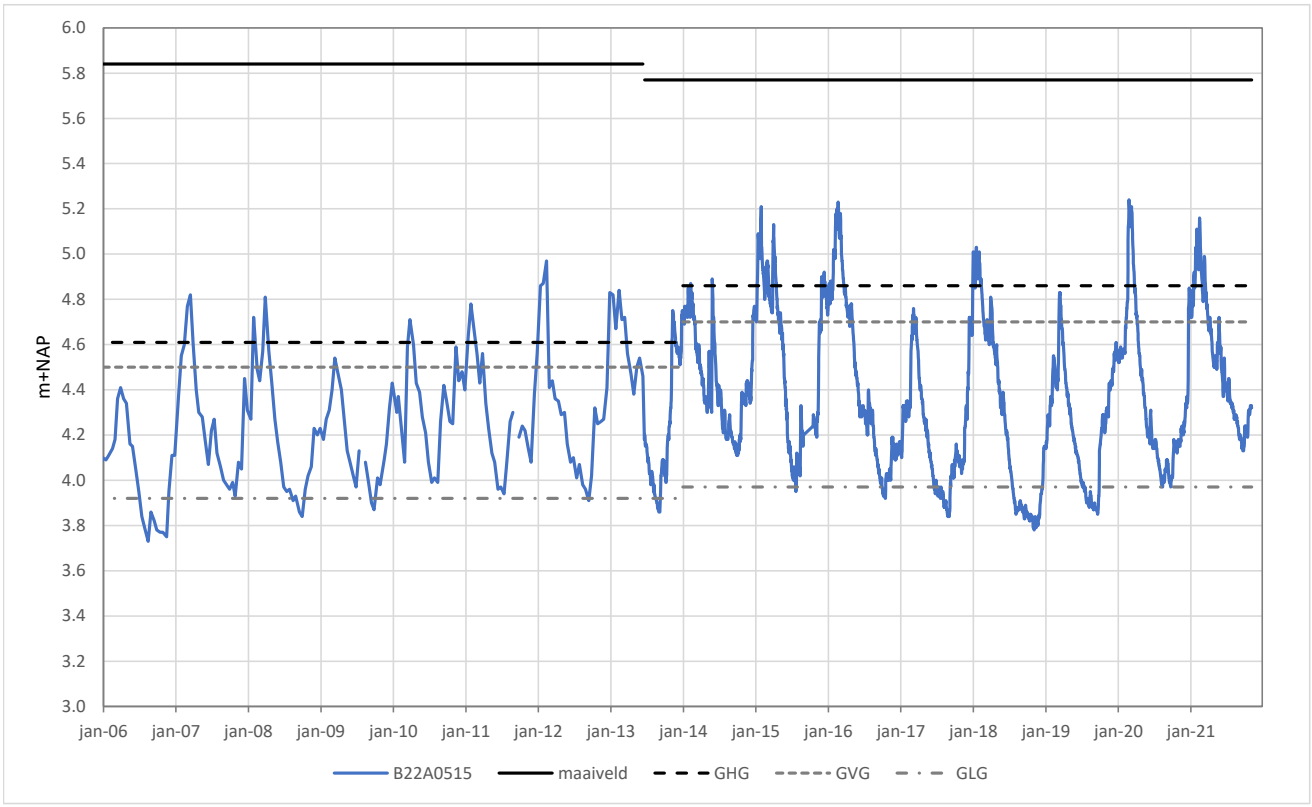


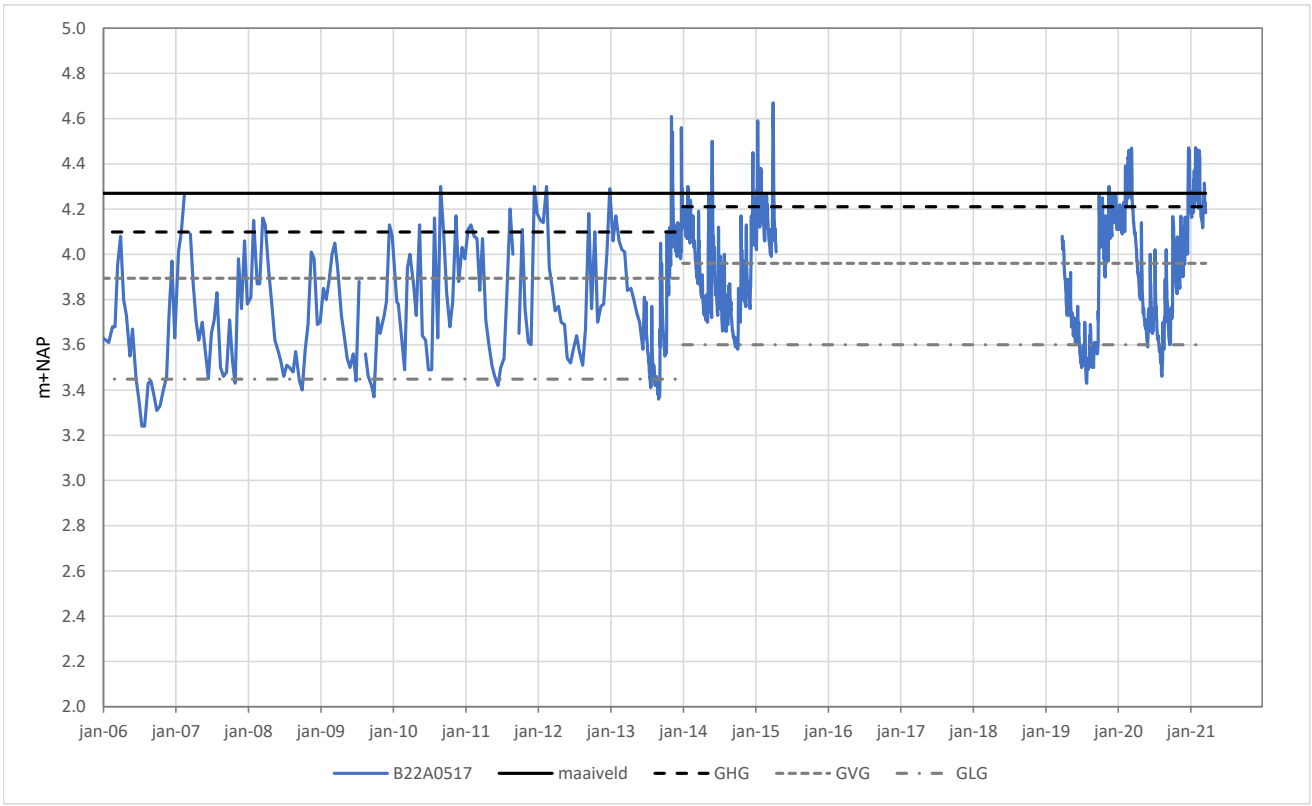

m+NAP
6.7
6.5
6.3
6.1
5.9
5.7
5.5
5.3
5.1
4.9
4.7
4.5
4.3
4.1
3.9
3.7
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22C0613 en B22C1348
maaiveld
GHG
GVG
GLG

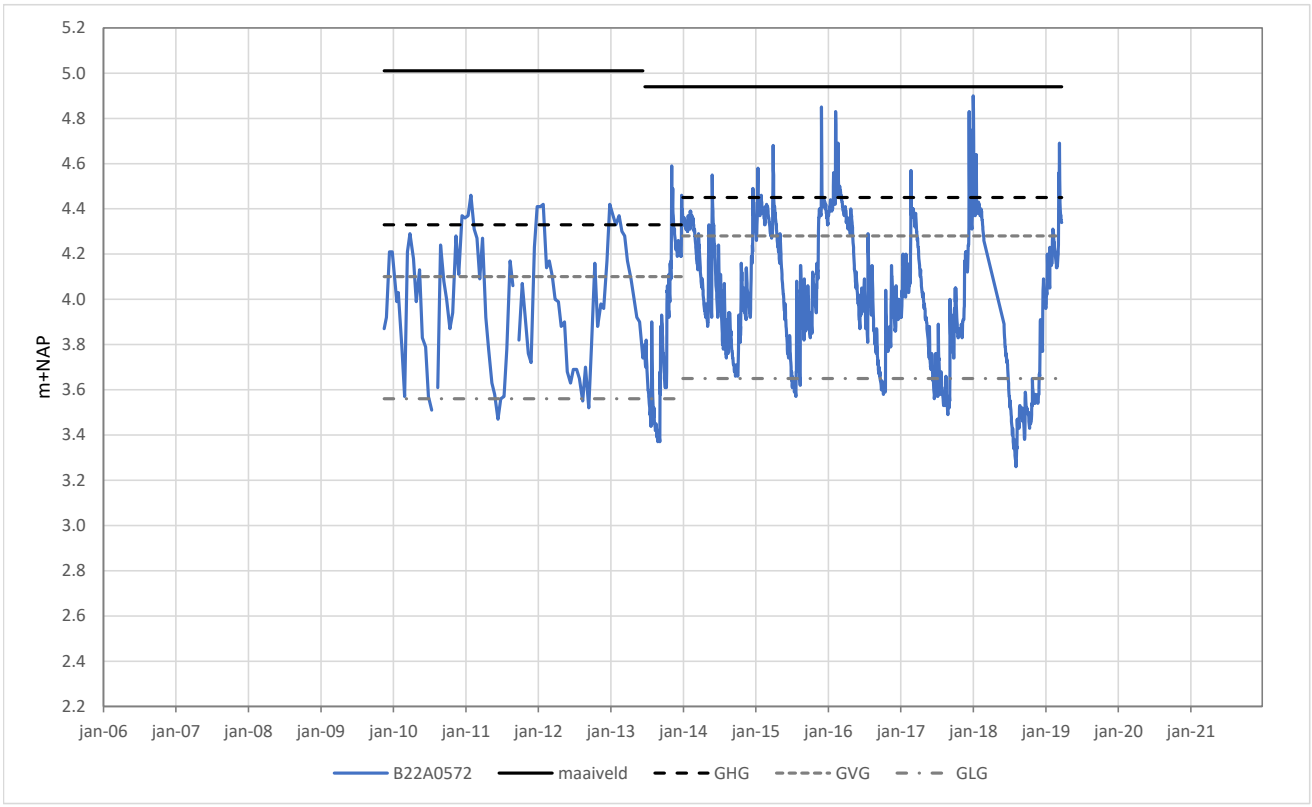

m+NAP
6.7
6.5
6.3
6.1
5.9
5.7
5.5
5.3
5.1
4.9
4.7
4.5
4.3
4.1
3.9
3.7
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22C0702
maaiveld
GHG
GVG
GLG

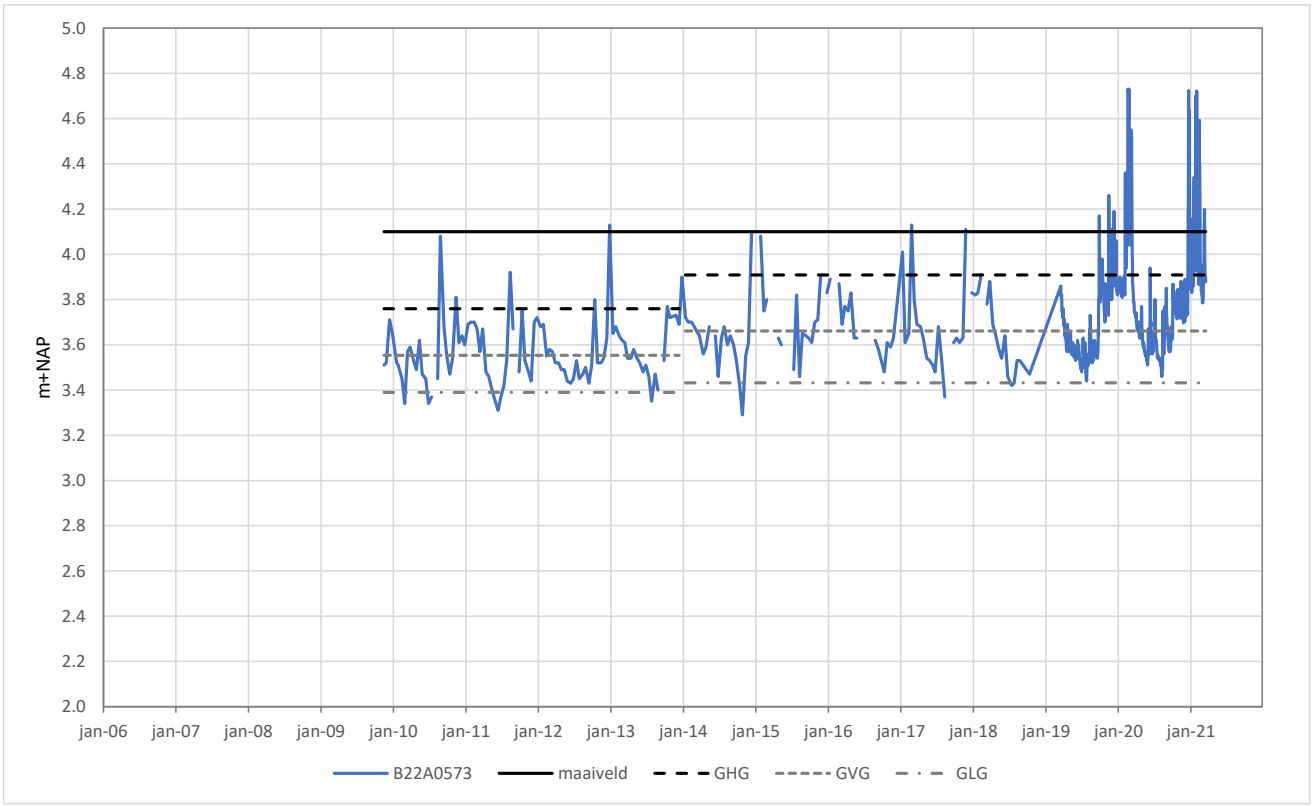

6.6
6.4
6.2
6.0
5.8
5.6
5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
m+NAP
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22C0703
maaiveld
GHG
GVG
GLG

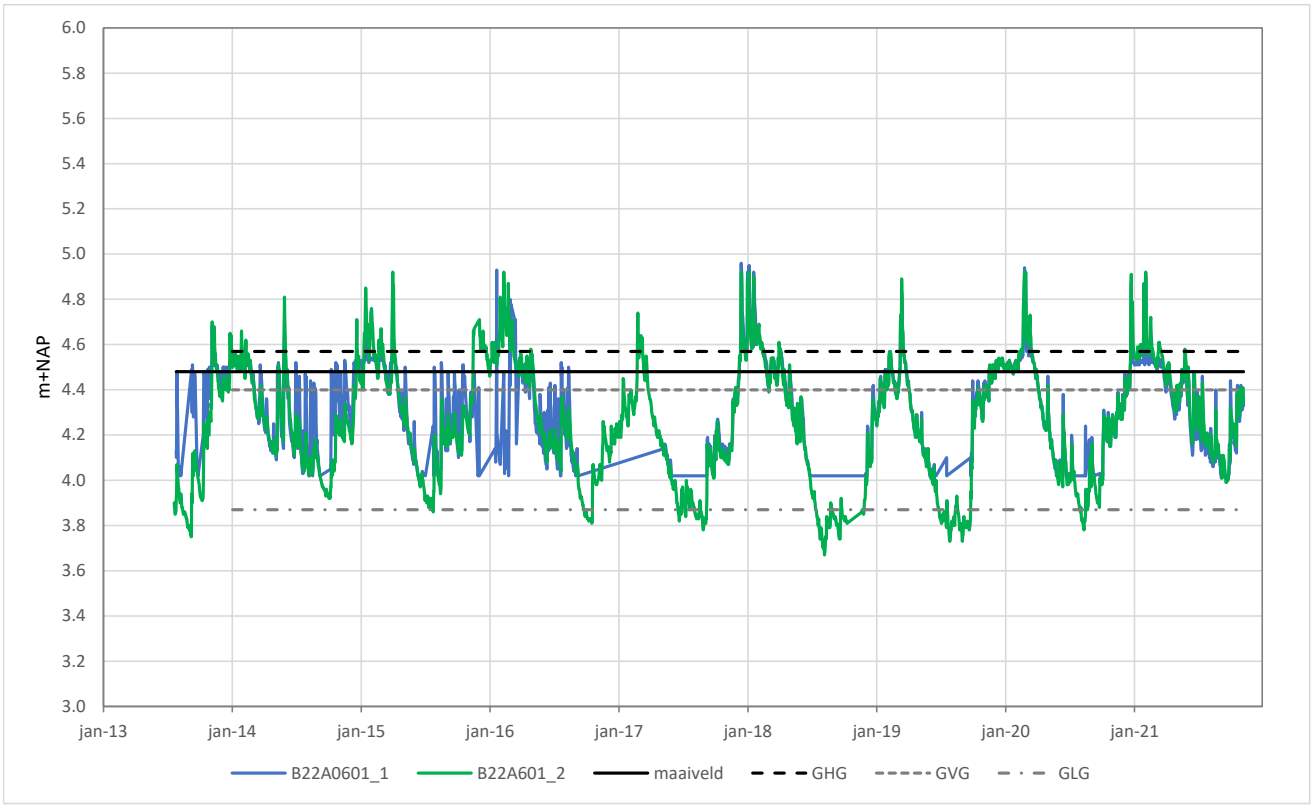

6.0
5.8
5.6
5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
m+NAP
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0433
maaiveld
GHG
GVG
GLG

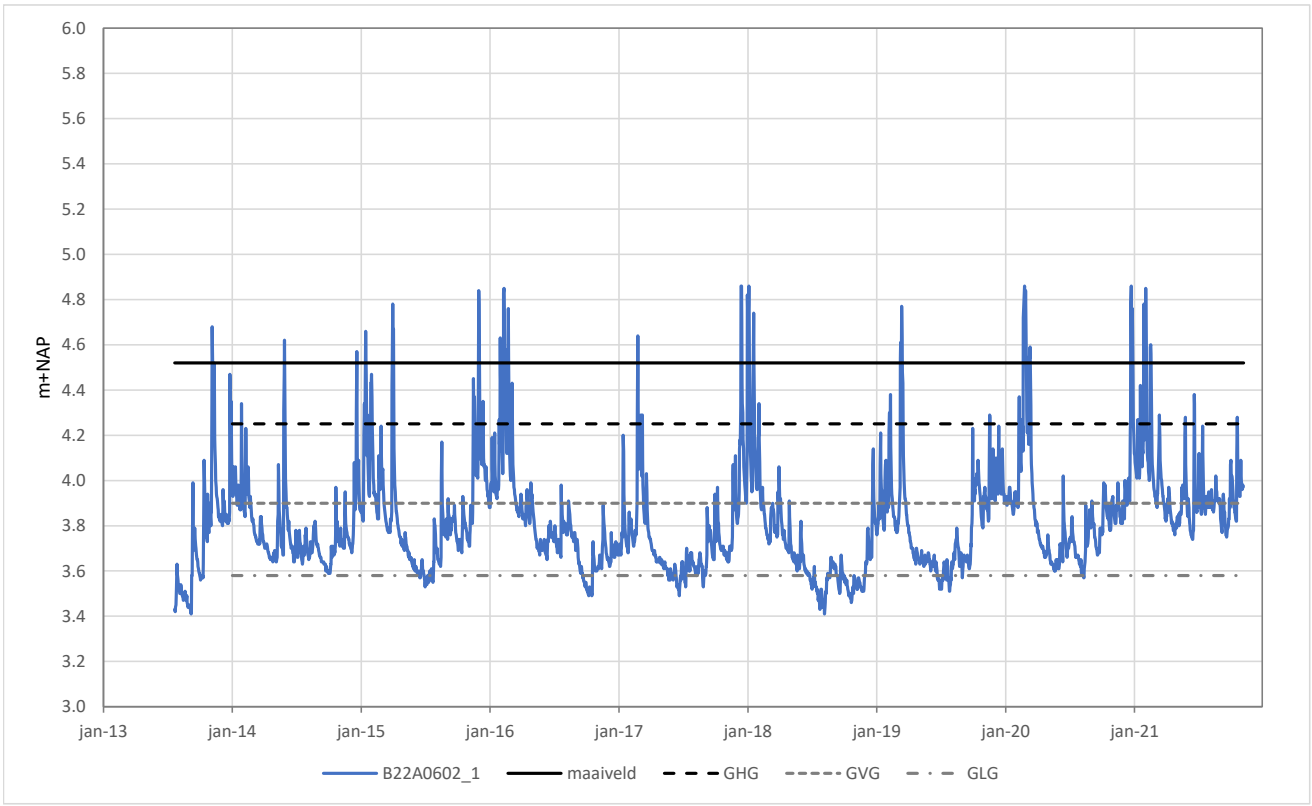

6.0
5.8
5.6
5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
m+NAP
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0515
maaiveld
GHG
GVG
GLG

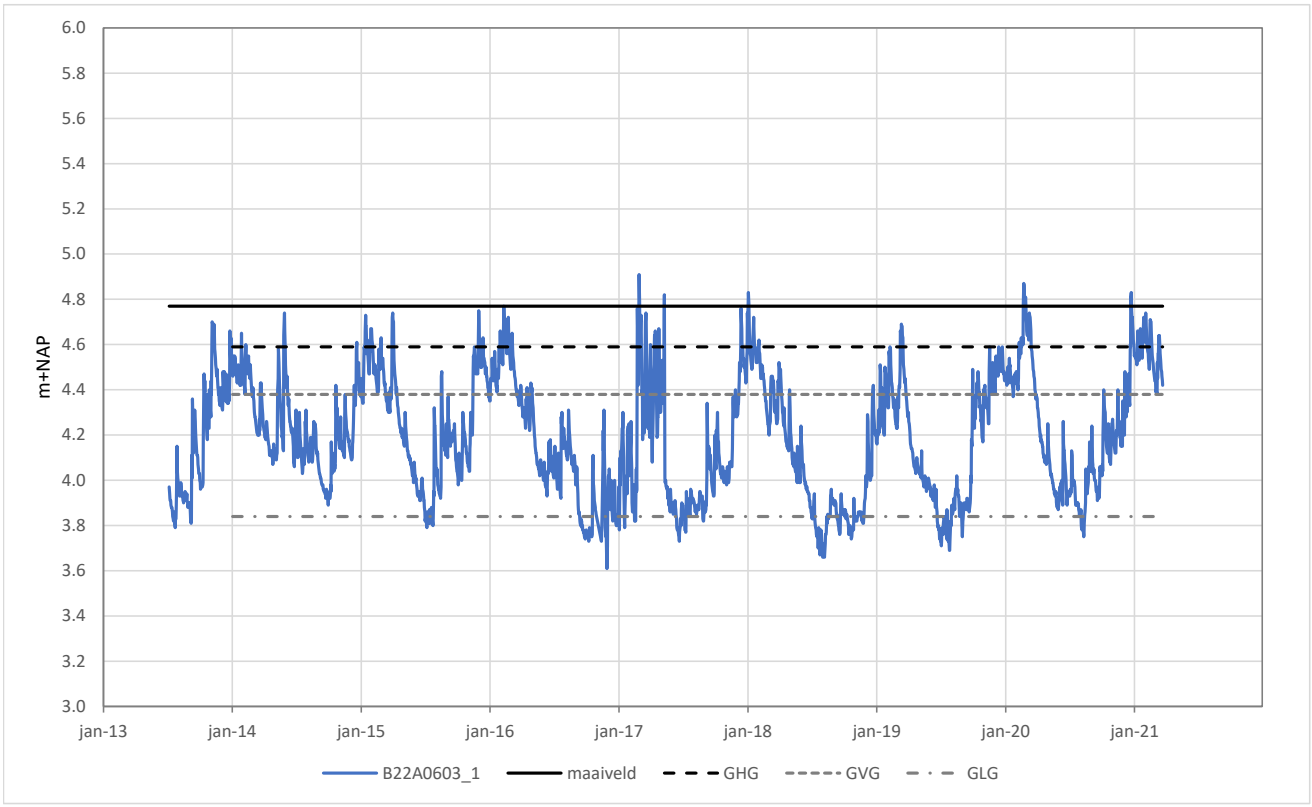

5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
2.8
2.6
2.4
2.2
2.0
m+NAP
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0517
maaiveld
GHG
GVG
GLG

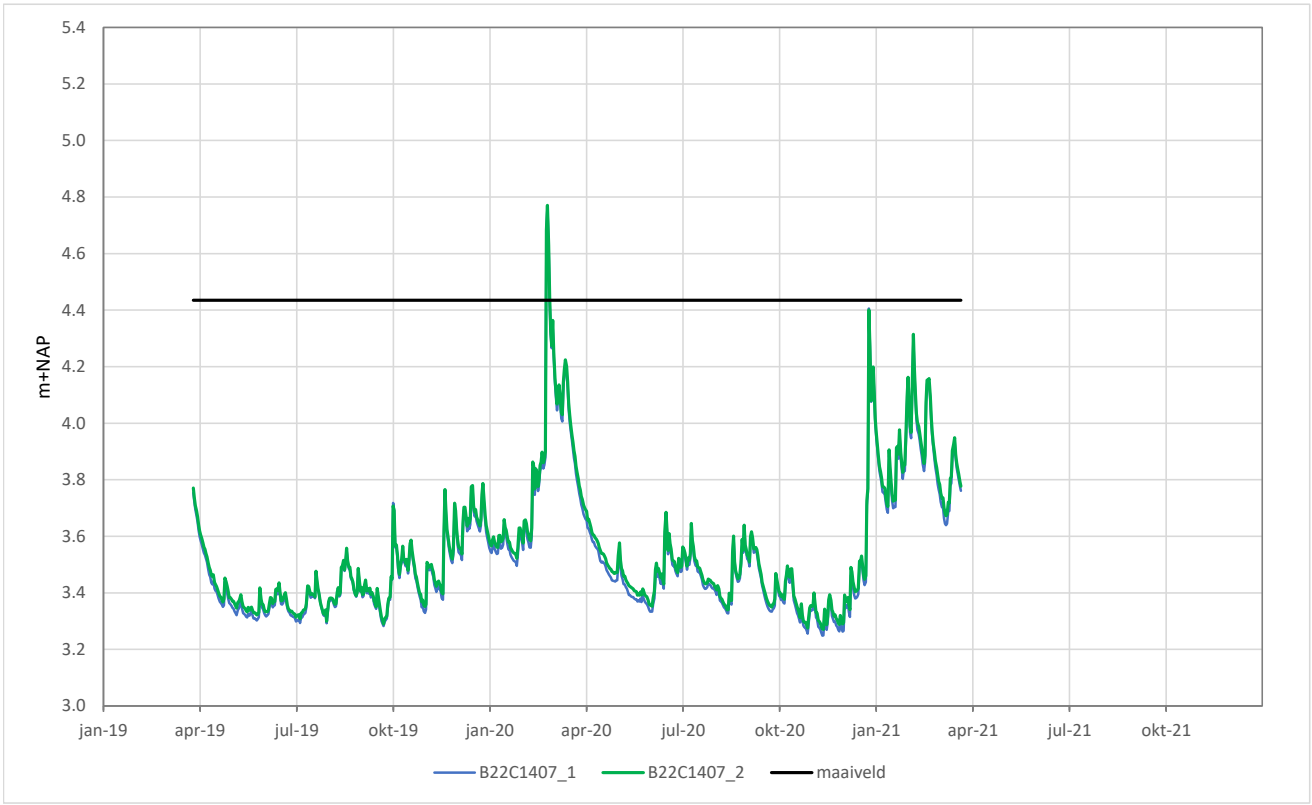

m+NAP
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
2.8
2.6
2.4
2.2
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0572
maaiveld
GHG
GVG
GLG

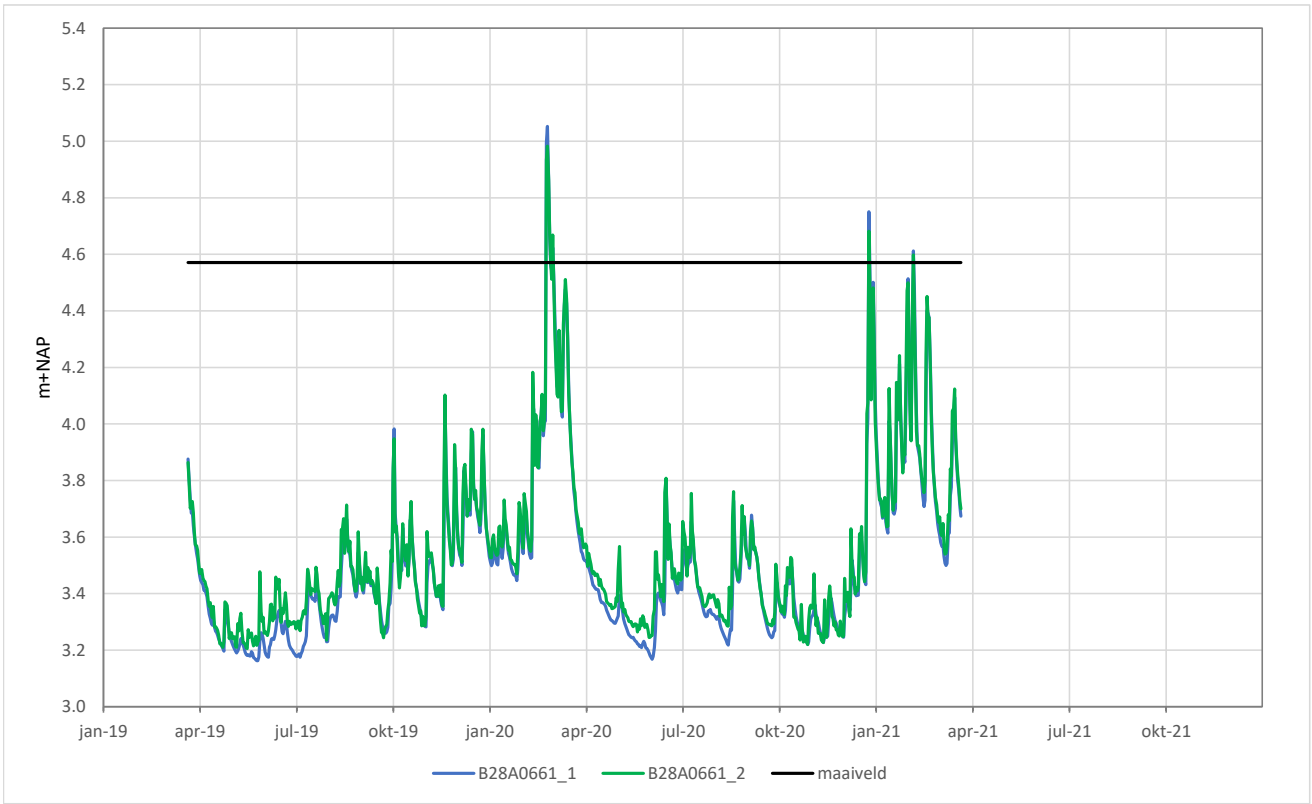

m+NAP
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
2.8
2.6
2.4
2.2
2.0
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0573
maaiveld
GHG
GVG
GLG


6.0
5.8
5.6
5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
m+NAP
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0601_1
B22A601_2
maaiveld
GHG
GVG
GLG


6.0
5.8
5.6
5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
m+NAP
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0602_1
maaiveld
GHG
GVG
GLG


6.0
5.8
5.6
5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
m+NAP
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B22A0603_1
maaiveld
GHG
GVG
GLG


5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
m+NAP
jan-19
apr-19
jul-19
okt-19
jan-20
apr-20
jul-20
okt-20
jan-21
apr-21
jul-21
okt-21
B22C1407_1
B22C1407_2
maaiveld


5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
m+NAP
jan-19
apr-19
jul-19
okt-19
jan-20
apr-20
jul-20
okt-20
jan-21
apr-21
jul-21
okt-21
B28A0661_1
B28A0661_2
maaiveld

Bijlage 2 Statistieken tijdreeksmodellen Menyanthes

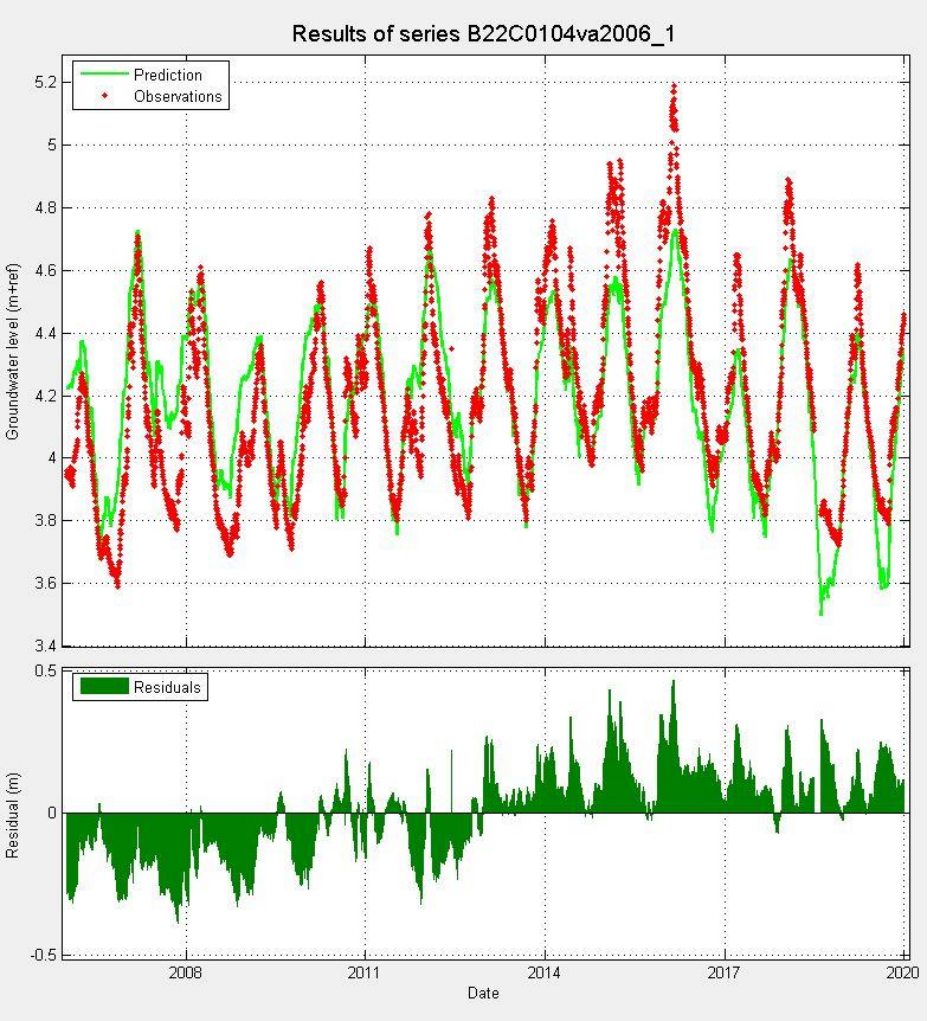
verklarende factoren neerslag en verdamping

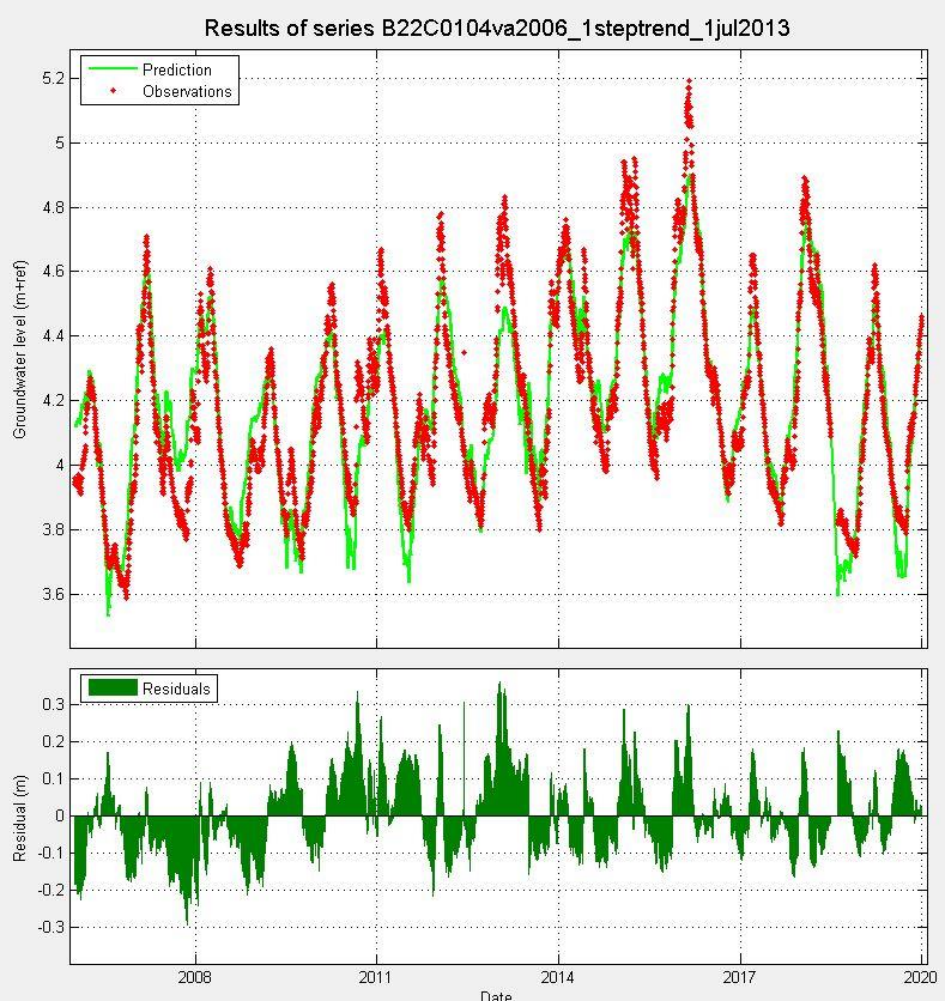
peilbuis	EVP [%]	MAE [m]	RMSE [m]	RMSI [m]	DrainageBase [m+ref]	PrecM0 [days]	PrecM0Std [days]	PrecMu [days]	PrecMuStd [days]	EvapFctr [-]	EvapFctrStd [-]	trend in residuals?
B22C0104_1	72	0.13	0.16	0.02	3.93	435	10	136	3	1.05	0.02	ja
B22C0616_2	80	0.11	0.14	0.10	4.21	707	68	199	21	1.08	0.07	nee
B22C0613enB22C1348_1	89	0.07	0.10	0.02	4.19	476	18	135	5	0.91	0.04	ja
B22C0702_1	87	0.09	0.12	0.09	4.44	592	44	161	13	1.09	0.08	nee
B22C0703_1	86	0.09	0.12	0.09	4.44	526	44	160	15	1.12	0.09	ja
B28A0074_1	55	0.16	0.19	0.02	3.93	309	11	112	4	1.00	0.03	ja
B28A0433_1	78	0.11	0.14	0.03	3.95	342	8	108	4	1.07	0.02	ja
B28A0515_1	90	0.08	0.11	0.02	4.02	521	8	136	3	0.96	0.02	ja
B28A0572_1	92	0.07	0.09	0.04	3.94	429	10	163	7	1.28	0.03	ja

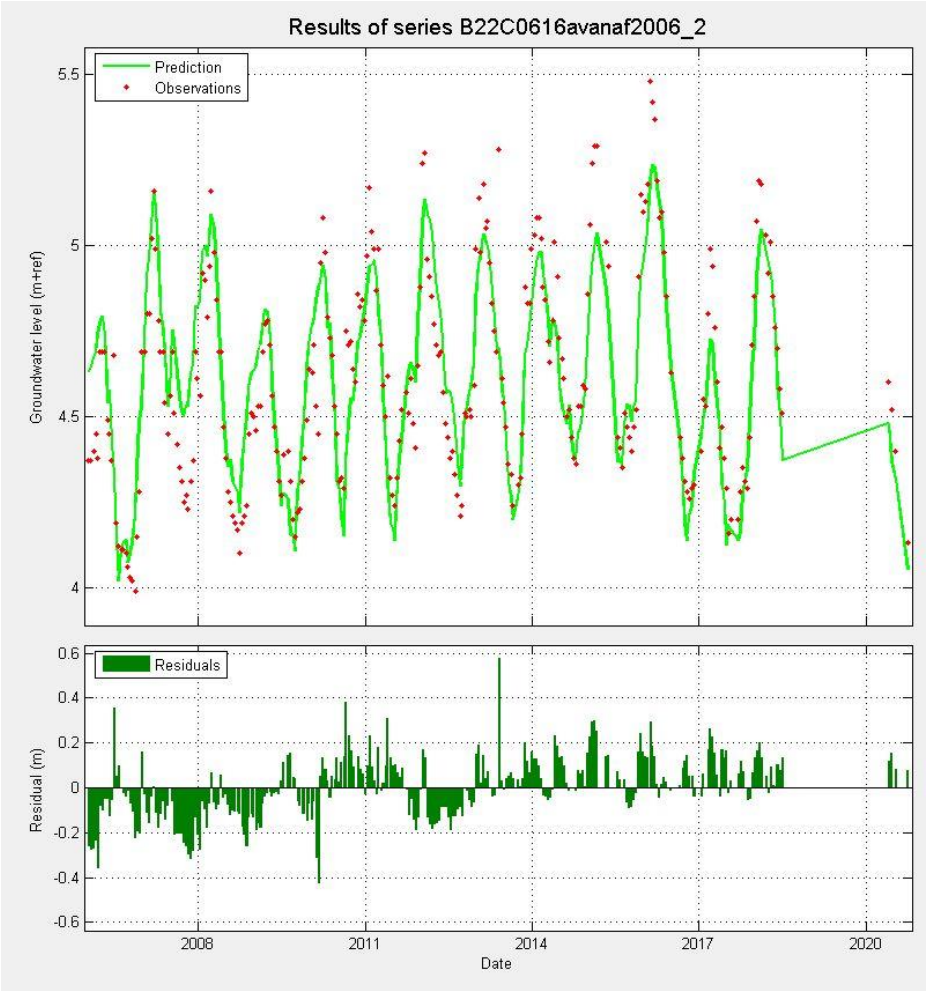
verklarende factoren neerslag en verdampimg en staptrend toegevoegd op 1 juli 2013 - Reggeherstel

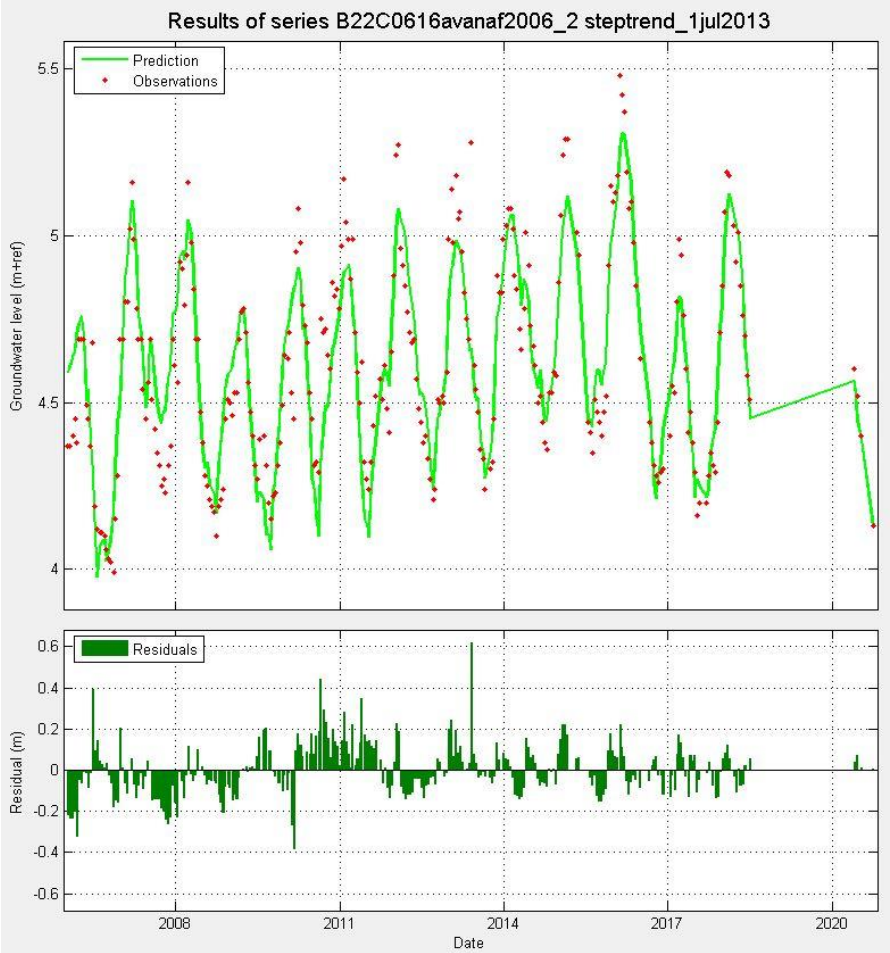
peilbuis	EVP [%]	MAE [m]	RMSE [m]	RMSI [m]	DrainageBase [m+ref]	PrecM0 [days]	PrecM0Std [days]	PrecMu [days]	PrecMuStd [days]	EvapFctr [-]	EvapFctrStd [-]	significante verbetering EVP?	Stap [m}	Stap Std [m]
B22C0104_1	87	0.09	0.11	0.02	3.82	518	8	164	3	1.10	0.02	ja	0.24	0.00
B22C0616_2	84	0.10	0.13	0.10	4.24	675	60	196	19	1.14	0.07	nee	0.13	0.02
B22C0613enB22C1348_1	93	0.06	0.08	0.02	4.09	565	17	176	6	1.02	0.03	nee	0.19	0.01
B22C0702_1	89	0.09	0.11	0.09	4.39	632	43	172	14	1.12	0.07	nee	0.09	0.02
B22C0703_1	89	0.08	0.11	0.09	4.38	574	42	174	15	1.15	0.08	nee	0.11	0.02
B28A0074_1	77	0.11	0.13	0.02	3.81	392	10	145	5	1.08	0.02	ja	0.28	0.00
B28A0433_1	88	0.08	0.10	0.03	3.86	395	7	135	4	1.12	0.02	ja	0.19	0.00
B28A0515_1	92	0.08	0.10	0.02	3.86	533	8	142	3	0.98	0.02	nee	0.18	0.01
B28A0572_1	92	0.07	0.09	0.04	3.82	436	10	167	7	1.29	0.03	nee	0.13	0.01

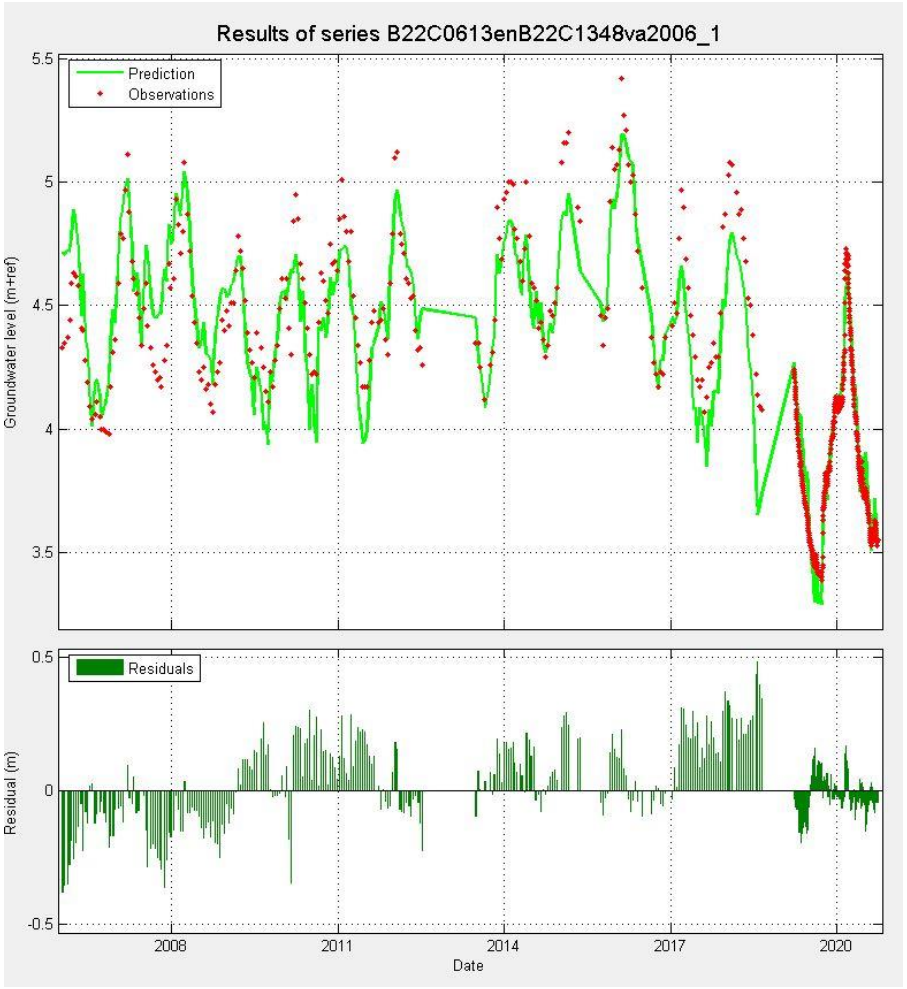
Bijlage 2 Grafische weergave van de resultaten van de tijdreeksanalyse

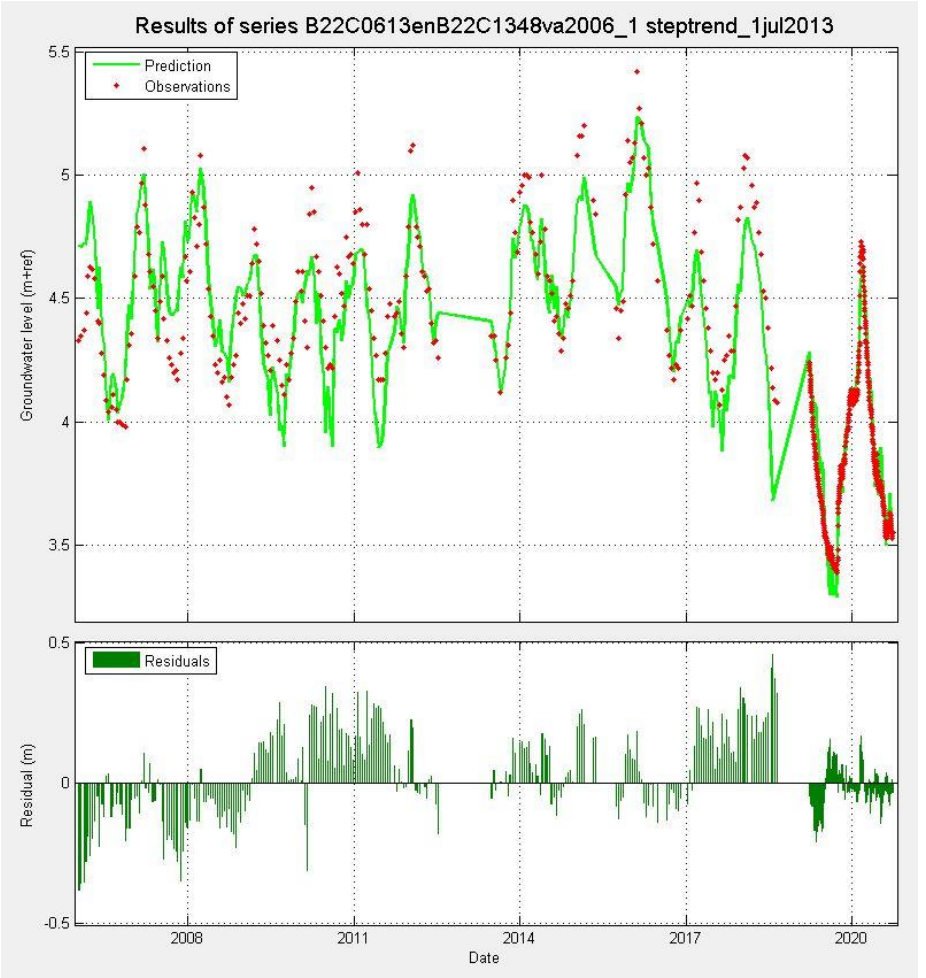


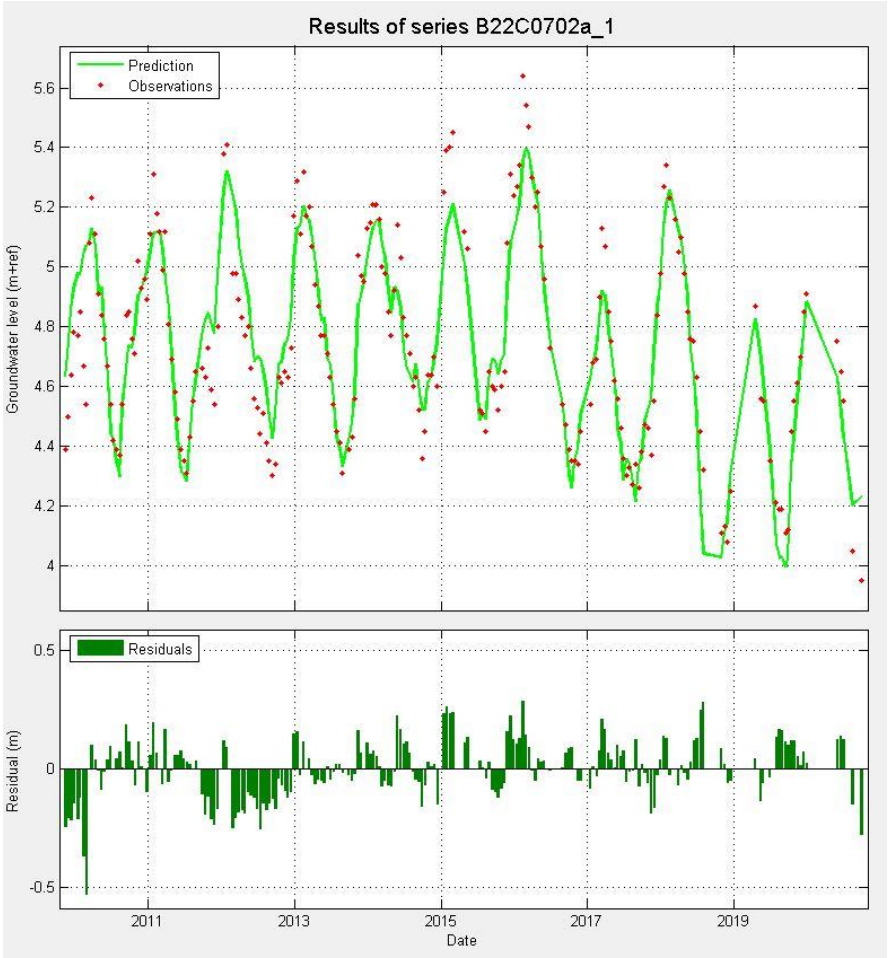


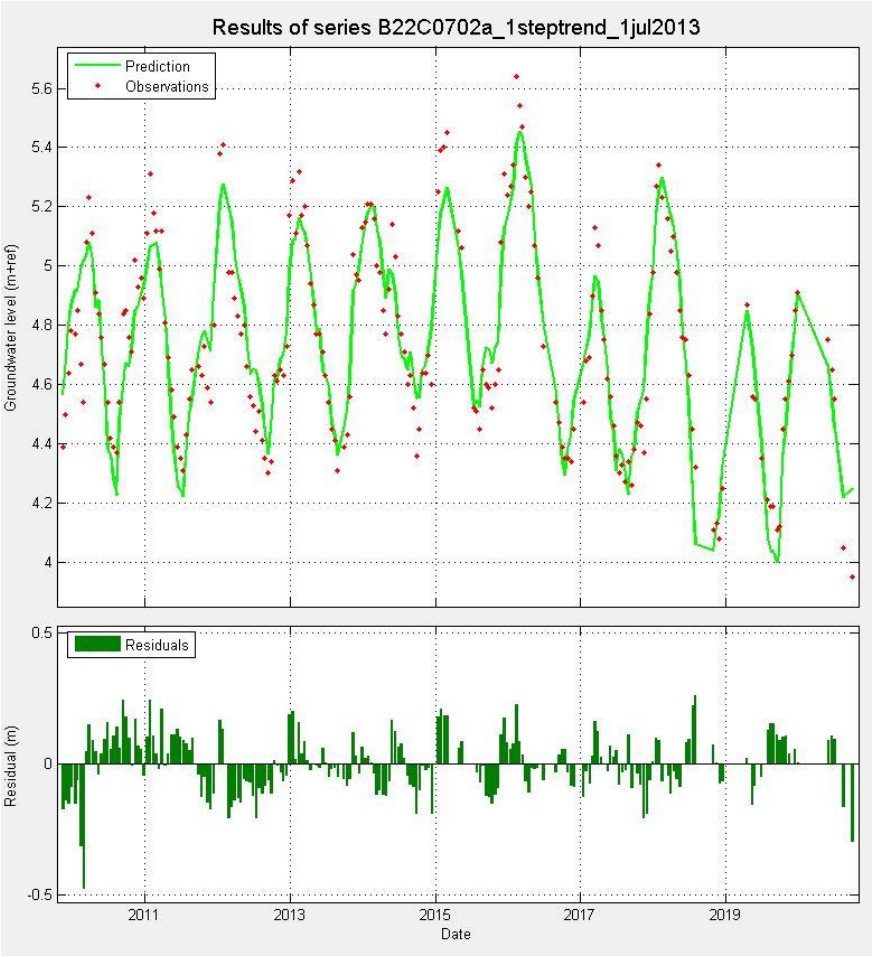

Results of series B22C0616avanaf2006_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.5
5
4.5
4
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2008
2011
2014
2017
2020
Date

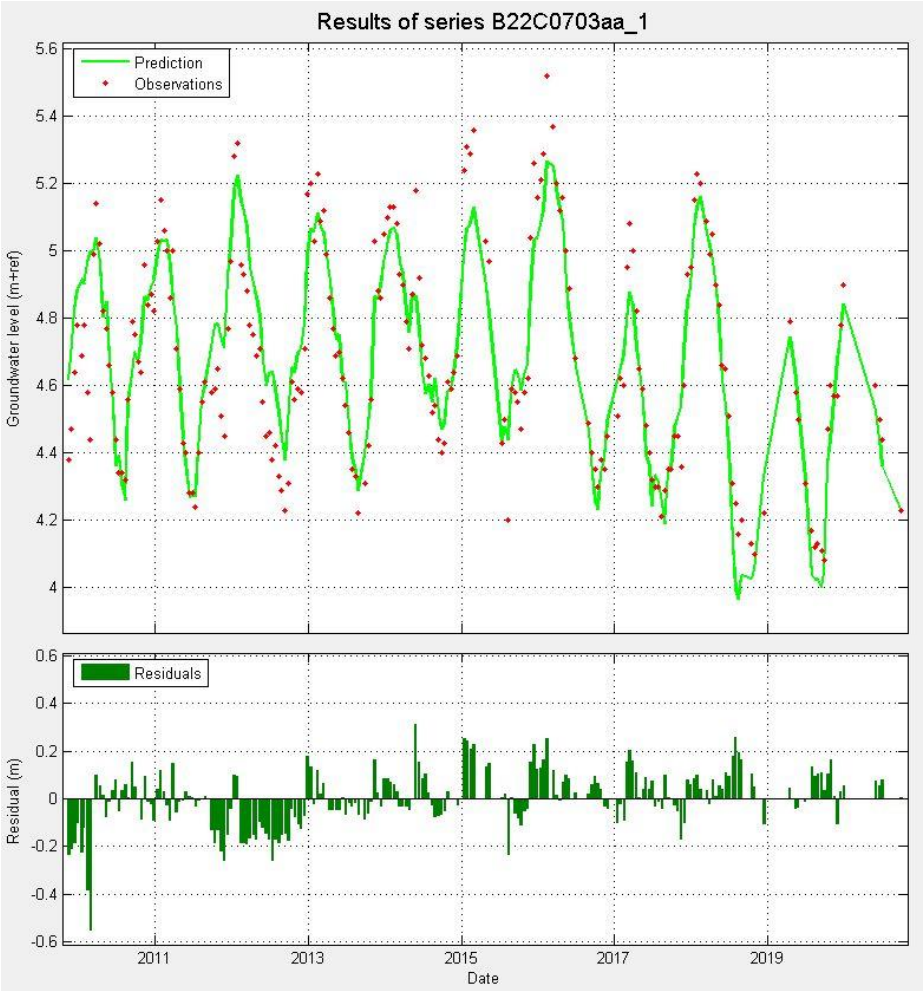

Results of series B22C0616avanaf2006_2 steptrend_1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.5
5
4.5
4
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2008
2011
2014
2017
2020
Date

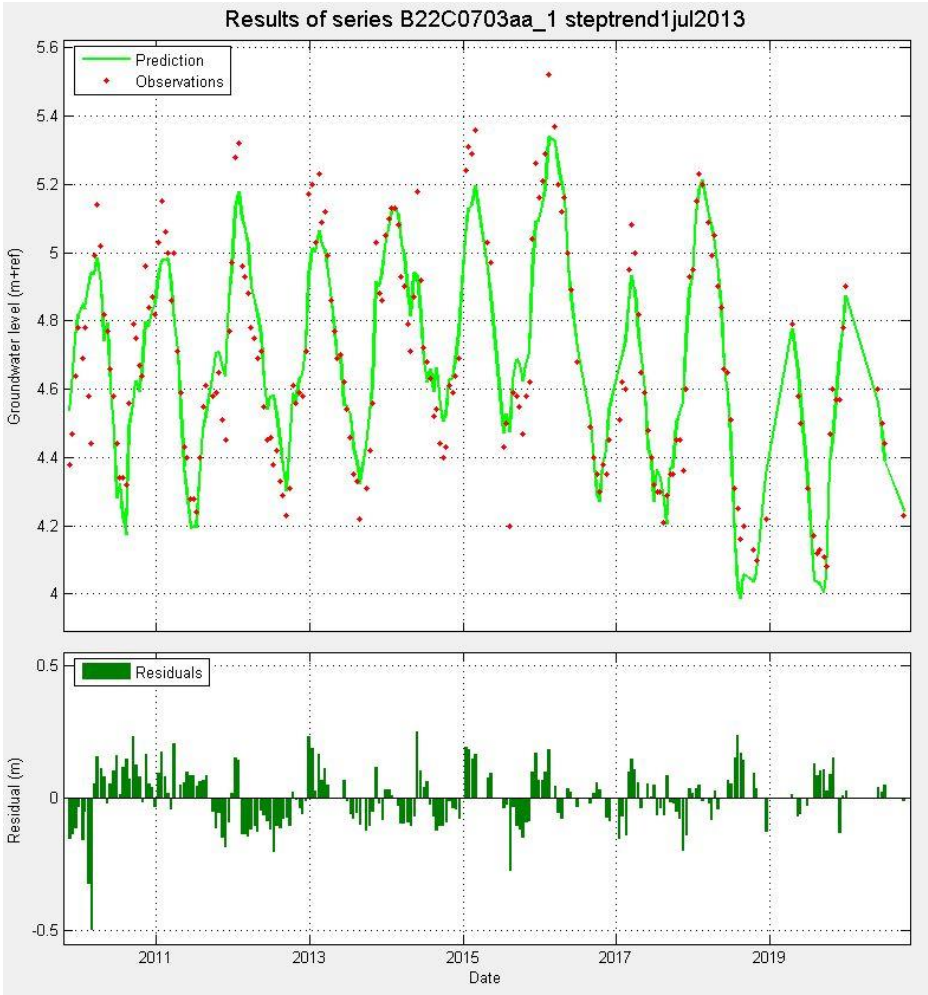

Results of series B22C0613enB22C1348va2006_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.5
5
4.5
4
3.5
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2008
2011
2014
2017
2020
Date

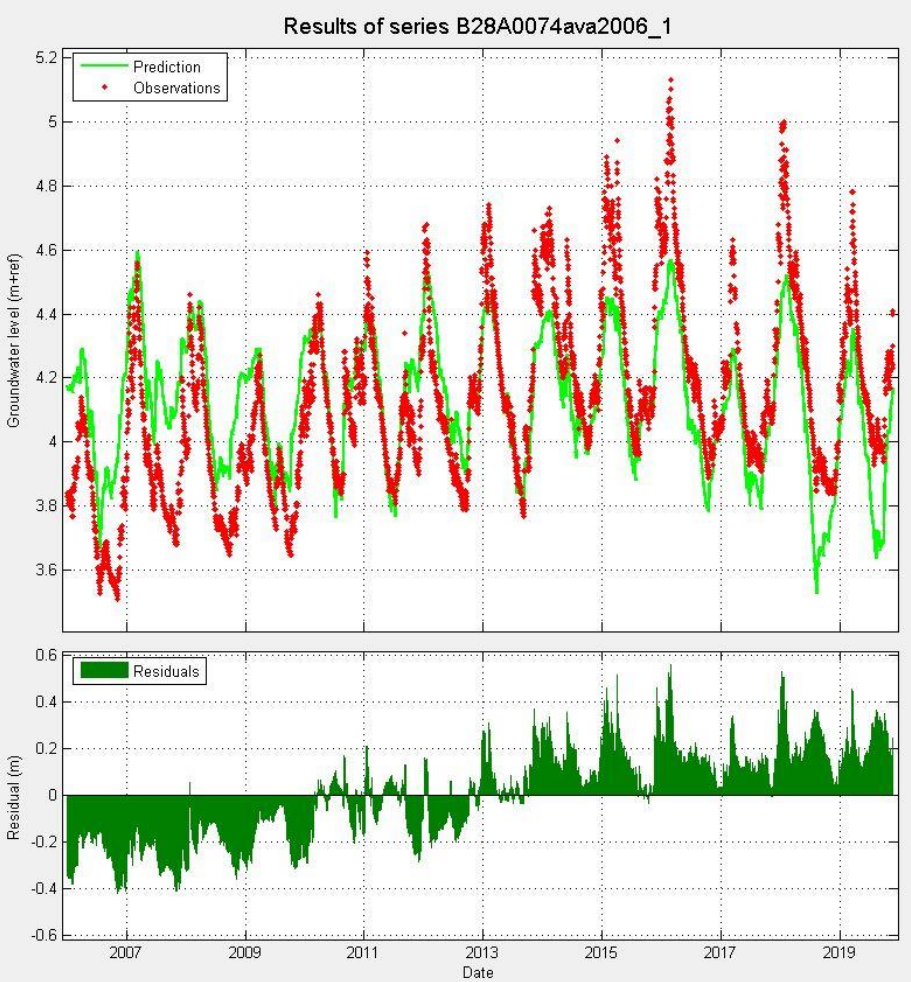

Results of series B22C0613enB22C1348va2006_1 steptrend_1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.5
5
4.5
4
3.5
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2008
2011
2014
2017
2020
Date

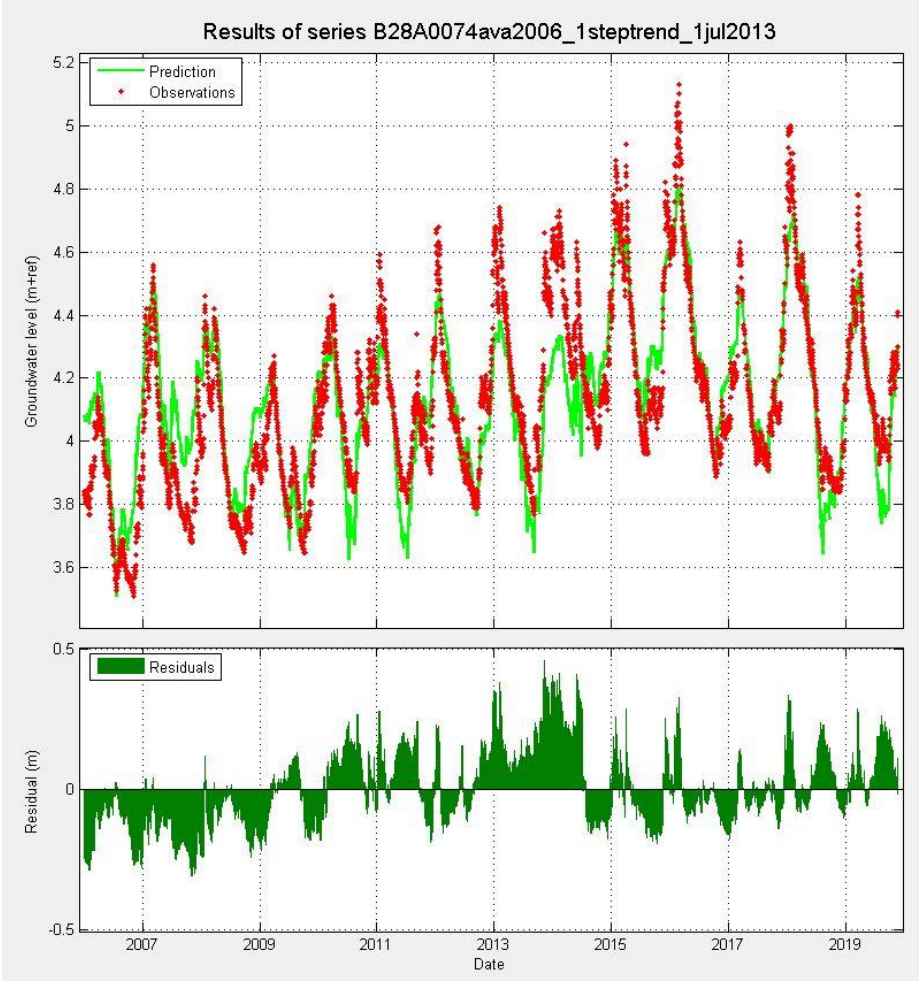

Results of series B22C0702a_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.6
5.4
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2011
2013
2015
2017
2019
Date

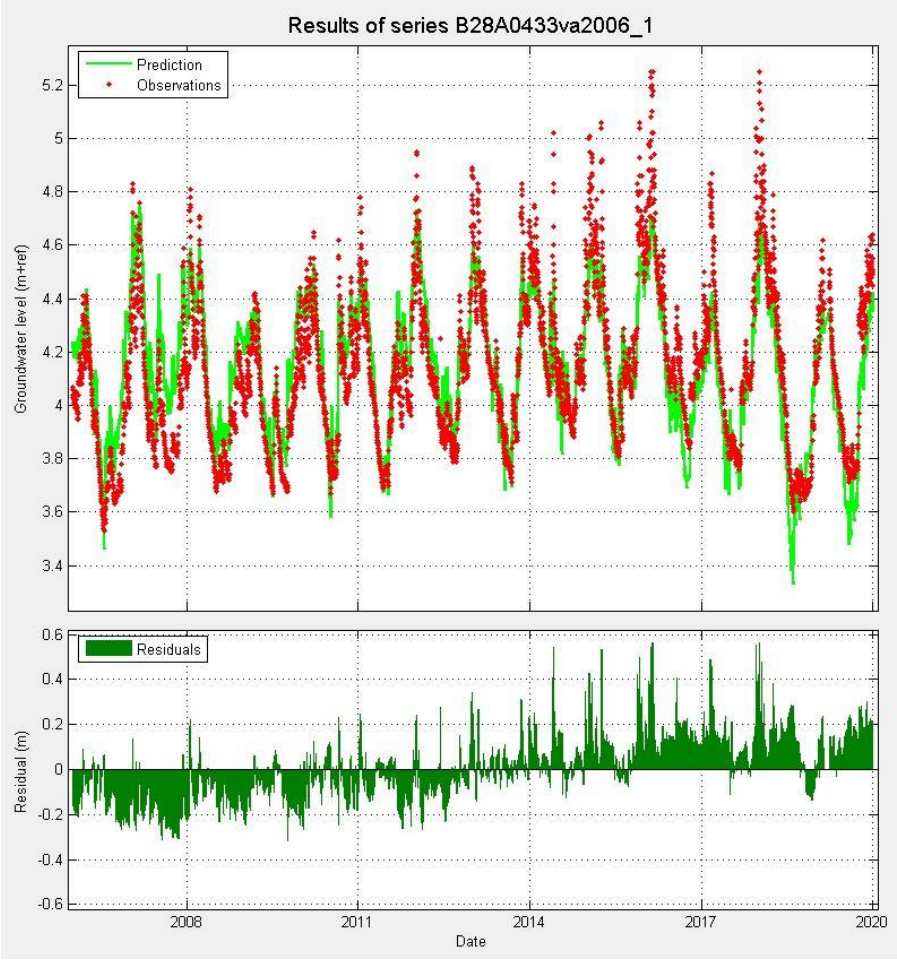

Results of series B22C0702a_1steptrend_1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.6
5.4
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2011
2013
2015
2017
2019
Date

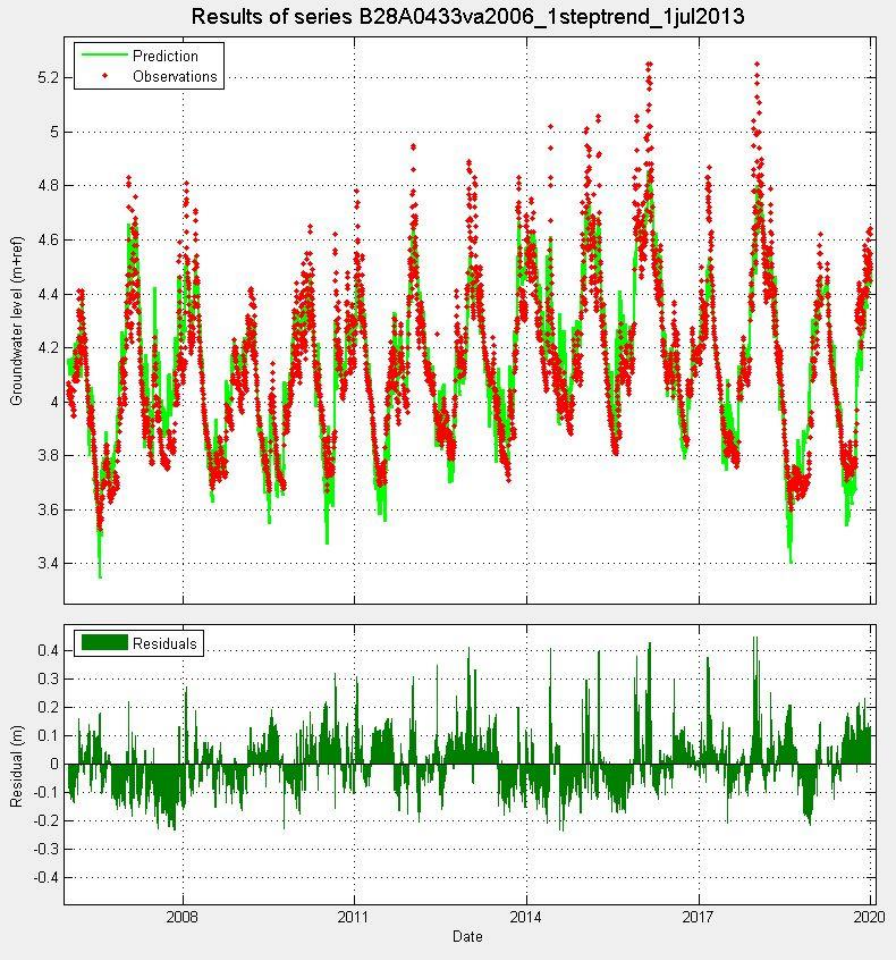

Results of series B22C0703aa_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.6
5.4
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2011
2013
2015
2017
2019
Date

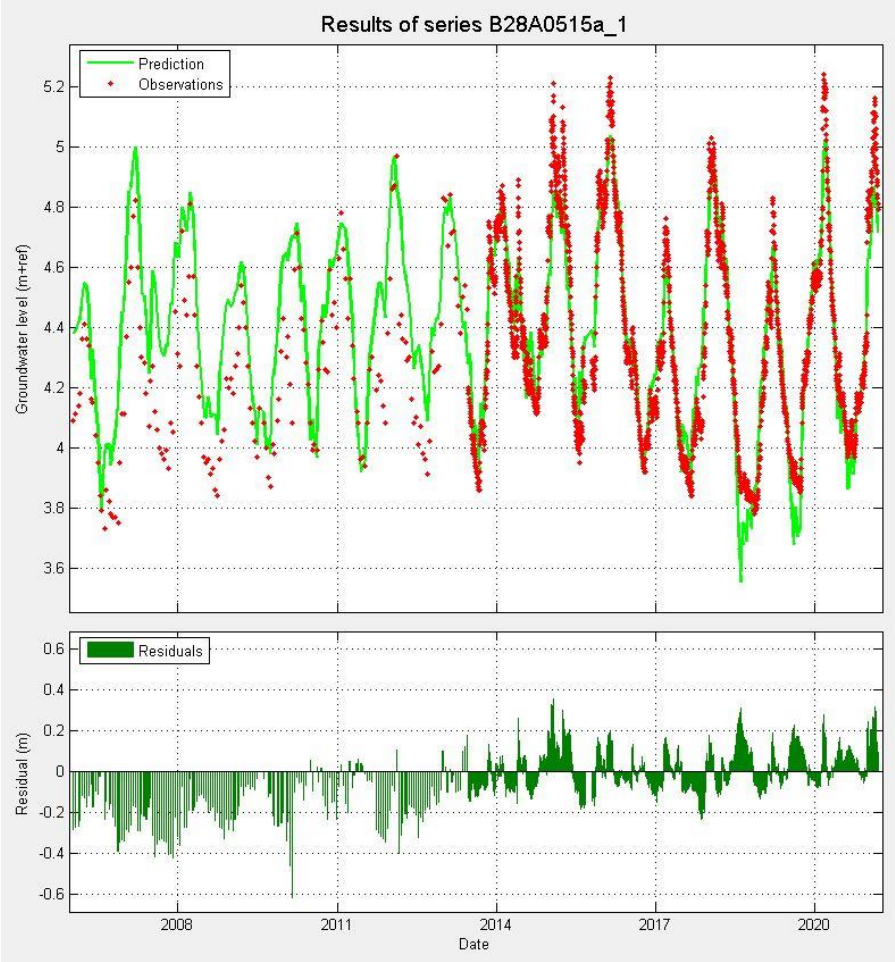

Results of series B22C0703aa_1 steptrend1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.6
5.4
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2011
2013
2015
2017
2019
Date

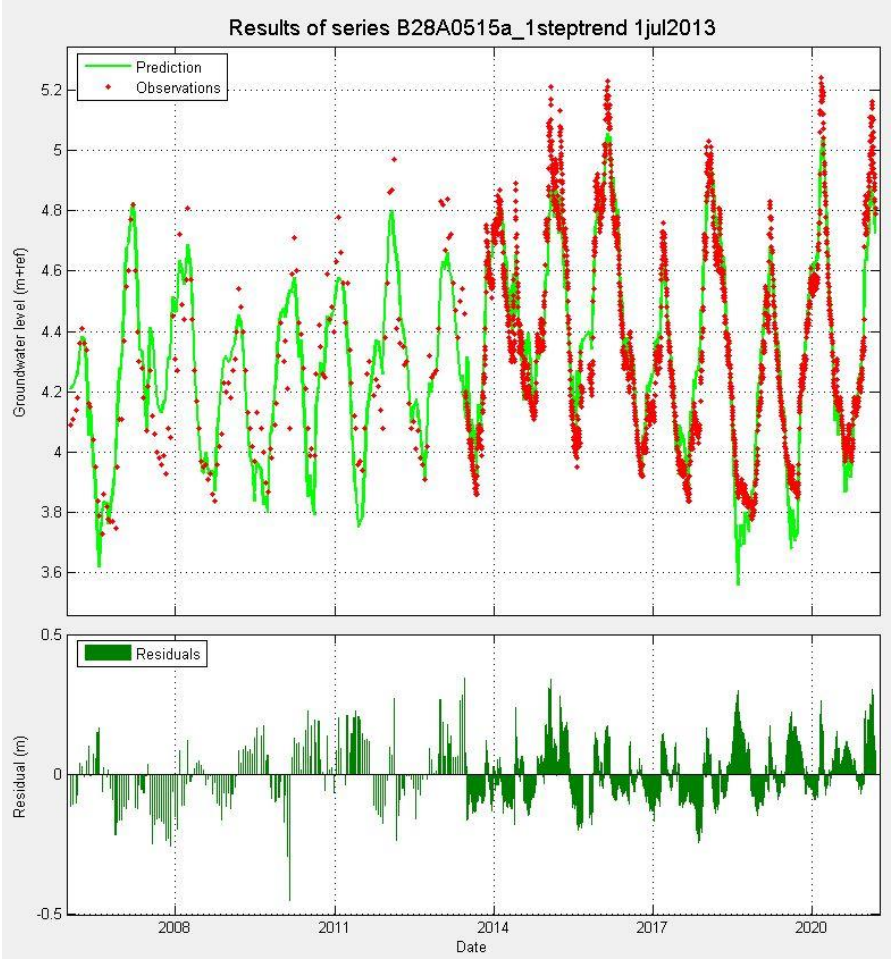

Results of series B28A0074ava2006_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2007
2009
2011
2013
2015
2017
2019
Date

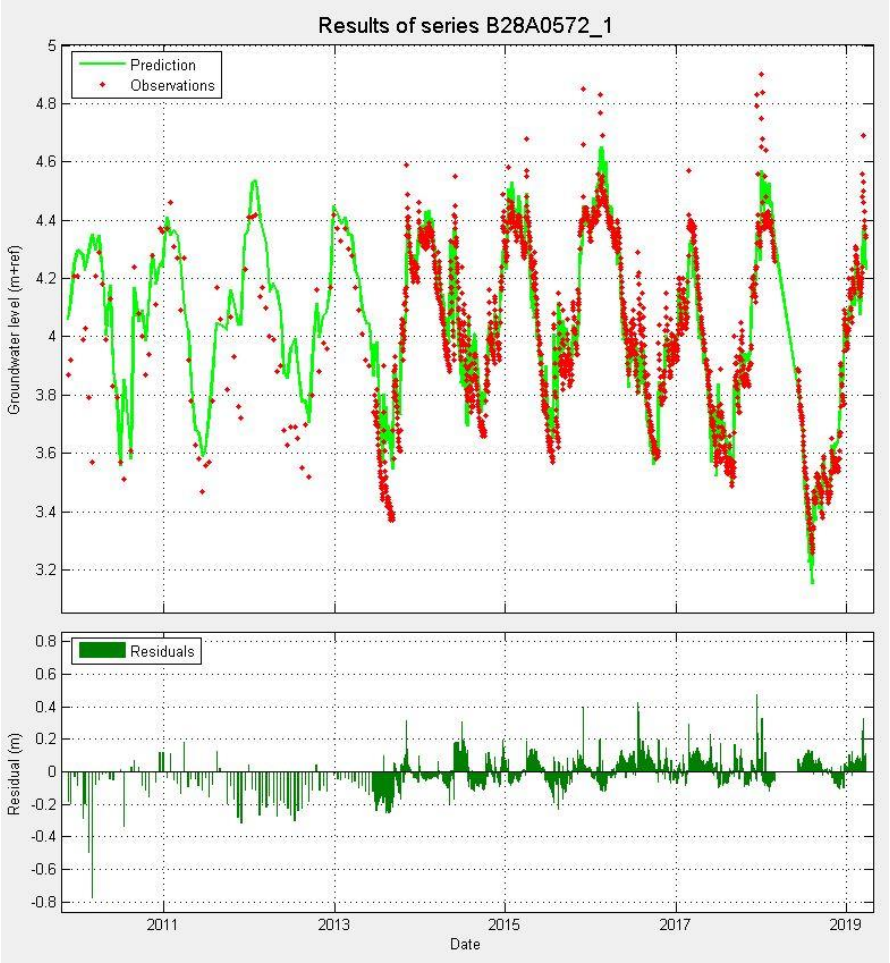

Results of series B28A0074ava2006_1steptrend_1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2007
2009
2011
2013
2015
2017
2019
Date

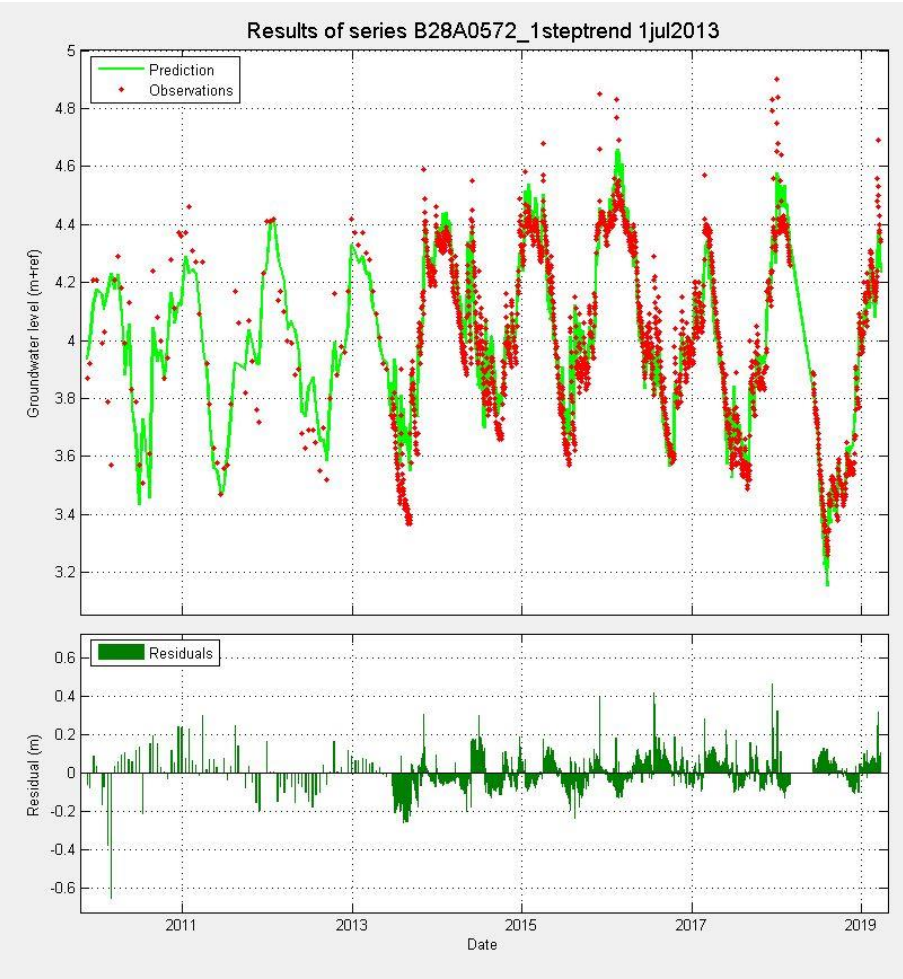

Results of series B28A0433va2006_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
3.4
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2008
2011
2014
2017
2020
Date


Results of series B28A0433va2006_1steptrend_1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
3.4
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2008
2011
2014
2017
2020
Date


Results of series B28A0515a_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2008
2011
2014
2017
2020
Date


Results of series B28A0515a_1steptrend 1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5.2
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2008
2011
2014
2017
2020
Date


Results of series B28A0572_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
3.4
3.2
Residuals
Residual (m)
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
2011
2013
2015
2017
2019
Date


Results of series B28A0572_1steptrend 1jul2013
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
5
4.8
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
3.4
3.2
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2011
2013
2015
2017
2019
Date

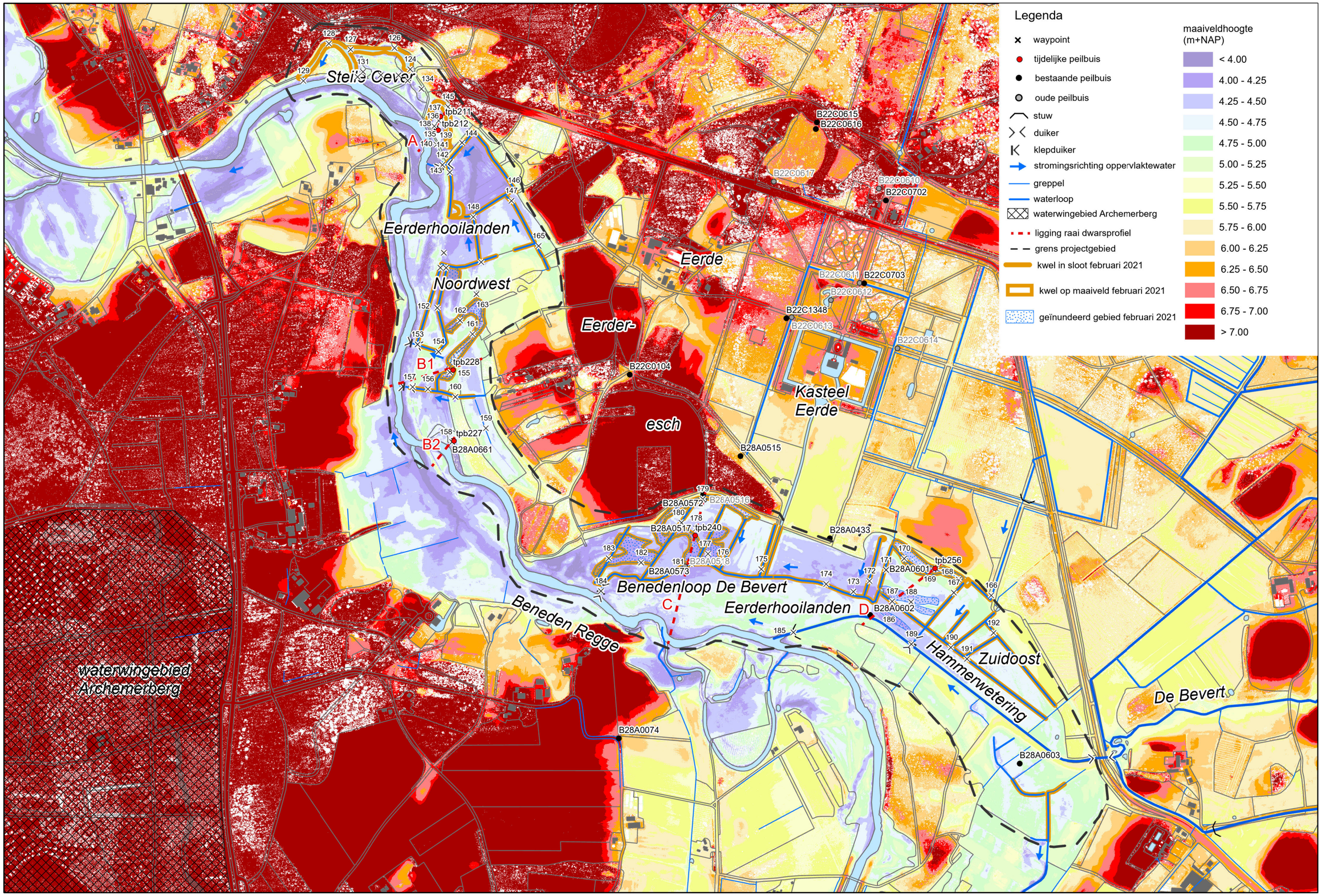
Bijlage 3

Inventarisatie oppervlaktewatersysteem

Bijlage 3 Gebiedsverkenning en inventarisatie oppervlaktewatersysteem Eerder Hooilanden & Steile Oever

24-2-2021

waypoint	kwel	opmerkingen
124	x	afgekoppelde meander met open water & moeras, met wilgenstruweel, riet, paar zwarte elzen, zeggepollen
125	x	poel, via ondiep slenkje (waterdiepte 10 cm) in verbinding met afgekoppelde meander
126	x	open water, grote zeggepollen, liesgras, gele li, pitrus, klein kroos, flab
127		open verbinding
128	x	klein kroos, flab
129		afvoer vanuit afgekoppelde meander over pad, aanzienlijke afvoer.
130	x	pad = dam, dus geen verbinding tussen Regge en meander; liesgras, wilgenstruweel en elzen langs oever
131		droog elzenbos met braam, mv 0,5 à 1 m hoger dan waterpeil in meander (geen H91E0C)
132		lager deel elzen(broek)bos, vooral zwarte els, ook enkele essen, brandnetel enn kleefkruid in kruidlaag (H91E0C)
133		allerlaagste deel elzenbroekbos (H91E0C)
134		vrij droog elzenbroekbos met hierin ook essen, kruidlaag uitsluitend braam (H91E0C)
135		afvoerpunt van afgekoppelde meander, staat (net) droog, dus weinig oppervlakkige afvoer kwelwater
136		Peilbuis B22C1407 (prov), 2 filters (306 / 500 cm -mv), filter 1: 126 cm (52 cm -mv), filter 2: 119 cm (1,5 cm kweldruk), dus hier nu al droog, peilbuis staat ook in zomereikenbos (wel H91E0C)
137	x	Lagere zone, hier essen en langs meander ook elzen, ook vlier, brandnetel en hondsdraf; goede locatie voor minifilter
138		Ook goede tweede locatie voor minifilter, want in essenzone
139		droge (instroom)greppel in pad naar meander
140	x	kwel treedt uit in oeverzone langs Regge
141		pad = dam; meander vegetatieloos / open water
142		klepduiker
143	x	sloot
144	x	sloot
145	x	meander, open water / klein kroos
146	x	sloot
147	x	sloot
148	x	sloot
149		verlande greppel / slootrestant (nauwelijks nog aanwezig)
150	x	sloot
151	x	sloot; lage zone met mv-kwel naast sloot
152	x	sloot & mooie geul
153	x	sloot, diep & klepduiker
154	x	sloot
155	x	drassige / geïnundeerde geul met elzenbroekbos (H91E0C)
156	x	sloot
157		klepduiker
158		Peilbuis B28A0661 (prov), 2 filters, (150 / 460 cm -mv), filter 1: 143 cm (83 cm -mv); filter 2 133 cm (83 cm -mv); zeer droog elzenbos met stekelvaren in kruidlaag, afstand peilbuis tot Regge slechts 15 m (voorheen veel meer).
159	-	greppel zonder kwel
160	x	sloot doorsnijdt rug
161	x	geïnundeerde slenk
162	x	sloot, geheel verland
163		geen greppel / sloot (meer)
164	x	greppel
165	x	sloot
166	x	sloot, diep
167	x	sloot, verland
168	x	slenk met dotterbloemhooilandrelict; mv-kwel in hele slenk
169	x	B28A0601, peilbuis waterschap Vechtstromen, CISA-slot.
170	x	greppel Dotterbloemhooiland, waterdiepte 25 cm, drooglegging 0 à 5 cm, veel kwel
171	x	sloot
172	x	forse sloot
173		geen sloot (meer)
174	x	brede, diepe sloot
175	x	2 x sloot
176	x	greppel
177	x	geïnundeerde slenk & verlande greppel
178		B28A0517 (prov), niet in geul maar ernaast, grwst = 40 cm (15 cm -mv)
179		B28A0516 is verdwenen
180	x	geïnundeerde slenk & greppel
181	x	B28A0573 (prov), vlak langs hoofdsloot, grwst = 96 cm (26 cm -mv), grasland ligt 1,5 dm hoger dan mv-peilbuis
182	x	geïnundeerde slenk
183	x	greppel en geïnundeerde slenk
184		klepduiker; sloot west gedempt
185		vaste drempel in Hammerwetering; sterke afvoer
186		drassige slenk, geen kwel
187	x	sloot
188		drassige slenk, geen kwel
189		klepduiker
190	x	T-splitsing sloten
191	x	sloot
192	x	sloot



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Bijlage 3 Waarnemingen bij inventarisatie oppervlaktewatersysteem 24 februari 2021

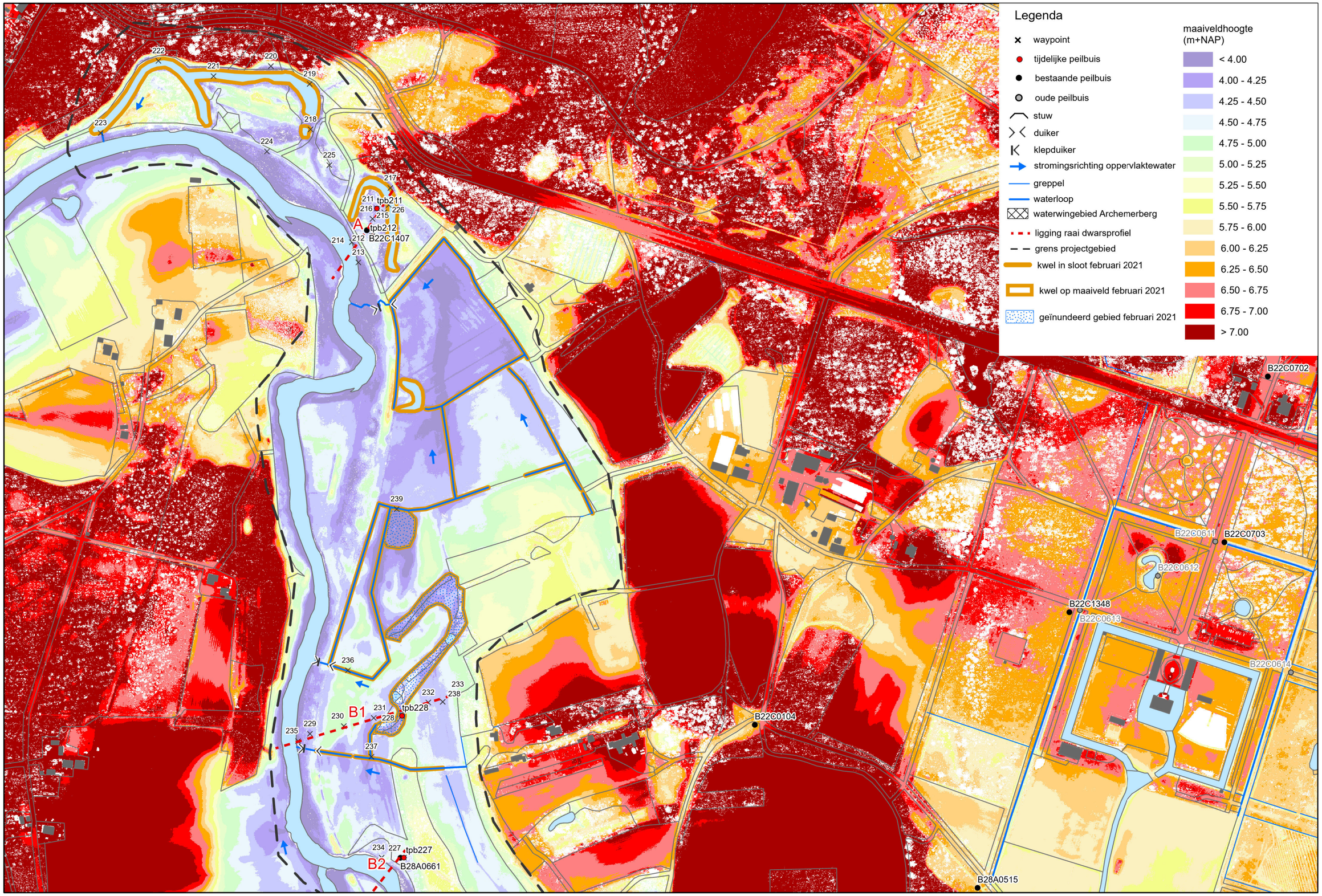
1:10,000

Bijlage 4

EGV-metingen maart 2021

Bijlage 4 Resultaten EGV-metingen (15 t/m 18 maart 2021)

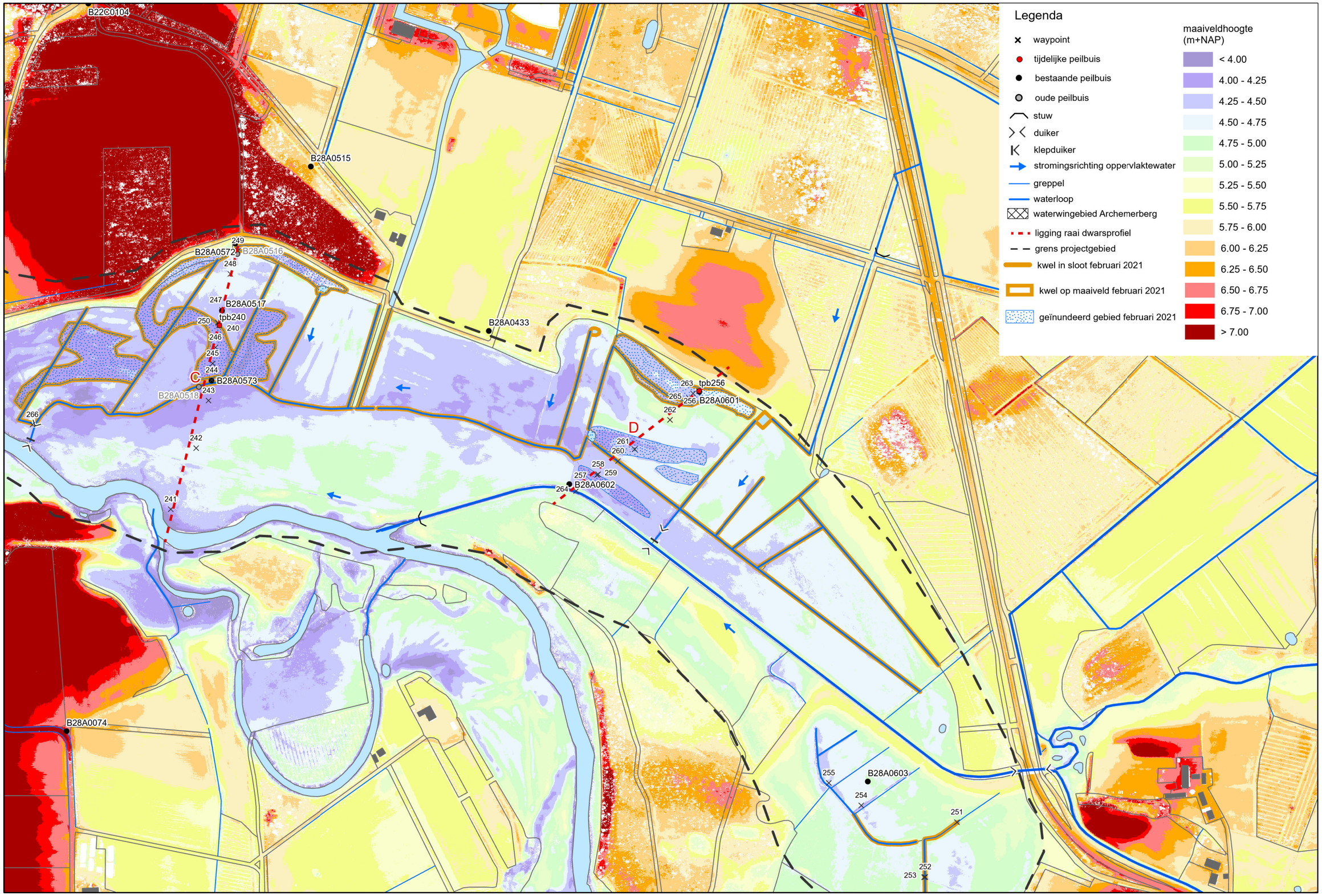
waypoint	x	y	EGV	locatie	vegetatie
211	226261	500886	255		zwarte els, es, zwarte bes
211	226261	500886	1096		
211	226261	500886	410		
212	226255	500847	259		
212	226255	500847	310		
212	226255	500847	284		
214	226226	500838	457	Regge	
215	226278	500891	317	afgekoppelde meander	
217	226281	500915	299	afgekoppelde meander	
218	226166	500999	223	poel	
219	226165	501064	360	afgekoppelde meander	
220	226109	501090	394	afgekoppelde meander	wilgenstruweel, stijve zegge
221	226027	501075	335	afgekoppelde meander	liesgras, stijve zegge
222	225948	501097	201	afgekoppelde meander	klein kroos, stijve zegge, gele lis
223	225866	500994	211	afvoer van de meander	
224	226104	500968	366	water op maaiveld	pitrusruigte
225	226193	500948	390	water op maaiveld	pitrus, braam
227	226300	499958	436		zwarte els, stekelvaren
227	226300	499958	321		zwarte els, stekelvaren
227	226300	499958	402		zwarte els, stekelvaren
228	226297	500161	528		zwarte els, zwarte bes, klimop
228	226297	500161	549		zwarte els, zwarte bes, klimop
228	226297	500161	457		zwarte els, zwarte bes, klimop
228	226297	500161	523	slenk, bovenste 10 cm	
231	226257	500158	78	water op maaiveld	
232	226335	500180	48	water op maaiveld	
234	226268	499958	442	Regge	
236	226220	500226	380	kwelsloot	
237	226254	500102	483	kwelsloot	
239	226290	500456	355	water op maaiveld	
240	226989	499688	347	slenk	zeer nat, voedselrijk
240	226989	499688	183		
240	226989	499688	216		
241	226920	499425	437		
242	226956	499512	112		
243	226974	499581	498		
244	226978	499610	342	hoofdsloot	
244	226978	499610	404		
245	226980	499633	150		zeer nat, voedselrijk
245	226980	499633	240		
246	226984	499656	233		
247	226993	499710	166		
248	227005	499761	58		
249	227016	499795	233	slenk	
251	228044	498978	195	kwelsloot	
252	227999	498899	287	kwelsloot	
254	227908	499002	450	sloot met lichte kwel	
255	227861	499034	123	sloot	
256	227675	499594	536		schraalgrasland
256	227675	499594	451		schraalgrasland
256	227675	499594	461		schraalgrasland
256	227675	499594	290		schraalgrasland
257	227506	499459	192		
258	227531	499475	139	slenk	zeer nat, voedselrijk
260	227560	499494	344	kwelsloot	
260	227560	499494	352		
261	227583	499511	125	slenk	zeer nat, voedselrijk
262	227634	499553	145		
264	227500	499451	375		
265	227661	499584	389	kwelgreppel	



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Bijlage 4a Locaties EGV-metingen 15, 16, 17 & 18 maart 2021

1:5,000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Bijlage 4b Locaties EGV-metingen 15, 16, 17 & 18 maart 2021

1:5,000

Bijlage 5

Rapportage bodem- en hydrochemisch onderzoek B-WARE

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK EERDER HOOILANDEN & STEILE OEVER

- TOELICHTING BODEMCHEMISCHE RESULTATEN -

- eindnotitie –

Opdrachtgever: Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau • Auteurs: Amber Visscher, Mark van Mullekom & Fons Smolders • Projectnummer: PR-20.182 • Rapportnummer: RP-20.182.21.49
Datum: 03-11-2021

Titel rapport:
Notitie bodem- en hydrochemisch onderzoek Eerder hooilanden & Steile Oever – toelichting bodemchemische resultaten -

Auteurs:
Amber Visscher, Mark van Mullekom & Fons Smolders

Rapportnummer: 20.182.21.49

Opdrachtgever:
Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

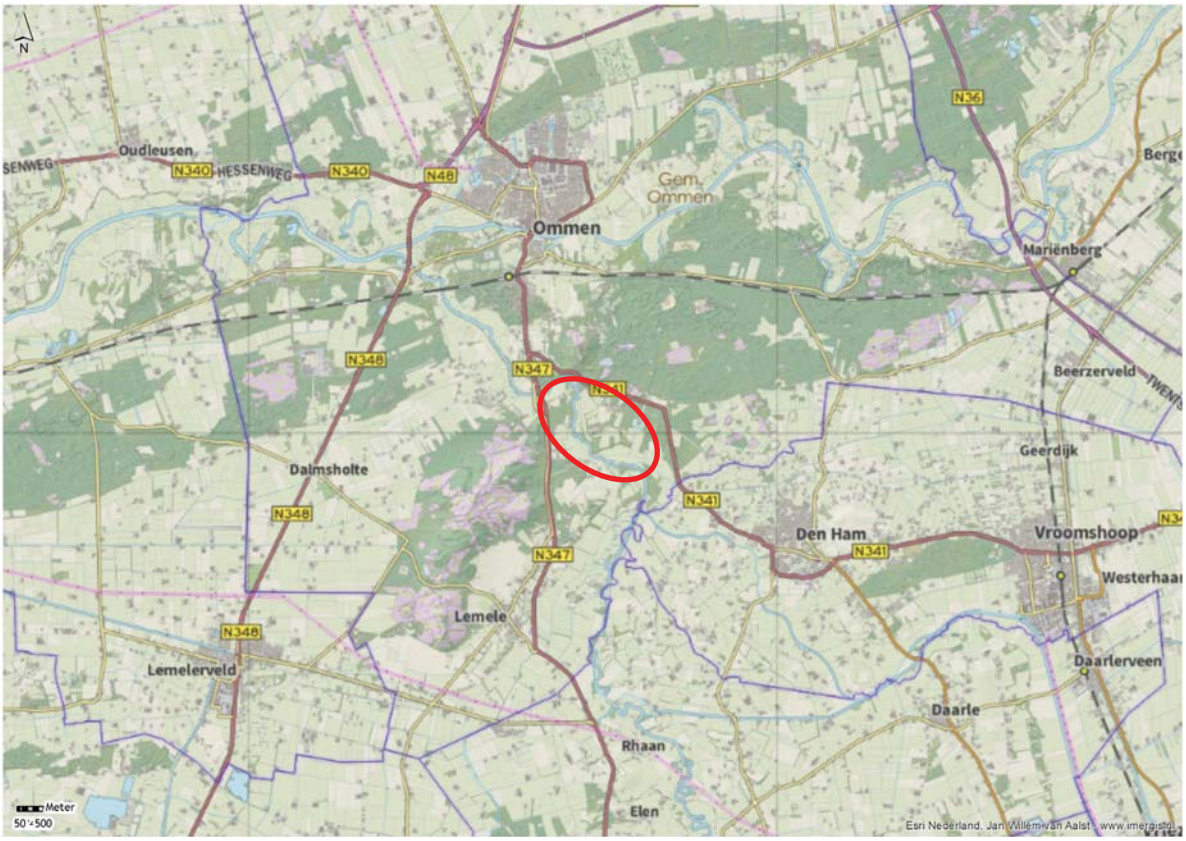
Contactpersoon:
Mark van Mullekom
Tel: 024-2122207
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2021

1. AANLEIDING

Bureau Bell Hullenaar onderzoekt het ecohydrologisch functioneren van de (huidige en te herstellen) grondwaterafhankelijke natuurtypen in het gedeelte van het Reggedal ter plaatste van de Eerder Hooilanden en de Steile oever in relatie tot mogelijke effecten bij verhoging van de onttrekking van 3 naar 4 miljoen m^3/jaar (= vergunde hoeveelheid) van drinkwaterwinning Archemerberg. Van specifiek belang hierbij zijn twee plekken met habitattype H91Eo_C Alluviale bossen en een nat schraalgraslandje. Belangrijke vraag is in hoeverre de hier aanwezige vegetatie gevoed wordt door basenrijk kwelwater.

Als onderdeel van dit ecohydrologisch onderzoek voert Onderzoekcentrum B-WARE een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit. Het onderzoek is gericht op de bodemkwaliteit en de waterkwaliteit en de daarmee gepaard gaande potenties voor natuurontwikkeling en natuurherstel.



Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied op een topografische kaart.

In deze notitie worden de bodemchemische resultaten kort besproken en toegelicht. De resultaten van het hydrochemisch onderzoek worden niet besproken in deze notitie en door Bell Hullenaar gebruikt bij het hydrologisch onderzoek. De toegepaste onderzoeksmethoden worden in de bijlage toegelicht.

2. MATERIAAL EN METHODEN

Op 15 tot en met 18 maart 2021 heeft Bell Hullenaar de bodemmonsters, het grondwater en het oppervlaktewater in het gebied bemonsterd. Per locatie zijn de x en y coördinaten genoteerd en bij de bodemmonsterlocaties is ook de aangetroffen vegetatie (globaal) genoteerd. De bemonsteringsstrategie per locatie was als volgt:

- 0-20 cm-mv;
- 20-40 cm-mv;
- 40-60 cm-mv.

In Figuur 2 worden de bodemmonsterlocaties weergegeven. Tijdens het veldbezoek zijn de locaties door Jan-Willem van 't Hullenaar als volgt getypeerd:

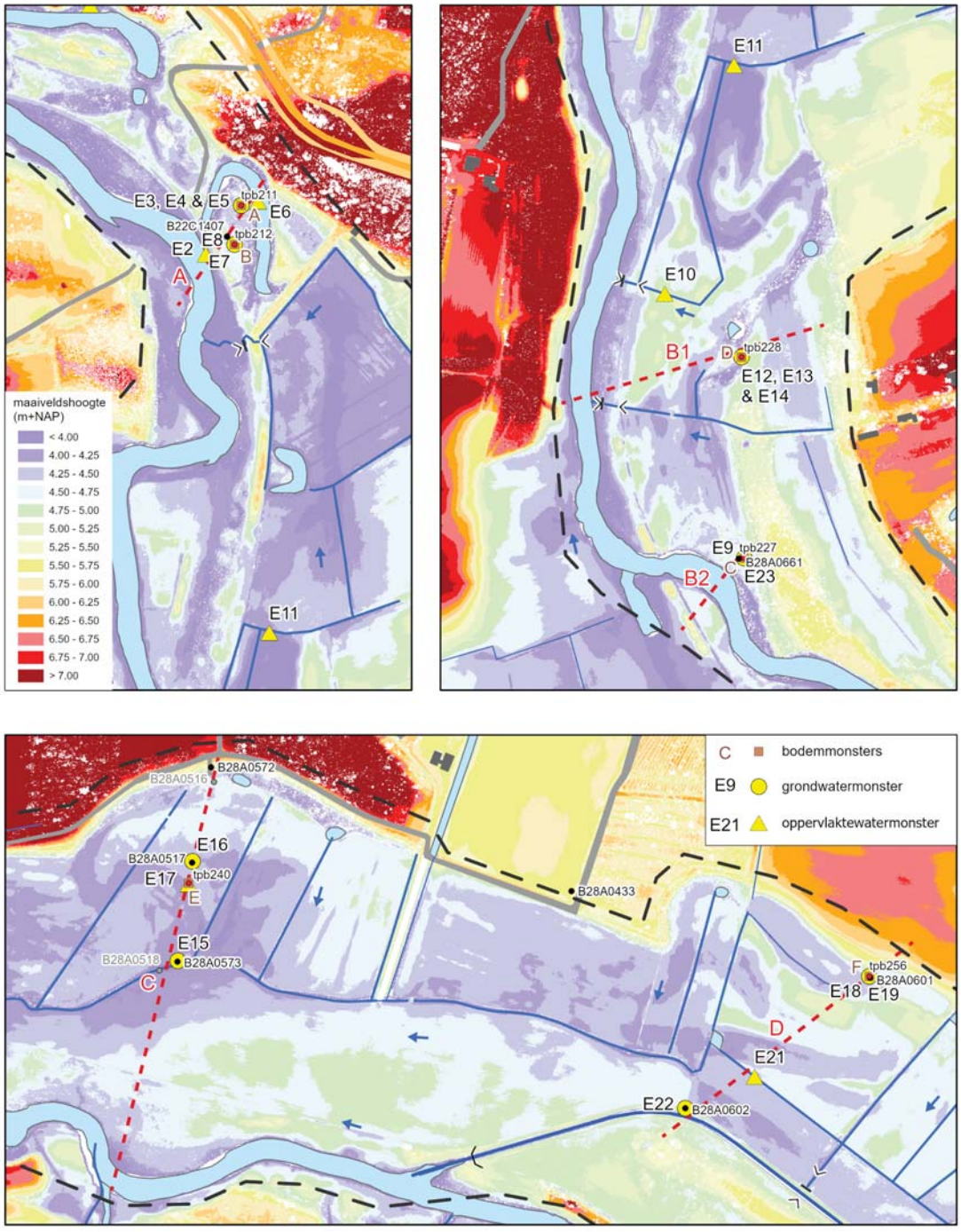
- Locatie A betreft een voedselrijke, vochtige variant van het Vogelkers-Essenbos (kwalificeert als Vochtig alluviaal bos). Dit bos heeft vanwege de hoge voedselrijkdom een soortenarme kruidlaag met vooral Grote brandnetel, en is matig ontwikkeld;
- Locatie B betreft voedselrijke, droge variant van het Vogelkers-Essenbos. Ook dit bos heeft vanwege de hoge voedselrijkdom een soortenarme kruidlaag met vooral Grote brandnetel, en is matig ontwikkeld;
- Locatie C betreft hooguit een slecht ontwikkelde vorm van de droge variant van het Vogelkers-essenbos: zeer droog en best wel zuur met soorten als Brede stekelvaren en Rankende helmbloem in de kruidlaag;
- Locatie D betreft een matig ontwikkeld Elzenbroekbos: wel Zwarte bes en Gele lis in de ondergroei, maar verder geen grondwaterafhankelijke soorten;
- Locatie E is een voedselrijke slenk;
- Locatie F is een nat schraalgrasland/ dotterbloemhooiland.

Figuur 2. Overzicht van de ligging van de geanalyseerde bodemmonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een topografische kaart. Zie Figuur 3 voor een gedetailleerde hoogtekaart (inclusief watermonsterlocaties).

De monsters zijn aangeleverd bij B-WARE en chemisch geanalyseerd. In totaal zijn 18 bodemmonsters, 6 oppervlaktewatermonsters en 17 grondwatermonsters afgeleverd en geanalyseerd door B-WARE. Voor de bodemmonsters werden vervolgens de volgende bodemchemische variabelen bepaald (zie bijlage voor een nadere toelichting):

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. fosfor, ammonium, nitraat, aluminium en calcium.

In deze notitie worden alleen de bodemchemische onderzoeksresultaten besproken. De hydrochemische analyseresultaten worden in Bijlage 3: Hydrochemische resultaten weergegeven. Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.



Figuur 3. Overzicht van de ligging van de geanalyseerde bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een hoogtekaart. Bron: Bell Hullenaar.

3. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren):

- Heide: (<)100-300 µmol/l bodem (totaal-P veelal <2,5-3 mmol/l);
- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Goed ontwikkeld Elzenbroekbos: 100-800 µmol/l bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

Voor bosontwikkeling is de totale fosforvoorraad in de bodem minder belangrijk dan in lage vegetaties. Echter, bossen met een soortenrijke ondergroei komen met name voor op voedselarme tot matig voedselrijke bodems. De Olsen-P en P-zout concentraties zijn hierbij veelal sturend voor een soortenrijkere ondergroei.

Hoge ijzer- en/of calciumconcentraties in de bodem dragen bij aan een lage fosfaatbeschikbaarheid, maar ook de aanvoer van ijzer- en/of calciumrijk grondwater. Voor het natuurbeheertype rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01) is vooral het habitattype vochtige alluviale bossen (H91Eo_C) van belang.

In Tabel 1 worden een aantal relevante bodemchemische kenmerken van goed ontwikkelde en meer eutrofe elzenbroekbossen gegeven. Goed ontwikkelde elzenbroekbossen komen net als dotterbloemhooilanden voor op goed gebufferde bodems en bij een relatief lage P-beschikbaarheid (< 800 µmol Olsen-P/l en < 2 µmol P-z/l). Eutrofe rompgemeenschappen komen voor bij een vergelijkbare P-voorraad in de bodem, maar bij een hogere P-beschikbaarheid als gevolg van een lagere Fe/P-ratio van de bodem. Ook in goed ontwikkelde elzenbroekbossen worden, waarschijnlijk als gevolg van de natte omstandigheden en het feit dat het om organische bodems gaat, hoge ammoniumconcentraties in het zoutextract gemeten (Tabel 1).

Het hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek.

Tabel 1. Overzicht van een aantal belangrijke bodemchemische kenmerken van Elzenbroekbossen. Bron: referentiedatabase GRIP (Gemeten Referentiewaarden In Plantengemeenschappen) van Onderzoekcentrum B-WARE.

Bostype	Olsen-P (µmol/l)	P-z (µmol/l)	Totaal-P (mmol/l)	NH_4-z (µmol/l)	NO_3-z (µmol/l)	Totaal-Ca (mmol/l)	Ca-z (µmol/l)	Totaal-Fe (mmol/l)
Goed ontwikkeld Elzenbroekbos Carici elongatae-Alnetum	100-800 (n=8)	0,3-2,1 (n=9)	4-22 (n=69)	140-800 (n=9)	1-70 (n=9)	30-100 (n=69)	3.000-17.000 (n=9)	40-385 (n=69)
Eutroof elzenbroekbos RG Calamagrostis canescens-[Alnion glutinosae] RG Urtica dioica-[Alnion glutinosae]	350-1500 (n=10)	0,7-20 (n=6)	5-23 (n=34)	25-425 (n=6)	130-500 (n=6)	25-80 (n=34)	7.000-23.000 (n=6)	50-190 (n=34)

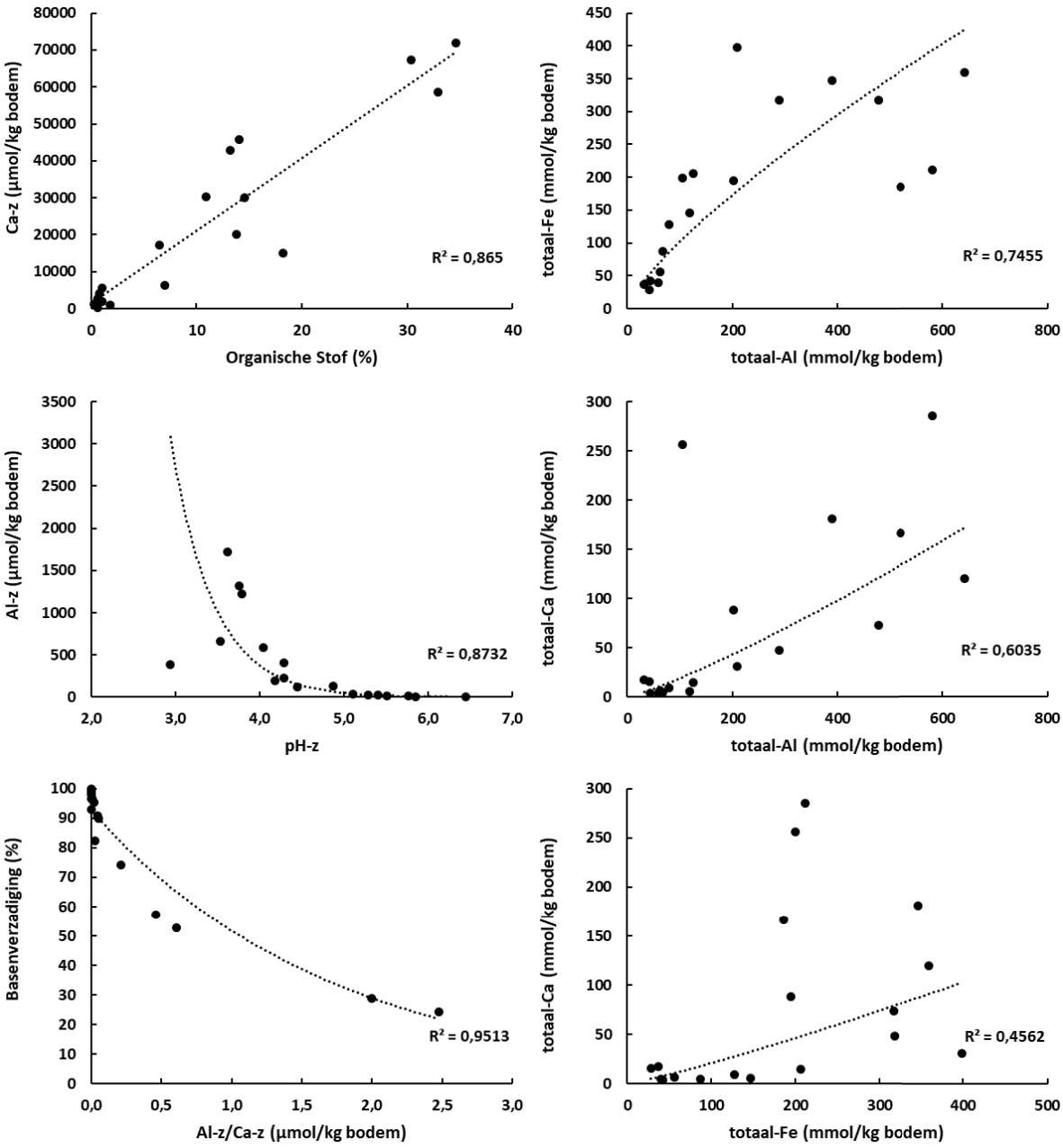
Algemene trends in de bodem

Op de westelijk gelegen locaties (de boslocaties; locatie A, B, C en D) is een zandbodem aangetroffen tijdens de bemonstering. Op locatie D is op 20-40 cm-mv een leembodem aangetroffen. Meer richting het oosten (locatie E) neemt de lemigheid van de bodem toe en wordt op 40-60 cm-mv een sterk veraarde veenbodem aangetroffen. Op de meeste oostelijke locatie (locatie F) is ook een veenbodem aanwezig maar dan als toplaag (0-40 cm-mv), hieronder is een kleibodem aangetroffen.

In de bemonsterde bodems van locaties E en F worden ook gemiddeld hogere Al-t concentraties aangetroffen in vergelijking met de boslocaties (Tabel 3). De totaal-Al concentraties zijn vaak een goede indicatie van de hoeveelheid lutumdeeltjes in de bodem en daarmee de lemig- of kleiigheid van de bodem. In lutumdeeltjes komen aluminium en kalium in een vaste verhouding voor aangezien vrijwel al het kalium in de bodem is ingebouwd in lutumdeeltjes. In het gebied is een goede correlatie (Figuur 4) aanwezig tussen de totaal-aluminiumconcentratie en de totaal-kaliumconcentratie (R^2 = 0,757).

In Figuur 4 worden correlaties tussen een aantal relevante bodemchemische variabelen weergegeven. Uit de bodemchemische data (Tabel 3) blijkt dat de bodem vaak in de toplaag ijzerrijk is. Daarnaast is de toplaag vaak rijker aan totaal-calcium en totaal aluminium in vergelijking met de onderliggende bodemlagen. Wanneer de totaal-Fe concentratie toeneemt neemt ook de aluminiumconcentraties toe in de bodem. Dit is ook terug te zien in de goede correlatie tussen totaal-Fe en totaal-Al (zie Figuur 4; rechtsboven). Dit duidt op de aanwezigheid van ijzerrijke lemige/kleiige afzettingen.

De totaal-Ca concentratie correleert daarentegen niet echt goed met de totaal-Fe concentratie en matig met de totaal-Al concentratie. Het valt vooral op dat bij de hogere totaal-Fe en totaal-Al concentraties de totaal-Ca concentratie forser varieert (zie Figuur 4; rechtsmidden en rechtsonder). Op de zandige locaties (locatie A, B en C) is de calciumconcentratie laag (5-23 mmol/l Ca-t en ±350-14.900 µmol/l bodem Ca-z). Op locatie D (zand en leem aangetroffen) neemt de calciumconcentratie sterk af in de diepte (van 73 tot 21 mmol/l Ca-t en van ±24.900 tot ±7.400 µmol/l Ca-z). En in de bodem op locatie E en F (veen, klei en leem) zijn de hoogste calciumconcentraties aangetroffen (59-114 mmol/l Ca-t en ±21.250-31.550 µmol/l).



Figuur 4. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen in de percelen in Eerder Hooilanden & Steile oever.

In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH_w < 4,5) komen. De pH gemeten in de zoutextracten ligt tussen 2,9 en 5,9, waarbij de pH zout vaak 0,5-1 pH eenheid lager is dan de pH water. Bij de lagere pH-waardes neemt de concentratie uitwisselbaar aluminium toe (zie Figuur 4, linksmidden). Naarmate de Al-z concentratie toeneemt zal ook de Al/Ca ratio toenemen en de basenverzadiging afnemen (zie Figuur 4, linksonder). Een hoge Al/Ca ratio is niet gunstig voor de ontwikkeling van de vegetatie. Zo vindt er bijvoorbeeld bij hoge Al/Ca-ratio's (> 2) geen verjonging plaats van jeneverbesstruiken en zijn bijzondere doelsoorten uit de heischrale vegetatietypen niet aanwezig (De Graaf et al., 1997, Lucassen et al., 2011). In het gebied zijn twee bodemlagen (locatie C 20-40 en 40-60 cm-mv) met hoge Al/Ca ratio's aangetroffen (rood geschreven in Tabel 3).

In het onderzoeksgebied is 1 venige/humeuze bodemlaag verzuringsgevoelig bij droogval. Een maat voor de verzuringsgevoeligheid is de S/(Ca+Mg)-ratio in de bodem (Lucassen e.a., 2002). Bij een ratio hoger dan 0,67 is de bodem te rijk aan zwavel en/of te zwak gebufferd om verzuring te voorkomen. Op locatie C op 0-20 cm-mv is een ratio van 0,78 gemeten (rood geschreven in Tabel 3).

Kansen voor natuurontwikkeling

De bodemchemische data van de bodemmonsterlocaties worden weergegeven in Tabel 3. De bodemchemische data en het advies worden hieronder per locatie beknopt toegelicht.

Tabel 2. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare concentraties; BV = indicatieve basenverzadiging; M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P >3 mmol/l). De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

locatie	X	Y	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	M12
A	226261	500886	0-20	zand, zeer fijn, zwak lemig, sterk humeus	7	37	0,9	2754	17,3	119	14	194	8	25	9	0,22	1243	5913	0,2	881	892	3,8	74	4	296	129	90	89	77	61
			20-40	zand, matig fijn, humusarm	1	24	1,3	1159	7,2	89	6	114	5	23	2	0,08	1618	2673	0,6	440	448	3,8	53	1	266	50	26	26	14	0
			40-60	zand, matig fijn, humusarm	1	20	1,5	942	10,3	118	14	187	7	30	2	0,05	331	5968	0,1	352	973	4,3	90	0	457	83	44	30	10	0
B	226255	500847	0-20	zand, zeer fijn, zwak lemig, sterk humeus	14	37	0,7	5456	51,9	154	23	295	11	30	12	0,23	146	14894	0,0	1117	2807	4,2	97	14	525	230	306	295	277	253
			20-40	zand, matig fijn, humusarm	0	17	1,5	669	3,6	86	6	58	5	22	1	0,05	855	1868	0,5	453	401	4,0	57	2	199	129	4	4	0	0
			40-60	zand, matig fijn, humusarm	1	20	1,5	581	4,4	95	10	85	6	27	1	0,03	181	4135	0,0	364	740	4,5	91	1	199	65	9	4	0	0
C	226300	499958	0-20	humus / sterk humeus zand	18	40	0,4	966	3,2	14	8	16	2	3	8	0,78	167	6625	0,0	497	1496	2,9	82	107	265	86	1	1	1	0
			20-40	zand, matig fijn, humusarm	1	10	1,4	2898	8,5	61	5	57	5	18	1	0,05	904	366	2,5	313	147	3,5	24	30	86	38	34	34	34	31
			40-60	zand, zeer fijn, lemig	2	22	1,2	1216	8,9	142	7	175	6	30	6	0,16	2054	1028	2,0	348	305	3,6	29	1	174	67	37	33	19	1
D	226297	500161	0-20	zand, moerig, sterk lemig	11	40	0,8	827	9,1	166	73	160	8	26	14	0,14	25	24914	0,0	807	4361	5,4	98	3	55	426	36	23	2	0
			20-40	leem, humeus	6	37	0,9	1028	13,0	268	45	295	10	33	17	0,21	377	16089	0,0	276	2617	4,3	95	0	210	74	58	42	18	0
			40-60	zand, matig fijn, humusarm	1	22	1,4	134	2,0	57	21	38	4	14	5	0,13	4	7398	0,0	573	894	6,5	99	2	48	56	0	0	0	0
E	226989	499688	0-20	leem, humeus	15	42	0,8	1446	18,5	383	59	254	9	29	22	0,25	106	24165	0,0	199	693	4,9	93	1	179	1142	92	76	52	20
			20-40	leem	14	47	0,7	1076	15,5	445	83	248	10	32	27	0,23	27	31567	0,0	68	748	5,1	96	1	71	505	70	52	25	0
			40-60	veen, sterk veraard	35	70	0,3	44	1,7	31	76	59	1	4	44	0,55	9	21237	0,0	121	667	5,3	98	1	10	207	0	0	0	0
F	227675	499594	0-20	veen, sterk veraard	33	63	0,4	792	10,9	165	76	147	5	16	27	0,29	7	24824	0,0	81	2689	5,5	98	2	82	641	42	25	0	0
			20-40	veen, kleiig	30	63	0,4	193	7,9	224	110	81	4	20	31	0,24	4	25873	0,0	57	3494	5,8	100	1	203	199	0	0	0	0
			40-60	klei, sterk humeus	13	50	0,7	152	10,2	356	114	127	10	42	30	0,19	2	29352	0,0	83	4358	5,9	100	0	31	79	0	0	0	0

Alluviale bossen (locatie A, B, C en D)

Tijdens het veldbezoek is gebleken dat het vooral locatie C (droog Vogelkers-Essenbos) twijfelachtig is of deze gekwalificeerd kan worden als vochtig alluviaal bos. Locatie A (vochtig Vogelkers-Essenbos) en B (droog Vogelkers-Essenbos) matig ontwikkelde vochtig alluviaal bossen (kruidlaag met veel brandnetel) en locatie D is een redelijk ontwikkeld vochtig alluviaal bos (Elzenbroekbos). Op alle locaties heeft de toplaag een hogere Ca-z concentratie, dit wordt veroorzaakt door de afbraak van humeus materiaal. Op basis van de sterkere mate van buffering lijkt er op de locaties D (en E en F) sprake van grondwaterinvloed (of inundatie met gebufferd oppervlaktewater) in het verleden en mogelijk nu nog. Op de locaties A, B en C is dit niet het geval of is slechts invloed van weinig gebufferd grondwater. De ijzerconcentraties in het grondwater kunnen fluctueren (en mogelijk ook afnemen).

Alle locaties staan onder invloed van overstroming. De mate waarin varieert tussen de locaties, dit is onder andere afhankelijk van de afstand van de locatie tot de Regge. Locatie C ligt bijvoorbeeld minstens net zo dicht nabij de Regge als locatie B. Echter, voordat het herstel van de Regge in 2013 plaatsvond kon deze locatie niet overstromen, omdat overstroming hier toen nog werd belemmerd door een hoge kade langs de toen nog gekanaliseerde Regge. In 2013 is deze kade verwijderd en sindsdien kan wel overstroming plaatsvinden: dit is dus een relatief korte periode. Dit geldt in feite ook voor locatie D, maar deze locatie is voor de buffering niet van overstroming afhankelijk aangezien die hier plaatsvindt door voeding met basenrijk kwelwater. Locaties A en B liggen in een zone waar geen kade ligt en waar dus wel altijd overstroming plaats heeft kunnen vinden.

Overstroming kan leiden tot voedselrijkere omstandigheden als fosfaatrijke silbdeeltjes worden afgezet. Uit de bodemchemische data blijkt dat inderdaad de toplaag het meest verrijkt is met fosfaat op locatie B (5456 µmol/l Olsen-P en 51,9 mmol/l P-t), al minder verrijkt is bij locatie A (2754 µmol/l Olsen-P en 17,3 mmol/l P-t) en nog maar licht verrijkt is op locatie D (827 µmol/l Olsen-P en 9,1 mmol/l P-t). De nitraatconcentraties zijn hoog op locatie B waarbij de labiel-P (P-z) concentaties ook matig verhoogd zijn. Op locatie C (slechts ontwikkeld) is de P-z concentratie zeer hoog. Dit is ook te zien aan de vegetatie: op locatie D is deze redelijk goed ontwikkeld terwijl op locatie A, B en C veel verruiging is aangetroffen. De verruiging wordt waarschijnlijk nog eens versterkt door de hoge nitraat- en labiel-P concentratie in de toplaag. Op locatie C zijn de fosfaatconcentraties (966 µmol/l Olsen-P en 3,2 mmol/l P-t) in de toplaag zijn relatief laag. De P-z concentratie is echter zeer hoog (107 µmol/l). Deze locatie staat minder (lang) onder invloed van overstroming aangezien er ook sprake is van een zure, calcium- en ijzerarme, zandige toplaag of wordt er minder P-rijk slib afgezet door de Regge.

Het is de vraag wat de bron is van de hogere ijzerconcentraties in de toplaag op de locaties A, B en D. Alleen in peilbuis E5 (locatie A) en E7 (locatie B) is >100 µmol/l Fe gemeten in het grondwater. In de overige peilbuizen zijn de ijzerconcentraties relatief laag. Bij ijzerafzettingen in de bodem is naast de concentratie echter ook de flux en de stijghoogte van het grondwater van belang. Deze informatie is ons onbekend. Daarnaast is het mogelijk dat tijdens overstromingen van de beek ook lemige, ijzerrijke slibdeeltjes worden afgezet. Beide aspecten (grondwaterinvloed en afzetting lemige deeltjes), in het verleden, kunnen van invloed zijn op de ijzerconcentraties in de toplaag en de wat hogere mate van buffering in de toplaag. Ook het hogere percentage organische stof (hogere CEC) draagt bij aan de hogere Ca-z concentraties in de toplaag in vergelijking met onderliggende bodemlagen.

Voedselrijke slenk (locatie E)

Locatie E is een voedselrijke slenk gelegen op voormalige landbouwgrond en er is veel kwel aanwezig. De bovenste 40 cm van de bodem bestaat uit leem met veel ijzer en calcium (Al-t: 383-455 mmol/l, Ca-t: 59-83, Ca-z: ±24.150-31.550 µmol/l en Fe-t: 248-254 mmol/l). Deze leembodem is matig verrijkt met fosfaat (1076-1446 µmol/l Olsen-P en 15,5-18,5 mmol/l P-t). De P-z concentratie in de toplaag is laag wat kansen kan bieden voor een soortenrijkere ontwikkeling onder dergelijke ijzerrijke omstandigheden. Het grondwater in peilbuis E16 is ijzerrijk (118 µmol/l). Onder de leembodem is een fosfaatarme, sterk veraarde veenbodem aangetroffen (35% organisch stof, 44 µmol/l Olsen-P en 1,7 mmol/l P-t). Echter, het is niet wenselijk om de gehele leemlaag af te graven, daarom wordt geadviseerd om (10-)20 cm af te graven, de kwelinvloed te herstellen, doorstroming te creëren en in te zetten op de ontwikkeling van een Grote zeggenmoeras. Door de nog verhoogde fosfaatconcentraties na afgraving is er wel risico op verruiging door pitrus- of liesgrasontwikkeling. Als gevolg van de Fe-rijke condities lijkt

dit risico beperkt, zeker wanneer er voldoende doorstroming is en de toplaag beperkt droogvalt in de zomerperiode.

Referentielocatie nat schraalland/ dotterbloemhooiland (locatie F)

Locatie F dient als referentie voor de lokale ontwikkeling van een nat schraalland/ dotterbloemhooiland. De vegetatie is goed ontwikkeld met onder andere soorten als blauwe zegge, brede orchis, gewone dotterbloem, kleine valeriaan en waterdrieblad.

Op de locatie is een sterk veraarde veenbodem als toplaag aangetroffen (0-20 cm-mv). De bodem (0-60 cm-mv) is goed gebufferd en ijzerrijk (Ca-t: 76-114, Ca-z: ±24.800-25.850 µmol/l en Fe-t: 81-147mmol/l). De toplaag is in verhouding minder rijk aan calcium (Ca-t: 76 mmol/l en Ca-z: ±24.800 µmol/l), dit komt waarschijnlijk door ontkalking na verdroging van de toplaag als gevolg van ontwatering. De buffering is echter nog steeds voldoende voor de ontwikkeling van een schraalland/hooiland.

De toplaag is licht verrijkt met fosfaat (792 µmol/l Olsen-P en 10,9 mmol/l P-t) maar dit valt binnen de range voor goed ontwikkelde vochtig hooilanden (300-800/900 µmol/l Olsen-P). De fosfaatconcentraties nemen verder af in de diepte.

Wanneer de invloed van ijzerrijke, gebufferde kwel in het maaiveld kan worden hersteld worden hierbij bufferstoffen aangevoerd en kan de voedselrijkdom verder worden verlaagd. Door P-binding aan ijzer(hydr)oxides is er minder fosfaat (Olsen-P) voor de planten beschikbaar. Het is van belang dat uittredend grondwater wordt afgevoerd over maaiveld (doorstroming) en dat de toplaag beperkt droogvalt in de zomerperiode.

4. LITERATUUR

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Graaf, De M.C.C., R. Bobbink, P. J. M. Verbeek & J. G. M. Roelofs 1997. Aluminium toxicity and tolerance in three heathland species. Water Air and Soil Pollution 98:229-239.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002) Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. Environmental Pollution 120: 635-646.

Lucassen, E.C.H.E.T., Loeffen, L., Popma, J., Verbaarschot, E., E. Remke, S, de Kort & J. Roelofs (2011) Bodemverzuring lijkt een sleutelrol te spelen in het verstoorde verjongingsproces van jeneverbes (Juniperus communis). De Levende Natuur 112 (6): 235-239.

Mullekom, M. van, Y. Verstijnen, E. Bohnen-Verbaarschot & A.J.P. Smolders (2018) Biogeochemisch onderzoek Leegveld. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer: RP-17.174.18.10. In opdracht van Provincie Noord-Brabant.

5. BIJLAGE 1: ANALYSES

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend uit het gloeiverlies. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,4 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Bodemdestructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. De destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Met een zoutextractie kunnen de vrij in de bodem aanwezige zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) of 50 ml demiwater gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-})

werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

6. BIJLAGE 3: HYDROCHEMISCHE RESULTATEN

Tabel 3. Kwaliteit van het water in het onderzoeksgebied. De concentraties weergegeven in µmol/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm. Turb = turbiditeit in Nephelometric Trubidity Unit (NTU).

Code	Type	pH	Alk	EGV	Turb	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^+	Na^+	K^+	Cl^-
E1	OW	5,8	0,3	444	30	860	236	6	66	13	19	1,0	167	1,4	10,5	0,42	4206	28	3970
E2	OW	7,2	2,7	535	30	415	2525	3	1218	22	264	4,8	455	231,8	102,2	1,15	2204	314	1941
E6	OW	7,0	1,9	331	16	392	1459	2	730	10	135	5,5	178	1,7	19,8	2,22	1591	108	1628
E10	OW	6,8	2,9	408	20	1042	2856	1	1455	26	253	1,3	430	102,2	30,7	0,31	644	95	684
E11	OW	7,1	3,3	366	56	577	3311	2	1416	32	293	2,0	205	1,8	10,4	0,50	424	123	374
E17	OW	6,4	2,7	308	124	2586	2413	5	1225	465	133	5,6	57	2,8	6,8	0,28	513	33	595
E21	OW	7,2	3,7	371	-	605	3571	0	1490	21	212	0,6	78	2,1	5,6	0,13	598	34	491
E3	PB	6,3	3,0	440	-	3218	2515	8	1415	16	158	1,5	59	64,1	15,6	-	1372	16	1767
E4	PB	6,4	1,2	1101	-	719	817	3	1999	5	345	1,1	138	783,4	6,2	-	6143	14	4518
E5	PB	4,7	0,1	265	-	1017	20	42	405	102	104	6,7	233	670,4	20,3	-	1252	114	1163
E7	PB	5,9	0,5	268	-	1233	424	73	571	112	128	7,2	229	276,7	90,0	-	1253	28	1599
E8	PB	6,9	2,4	285	-	660	2117	7	1095	26	147	2,3	162	7,2	22,9	-	485	12	499
E9	PB	5,4	0,3	433	-	1255	132	56	655	53	246	3,2	540	667,8	17,3	-	2383	23	2593
E12	PB	6,9	5,4	598	-	1207	4444	2	2387	2	359	0,8	465	138,6	7,2	-	713	174	441
E13	PB	6,7	5,3	624	-	2380	4881	4	2514	19	385	0,8	513	11,3	14,8	-	638	153	861
E14	PB	6,5	4,1	524	-	3352	4021	15	1986	22	373	1,4	597	32,4	33,7	-	705	112	622
E15	PB	7,1	3,8	463	-	730	3527	2	1835	18	241	1,2	373	4,7	24,8	-	506	88	736
E16	PB	6,2	1,4	157	-	1937	1304	5	554	118	70	6,7	14	2,5	31,9	-	225	33	263
E18	PB	7,2	5,0	609	-	825	5240	3	2360	5	444	0,5	372	668,5	7,2	-	399	236	517
E19	PB	6,9	4,4	494	-	1281	4361	4	1945	29	390	1,0	438	83,4	14,6	-	414	51	398
E20	PB	6,4	2,2	283	-	1716	1839	104	1243	465	184	6,3	291	3,7	115,6	-	323	114	448
E22	PB	6,5	3,7	412	-	2420	3273	51	1419	155	256	8,3	191	4,8	30,5	-	697	298	686
E23	PB	6,9	2,2	342	-	660	2177	3	1281	25	147	1,2	469	6,1	10,4	-	614	24	735

Tabel 4. Kwaliteit van het water in het onderzoeksgebied. De concentraties weergegeven in mg/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm. Turb = turbiditeit in Nephelometric Trubidity Unit (NTU).

Code	Type	pH	Alk	EGV	Turb	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO3	NO3-N	NH4	NH4-N	PO4	PO4-P	Na	K	Cl
E1	OW	5,8	0,3	444	30	38	14	0,2	3	0,7	0,5	0,0	16	0,1	0,0	0,2	0,1	0,04	0,01	97	1	141
E2	OW	7,2	2,7	535	30	18	154	0,1	49	1,2	6,4	0,1	44	14,4	3,2	1,8	1,4	0,11	0,04	51	12	69
E6	OW	7,0	1,9	331	16	17	89	0,1	29	0,6	3,3	0,2	17	0,1	0,0	0,4	0,3	0,21	0,07	37	4	58
E10	OW	6,8	2,9	408	20	46	174	0,0	58	1,4	6,2	0,0	41	6,3	1,4	0,6	0,4	0,03	0,01	15	4	24
E11	OW	7,1	3,3	366	56	25	202	0,1	57	1,8	7,1	0,1	20	0,1	0,0	0,2	0,1	0,05	0,02	10	5	13
E17	OW	6,4	2,7	308	124	114	147	0,1	49	26,0	3,2	0,2	5	0,2	0,0	0,1	0,1	0,03	0,01	12	1	21
E21	OW	7,2	3,7	371	-	27	218	0,0	60	1,2	5,1	0,0	8	0,1	0,0	0,1	0,1	0,01	0,00	14	1	17
E3	PB	6,3	3,0	440	-	142	153	0,2	57	0,9	3,8	0,0	6	4,0	0,9	0,3	0,2	-	-	32	1	63
E4	PB	6,4	1,2	1101	-	32	50	0,1	80	0,3	8,4	0,0	13	48,6	11,0	0,1	0,1	-	-	141	1	160
E5	PB	4,7	0,1	265	-	45	1	1,1	16	5,7	2,5	0,2	22	41,6	9,4	0,4	0,3	-	-	29	4	41
E7	PB	5,9	0,5	268	-	54	26	2,0	23	6,2	3,1	0,2	22	17,2	3,9	1,6	1,3	-	-	29	1	57
E8	PB	6,9	2,4	285	-	29	129	0,2	44	1,4	3,6	0,1	16	0,4	0,1	0,4	0,3	-	-	11	0	18
E9	PB	5,4	0,3	433	-	55	8	1,5	26	2,9	6,0	0,1	52	41,4	9,4	0,3	0,2	-	-	55	1	92
E12	PB	6,9	5,4	598	-	53	271	0,1	96	0,1	8,7	0,0	45	8,6	1,9	0,1	0,1	-	-	16	7	16
E13	PB	6,7	5,3	624	-	105	298	0,1	101	1,1	9,4	0,0	49	0,7	0,2	0,3	0,2	-	-	15	6	31
E14	PB	6,5	4,1	524	-	148	245	0,4	80	1,3	9,1	0,0	57	2,0	0,5	0,6	0,5	-	-	16	4	22
E15	PB	7,1	3,8	463	-	32	215	0,1	74	1,0	5,9	0,0	36	0,3	0,1	0,4	0,3	-	-	12	3	26
E16	PB	6,2	1,4	157	-	85	80	0,1	22	6,6	1,7	0,2	1	0,2	0,0	0,6	0,4	-	-	5	1	9
E18	PB	7,2	5,0	609	-	36	320	0,1	95	0,3	10,8	0,0	36	41,5	9,4	0,1	0,1	-	-	9	9	18
E19	PB	6,9	4,4	494	-	56	266	0,1	78	1,6	9,5	0,0	42	5,2	1,2	0,3	0,2	-	-	10	2	14
E20	PB	6,4	2,2	283	-	76	112	2,8	50	26,0	4,5	0,2	28	0,2	0,1	2,1	1,6	-	-	7	4	16
E22	PB	6,5	3,7	412	-	107	200	1,4	57	8,7	6,2	0,3	18	0,3	0,1	0,6	0,4	-	-	16	12	24
E23	PB	6,9	2,2	342	-	29	133	0,1	51	1,4	3,6	0,0	45	0,4	0,1	0,2	0,1	-	-	14	1	26

Bijlage 6 Analyseresultaten hydrochemisch onderzoek maart 2021 (Bware)

Code	Type	locatie	pH	Alk	EGV	Turb	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO3	NO3-N	NH4	NH4-N	PO4	PO4-P	Na	K	Cl
							(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
E1	OW	Steile Oever	5.8	0.3	444	30	38	14	0.2	3	0.7	0.5	0.0	16	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	97	1	141
E2	OW	Regge (ow214)	7.2	2.7	535	30	18	154	0.1	49	1.2	6.4	0.1	44	14.4	3.2	1.8	1.4	0.1	0.0	51	12	69
E6	OW	afgekop. meander (ow215)	7.0	1.9	331	16	17	89	0.1	29	0.6	3.3	0.2	17	0.1	0.0	0.4	0.3	0.2	0.1	37	4	58
E10	OW	sloot	6.8	2.9	408	20	46	174	0.0	58	1.4	6.2	0.0	41	6.3	1.4	0.6	0.4	0.0	0.0	15	4	24
E11	OW	sloot	7.1	3.3	366	56	25	202	0.1	57	1.8	7.1	0.1	20	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	10	5	13
E17	OW	slenk	6.4	2.7	308	124	114	147	0.1	49	26.0	3.2	0.2	5	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	12	1	21
E21	OW	sloot	7.2	3.7	371	-	27	218	0.0	60	1.2	5.1	0.0	8	0.1	0.0	0.1	0.1	-	-	14	1	17
E3	PB	tpb211_3	6.3	3.0	440	-	142	153	0.2	57	0.9	3.8	0.0	6	4.0	0.9	0.3	0.2	-	-	32	1	63
E4	PB	tpb211_2	6.4	1.2	1101	-	32	50	0.1	80	0.3	8.4	0.0	13	48.6	11.0	0.1	0.1	-	-	141	1	160
E5	PB	tpb211_1	4.7	0.1	265	-	45	1	1.1	16	5.7	2.5	0.2	22	41.6	9.4	0.4	0.3	-	-	29	4	41
E7	PB	tpb212_1	5.9	0.5	268	-	54	26	2.0	23	6.2	3.1	0.2	22	17.2	3.9	1.6	1.3	-	-	29	1	57
E8	PB	B22C1407_2	6.9	2.4	285	-	29	129	0.2	44	1.4	3.6	0.1	16	0.4	0.1	0.4	0.3	-	-	11	0	18
E9	PB	tpb227	5.4	0.3	433	-	55	8	1.5	26	2.9	6.0	0.1	52	41.4	9.4	0.3	0.2	-	-	55	1	92
E12	PB	tpb228_3	6.9	5.4	598	-	53	271	0.1	96	0.1	8.7	0.0	45	8.6	1.9	0.1	0.1	-	-	16	7	16
E13	PB	tpb228_2	6.7	5.3	624	-	105	298	0.1	101	1.1	9.4	0.0	49	0.7	0.2	0.3	0.2	-	-	15	6	31
E14	PB	tpb228_1	6.5	4.1	524	-	148	245	0.4	80	1.3	9.1	0.0	57	2.0	0.5	0.6	0.5	-	-	16	4	22
E15	PB	B28A0573	7.1	3.8	463	-	32	215	0.1	74	1.0	5.9	0.0	36	0.3	0.1	0.4	0.3	-	-	12	3	26
E16	PB	B28A0517	6.2	1.4	157	-	85	80	0.1	22	6.6	1.7	0.2	1	0.2	0.0	0.6	0.4	-	-	5	1	9
E18	PB	B28A601_2	7.2	5.0	609	-	36	320	0.1	95	0.3	10.8	0.0	36	41.5	9.4	0.1	0.1	-	-	9	9	18
E19	PB	tpb256_2	6.9	4.4	494	-	56	266	0.1	78	1.6	9.5	0.0	42	5.2	1.2	0.3	0.2	-	-	10	2	14
E20	PB	tpb256_1	6.4	2.2	283	-	76	112	2.8	50	26.0	4.5	0.2	28	0.2	0.1	2.1	1.6	-	-	7	4	16
E22	PB	B28A602	6.5	3.7	412	-	107	200	1.4	57	8.7	6.2	0.3	18	0.3	0.1	0.6	0.4	-	-	16	12	24
E23	PB	B28A0661_2	6.9	2.2	342	-	29	133	0.1	51	1.4	3.6	0.0	45	0.4	0.1	0.2	0.1	-	-	14	1	26