Project Koningsven - De Diepen

Nader hydrologisch onderzoek & planuitwerking De Diepen

Definitief rapport

Zwolle, mei 2017

Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Schellerweg 112, 8017 AK Zwolle
tel 038-4774559
E-mail hullenaar@live.com

Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau
Schellerweg 112
8017 AK Zwolle
Telefoon: 038-4774559
E-mail: hullenaar@live.com / belljudybell@outlook.com

Projecttitel:	Nader onderzoek & planuitwerking De Diepen (als onderdeel van het project Koningsven - De Diepen)
Opdrachtgever:	Teunesen Zand en Grint
Auteurs:	J.S. Bell en J.W. van ’t Hullenaar
Projectgroep:	T. Reintjes, G. Franken, W. Verbers (Teunesen) M. van der Weide, C. Geujen & F. Mandigers (Natuurmonumenten) R. Cleveringa (Cleveringa Advies)

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 1

2 Grondwaterstandsverloop 3
2.1 Opbouw van de meetnetten 3
2.2 Controle van de meetreeksen 3
2.3 Afleiding van de GXG-waarden 5

3 Aanvullend veldonderzoek 7
3.1 Methode 7
3.2 Resultaten 8
3.2.1 Lokale bronsystemen 8
3.2.2 Dwarsprofielen 9
3.3.3 Kaarten 14
3.3 Totaalbeeld van het huidig functioneren 15

4 Herstelmogelijkheden 17
4.1 Inleiding 17
4.2 Herstelmogelijkheden per deelgebied 17
4.2.1 Westelijke deel van De Diepen 17
4.2.2 Oostelijke deel van De Diepen 19
4.2.3 Westelijke deel van het Koningsven 21
4.3 Totaalbeeld van de herstelmogelijkheden 22

5 Hydrologisch inrichtingsplan 23
5.1 Inleiding 23
5.2 Doelstelling, randvoorwaarden en uitgangspunten 24
5.3 Uitwerking van de maatregelen 26
5.3.1 Westelijke laagtenstelsel 26
5.3.2 Oostelijke laagtenstelsel 29
5.3.3 Hoog gelegen middendeel 30
5.4 Aansluiting van het Koningsven op De Diepen 31
5.5 Inrichting van de zone rond eethuis De Diepen 32

6 Te verwachten effecten en monitoring 33
6.1 Te verwachten effecten 33
6.1.1 Inleiding 33
6.1.2 Interne effecten 33
6.1.3 Externe effecten met betrekking tot het grondwatersysteem 34
6.1.4 Effecten op het afvoerregime van de Teelebeek 35
6.1.5 Effecten op het afvoerregime van de Kroonbeek 38
6.2 Hydrologische monitoring 39

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

Om invulling te geven aan de Goudgroene Natuurzone aan de voet van het Reichswald in de gemeente Gennep is door een gezamenlijk initiatief van Teunesen Zand & Grint en Natuurmonumenten het initiatiefplan Koningsven-De Diepen opgesteld. Het betreft een gebied waar tot circa een eeuw jaar geleden onder invloed van de voeding met kwelwater een uitgestrekt en gevarieerd gebied met (grond)waterafhankelijke natuur aanwezig was. Het gebied is vanaf de jaren '30 van de 20e eeuw echter ontgonnen en in gebruik genomen als landbouwgebied. In het kader van het initiatiefplan is het de bedoeling om tot een zo goed mogelijk herstel te komen van de unieke natuurwaarden. Om dit ecologisch herstel te realiseren is enerzijds herstel van het hydrologische systeem en anderzijds effectieve verschraling van de bodem nodig.

Om af te leiden op welke wijze effectieve verschraling van de bodem gerealiseerd kan worden is bodemchemisch onderzoek uitgevoerd (B-WARE, 2012). Hieruit volgt dat voor effectieve verschraling afgraving van de fosfaatrijke bovengrond noodzakelijk is. Om af te leiden op welke wijze (in combinatie met de verwijdering van de bovengrond) het hydrologische systeem het best hersteld kan worden is door Bell Hullenaar in 2012 al ecohydrologisch onderzoek uitgevoerd en is op basis hiervan ook al een waterhuishoudkundig schetsontwerp opgesteld (Bell Hullenaar, 2012).

De afgelopen jaren is het initiatiefplan in breed verband uitgewerkt en staat het project aan de vooravond van de uitvoering. In dat kader is inmiddels ook een inrichtingsplan opgesteld dat een integraal eindbeeld van de beoogde natuurontwikkeling presenteert (Landschappartners, 2015). Om tot een optimaal resultaat te komen dient echter eerst nog nader onderzoek uitgevoerd te worden naar het functioneren van de lokale hydrologische systemen in De Diepen en dient het eerder opgestelde waterhuishoudkundige schetsontwerp te worden uitgewerkt tot een concreet hydrologisch inrichtingsplan.

In het kader van het eerder uitgevoerd ecohydrologisch onderzoek (Bell Hullenaar, 2012) is namelijk geconstateerd dat in de zone aan de voet van de stuwwal lokale hydrologische systemen werkzaam zijn. Voor de realisatie van het beoogde ecologische herstel van het gebied is het van belang om deze systemen bij de herinrichting van het gebied niet te verstoren, maar juist optimaal gebruik te maken van de aanwezigheid hiervan en deze (voor zover mogelijk) te herstellen. Om een goed behoud / herstel van deze systemen te kunnen realiseren is een gedetailleerd inzicht in de werking van deze systemen nodig. Dit is gedaan middels het uitvoeren van een aanvullend veldonderzoek.

De resultaten van het aanvullend veldonderzoek zijn grotendeels op 21-11-2016 besproken. Met het uitvoeren van aanvullende metingen begin maart 2017 is inmiddels ook het functioneren van het systeem in de wintersituatie inzichtelijk gemaakt en hiermee is het aanvullende veldonderzoek afgerond. Vervolgens is het ecohydrologisch inrichtingsplan opgesteld voor De Diepen. Voor de zone met de lokale systemen is dit gedaan op basis van de resultaten van het aanvullend onderzoek. Elders vindt de uitwerking plaats in lijn met het eerder opgestelde schetsontwerp, dat op zijn beurt gebaseerd is op het eerder uitgevoerde hydrologisch onderzoek. Wel heeft op basis van de grondwaterstands-meetreeksen van de peilbuizen die in het plangebied aanwezig zijn eerst actualisatie van de eerder gebruikte gegevens plaatsgevonden. Ook is beoordeeld of de wijzigingen die in het kader van de uitwerking van het initiatiefplan tot het inrichtingsplan met het integrale eindbeeld vanuit ecohydrologisch oogpunt al dan niet gunstig zijn / bijstelling behoeven.

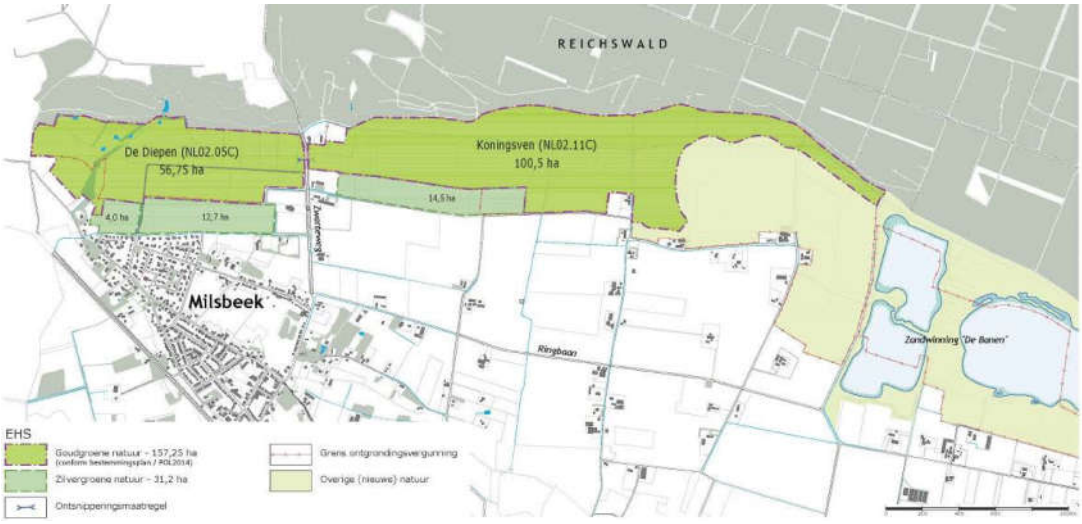
Doelstellingen

De doelstellingen van het project zijn dus:

- Het inzichtelijk maken van het hydrologisch functioneren van de lokale systemen aan de voet van de stuwwal in De Diepen, ter voorkoming van verstoring van deze systemen bij de herinrichting van het gebied en ten behoeve van een optimaal herstel hiervan.
- Uitwerking van een concreet hydrologisch inrichtingsplan voor De Diepen, in lijn met het eerder opgestelde schetsontwerp, met beoordeling van de planwijzigingen die de afgelopen jaren in het bredere planvormingsproces zijn doorgevoerd en (voor de zone met de lokale hydrologische systemen in De Diepen) op basis van de resultaten van het aanvullend onderzoek.

Aanpak

- Omdat dit project alleen een aanvulling / actualisatie / detaillering betreft op het eerder uitgevoerde onderzoek / opgestelde schetsontwerp wordt voor de gebiedsbeschrijving en de beschrijving van het lokale oppervlaktewatersysteem verwezen naar het eerder opgestelde rapport (zie Bell Hullenaar, 2012).
- Als basis voor het aanvullende veldonderzoek en het opstellen van het hydrologisch inrichtingsplan is in september 2016 wel een actualisatie uitgevoerd van de analyse van het grondwaterstandsverloop op basis van de permanente peilbuizen die in het plangebied aanwezig zijn. De reeksen zijn aangevuld met de meetgegevens van de afgelopen jaren, de reeksen zijn gecontroleerd op meetfouten en/of fouten in de technische gegevens en voor de (zo nodig gecorrigeerde) reeksen zijn opnieuw de GXG-waarden afgeleid. Dit onderdeel is opgenomen in hoofdstuk 2.
- Voor het afleiden van de juiste methode voor bescherming / herstel van de ondiepe hydrologische systemen in De Diepen zijn begin september 2016 circa 80 grondboringen uitgevoerd en zijn in een aantal raaien tijdelijke peilbuizen geplaatst, die behalve begin september (ofwel aan het einde van de zomer) ook nog een keer in een natte winterperiode zijn opgenomen (hoofdstuk 3). De verdere methode van het veldonderzoek wordt beschreven in paragraaf 3.1.
- Vervolgens is in hoofdstuk 5 het eerder opgestelde schetsontwerp uitgewerkt tot een concreet hydrologisch inrichtingsplan, met daarbij speciale aandacht voor de ondiepe systemen van De Diepen.
- In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de te verwachten hydrologische effecten en de hydrologische monitoring van de planmaatregelen.



Figuur 1.1 Plangebied Koningsven - De Diepen (Cleveringa, december 2015)

2 Grondwaterstandsverloop

Eerst wordt de opbouw van de meetnetten van Natuurmonumenten en Teunesen Zand & Grint behandeld (paragraaf 2.1). Vervolgens wordt ingegaan op de controle van de technische gegevens van de peilbuizen en de meetreeksen (paragraaf 2.2). Hierna wordt ingegaan op de nieuwe afleiding van de GXG-waarden voor de peilbuizen in het plangebied (paragraaf 2.3).

2.1 Opbouw van de meetnetten

In De Diepen is een hydrologisch meetnet van Natuurmonumenten aanwezig en in het Koningsven is een hydrologisch meetnet van Teunesen Zand & Grint aanwezig. De ligging van de meetpunten is met topografische ondergrond weergegeven in figuur 2.1 en met de AHN2-hoogteligging in figuur 2.2.

De eerste peilbuizen van het meetnet van Natuurmonumenten in De Diepen zijn geplaatst in 1991 en 1992. Het betreft hierbij peilbuizen B4, B5, B6 en B7. Peilbuizen B4, B5 en B6 hebben dubbele filters waarbij het A-filter het diepe filter is en het B-filter het ondiepe filter. In september 2006 is het meetnet uitgebreid met de peilbuizen B10 t/m B18 en piketten P11, P14 en P16. Peilbuizen B10 en B12 hebben dubbele filters waarbij het A-filter het ondiepe filter is en het B-filter het diepe. Tegelijk met de uitbreiding is in 2006 onderhoud gepleegd aan het bestaande meetnet. Hierdoor zijn er een aantal mutaties te vinden in de hydrologische databank DINO.

Het meetnet van Natuurmonumenten wordt handmatig opgenomen. De opname-frequentie bedraagt twee keer per maand, op of nabij de 14^{e} en 28^{e}.

Het meetnet van Teunesen bestond aanvankelijk uit vijf peilbuizen die geplaatst zijn in 2004 (kon200, kon204, kon207, kon208 en kon209). Het meetnet is in 2012 uitgebreid met de peilbuizen kon2, kon3 en kon12 t/m kon20. Vanaf 2012 is de opname overgegaan van handmatig naar automatisch met gebruik van dataloggers.

2.2 Controle en correctie van de meetreeksen

De controle heeft plaatsgevonden op basis van de grafieken van het grondwaterstandsverloop. De grafieken zijn opgenomen in bijlage 1. In de tekst wordt alleen ingegaan op meetpunten waarbij (mogelijk) fouten zijn geconstateerd.

Peilbuis B7

- De referentiehoogte van peilbuis B7 is in het kader van het aanvullende veldonderzoek begin september 2016 ingemeten ten opzichte van de overige peilbuizen in De Diepen. De nu gemeten referentiehoogte is 22 cm hoger dan zoals weergegeven in de hydrologische databank DINO. De huidige peilbuis is ook langer (349 cm) dan zoals weergegeven in de databank (323 cm, dus een verschil van 26 cm).
- Ook het verloop van de ongecorrigeerde grafiek van B7 is vreemd: in vergelijking met het beeld van andere grafieken (bijvoorbeeld B5 en B11) zijn de

grondwaterstanden van B7 tot maart 2009 onwaarschijnlijk hoog in vergelijking met de grondwaterstanden na maart 2009.

- Dit wijst erop dat de peilbuis (in samenhang met het aanbrengen van een beschermkoker) in maart 2009 is verlengd en dat deze verlenging niet is verwerkt in de databank. Dit is dus gebeurd na het onderhoud van het meetnet in 2006. De kleur van de verlenging van peilbuis B7 (bruin verlengstuk) wijkt ook af van de door Buijs verlengde peilbuizen (blauwe verlengstukken) en ook ontbreekt bij B7 een label van Buijs. Ook het type beschermkoker wijkt af. Dit is ook de reden dat deze verlenging ontbreekt in de rapportage van Buijs (Buijs, 2006).
- In relatie tot deze geconstateerde fout is voor peilbuis B7 ook een grafiek van het grondwaterstandsverloop gemaakt waarbij een correctie voor de verlenging is doorgevoerd en zijn de GXG-waarden bepaald op basis van deze gecorrigeerde reeks. Voor de verlenging is uitgegaan van een waarde van 22 cm (= verschil in gemeten referentiehoogten), wat dus iets minder is dan de waarde zoals kan worden afgeleid op basis van het nameten van de lengte van de peilbuis (26 cm). Aan het bedrijf dat de databank voor Natuurmonumenten beheert (Verbelco) is ook voorgesteld deze aanpassing door te voeren in DINO en inmiddels is dit ook gedaan.

Aandachtspunten bij de overige peilbuizen Natuurmonumenten

- Bij peilbuis B4 stonden de bovenzijden van beide filterbuizen eind 2013 / begin 2014 onder water. Deze jaren konden zodoende vanwege te weinig waarnemingen niet worden meegenomen bij de berekening van de GXG-waarden. Dus hiermee dient bij de interpretatie van de afgeleide GXG-waarden (zie paragraaf 2.3) rekening gehouden te worden.
- In de reeks van peilbuis B6A zijn (in vergelijking met de andere peilbuizen) in de zomer van 2011 opmerkelijk lage waarden gemeten. Verwacht zou mogen worden dat de meetwaarden zich (net als bij de overige peilbuizen) ongeveer op het zomerniveau van 2010 zouden moeten bevinden, maar de meetwaarden liggen hier ver (circa 50 cm) onder. Mogelijk hebben de lage waarden te maken met de monstername die destijds door B-WARE heeft plaatsgevonden, in combinatie met het feit dat het ondiepe filter in de slecht doorlatende deklaag staat, waardoor de toestroming naar het ondiepe filter zeer traag kan verlopen.
- Peilbuis B15 wordt vanaf maart 2012 niet meer opgenomen. De oorzaak hiervan was een vast geroest hangslot van de beschermkoker van de peilbuis. Inmiddels is het hangslot met een tang doorgeknipt en sindsdien wordt de peilbuis weer opgenomen.

Aandachtspunten bij de peilbuizen van Teunesen

- Sinds de overgang van de handmatige naar automatische registratie lijkt op grond van de grafieken een stijging op te treden van de hoogste (winter)grondwaterstanden. Dit is echter het gevolg van de sterk verhoogde meetfrequentie, waardoor het kortstondig hoog oplopen van de grondwaterstand bij neerslagpieken nu wel wordt geregistreerd en voorheen niet. Dergelijke pieken worden bij handmatige opname gemist omdat na afloop van de neerslagpiek de grondwaterstand vanwege de grofzandige ondergrond in dit gebied weer snel daalt.
- De meetreeks van kon209 heeft een vreemd (te laag) verloop in een groot deel van 2015. De oorzaak hiervan is onbekend, maar zou veroorzaakt kunnen worden door een niet goed functionerende datalogger.
- Ook peilbuis kon204 lijkt vanaf de winter van 2015/2016 een vreemd laag verloop te krijgen.

- Voor de nieuwe peilbuizen zijn de meetreeksen van kon12 t/m kon16 globaal bekeken (maar hiervan zijn geen grafieken in het rapport opgenomen). Hieruit volgt dat het verloop van kon14 vreemd is in 2015 en dat peilbuis kon16 onbetrouwbaar is, aangezien deze peilbuis ooit omver is gereden.
- Het is in zijn algemeenheid dus van belang om bij het uitlezen van de dataloggers ter controle op handmatige wijze de grondwaterstanden te meten.

2.3 Afleiding van de GXG-waarden

Inleiding

Voor karakterisering van het grondwaterstandsverloop zijn met behulp van het programma Menyanthes de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) afgeleid. Dit is gedaan voor de periode vanaf 2007 tot en met 2015. Ook bij de peilbuizen die al oudere meetreeksen hebben (van voor 2007) is alleen de periode vanaf 2007 gebruikt, opdat de GXG-waarden voor alle meetpunten op dezelfde wijze is bepaald. Bovendien zijn zo ruim voldoende meetjaren beschikbaar om de GXG-waarden op betrouwbare wijze af te leiden: hiervoor wordt als minimum namelijk acht jaar aangehouden. Voor de nieuwe peilbuizen van Teunesen zijn de GXG-waarden niet bepaald: de reeksen zijn immers nog aan de korte kant en bovendien kan op basis van de meetreeksen van de oude peilbuizen al een goed beeld gevormd worden van de situatie in het plangebied.

Vanaf 2007 tot op heden zijn er geen hydrologische ingrepen gepleegd in het gebied. Voor 2007 is dat wel het geval, want in 2004 is de voormalige loop van de Teelebeek verondiept. Maar deze ingreep valt dus buiten het bereik van de periode waarvoor de GXG-waarden zijn bepaald.

Peilbuizen B4 en B17 staan in (opgeworpen) ruggetjes. Het maaiveld ter plaatse van de peilbuizen is daarom niet representatief voor het ecohydrologische karakterisering van de betreffende plekken. Daarom is hier voor de weergave van de GXG-waarden ten opzichte van maaiveld het normale maaiveld genomen zoals aanwezig in de omgeving van de peilbuizen (op basis van metingen die zijn verricht in het kader van het veldonderzoek).

Resultaten in hoofdlijnen

De met Menyanthes afgeleide GXG-waarden staan vermeld in tabel 2.1. Er zijn geen grote verschillen tussen de nu afgeleide GXG-waarden op basis van de reeksen vanaf 2007 t/m 2015 ten opzichte van de eerder afgeleide GXG-waarden op basis van de meetreeksen vanaf 2007 t/m 2011 (zie tabel 3.1 in Bell Hullenaar, 2012): de verschillen bedragen veelal hooguit slechts enkele centimeters en (voor peilbuis B6A) maximaal 9 cm voor de GLG. Voor de peilbuizen in het Koningsven zijn vanwege de hogere opnamefrequentie sinds de automatische registratie van de grondwaterstanden de nieuwe GHG-waarden wel wat hoger (circa 5 cm) dan de oude GHG-waarden.

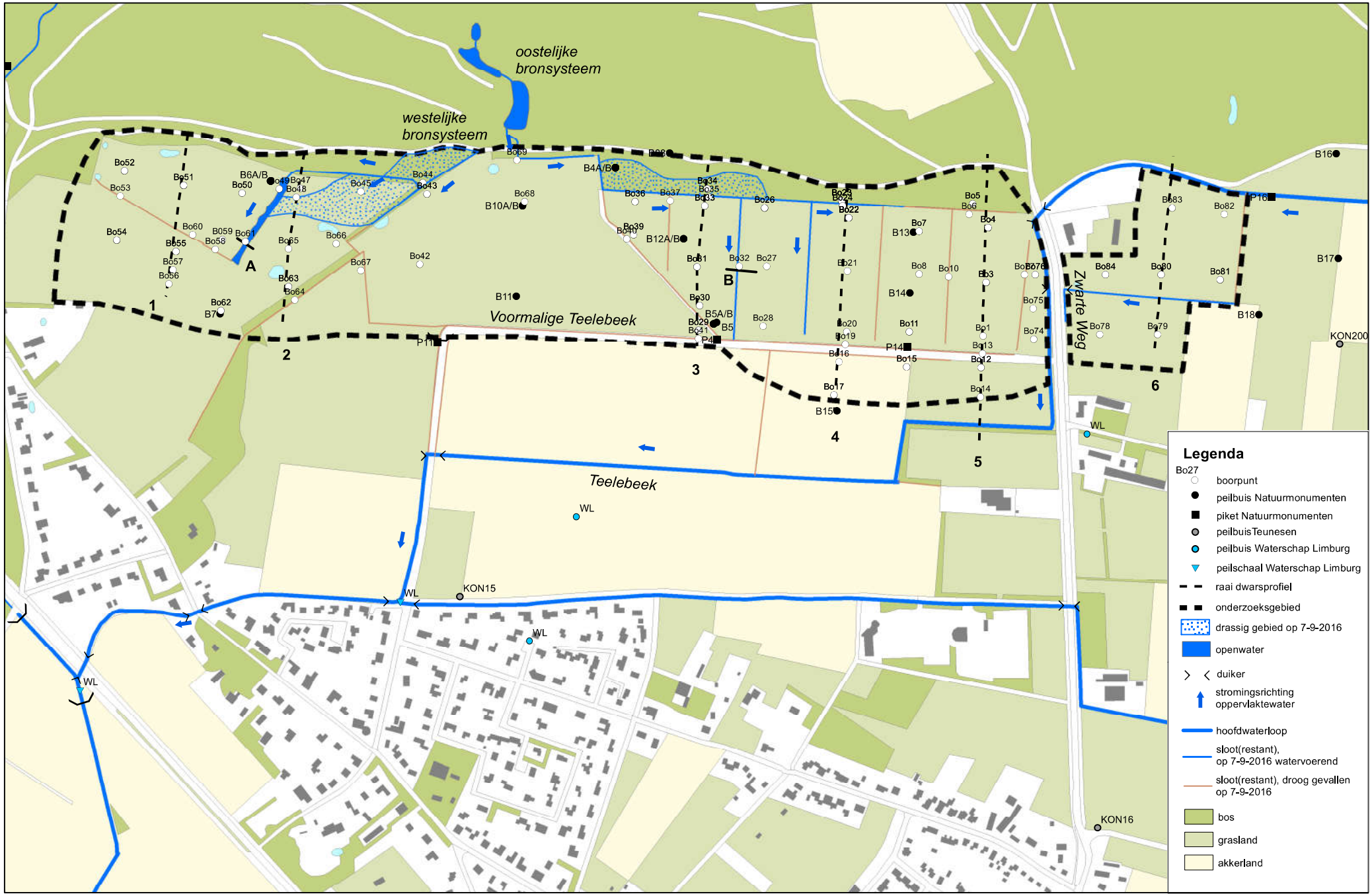
Dus de dwarsprofielen die in het kader van het eerdere onderzoek zijn vervaardigd, met hierin de GVG- en GLG-grondwaterspiegels op basis van de GVG- en GLG-waarden van de peilbuizen (en aanvullende grondwaterstandsmetingen in raaien van tijdelijke peilbuizen), behoeven geen bijstelling. Het eerder vervaardigde schetsontwerp is zodoende gebaseerd op de juiste GXG-informatie.

Peilbuis B4

In het kader van de eerdere analyse van het grondwaterstandsverloop (Bell Hullenaar, 2012) werd al gesignaleerd dat er ter plaatse van B4 vanaf het begin van de metingen in 1991 een vernattingsproces gaande is (zie grafiek van B4 in bijlage 1 van Bell Hullenaar, 2012). Uit de grafiek van B4B/B4A (en vergelijking met de grafieken van de overige peilbuizen) volgt dat dit vernattingsproces nog altijd gaande is. Dit is ook de reden dat in recente meetjaren de bovenzijden van de peilbuizen in sommige perioden onder water hebben gestaan. De verklaring van deze vernatting volgt uit de resultaten van het aanvullende veldonderzoek (zie paragraaf 3.2.2, dwarsprofiel 3).

Tabel 2.1 GXG-waarden van de peilbuizen

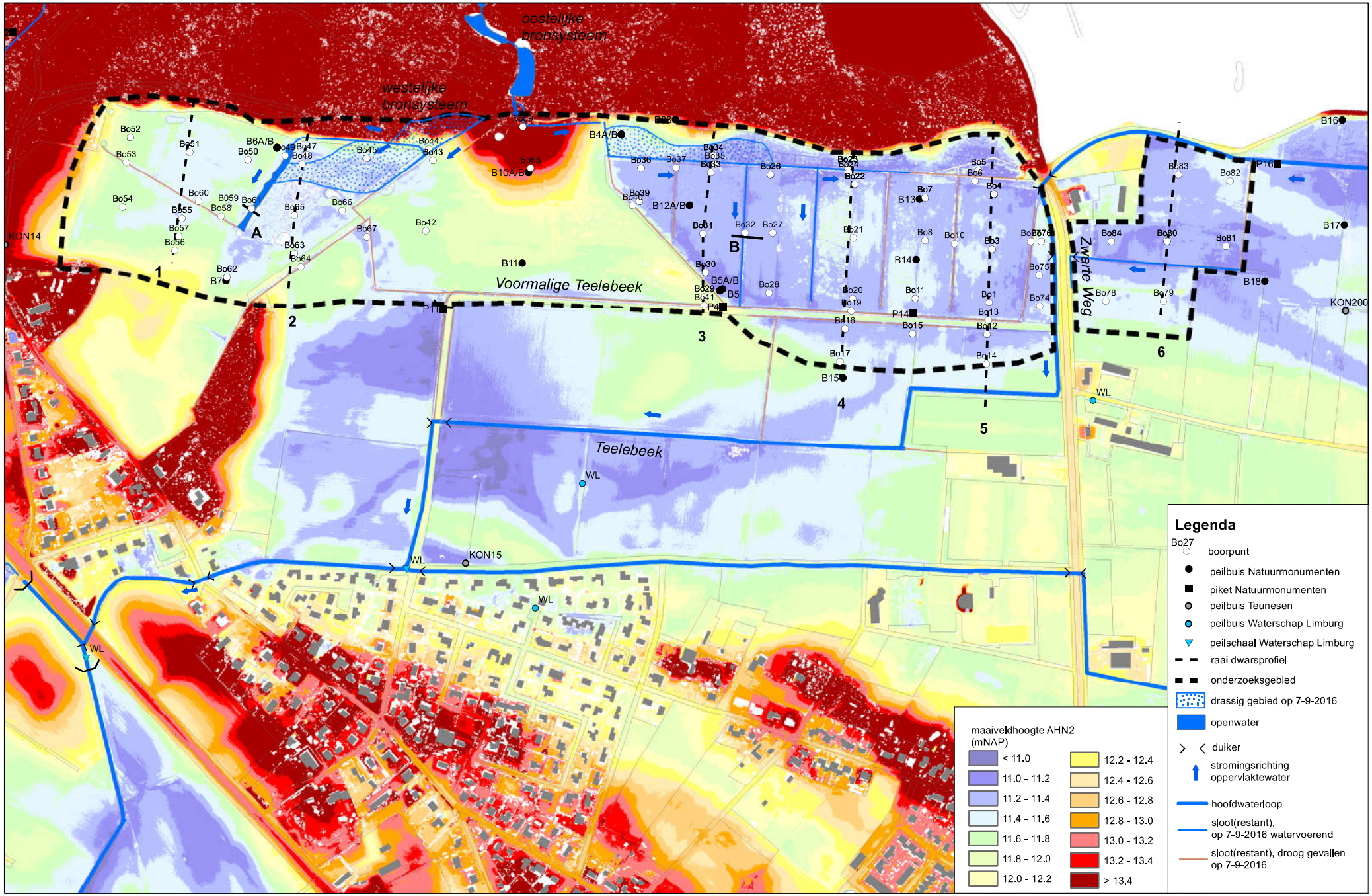
		maaiveld	GXG m tov NAP			GXG m tov mv		
peilbuis	periode	m+NAP	GHG	GVG	GLG	GHG	GVG	GLG
B4A(2)	2007-2012 en 2015	11,36	11,36	11,30	11,15	0,00	0,06	0,21
B4B(1)	2007-2012 en 2015	11,36	11,37	11,34	11,22	-0,01	0,02	0,14
B5	2007-2015	11,14	10,99	10,81	10,52	0,15	0,33	0,62
B6A(2)	2007-2015	11,56	11,27	11,12	10,53	0,29	0,44	1,03
B6B(1)	2007-2015	11,56	11,53	11,44	10,76	0,03	0,12	0,80
B7	2007-2015	11,50	10,96	10,79	10,27	0,54	0,71	1,23
B7cor	2007-2015	11,50	11,11	10,95	10,44	0,39	0,55	1,06
B10B(2)	2007-2015	13,30	11,26	11,10	10,78	2,04	2,20	2,52
B11	2007-2015	11,85	10,80	10,67	10,35	1,05	1,18	1,50
B12A(1)	2007-2015	11,20	11,16	10,93	10,64	0,04	0,27	0,56
B12B(2)	2007-2015	11,20	11,08	10,93	10,65	0,12	0,27	0,55
B13	2007-2015	11,23	10,85	10,76	10,57	0,38	0,47	0,66
B14	2007-2015	11,37	10,85	10,74	10,55	0,52	0,63	0,82
B15	2007-2011	11,64	10,75	10,70	10,43	0,89	0,94	1,21
B16	2007-2015	11,35	11,01	10,92	10,79	0,34	0,43	0,56
B17	2007-2015	11,42	11,01	10,89	10,72	0,41	0,53	0,70
B18	2007-2015	11,29	10,98	10,83	10,64	0,31	0,46	0,65
B200	2007-2015	11,46	11,02	10,88	10,70	0,44	0,58	0,76
B204	2007-2015	11,97	11,29	11,18	11,06	0,68	0,79	0,91
B207	2007-2015	12,20	11,49	11,38	11,24	0,71	0,82	0,96
B208	2007-2015	12,29	11,52	11,47	11,34	0,77	0,82	0,95
B209	2007-2015	12,25	11,20	11,11	10,92	1,05	1,14	1,33
B209	2007-2014	12,25	11,18	11,09	10,95	1,07	1,16	1,30



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 2.1 Topografische kaart met locaties van boorpunten en meetraaien

1:5000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 2.2 AHN2-hoogtekaart met locaties van boorpunten en meetraaien

1:5000

3 Aanvullend veldonderzoek

3.1 Methode

In principe heeft het veldonderzoek betrekking op het noordelijke deel van De Diepen, aangezien dit het gebied is waar in het kader van het eerdere onderzoek de lokale systemen zijn aangetroffen. Echter ook in een deelgebied direct ten oosten van de Zwarteweg zijn een aantal grondboringen uitgevoerd, aangezien van dit deel nog geen boorgegevens beschikbaar waren, omdat dit deel destijds buiten de zone van het bodemchemisch onderzoek van B-WARE viel.

In een raster van bij benadering 100 x 100 meter en een zestal raaien van noord naar zuid zijn op 5 en 6 september 2016 circa 80 grondboringen uitgevoerd. De ligging van de boorpunten / raaien is met topografische ondergrond weergegeven in figuur 2.1 en met de AHN-hoogteligging als ondergrond in figuur 2.2.

Daarbij is op de meeste locaties minimaal tot aan de onderzijde van de deklaag geboord. In de raaien zijn tijdelijke peilbuizen geplaatst. Daar waar een weerstandsbiedende deklaag is aangetroffen is zowel een filter in / boven de deklaag als onder de deklaag geplaatst. Daar waar in de raaien slootrestanten aanwezig zijn, zijn piketten geplaatst om de oppervlaktewaterstanden te kunnen meten.

Alle boorgaten, tijdelijke peilbuizen en piketten in De Diepen zijn op 7-9-2016 middels een doorgaande waterpassing ingemeten ten opzichte van NAP. Hierbij zijn de permanente peilbuizen van het hydrologisch meetnet van Natuurmonumenten als referentie gebruikt. Op 7-9-2016 zijn tevens de grondwaterstanden in de boorgaten / peilbuizen en (met behulp van de piketten) de oppervlaktewaterstanden in de slootrestanten gemeten, voor het vastleggen van de zomersituatie. Op 2-3-2017 zijn de grondwaterstanden in de peilbuizen opnieuw gemeten, voor het vastleggen van de wintersituatie.

Op de meetdagen (7-9-2016 en 2-3-2017) zijn ook de grondwaterstanden van de permanente peilbuizen van het hydrologisch meetnet van De Diepen opgenomen. In tabel 3.1 worden deze meetwaarden vergeleken met de GHG- en GLG-waarden die voor deze peilbuizen zijn afgeleid. Hieruit volgt voor welke omstandigheden de zomer- en wintermetingen representatief zijn. Zo is te zien dat de op 7-9-2016 gemeten grondwaterstanden 2 à 13 cm hoger zijn dan de GLG-waarden van de betreffende meetpunten. Dus op 7-9-2016 was het iets natter dan zoals onder GLG-omstandigheden. In de tabel is ook te zien dat op 2-3-2017 bij benadering GHG-omstandigheden aanwezig waren.

Bij het uitvoeren van de metingen begin september 2016 is ook geïnventariseerd waar op dat moment nog watervoerende slootrestanten / drassige plekken aanwezig waren, in samenhang met het uittreden van bronwater aan de voet van de stuwwal.

Op basis van de boringen en de metingen zijn vijf ecohydrologische dwarsprofielen (zie figuren 3.1 en 3.2) en een aantal kaarten (zie bijlage 3) vervaardigd. De kaarten betreffen:

- Bovenzijde, onderzijde en dikte van de deklaag.
- Bodemtype op 0-10 cm beneden maaiveld.
- Bodemtype op 40-50 cm beneden maaiveld.
- Bouwvoordikte.
- Onderzijde van de veenlaag ten opzichte van maaiveld (op locaties waar veen is aangetroffen).
- Grondwaterstand beneden maaiveld op 7-9-2016.

Tabel 3.1 Vergelijking van GXG-waarden met meetwaarden veldonderzoek op 7-9-2016 (zomermetingen) en 2-3-2017 (wintermetingen)

peilbuis	GXG m tov NAP			meetwaarde	verschil	meetwaarde	verschil
	GHG	GVG	GLG	7-9-2016	met GLG	2-3-2016	met GHG
B5	10,99	10,81	10,52	10,61	0,09	11,00	0,01
B6B(1)	11,53	11,44	10,76	10,78	0,02	11,56	0,03
B7cor	11,11	10,95	10,44	10,58	0,14	10,99	-0,12
B10B(2)	11,26	11,10	10,78	10,88	0,10	11,28	0,02
B11	10,80	10,67	10,35	10,48	0,13	10,80	0,00
B12A(1)	11,16	10,93	10,64	10,70	0,06	11,21	0,05
B12B(2)	11,08	10,93	10,65	10,72	0,07	11,09	0,01
B13	10,85	10,76	10,57	10,69	0,12	10,83	-0,02
B14	10,85	10,74	10,55			10,83	-0,02

3.2 Resultaten

- Eerst worden de resultaten van de kartering van de lokale bronsystemen aan de voet van de stuwwal behandeld.
- Vervolgens worden de resultaten van de boringen en metingen per dwarsprofiel behandeld. Daarbij worden (voor zover dit toegevoegde waarde heeft voor het duiden van de werking van het systeem) ook boorpunten buiten de raaien en de resultaten van de kartering van de bronsystemen aan de voet van de stuwwal meegenomen.
- Hierna wordt (in paragraaf 3.3) het totaalbeeld van het huidig hydrologisch functioneren beschreven dat volgt op basis van de boringen en metingen.
- Vervolgens wordt (in hoofdstuk 4) aangeven op welke wijze bij het afgraven van de fosfaatrijke toplaag verstoring van het systeem kan worden voorkomen en op welke wijze kan worden gewerkt aan systeemherstel. Eerst wordt dit per deelgebied gedaan en vervolgens wordt ook hiervan een totaalbeeld gegeven.
- Deze herstelmogelijkheden zijn op 21-11-2016 besproken met de projectgroep en vervolgens nader uitgewerkt in het hydrologisch inrichtingsplan (hoofdstuk 5).

3.2.1 Lokale bronsystemen

- In de stuwwal is ten noorden van peilbuis B10 een erosiedal aanwezig. In dit erosiedal is een bronsysteem werkzaam. Via drie vijvertjes en een gegraven loopje stroomt het bronwater naar de laagte ten oosten van de daluitspoelingswaaier die voor de monding van het erosiedal aanwezig is (en waarin peilbuis B10 staat).
- Verder is ook ten noorden van Bo43, aan de voet van de stuwwal, een bronzone aanwezig. Hier stroomt het bronwater via twee slootrestanten af naar de laagte ten westen van de daluitspoelingswaaier.
- Deze bronzone wordt in het vervolg van dit rapport het westelijke bronsysteem genoemd en het bronsysteem in het erosiedal zal worden aangeduid als het oostelijke bronsysteem.
- De wijze waarop de verdere afstroming van het bronwater plaatsvindt wordt in paragraaf 3.2.2 behandeld bij de betreffende dwarsprofielen (westelijke bronsysteem bij dwarsprofiel 2 en oostelijke bronsysteem bij profielen 3 en 4).

3.2.2 Dwarsprofielen

Dwarsprofiel 1

- Dwarsprofiel 1 betreft een doorsnede van een ondiepe laagte in het westen van De Diepen. Deze laagte wordt (anders dan de naastgelegen laagte van dwarsprofiel 2) niet gevoed door bronwater dat uit de voet van de stuwwal uittreedt.
- Ter plaatse van dwarsprofiel 1 is aan de oppervlakte een laag (kleiïg) zand van 0,3 à 0,4 meter aangetroffen, met hieronder een kleilaag van 0,3 à 0,5 meter.
- Op 7-9-2016 zijn alle ondiepe filters / ondiepe boorgaten boven de kleilaag droog. Het diepe systeem is dan dus bepalend voor de grondwaterstand. De grondwaterstand ligt op 0,7 à 0,8 meter beneden maaiveld.
- In de laagte ligt een ondiep slootrestant. Ter plaatse van het dwarsprofiel snijdt dit slootrestant de weerstandsbiedende kleilaag niet aan. Op de plek waar het slootrestant de laagte verlaat, en dus daar waar het slootrestant door de natuurlijke drempel van de laagte heen ligt, is een extra boring uitgevoerd (boring Bo58). Hier is onder de slootbodem nog altijd een laag kleiig zand van 0,45 meter aangetroffen.
- Op 2-3-2017 is de diepe grondwaterstand in de zandondergrond gestegen tot circa 0,3 m -mv. Vanwege de (semi)weerstandsbiedende werking van de kleilaag ligt de ondiepe grondwaterstand iets dichter nabij maaiveld, namelijk op circa 0,2 m -mv.

Dwarsprofiel 2

- Dwarsprofiel 2 betreft een doorsnede van de tweede laagte in het westen van De Diepen.
- Via twee slootrestanten stroomt bronwater uit het westelijke bronsysteem naar het noordelijke deel van de laagte en naar een noord-zuid georiënteerde brede sloot (ofwel gracht) die hier in de westflank van de laagte is uitgegraven.
- Onder deze laagte is meestal geen kleilaag maar veelal een laag (zwak) kleiig zand aangetroffen. De totale dikte van de laag kleiïge afzettingen (dus zowel klei als kleiig zand) bedraagt 0,6 à 0,7 meter.
- In het noordelijke deel van de laagte is aan de oppervlakte een veenlaag aangetroffen. Ter plaatse van dwarsprofiel 2 is de veenlaag 0,35 meter dik en sterk veraard.
- Langs de noordzijde van de laagte zijn op de verder oostelijk gelegen boorlocaties dikkere veenlagen aangetroffen: van 0,65 meter ter plaatse van Bo43 en 0,85 meter ter plaatse van Bo45. Ter plaatse van Bo43 is de gehele veenlaag sterk veraard en ter plaatse van Bo45 alleen de toplaag tot 0,3 m -mv. Hieronder is matig tot nauwelijks veraard veen aanwezig.
- De grondwaterstand van het diepe systeem bevindt zich op 7-9-2016 op 0,45 à 0,5 m -mv.
- Daar waar bronwater via de slootrestanten over het veen heen uitstroomt (in de zone met Bo43, Bo45 en Bo48) is het veen ook in de droge zomersituatie van 7-9-2016 geheel waterverzadigd: de grondwaterstand ligt hier dus direct aan maaiveld. Vanwege deze aanvoer ligt de ondiepe grondwaterstand hier dus ook op een hoger niveau dan de grondwaterstand in de zandondergrond.
- Daar waar geen voeding met bronwater optreedt (zoals ter plaatse van Bo47, op een afstand van slechts 15 meter van Bo48) is de veenlaag geheel droog gevallen: hier is de diepe grondwaterstand bepalend.
- De gracht waar het bronwater naar toe stroomt snijdt de weerstandsbiedende deklaag voor een belangrijk deel aan (zie detailprofiel A). Mogelijk doorsnijdt de

gracht op sommige plekken de laag zelfs geheel. Hierdoor infiltreert via de gracht het bronwater in versterkte mate naar de zandondergrond / het diepe systeem.

- Het slootrestant ten zuidoosten van de laagte doorsnijdt de weerstandsbiedende kleilaag geheel (zie dwarsprofiel 2). Hier lekt echter geen bronwater weg, omdat dit slootrestant geïsoleerd ligt van de laagte.
- Op 2-3-2017 is de diepe grondwaterstand in de zandondergrond gestegen tot aan het maaiveldsniveau van de laagte. Vanwege de (semi)weerstandsbiedende werking van de kleiige zandlaag en de aanvoer van het bronwater vanuit de flank van de stuwwal ligt de ondiepe waterstand in de laagte enkele decimeters boven maaiveld. Er treedt in deze situatie ook een lichte oppervlakkige afvoer op over de natuurlijke drempel van de laagte heen in zuidoostelijke richting.

Dwarsprofiel 3

- Dwarsprofielen 3, 4 en 5 betreffen doorsneden van de omvangrijke oostelijke laagte van De Diepen. Aangezien het centrale deel hiervan relatief hoog ligt betreft het een ringvormige laagte. Dwarsprofiel 3 betreft een doorsnede van het westelijke deel hiervan en dit dwarsprofiel loopt (anders dan dwarsprofielen 4 en 5) niet via het iets hoger gelegen centrale deel.
- Ter plaatse van het dwarsprofiel is onder deze laagte een kleilaag van 0,2 à 0,3 meter aanwezig met hieronder een laag kleiig zand van 0,3 tot 1,2 meter.
- Boven de kleilaag ligt een laag kleiig veen. Daar waar geulen in de ondergrond aanwezig zijn is de laag kleiig veen het dikst: 0,4 à 0,6 meter.
- Ter plaatse van het voormalige landbouwgebied is op het veen een zanddek van doorgaans 0,3 à 0,4 meter en soms 0,45 meter aanwezig. In het onderste deel van dit zanddek (onder de bouwvoor) is op een aantal plekken (Bo31 en Bo33 in het dwarsprofiel en Bo36 en Bo39 in de buurt hiervan) een geroerde bodem aangetroffen. Bovendien ligt het maaiveld in de zone met zanddek een stuk hoger dat het maaiveld in de niet ontgonnen strook aan de voet van de stuwwal. Deze waarnemingen wijzen erop dat het hier een antropogeen zanddek betreft dat is aangebracht om de draagkracht van de bodem te verbeteren. Omdat door het gewicht van het zanddek de veenlaag is samengeperst ligt de bovenzijde van de veenlaag aan weerszijden van de grens van het wel en niet ontgonnen deel niet meer op hetzelfde niveau.
- De diepe grondwaterstand ligt op 7-9-2016 0,45 à 0,5 meter beneden maaiveld. Het niveau van de ondiepe grondwaterstand ligt hier iets onder. De laagte wordt in de situatie van 7-9-2016 dus (in lichte mate) gevoed met kwelwater vanuit het diepe systeem.
- De laagte wordt op 7-9-2016 ook gevoed met bronwater van het oostelijke lokale bronsysteem (systeem met vijvertjes in het erosiedal). Via een loopje wordt het bronwater naar de oostelijke laagte geleid. Vanwege deze voeding is ter plaatse van dwarsprofiel 3 (en ook verder westelijk) de niet ontgonnen strook aan de voet van de stuwwal zeer drassig. Tegen de rand van het ontgonnen gebied aan ligt het waterpeil zelfs één tot enkele decimeters boven het niveau van de vaste veenbodem en vindt zodoende secundaire veenvorming plaats. Dit zeer hoge waterpeil hangt (ook) samen met de ophoging van de bodem met het zanddek in het ontgonnen gebied: deze ophoging vormt een barrière voor de oppervlakkige afstroming. De combinatie van deze barrièrewerking en de verlanding van de sloot op de grens van het wel en niet ontgonnen gebied vormen ook de verklaring van de sterke vernatting (tot boven maaivelds- en peilbuisniveau) die met behulp van de meetreeks van B4 is vastgesteld (zie paragraaf 2.3).
- Gezien het feit dat de grondwaterstand van het diepe filter van de permanente peilbuis B4 (filter B4-2) altijd lager is dan de grondwaterstand van het ondiepe filter (filter B4-1), treedt in deze zone zelf geen kwel op vanuit de ondergrond. Mogelijk treedt er (ook hier) wel laterale voeding vanuit de voet van de stuwwal op.

- Ter plaatse van dwarsprofiel 3 snijdt het slootrestant op de grens van het wel en niet ontgonnen deel de weerstandsbiedende deklaag wel aan, maar omdat de deklaag hier dik is (1,7 meter ter plaatse van Bo34), leidt dit hier niet tot grote verliezen naar het diepe systeem.
- Het bronwater stroomt via het slootrestant op de grens van het wel en niet ontgonnen gebied eerst in oostelijke richting af, en vervolgens via twee dwarssloten ook in zuidelijke richting. Hoe het bronwater zijn weg verder vervolgt wordt behandeld bij dwarsprofiel 4.
- Ter plaatse van Bo41 ligt de voormalige Teelebeek. De loop is met circa 0,6 meter sterk lemig zand / leem verondiept. De resterende loop doorsnijdt de deklaag nog altijd.
- Op 2-3-2017 is de diepe grondwaterstand in de zandondergrond gestegen naar circa 0,1 à 0,15 m -mv. De ondiepe grondwaterstand boven de deklaag ligt op dat moment aan of vlak boven maaiveld. Via het slootrestant dat direct ten oosten van de raai van het dwarsprofiel ligt vindt op 2-3-2017 oppervlakkige afvoer van water plaats naar de voormalige Teelebeek.

Dwarsprofiel 4

- De raai van dwarsprofiel 4 loopt via het relatief hoog gelegen centrale deel van de ringvormige laagte.
- In het noordelijke deel van de (ringvormige) laagte is ter plaatse van Bo22 een kleilaag van 0,45 meter aangetroffen met hierboven een veenlaag van 0,25 meter.
- Ook hier is een zanddek op het veen aangetroffen. De dikte hiervan bedraagt 0,3 meter. Het maaiveld ligt hier 0,3 meter hoger dan in het direct aangrenzende niet ontgonnen zone, wat erop wijst dat het ook hier een antropogeen zanddek betreft.
- Het slootrestant op de grens van het wel en niet ontgonnen gebied snijdt de deklaag in behoorlijk sterke mate aan. Toch is ook hier onder de sloot nog wel een kleilaagje aanwezig. Dus er gaat hier wel bronwater verloren naar de ondergrond, maar (in vergelijking met andere plekken) waarschijnlijk niet in sterke mate.
- In het hoog gelegen centrale deel is (ter plaatse van Bo21) aan de oppervlakte een kleiige zandlaag van 0,35 meter aanwezig met hieronder een kleilaagje van slechts 0,15 meter. Verder naar het zuiden toe (dus vanaf Bo21 naar Bo20) wordt de deklaag nog dunner. Ook ten oosten van Bo21, ter plaatse van Bo8, is de deklaag zeer dun (0,25 m) en ter plaatse van Bo27 (op circa 100 meter ten westen van Bo21) is zelfs helemaal geen kleiige laag aangetroffen. Dus niet alleen ter plaats van het hoger gelegen centrale deel, maar ook ter plaatse van de overgang naar de laagte aan de west-, zuid- en oostzijde is (praktisch) geen weerstandsbiedende deklaag aanwezig.
- Via de noord-zuid georiënteerde slootrestanten tussen dwarsprofielen 3 en 4 stroomt vanaf het slootrestant op de grens van het wel en niet ontgonnen deel bronwater toe, en dit bronwater gaat hier vanwege de doorsnijding van de dunne deklaag / afwezigheid van de deklaag in sterke mate verloren naar de zandondergrond.
- Ter plaatse van Bo16 en Bo20, in het zuidelijke deel van de laagte, is geen kleilaag aangetroffen. Hier is direct aan de oppervlakte alleen een laag (zwak) kleiig zand aanwezig. Deze laag is ter plaatse van Bo20 bovendien erg dun (0,35 meter). Dus ook hier heeft de deklaag praktisch geen weerstand.
- Ter plaatse van Bo19 ligt de voormalige Teelebeek. De loop is ook hier met circa 0,6 meter leem / sterk lemig zand verondiept. De resterende loop doorsnijdt de deklaag nog altijd.
- Op 7-9-2016 ligt de grondwaterstand in de laagten op 0,6 à 0,7 meter -mv. De grondwaterstand wordt op dat moment geheel bepaald door het diepe systeem.

- Op 2-3-2017 is de diepe grondwaterstand in de zandondergrond in de laagten gestegen tot circa 0,3 m -mv. Daar waar de deklaag een zekere weerstandsbiedende werking heeft (in het westelijke en oostelijke deel van het profiel) ligt de ondiepe grondwaterstand dicht nabij maaiveld en elders is ook op 2-3-2017 het diepe systeem bepalend voor de grondwaterstand.

Dwarsprofiel 5

- Ook de raai van dwarsprofiel 5 loopt via het hoog gelegen centrale deel van de omvangrijke ringvormige oostelijke laagte heen.
- Hier is in het centrale deel echter wel een aanzienlijke kleilaag aangetroffen (van 0,55 meter dik) met hieronder een laag kleiig zand van 0,35 meter.
- In de noordelijke deel van de laagte (met Bo4) is een dunne kleilaag aangetroffen (van 0,2 meter) met hieronder een dun laagje kleiig zand (van 0,25 meter) en hierboven een dun laagje sterk veraard veen (van 0,1 meter).
- Ook hier is op het veen een zanddek aangebracht. De dikte van het zanddek bedraagt hier 0,45 meter. Het maaiveld ligt hier 45 cm hoger dan de (vaste) bodem van het aangrenzende niet ontgonnen deel, wat er dus op wijst dat ook hier ophoging heeft plaatsgevonden.
- Ter plaatse van Bo1, op de flank van het zuidelijke deel van de laagte, is een zeer dunne kleilaag met gaten hierin aangetroffen (er is hier op meerdere locaties geboord). Ter plaatse van Bo12, ten zuiden de toegangsweg / het fietspad, is wel weer een dikkere kleilaag / kleiige zandlaag aangetroffen. Ook ter plaatse van de verder zuidelijk gelegen rug is een kleiige deklaag aanwezig.
- Dwarsprofiel 5 is doorgetrokken tot en met de Teelebeek. De Teelebeek is hier 1,45 meter diep en doorsnijdt de deklaag volledig. Op 7-9-2016 is hier een beekpeil van 10,62 mNAP gemeten. Getuige de sterke afvoer had de beek zelfs op 7-9-2016 een sterk drainerende werking op het grondwater van het diepe systeem. In samenhang hiermee zijn de grondwaterstanden in raai 5 (en ook elders in het onderzoeksgebied) tot op ruime afstand van de beek tot op of vlak boven het niveau van het beekpeil weggezakt.
- Ter plaatse van Bo13 ligt de voormalige Teelebeek. De loop is hier met circa 0,7 meter leem / sterk lemig zand verondiept. Hiermee is de doorsnijding van de deklaag hier deels tegengegaan.
- Op 7-9-2016 ligt de grondwaterstand in de laagten op 0,55 à 0,65 meter -mv. De grondwaterstand wordt op dat moment ook hier volledig bepaald door het diepe systeem.
- Op 2-3-2017 is de diepe grondwaterstand in de zandondergrond in de laagten gestegen tot circa 0,4 à 0,45 m -mv. Daar waar de deklaag een zekere weerstandsbiedende werking heeft ligt de ondiepe grondwaterstand dicht nabij maaiveld en elders is ook op 2-3-2017 het diepe systeem bepalend voor de grondwaterstand.
- Op 2-3-2017 is ter plaatse van dwarsprofiel 5 een waterpeil van 10,58 mNAP gemeten in de Teelebeek, Dit is dus iets (5 cm) lager dan in de droge zomersituatie van 7-9-2016, terwijl de afvoer op 2-3-2017 beduidend hoger was. Dit wijst erop dat er in de beek met behulp van de stuw die benedenstrooms van het projectgebied aanwezig is een hoog zomerpeil en laag winterpeil wordt gehanteerd. Dit peilbeheer zorgt er voor dat in de zones nabij de Teelebeek (geheel dwarsprofiel 5 en ook het zuidelijke deel van dwarsprofiel 4) de grondwaterstand in de winter niet veel hoger ligt dan in de zomer.

Dwarsprofiel 6

- De raai van dwarsprofiel 6 betreft een doorsnede van de meest westelijke laagte van het Koningsven.
- In de laagte is een deklaag van 0,5 à 1,0 meter aangetroffen, en deze bestaat uit een laag klei en meestal ook een laag kleiig zand.
- In deze raai is ter plaatse van de zuidflank van de laagte (Bo79) geen deklaag aanwezig en verder naar het westen is de deklaag ter plaatse van de zuidflank slechts 0,2 meter dik.
- In de laagte bevindt de grondwaterstand zich op 7-9-2016 op 0,4 à 0,55 m -mv en wordt op dat moment bepaald door het diepe systeem.
- De deklaag wordt hier behalve door de Teelebeek ook door een diepe sloot doorsneden.
- De Teelebeek draineert zelfs in de droge situatie van 7-9-2016 in sterke mate kwelwater vanuit het diepe systeem. In samenhang hiermee trad op 7-9-2016 via de Teelebeek een sterke waterafvoer op.
- In dwarsprofiel 6 zijn de grondwaterstanden vanwege de aanwezigheid van opdringerige paarden, en omdat dit deelgebied slechts zijdelings is meegenomen in dit aanvullende onderzoek, op 2-3-2017 niet gemeten.

3.2.3 Kaarten

Bovenzijde, onderzijde en dikte van de deklaag (zie bijlage 3a)

- Uit deze kaart volgt dat de dikte van de deklaag sterk wisselend is en doorgaans uiteenloopt van 0,25 tot 1,2 meter.
- Er zijn ook plekken met een deklaag van slechts 0,1 tot 0,25 m of (praktisch) zonder deklaag (0 tot 0,1 m) aangetroffen. Vergelijking met de hoogtekaart (figuur 2.2) laat zien dat deze plekken veelal ter plaatse van de hoger gelegen boorlocaties zijn aangetroffen.
- In de omvangrijke ringvormige oostelijke laagte zijn op de flanken van het centrale, relatief hoog gelegen deel plekken aangetroffen waar (praktisch) geen deklaag aanwezig is.

Bodemtype 0-10 cm -mv en 40-40 cm -mv (zie bijlagen 3b en 3c)

- Uit de kaart van het bodemtype op 0-10 cm -mv volgt dat in de huidige situatie vaak zand of zandige klei aan de oppervlakte aanwezig is. Uit de dwarsprofielen en boorbeschrijvingen volgt dat deze zandige toplaag veelal 0,3 à 0,4 m dik is.
- Uit de kaart van het bodemtype op 40-50 cm -mv volgt dat op deze diepte (in vergelijking met de toplaag) veel vaker klei of kleiig zand aanwezig is.
- Hieruit volgt dat vanwege de zandige samenstelling de bijdrage van de toplaag aan de weerstand van de deklaag vaak beperkt is.
- Ook volgt uit vergelijking van beide kaartbeelden dat bij het afgraven van de bouwvoor tot op een diepte van 0,4 meter er veel meer variatie in bodemtypen ontstaat.

Onderzijde van de veenlaag t.o.v. maaiveld (zie bijlage 3d)

- Uit deze kaart volgt dat met name in het noordelijke deel van de laagte met dwarsprofiel 2 en het noordelijke en westelijke deel van de ringvormige laagte met dwarsprofielen 3, 4 en 5 een veenlaag is aangetroffen.
- Uit de kaart volgt ook dat de ligging van de onderzijde van de veenlaag uiteenloopt van 0,35 tot 0,9 m -mv.

Bouwvoordikte en onderzijde van de geroerde bovengrond (zie bijlage 3e)

- Uit deze kaart volgt dat de bouwvoordikte doorgaans uiteenloopt van 0,15 tot 0,4 m, maar op sommige plekken ook dikker is (oplopend tot maximaal 0,6 à 0,7 m).
- Op sommige plekken is onder de bouwvoor tot op een diepte van veelal 0,4 à 0,45 en op één plek 0,5 m -mv een geroerde laag onder de bouwvoor aangetroffen. Deze roering is het gevolg van ploegen en/of ophoging van de bodem.

Grondwaterstand ten opzichte van maaiveld in de zomersituatie (zie bijlage 3f)

- Uit deze kaart volgt dat op 7-9-2016 de grondwaterstand in de laagten doorgaans 0,5 à 0,75 m -mv is weggezakt.
- Aan de randen van de laagten ligt de grondwaterstand op dat moment doorgaans op 0,75 à 1,0 m -mv.
- In de zones waar voeding met lokaal bronwater plaatsvindt ligt de grondwaterstand op 7-9-2016 (vlak) aan maaiveld.

3.3 Totaalbeeld van het huidig functioneren

Bodemopbouw

- In het onderzochte gebied is op de meeste plekken een deklaag aangetroffen. De deklaag is opgebouwd uit klei, kleiig zand en/of veen. De dikte van de deklaag loopt veelal uiteen van 0,25 tot 1,2 meter. Op een aantal plekken is de deklaag echter zeer dun (< 0,25 meter) en op enkele locaties is helemaal geen deklaag aangetroffen. Het betreft hierbij niet alleen hoger gelegen locaties maar (in het oostelijke deel van De Diepen) ook de flanken van het relatief hoog gelegen centrale deel.
- De deklaag heeft in principe een zekere weerstand maar de systeemweerstand is beperkt. Dit komt niet alleen door de aanwezigheid van zwakke plekken / gaten in de deklaag, maar ook door de vaak matige weerstand van de deklaag elders, doordat lang niet overal klei aanwezig is en de weerstand van kleiig zand en veen relatief gering is.
- In de laagten is het bovenste deel van de deklaag relatief zandig ontwikkeld of is er sprake van een zandlaag op de deklaag (in die gevallen is de toplaag ook niet meegeteld bij de bepaling van de dikte van de deklaag). Daar waar deze zandige laag / zandlaag op veen ligt zijn vaak ook kenmerken van bodemophoging waargenomen (vlekkerig bodemprofiel / hoogteverschillen met niet opgehoogde zone met veenbodem aan de voet van de stuwwal in dwarsprofielen 3, 4 en 5).

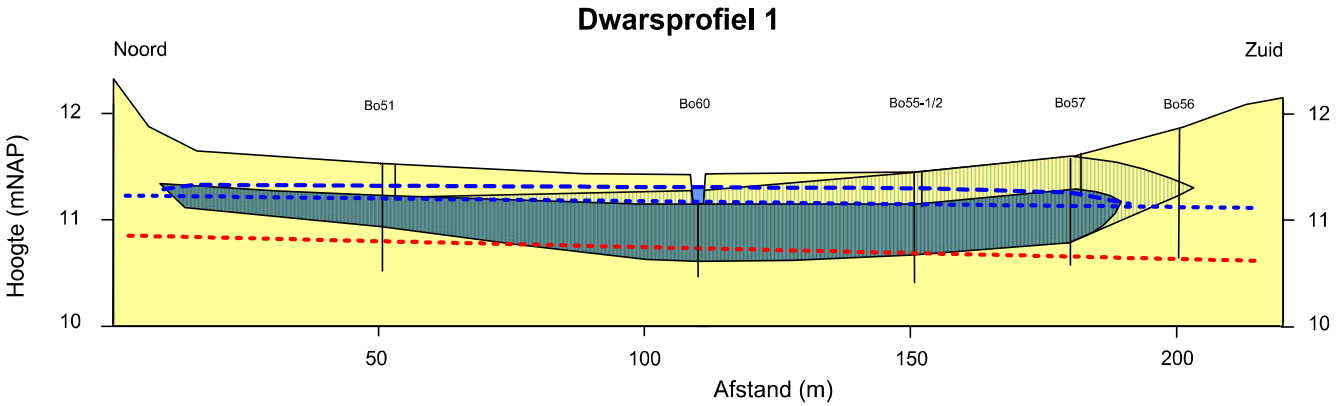
Functioneren van het diepe hydrologische systeem

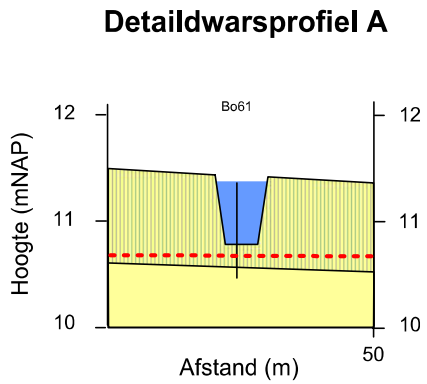
- Gezien de beperkte systeemweerstand van de deklaag is ook in het grootste deel van het nader onderzochte gebied het diepe hydrologische systeem het sterkst bepalend.
- Dit diepe systeem wordt gevoed vanuit de stuwwal, het grondwater stroomt via het watervoerende pakket (van circa 16 meter dik) in zuidelijke richting af, grotendeels onder het onderzoeksgebied door, naar de diepe Teelebeek. Door deze diepe hoofdwaterloop wordt het diepe grondwater het gehele jaar door (en zelfs in droge zomerperioden) in sterke mate gedraineerd en afgevoerd.
- Het lage drainageniveau van de Teelebeek is dus in sterke mate bepalend voor de grondwaterstanden in De Diepen en het Koningsven. Overigens heeft ook de aanleg van de Mokerplas tot verdroging van het westelijke deel van De Diepen geleid (Roestel & Geertsema, 2011). Het oostelijke uiteinde van de Mokerplas ligt op slechts 0,5 km ten zuidwesten van de Diepen en de plas staat in open verbinding met de Maas. In het betreffende traject van de Maas wordt het waterpeil vooral bepaald door de stuw bij Grave en het stuwpeil hiervan bedraagt omstreeks 8,0 mNAP. Dit neemt echter niet weg dat de Teelebeek de sterkst negatieve invloed heeft op het plangebied.
- Omdat de deklaag maar een beperkte systeemweerstand heeft zakt in de zomer de grondwaterstand weg tot op het stijghoogteniveau van het diepe systeem in de zandondergrond. Door de semi-weerstandsbiedende werking van de deklaag loopt de ondiepe grondwaterstand in / boven de deklaag in natte winterperioden wel tot boven het niveau van de stijghoogte in de zandondergrond op.

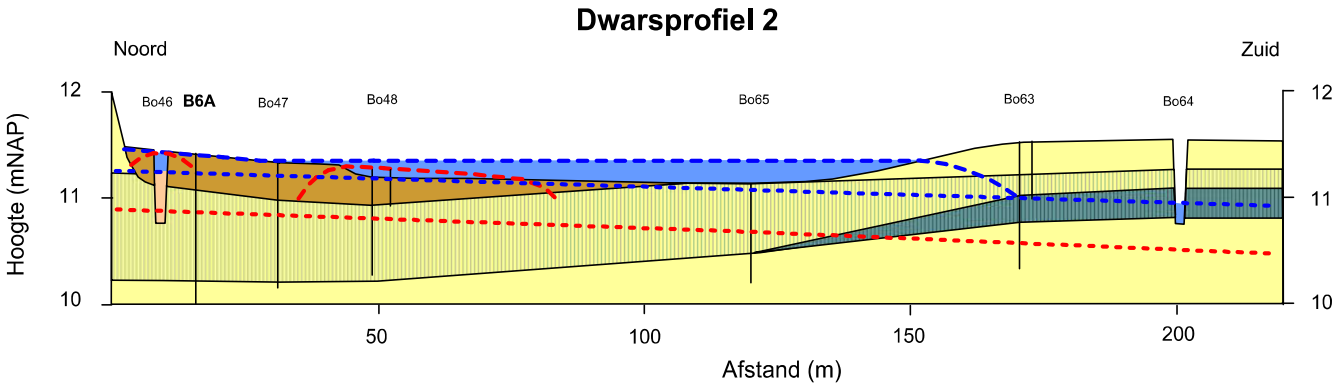
Functioneren van de lokale systemen

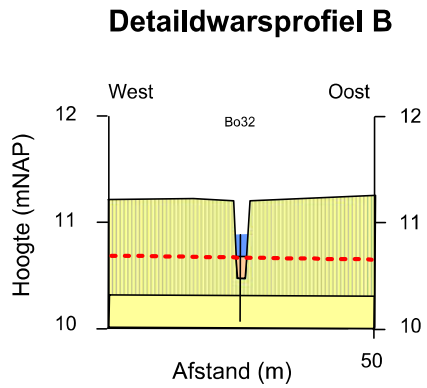
- In de stuwwal is ten noorden van peilbuis B10 een erosiedal aanwezig. In dit erosiedal is een bronsysteem werkzaam. Via drie vijvertjes en een gegraven loopje stroomt het bronwater naar de laagte ten oosten van de daluitspoelingswaaier die voor de monding van het erosiedal aanwezig is.

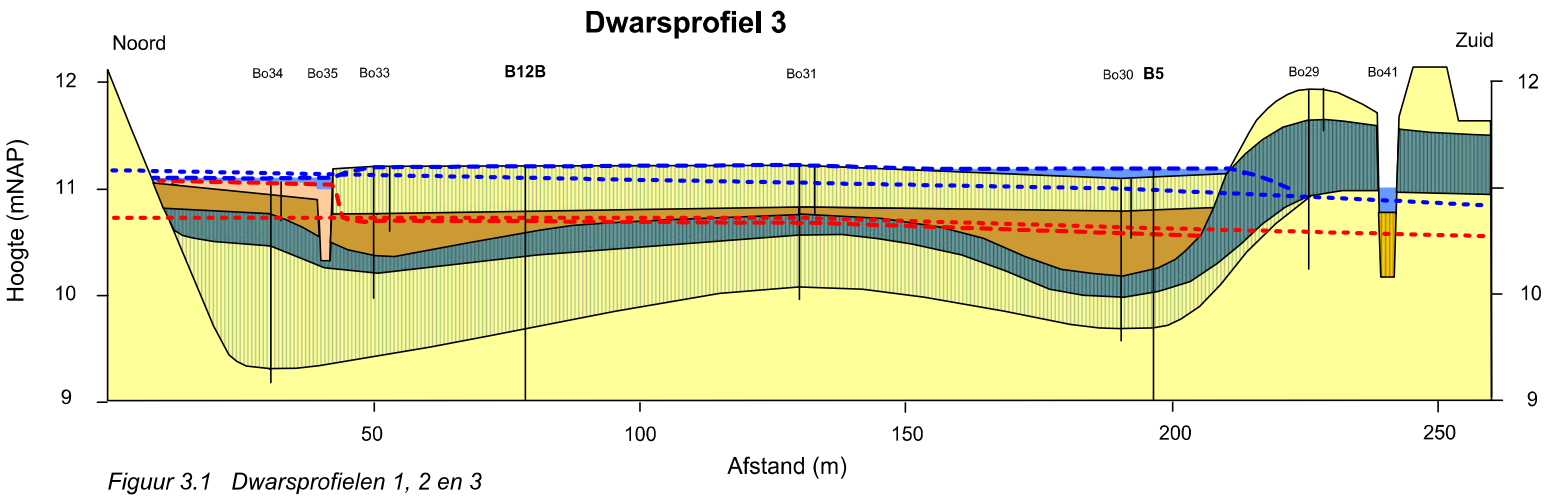
- Ook ten noorden van Bo43, aan de voet van de stuwwal, is een bronzone aanwezig. Hier stroomt het bronwater via twee slootrestanten af naar de laagte ten westen van de daluitspoelingswaaier.
- Terwijl op 7-9-2016 elders in het onderzoeksgebied de grondwaterstanden in aanzienlijke mate beneden maaiveld waren weggezakt waren de delen van de laagten die gevoed werden met het lokale bronwater nog drassig. Dit is behalve aan de voeding met het bronwater ook te danken aan de aanwezigheid van de hier redelijk goed ontwikkelde weerstandsbiedende deklaag, waardoor het bronwater niet gelijk infiltreert naar het diepe systeem. Dus in relatie tot deze combinatie van aanvoer van bronwater uit lokale bronsystemen en de opvang hiervan in de twee laagten met matig doorlatende bodem aan weerszijden van de daluitspoelingswaaier zijn hier lokale systemen werkzaam.
- Via de slootrestanten stroomt ook veel bronwater verder het gebied in. In de westelijke laagte stroomt het bronwater ook naar een zeer brede sloot (ofwel gracht) die hier is uitgegraven. De gracht in de westelijke laagte en de benedenstroomse trajecten van de slootrestanten in de oostelijke laagte snijden de weerstandsbiedende deklaag in sterke mate aan. Via de slootrestanten stroomt ook bronwater naar zones waar de deklaag (zeer) dun of zelfs geheel afwezig is. Zodoende vindt via zowel de gracht als via de slootrestanten een versterkte infiltratie van bronwater van de lokale systemen naar het diepe systeem plaats.

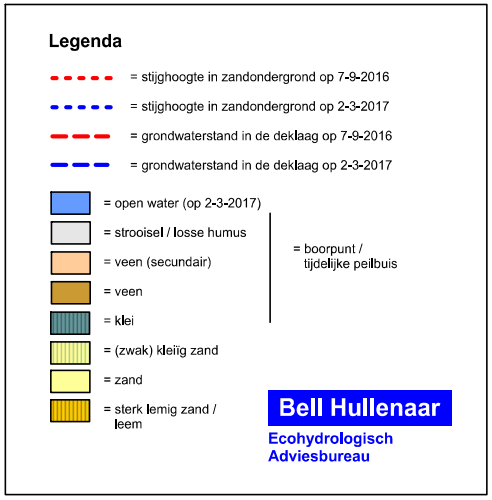




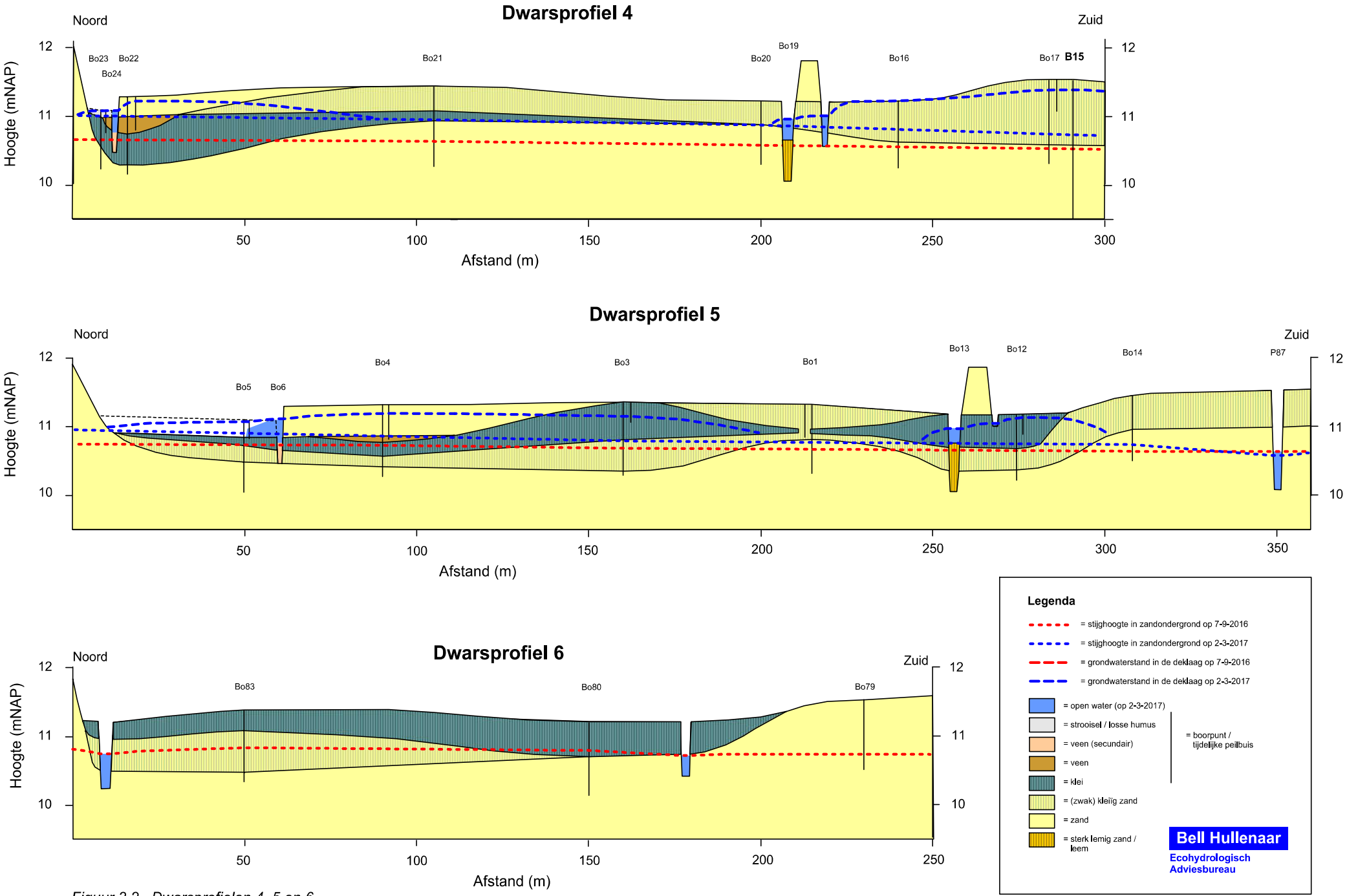








Figuur 3.1 Dwarsprofielen 1, 2 en 3



Figuur 3.2 Dwarsprofielen 4, 5 en 6

4 Herstelmogelijkheden

4.1 Inleiding

- Op basis van de resultaten van het aanvullende veldonderzoek en de resultaten van het bodemchemisch onderzoek (B-WARE, 2012) zijn de herstelmogelijkheden afgeleid. Dit wordt eerst per deelgebied gedaan (paragraaf 4.2) en vervolgens wordt hiervan een totaalbeeld gegeven (paragraaf 4.3).
- Aangegeven wordt met welke combinatie van afgraving van de fosfaatrijke toplaag en (daar waar van toepassing) herstel van de lokale hydrologische systemen het beoogde ecologische herstel het best gerealiseerd kan worden.
- Specifieke vraag hierbij is: kan in De Diepen de standaard-afgravingsdiepte van 0,4 meter worden aangehouden of dient (plaatselijk) een geringere afgravingsdiepte te worden gehanteerd om verstoring van de werking van de lokale systemen te voorkomen? En zo ja, wat zijn dan de consequenties voor de mate van verschraling van de bodem?
- Ook wordt (op basis van nadere bestudering van de resultaten van het bodemchemisch onderzoek van B-WARE) per deelgebied bekeken of het daadwerkelijk nodig is om 0,4 meter af te graven om tot een effectieve verschraling van de bodem te komen.
- Anderzijds wordt (op basis van de resultaten van de boringen van het aanvullende veldonderzoek) ook aangegeven of het plaatselijk verstandig is juist iets meer dan 0,4 meter af te graven.
- Ook wordt inzichtelijk gemaakt met welke aanvullende zaken rekening gehouden dient te worden om tot een optimaal eindresultaat te komen.
- Zo wordt uiteindelijk inzichtelijk gemaakt op welke wijze met minimale verstoring van het hydrologische systeem en juist een maximaal systeemherstel een effectieve verschraling van de bodem kan worden gerealiseerd middels het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond.
- Deze herstelmogelijkheden zijn eerst (op 21-11-2016) besproken met de projectgroep en vervolgens nader uitgewerkt in het hydrologisch inrichtingsplan (met bijbehorende plankaarten en dwarsprofielen van de toekomstige situatie) dat in hoofdstuk 5 is opgenomen.

4.2 Herstelmogelijkheden per deelgebied

4.2.1 Westelijke deel van De Diepen

Laagte met dwarsprofiel 1

- Bij het afgraven van de fosfaatrijke toplaag tot op een diepte van 0,4 meter zal de kleilaag die hier onder de laagte aanwezig is grotendeels intact blijven. Met deze afgraving wordt vooral de oppervlakkige zandlaag / kleiige zandlaag afgevoerd. Met deze afgravingsdiepte wordt eveneens de hier 0,3 à 0,35 m dikke bouwvoor geheel verwijderd en dit geldt ook voor de 0,3 m dikke veraarde veenlaag die ter plaatse van Bo50 aan de oppervlakte ligt.
- Het is op basis van de resultaten van het bodemchemisch onderzoek (B-WARE, 2012) niet raadzaam om in deze laagte een geringere ontgravingsdiepte toe te passen, aangezien de bodemlaag van 0,3 tot 0,4 m -mv nog altijd behoorlijk

fosfaatrijk is, en pas vanaf 0,4 tot 0,5 m -mv (matig) fosfaatarme omstandigheden aanwezig zijn.

- Op één locatie (Bo52) is een bouwvoor van 0,45 m aangetroffen. Op deze locatie is onder de bouwvoor bovendien een laagje sterk veraard veen van 0,05 m aangetroffen. Hieronder ligt een kleilaag van 0,55 m en daaronder een laag kleiig zand van 0,15 m. Het is raadzaam om de toplaag hier tot en met het veraarde veenlaagje af te graven, want zo kan ook hier een effectieve verschraling worden gerealiseerd zonder dat dit nadelige consequenties heeft voor het functioneren van het hydrologische systeem.
- Voor zover nog aanwezig na het afgraven van de toplaag, dient het slootrestant te worden gedempt. Hiervoor kan het best fosfaatarm, sterk lemig fijn zand / leem of kleiig zand aangevoerd / gebruikt worden.
- Met het dempen van het slootrestant wordt ook de afvoerdrempel van de ondiepe laagte hersteld, waardoor hier in de winter / het vroege voorjaar een lichte inundatie zal ontstaan. Net als in de huidige situatie zal de grondwaterstand in de zomer in deze laagte blijven wegzakken, maar vanwege het lagere maaiveldsniveau minder ver dan in de uitgangssituatie.

Laagte met dwarsprofiel 2

- In deze laagte kan onder de invloed van voeding met lokaal bronwater uit het westelijke bronsysteem, behoud en herstel van de systeemweerstand van de laagte en effectieve verschraling van de bodem een mesotrofe venontwikkeling worden gerealiseerd.
- Voor het goed laten functioneren van dit lokale systeem is het dus enerzijds van belang dat de weerstand van de deklaag goed intact blijft / hersteld wordt. Anderzijds is het voor de benutting van de potenties nodig om de fosfaatrijke toplaag af te graven en dit ook vlakdekkend te doen, volledig tot aan de buitengrens van het voormalige landbouwgebied, ofwel tot aan het slootrestant op de grens van het wel en niet ontgonnen deel.
- In het centrale deel van de laagte (Bo65) is de deklaag het dunst (0,65 m). Hier is echter ook slechts een dunne bouwvoor van 0,2 m aangetroffen. Het is hier waarschijnlijk ook vanuit verschralingsoogpunt niet per se nodig om 0,4 meter af te graven. Dit is op grond van de resultaten van het bodemchemisch onderzoek niet eenduidig af te leiden, omdat daarbij op drie andere plekken in de laagte is geboord, waarbij telkens een fosfaatrijke veenlaag aanwezig was, waarvan de onderzijde op 0,4 à 0,5 m -mv lag (B-WARE, 2012). Wel blijkt uit de analyseresultaten dat de kleiige laag direct onder dit veen telkens (matig) fosfaatarm was.
- Ter plaatse van de flanken van de laagte aan de west-, zuid- en oostzijde is een dikkere en/of dieper gelegen weerstandsbiedende laag aanwezig. Zodoende kan hier wel de standaard afgravingsdiepte van 0,4 m (of de bouwvoordikte) worden aangehouden.
- Uit de resultaten van het bodemchemisch onderzoek volgt dat de veenbodem in het noordelijke deel van de laagte al vanaf een diepte van 0,3 m -mv fosfaatarm is. Deze diepte komt ongeveer overeen met de onderzijde van de sterk veraarde toplaag. Dus hier kan al een effectieve verschraling worden gerealiseerd met een ontgravingsdiepte van 0,3 meter. Dus daar waar een dikkere veenlaag aanwezig is, zal ook na afgraving van de toplaag een veenbodem aanwezig blijven. Onder invloed van de voeding met bronwater vanuit de westelijke brontak zal het veen (net als in de huidige situatie) ook permanent nat blijven, waardoor er hier naar verwachting geen risico is op mineralisatie van de veenbodem.
- Het slootrestant op de grens van het wel en niet ontgonnen gebied veroorzaakt geen noemenswaardig versterkt infiltratieverlies naar het diepe systeem, omdat onder de loop nog een voldoende dikke laag kleiig zand aanwezig is. Daarom hoeft dit slootrestant niet per se gedempt te worden, en kan volstaan worden met

afdamming, zodat al het bronwater weer op natuurlijke wijze de laagte gaat voeden, en niet meer voor een belangrijk deel doorstroomt naar de gracht.

- Het resterende profiel van de brede gracht die in de westflank van de laagte is uitgegraven dient wel volledig te worden gedempt (met sterk lemig /kleiig zand), zodat via deze gracht geen versterkt infiltratieverlies naar de ondergrond meer optreedt.
- De laagte loopt ver in zuidwestelijke richting door. In de zuidwestpunt van de laagte is (ter plaatse van Bo62) onder een zanddek van 0,5 m zelfs nog een veenlaag van 0,35 m aangetroffen. Vanuit geomorfologisch / landschappelijk en bodemchemisch oogpunt verdient het de voorkeur om de fosfaatrijke toplaag vlakdekkend over de gehele laagte en de omgeving hiervan af te graven en dus ook in dit zuidwestelijke deel. Probleem hierbij is echter dat met name het infiltratieverlies vanuit het zuidwestelijke deel van de laagte relatief sterk is, omdat de stijghoogte in de zandondergrond hier al erg laag is. Dus indien de fosfaatrijke toplaag inderdaad vlakdekkend uit de laagte wordt verwijderd, dan zal via de laagte water op lager niveau oppervlakkig gaan afstromen naar de zone met relatief sterk infiltratieverlies aan de zuidzijde, waardoor de laagte als geheel dus ook relatief veel water zal gaan verliezen naar het diepe systeem. Gezien dit risico dient overwogen te worden om een rug te handhaven die deze oppervlakkige afvoer tegengaat. De laagte wordt hiermee dus onderverdeeld in twee eenheden.

4.2.2 Oostelijke deel van De Diepen

Westelijke en noordelijke deel van de laagte

- In het westelijke en noordelijke deel van deze laagte kan onder de invloed van voeding met lokaal bronwater uit het oostelijke bronsysteem, behoud en herstel van de systeemweerstand van de laagte en effectieve verschraling van de bodem naar verwachting een mesotrofe venontwikkeling en (op termijn) veenontwikkeling worden gerealiseerd.
- Uit de resultaten van het bodemchemisch onderzoek volgt dat een afgravingsdiepte van 0,4 meter nodig is om een effectieve verschraling van de bodem te kunnen realiseren. De bodemlaag op 0,3 tot 0,4 m -mv is op veel plekken namelijk (veel) te fosfaatrijk en op 0,4 tot 0,5 m -mv zijn fosfaatarme omstandigheden aanwezig.
- Het afgraven van de fosfaatrijke toplaag tot op een diepte van 0,4 meter is hier ook goed in het systeem inpasbaar, omdat hiermee de zandlaag / zandige laag die aan de oppervlakte ligt wordt verwijderd en de hieronder gelegen weerstandsbiedende kleilaag / kleiige zandlaag grotendeels of geheel intact blijft. Bovendien betreft het een zanddek dat door de mens is aangebracht voor verbetering van de draagkracht / vermindering van de vochtigheid van de bodem. Dus de verwijdering hiervan betekent eveneens herstel van de natuurlijke bodemopbouw.
- Ook daar waar de dikte van het zanddek groter is dan 0,4 meter (zoals ter plaatse van Bo4, waar de dikte van het zanddek 0,45 meter bedraagt), kan het best het complete zanddek worden verwijderd. Dit levert immers het meest volledige herstel van het natuurlijke systeem en vaak bevat ook dit onderste deel van een dergelijk zanddek veel fosfaat.
- In het gedeelte van de laagte met dwarsprofiel 3 is de veenlaag relatief dik en hier zijn (nu al) relatief natte omstandigheden aanwezig. Het betreft hierbij vaak ook kleiig veen of een fijnmazige afwisseling van klei en veenlaagjes. Hooguit de bovenste 0,1 meter hiervan is sterk veraard. In dit gedeelte kan de (kleiige)

veenlaag het best wel intact worden gelaten of hooguit tot een diepte van 0,1 meter worden afgeschraapt.

- Daar waar onder het zanddek een dunne, geheel veraarde veenlaag aanwezig is (zoals ter plaatse van Bo22 in dwarsprofiel 4 en Bo4 in dwarsprofiel 5), kan ook deze laag het best mee worden afgegraven.
- Voor een goede ecologische ontwikkeling van dit gebied is het ook zaak om het bronwater dat vanuit de oostelijk brontak toestroomt beter in de laagte te conserveren. Hiertoe dienen in ieder geval de slootprofielen die na het afgraven van de toplaag achterblijven volledig te worden gedempt met sterk lemig / kleiig zand.
- In combinatie hiermee kan overwogen worden om maatregelen te treffen ter voorkoming van oppervlakkige afstroming van delen met weinig infiltratie naar delen met meer infiltratie (vanwege zwakke plekken in deklaag en/of een geringere stijghoogte in de zandondergrond) middels het handhaven van ruggen.
- Op deze wijze kan in principe ook worden voorkomen dat een waterstandsdaling optreedt in het nu zeer natte westelijke deel van de broekboszone in de niet ontgonnen strook aan de voet van de stuwwal. Maar in deze zone is nu vanwege de barrièrewerking van het zanddek in het ontgonnen gebied een onnatuurlijk hoog peil aanwezig.
- Het is daarom niet nodig en zelfs onwenselijk om op de grens van het wel en niet ontgonnen gebied een wal te handhaven. Het is beter om deze zone als één geheel te benaderen en de natuurlijke overgang hier te herstellen, ook al wordt het waterpeil in de moerasboszone hierdoor iets lager.

Overige deel

- Elders in het gebied is de systeemweerstand van de deklaag beperkt, omdat de deklaag hier over het algemeen dun is en er zwakke plekken en zelfs gaten hierin aanwezig zijn.
- Omdat de deklaag hier over het algemeen bovendien aan de oppervlakte ligt zal deze bij het afgraven van de fosfaatrijke toplaag voor een belangrijk deel of geheel verdwijnen.
- Dit zal vooral betekenen dat in natte winter- en voorjaarsperioden de grondwaterstanden ten opzichte van NAP minder zullen hoog oplopen dan nu het geval is: de GHG- en GVG-grondwaterstanden zullen zodoende ten opzichte van NAP dus dalen. Aangezien de laagste grondwaterstanden hier geheel bepaald worden door het diepe systeem zal hierin geen verandering als gevolg van het (grotendeels) verwijderen van de deklaag: de GLG-grondwaterstanden zullen ten opzichte van NAP (bij benadering) dus gelijk blijven.
- In samenhang hiermee zal de grondwaterstandsdynamiek dus afnemen en als gevolg van de daling van het maaiveld zal de GLG ook veel minder diep beneden maaiveld liggen. Dit betekent dat de hydrologische condities voor herstel / ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen sterk zullen verbeteren.

4.2.3 Westelijke deel van het Koningsven

- Voor het Koningsven is op basis van het eerder uitgevoerde bodemchemisch onderzoek afgeleid dat over het algemeen een afgravingsdiepte van 0,5 m noodzakelijk is om over circa 60% van de oppervlakte van het gebied een voldoende mate van verschraling van de bodem te realiseren.
- Uit nadere bestudering van de resultaten van het bodemchemisch onderzoek volgt echter dat in de westelijke laagte van het Koningsven een afgravingsdiepte van 0,4 m afdoende is voor een effectieve verschraling van de bodem.
- Temeer omdat met deze iets geringere afgravingsdiepte de uiteindelijk gewenste aansluiting van de laagten van het geulenstelsel van het Koningsven op dat van De Diepen eenvoudiger kan plaatsvinden, kan ook voor de westelijke laagte van het Koningsven het best een afgravingsdiepte van 0,4 meter worden aangehouden.
- Met een afgravingsdiepte van 0,4 meter zal hier ook een klein deel van de deklaag intact blijven, wat gunstig is voor de natuurontwikkelingsmogelijkheden, vanwege de extra variatie in bodemtypen en de bufferende eigenschappen van een kleiige bovengrond.
- Een groot deel van de weerstand van de deklaag zal bij het afgraven van de bovengrond tot op een diepte van 0,4 meter wel verdwijnen, maar dat is niet bezwaarlijk, omdat de betekenis van de deklaag hier gering is: ook hier zijn als gevolg van de semi-weerstandsbiedende deklaag weliswaar in natte winter- en voorjaarsperioden (ten opzichte van NAP) hoge grondwaterstanden aanwezig, maar zakt de grondwaterstand in droge zomerperioden weg tot op het stijghoogteniveau van het diepe systeem. Dus ook hier zal het grotendeels verwijderen van de deklaag betekenen dat de GHG- en GVG-grondwaterstanden ten opzichte van NAP zullen dalen en ook hier zal door het verwijderen van de deklaag de GLG-grondwaterstand niet veranderen, dus ook hier levert het afgraven van de bovengrond een afname van de grondwaterstandsdynamiek en zal de grondwaterstand in de zomer minder ver beneden maaiveld wegzakken.
- Vanwege de aanpak van de drainerende werking van de sterk drainerende Teelebeek, die hier (en ook elders in het Koningsven) direct aan de voet van de stuwwal ligt, zal de diepe grondwaterstand, en dus ook de GLG-grondwaterstand hier bovendien naar verwachting gaan stijgen, wat dus een extra demping van de grondwaterstandsdynamiek oplevert.
- Door de combinatie van het afgraven van de bovengrond en de aanpak van de drainerende werking van de Teelebeek worden de hydrologische condities hier dus in extra sterke mate verbeterd.

4.3 Totaalbeeld van de herstelmogelijkheden

- In De Diepen is het voor het realiseren van een effectieve verschraling van de bodem over het algemeen noodzakelijk om de bovengrond tot op een diepte van 0,4 m af te graven en deze afgravingsdiepte kan over het algemeen ook gehanteerd worden zonder dat dit leidt tot verstoring van de werking van het hydrologische systeem.
- Een uitzondering hierop vormt de laagte met dwarsprofiel 2: hier kan ter voorkoming van de werking van het lokale systeem (onder invloed van de voeding met bronwater uit de westelijke brontak) in het centrale deel beter alleen de dunne bouwvoor van 0,2 meter worden afgegraven, zodat de hier vrij dunne deklaag zo goed mogelijk intact kan worden gelaten. Verder is in het noordelijke deel van deze laagte de bodem al vanaf een diepte van 0,3 m -mv, fosfaatarm, dus hier hoeft voor een goede verschraling slechts 0,3 m afgegraven te worden.
- In het tweede gebied waar een lokaal systeem werkzaam is, het westelijke en noordelijke deel van de oostelijke laagte van De Diepen, is het afgraven van een laag van 0,4 meter wel inpasbaar, omdat het hier een zanddek betreft dat door de mens is aangebracht om de draagkracht van de bodem te verbeteren.
- Daar waar geen lokale systemen werkzaam zijn levert het afgraven van de bovengrond ondanks het hiermee gepaard gaande (grotendeels) verwijderen van de deklaag betere hydrologische condities voor herstel / ontwikkeling van grondwaterafhankelijke vegetaties, omdat:
    - Door het grotendeels wegnemen van de semi-weerstandsbiedende werking van de deklaag de GHG- en GVG-grondwatertanden zullen dalen en de (door het diepe systeem bepaalde) GLG-grondwaterstanden op eenzelfde niveau zullen blijven, waardoor de grondwaterstands-dynamiek dus in sterke mate afneemt.
    - Vanwege het verlagen van het maaiveld de GLG-grondwaterstand minder ver onder maaiveld zal liggen.
- Het afgraven van de toplaag levert (behalve effectieve verschraling van de bodem) ook een verhoging van de variatie in bodemtypen op. Terwijl de toplaag in de laagten nu op veel plekken uit zand bestaat (zie bijlage 3b), zal hier bij afgraving van de toplaag vaak klei, kleiïg zand of veen aan de oppervlakte komen te liggen (zie kaart 3c).
- In het westelijke en noordelijke deel van de oostelijke laagte van De Diepen zal met het afgraven van het antropogene zanddek tevens het hoogteverschil tussen het wel en niet ontgonnen deel (aan de voet van de stuwwal) worden weggenomen waardoor er hier dus weer een goede aansluiting kan ontstaan.
- Het is een risico om in zones waar de grondwaterstand te laag is (en blijft) sterk veraard veen aan de oppervlakte te laten komen, aangezien in dat geval in sterke mate voedingsstoffen vrij zullen (blijven) vrijkomen uit deze veenlaag. Daarom kan in dergelijke gevallen de sterk veraarde veenlaag het best mee worden afgegraven. Het betreft hierbij ook slechts dunne extra laagjes (van circa 0,1 m). Daar waar de grondwaterstand wel voldoende hoog is of zal worden, kan de veenlaag het best wel worden gehandhaafd.
- Het is zaak om het bronwater van de beide bronsystemen beter te benutten in de laagten die hiermee (via oppervlakkige toevoer) worden gevoed. Hiertoe dienen (na afgraving van de fosfaatrijke toplaag) de resterende profielen van de gracht en de slootrestanten volledig te worden gedempt met sterk lemig / kleiig fijn zand, zodat de infiltratieverliezen die nu via de gracht en de slootrestanten naar het diepe systeem optreden worden tegengegaan.
- Om te voorkomen dat de met bronwater gevoede laagten veel water verliezen door oppervlakkige afstroming naar (zuidelijke) zones waar het infiltratieverlies groter is, is het raadzaam om bij het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond enkele ruggen te handhaven die de oppervlakkige afvoer van noord naar zuid tegengaan.

5 Ecohydrologisch inrichtingsplan

5.1 Inleiding

In lijn met de eerder opgestelde (en door Oranjewoud doorgerekende) waterhuishoudkundige inrichtingsschets voor het complete natuurontwikkelingsgebied Koningsven - De Diepen (Bell Hullenaar, 2012), in wisselwerking met de uitwerking van het integrale inrichtingsplan door Cleveringa en op basis van de resultaten van het aanvullende onderzoek is voor De Diepen een concreet ecohydrologisch inrichtingsplan opgesteld. Het plan is in conceptvorm op 6 april 2017 met de projectgroep besproken en het daarbij geleverde commentaar is verwerkt in het eindconceptplan. Dit eindconcept is op 4 mei 2017 besproken met een deskundige van Waterschap Limburg (E. Raaijmakers) en is daarbij positief beoordeeld. Voor zover het door E. Raaijmakers bij de bespreking geleverde commentaar betrekking had op de planuitwerking van De Diepen, is dit verwerkt in de definitieve versie van het plan. Het ecohydrologisch inrichtingsplan wordt uiteindelijk geïntegreerd in het integrale inrichtingsplan van Cleveringa.

Hoewel het in deze fase dus alleen een concrete planuitwerking betreft voor deelgebied De Diepen, is bij de planuitwerking wel alvast rekening gehouden met de aansluiting van het laagtenstelsel van het Koningsven op het laagtenstelsel van De Diepen, in een volgende fase van het totale project. Ook wordt alvast aangegeven op welke wijze de waterhuishoudkundige inrichting rond Eethuis De Diepen het best kan plaatsvinden.

Het plan wordt toegelicht aan de hand van twee plankaarten en vijf dwarsprofielen:

- Figuur 5.1: Waterhuishoudkundige plankaart.
- Figuur 5.2: Toe te passen afgravingsdiepten voor de bovengrond.
- Figuur 5.3: Toekomstige situatie dwarsprofielen 1, 2 en 3.
- Figuur 5.4: Toekomstige situatie dwarsprofielen 4, 5 en 6.

Voor de waterhuishoudkundige plankaart is de hoogtekaart als ondergrond gebruikt. Hiervoor is niet het AHN2-hoogtebestand gebruikt (zoals bij de hoogtekaart van figuur 2.2), maar het bestand van de inmeting zoals uitgevoerd door Teunesen. Het bestand van Teunesen geeft de absolute hoogteligging namelijk nauwkeuriger weer (de AHN2-waarden liggen veelal net iets hoger) en dit is ook het bestand dat door Teunesen gebruikt wordt als basis voor vervaardiging van het 3D-model van de toekomstige situatie.

Omwille van de overzichtelijkheid zijn de verschillende laagten in het geulenstelsel voorzien van codes. De opbouw van de codering is als volgt:

- Dw = laagtenstelsel De Diepen - west. Dit stelsel bestaat uit drie laagten: Dw1, Dw2 en Dw3. Bovendien is Dw1 onderverdeeld in Dw1a, Dw1b en Dw1c.
- Do = laagtenstelsel De Diepen - oost. In feite ligt hier één grote laagte met bijbehorende afvoergeul (Do1). De laagte is om praktische redenen onderverdeeld in Do1a, Do1b, Do1c en Do1d (afvoergeul).

De verdere opbouw van dit hoofdstuk is als volgt:

- In paragraaf 5.2 worden de doelstelling, randvoorwaarden en uitgangspunten van het plan behandeld.
- In paragraaf 5.3 worden de maatregelen behandeld. Hierbij is onderscheid gemaakt in de maatregelen in het westelijke deel (paragraaf 5.3.1), het oostelijke deel (paragraaf 5.3.2) en het hoog gelegen middendeel (paragraaf 5.3.3).
- In paragraaf 5.4 wordt ingegaan op de aansluiting van de laagten van het geulenstelsel van het Koningsven op dat van De Diepen.
- In paragraaf 5.5 wordt de zone rond eethuis De Diepen behandeld.

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de te verwachten hydrologische effecten en monitoring van de planmaatregelen.

5.2 Doelstelling, randvoorwaarden en uitgangspunten

Doelstelling

Doel van het plan is het realiseren van herstel van het hydrologische systeem in combinatie met effectieve verschraling van de bodem om zo herstel / ontwikkeling van ecologisch waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen mogelijk te maken. Het gaat hierbij met name om mesotrofe venvegetaties, kleine zeggenvegetaties en nat schraalgrasland. In de mesostrofe vennen kan op termijn mesotrofe en/of oligotrofe veenvorming op gaan treden.

Randvoorwaarden

- In relatie tot de planmaatregelen mag geen (grond)wateroverlast voor bebouwing en gronden van derden in de omgeving optreden. Hierbij is specifieke aandacht vereist ten aanzien van:
    - Eethuis De Diepen en omliggende grond.
    - Sportpark Milsbeek.
    - Aangrenzende bebouwing van Milsbeek.
- In relatie tot het voorkomen van een toename van het risico op wateroverlast in de bebouwde kom van Milsbeek mag door de planmaatregelen de maximale afvoer van de Teelebeek benedenstrooms van het plangebied niet toenemen en de Teelebeek moet in relatie tot zijn ecologische functie in de zomer voldoende watervoerend blijven.
- Er mogen geen verlagende effecten op de gemiddelde en laagste grondwaterstanden in het natuurgebied optreden. Voor zover dit bijdraagt aan de realisatie van de beoogde ecologische ontwikkeling dient water in het natuurgebied te worden vastgehouden. De mogelijkheden die hiertoe vooral in het Koningsven aanwezig zijn (in relatie tot het dempen van de Teelebeek) dienen optimaal benut te worden. Ook in De Diepen dient hiernaar gestreefd te worden, maar de verbeteringsmogelijkheden zijn hier beperkt, omdat hier intern geen sterk drainerende waterlopen meer aanwezig zijn. Een (plaatselijke) lichte verlaging van de hoogste grondwaterstand in relatie tot de afgraving van de fosfaatrijke bovengrond is acceptabel en zelfs gunstig omdat hiermee de grondwaterstands-dynamiek wordt verminderd (zoals is toegelicht bij de behandeling van de resultaten van het aanvullende hydrologisch onderzoek). Ook is voor herstel / ontwikkeling van de beoogde grondwaterafhankelijke natuurtypen een lichte oppervlakkige afvoer in natte perioden via de te herstellen laagten van belang, om hiermee de voeding van de laagten met kwelwater te stimuleren en een zekere doorstroming van de laagten te realiseren. Bovendien wordt (ook) hiermee de demping van de grondwaterstandsdynamiek gestimuleerd.
- De planmaatregelen mogen geen negatief effect hebben op de twee lokale bronsystemen aan de voet van de stuwwal.
- De dassenburcht die in het plangebied aanwezig is dient te worden behouden en in het plangebied dienen voldoende droge verbindingsroutes voor de das aanwezig te blijven.
- Het fietspad De Diepen en ook het wandelpad dat het plangebied van noord naar zuid kruist dienen goed begaanbaar te blijven.
- Het natuurgebied dient na inrichting goed beheerbaar te blijven: het maaibeheer dient (eventueel met aangepaste apparatuur) uitgevoerd te kunnen worden en ook dient afvoer van het maaisel mogelijk te zijn. Het is wel acceptabel als er lokaal zeer natte delen aanwezig zijn waar het geen of slechts incidenteel gemaaid kan worden en waar wellicht alleen bosopslag zal worden verwijderd.

Uitgangspunten

- Afgraving van de fosfaatrijke bovengrond vindt in De Diepen in principe met 40 cm plaats. Op basis van het bodemchemisch onderzoek van B-WARE volgt immers dat met deze afgravingsdiepte (en eventueel in combinatie met vervolgbeheer) over het grootste deel van de oppervlakte een effectieve verschraling van de bodem kan worden gerealiseerd en uit het aanvullend hydrologisch veldonderzoek volgt dat deze afgravingsdiepte over het algemeen ook kan worden gehanteerd zonder dat dit leidt tot verstoring van de werking van het hydrologische systeem. Daar waar dit risico wel aanwezig is wordt een geringere afgravingsdiepte gehanteerd.
- Bij het herstel van de overlooplaagten in het geulenstelsel wordt de natuurlijke geomorfologische gesteldheid als uitgangspunt gehanteerd. Bij het vlakdekkend afgraven van de bovengrond wordt hieraan voldaan. Er worden dus geen geulen / laagten gegraven op plekken waar ze van nature niet liggen.
- Het hydrologisch inrichtingsplan wordt uitgewerkt in lijn met het eerder door Bell Hullenaar opgestelde, en door Oranjewoud doorgerekende waterhuishoudkundige schetsontwerp. Uit de berekeningen volgt dat op deze wijze zonder nadelige gevolgen voor de omgeving in het natuurgebied de juiste hydrologische situatie kan worden gerealiseerd voor ontwikkeling van de beoogde grondwaterafhankelijke natuurtypen.
- In principe worden daarbij de drempels tussen de verschillende laagten (van het geulenstelsel) deels of geheel meegenomen bij de afgraving van de bovengrond, zodat in de GHG-situatie een lichte oppervlakkige afvoer over de drempels heen kan plaatsvinden. Hiermee wordt de voeding van de laagten met kwelwater in de wintersituatie namelijk gestimuleerd en er zodoende ook een goede doorstroming van de laagten wordt gerealiseerd. Bovendien wordt hiermee de demping van de grondwaterstandsdynamiek gestimuleerd.
- Het bronwater van beide lokale bronsystemen aan de voet van de stuwwal dient goed benut te worden in de laagten die hiermee oppervlakkig worden gevoed. Hiertoe dient voorkomen te worden dat dit water via slootrestanten of zones met slecht ontwikkelde deklaag in versterkte mate weglekt naar de ondergrond.
- Voor zover dit de ontwikkeling van ecologisch waardvolle natuur in het natuurontwikkelingsgebied niet in de weg staat is het wenselijk om een bijdrage te leveren aan de bestrijding van wateroverlast in extreem natte perioden, middels het kortstondig vasthouden van schoon, gebiedseigen water in het natuurontwikkelingsgebied bij (hoge) neerslagpieken, ter ontlasting van het externe oppervlaktewatersysteem benedenstrooms van het natuurontwikkelingsgebied. Tevens kan hiermee (door het vasthouden en geleidelijk afvoeren van water vanuit het natuurontwikkelingsgebied via de zandbodem) een bijdrage worden geleverd aan het beter watervoerend houden van de Teelebeek in droge perioden.
- Bovendien wordt het gebied incidenteel gebruikt voor de berging van Maaswater in het kader van de retentieopgave voor de Lob van Gennep (dit is dus iets anders dan het tijdelijk vasthouden van gebiedseigen water). Voor de overstroming van het natuurontwikkelingsgebied met Maaswater wordt uitgegaan van (minimaal) een herhalingstijd van 250 jaar, ofwel een overstromingsfrequentie van (maximaal) gemiddeld eens per 250 jaar. Er is in deze situatie geen risico op negatieve beïnvloeding van de beoogde natuurontwikkeling door overstroming met Maaswater. Er kan wel een tijdelijk terugslag optreden, maar na verloop van tijd zal vanwege de te ontwikkelen gunstige hydrologische en bodemchemische omstandigheden het ecosysteem weer herstellen.
- Hoewel het maaibeheer in het natuurontwikkelingsgebied goed uitgevoerd moet kunnen worden, is het niet de bedoeling dat er een kunstmatige waterbeheersing tot stand wordt gebracht om zo water omwille van het maaibeheer af te kunnen voeren. Ook de waterhuishoudkundige inrichting dient zo natuurlijk mogelijk te worden.

5.3 Uitwerking van de maatregelen per deelgebied

5.3.1 Maatregelen westelijke laagtenstelsel

Laagte Dw1

- In laagten Dw1a, Dw1c en het hoger gelegen gebied ten westen en zuiden hiervan wordt de standaarddiepte van 40 cm aangehouden bij de afgraving van de fosfaatrijke bovengrond.
- Op de overgang van laagte Dw1a naar laagte Dw1b is grond gedeponeerd die waarschijnlijk is vrijgekomen bij het uitgraven / verbreden van de hier aanwezige gracht. Hier dient (behalve de oorspronkelijke bovengrond van 40 cm) ook de opgebrachte laag te worden verwijderd.
- Voor laagte Dw1b en de hoger gelegen zone ten zuidoosten hiervan gelden geringere afgravingsdiepten dan de standaarddiepte van 40 cm:
    - In het zuidwestelijke deel van laagte Dw1b wordt een afgravingsdiepte van 20 cm gehanteerd, vanwege de geringe dikte van de deklaag en omdat behoud van voldoende weerstand van de deklaag hier van belang is voor de conservering van het bronwater (dat aan de voet van de stuwwal uittreedt) in de laagte. Bovendien is de dikte van de humeuze toplaag hier ook gering. Dus zodoende wordt ondanks de relatief beperkte afgravingsdiepte naar verwachting toch een aanzienlijke verschraling van de bodem gerealiseerd.
    - Ten noorden hiervan wordt een afgravingsdiepte van 30 cm toegepast. Hier is de deklaag namelijk alweer een stuk dikker dan in het zuidelijke deel en deze afgravingsdiepte is nodig voor het verwijderen van de niet alleen fosfaatrijke maar ook sterk veraarde toplaag van de hier aanwezige veenbodem.
    - Ook ter plaatse van (de overgang naar) de hoger gelegen zone ten zuidoosten van laagte Dw1b wordt een afgravingsdiepte van 30 cm toegepast, en plaatselijk slechts 0-20 cm, zodat de rug die hier aanwezig is voldoende hoog blijft (> 11,3 mNAP) voor conservering van het water in laagte Dw1b.
    - Middels handhaving van een ruggetje (ofwel een zone waar slechts 0-20 cm wordt afgegraven) wordt laagte Dw1b ook gescheiden van laagte Dw1c. In laagte Dw1c treedt namelijk sterke wegzijging op naar de ondergrond, omdat de deklaag hier uitsluitend bestaat uit (sterk veraard) veen en er hier geen klei- of kleiige zandlaag aanwezig is. Bovendien is de zandlaag onder het veen grof en is de stijghoogte in de zandondergrond hier relatief laag. Dus met het ruggetje wordt voorkomen dat laagte Dw1b middels oppervlakkige afvoer naar laagte Dw1c in versterkte mate water verliest naar de ondergrond.
- De twee ruggetjes worden middels het aanbrengen van zeer geleidelijke overgangen naar de dieper af te graven omgeving naadloos ingepast in de omgeving. Via deze ruggetjes (alsmede via de hoger gelegen delen rond de laagten) kan ook de Das zich goed door het gebied heen verplaatsen.
- In de twee ruggetjes worden twee overloopjes aangebracht waarlangs in natte perioden de waterafvoer plaatsvindt: een overloop naar laagte Dw1c en een overloop naar laagte Dw2. De overloopjes zijn dus iets lagere plekken in de ruggen waarlangs de afvoer van overtollig water plaatsvindt in natte perioden en vormen dus de overloopdrempels van de laagte. Om erosie van de bodem van de overloopjes te voorkomen wordt hier keienbeddingen aangebracht. De overloopjes krijgen (na het aanbrengen van de keien) een niveau van 11,2 mNAP: dit wordt dus het afvoerniveau van de gecombineerde laagte Dw1a en Dw1b.

- Op deze wijze ontstaat een met bronwater gevoed ven in laagte Dw1b en dit ven gaat in de winter één geheel vormen met de dan licht geïnundeerde laagte Dw1a.
- Om een goed en logisch herstel van het laagtenstelsel mogelijk te maken dient de gehele bosstrook die laagte Dw1b doorsnijdt te worden verwijderd. De (flank van de) laagte loopt namelijk door tot in de zone ten zuidoosten van de bosstrook. Als de bosstrook wordt gehandhaafd dan ontstaat er namelijk een ven met hierin een met bos begroeide wal.
- Daar waar na het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond slootprofielen achterblijven worden deze volledig gedempt.
- Daar waar herstel van de weerstandsbiedende werking van de deklaag belangrijk is geschiedt de demping met kleiig / sterk lemig, schoon, fosfaatarm zand dat (vanuit De Banen) wordt aangevoerd. Dit is van toepassing op de demping van de 'gracht' aan de noordwestrand van laagte Dw1b en de sloot aan de zuidoostrand van de laagte.
- De sloot op de noordrand van laagte Dw1b en ook (een deel van) de sloot die vanaf de voet van de stuwwal de laagte inloopt worden niet gedempt. Hier wordt gekozen voor het verder laten verlanden van de lopen. Onder deze sloten is namelijk een voldoende dikke deklaag aanwezig. Bovendien zijn deze sloten inmiddels sterk verland en in samenhang hiermee zijn ook de bodemweerstanden van de sloten al aanzienlijk. Met het verder laten verlanden van de sloten zullen de weerstanden dus nog verder toenemen.
- Daar waar herstel van de weerstandbiedende werking van de deklaag belangrijk is worden ook de resterende profielen van de poelen gedempt, eveneens met schoon, fosfaatarm kleiig / sterk lemig zand. Dit is van toepassing op de drie poelen in laagte Dw1b. Omdat met het beoogde venherstel naar verwachting op veel grotere schaal dan nu met de poelen een geschikt biotoop geboden wordt voor amfibieën, is het niet heel bezwaarlijk de drie poelen te dempen. In de betreffende poelen komt ook geen Kamsalamander voor (mededeling ecoloog M. van der Weide van Natuurmonumenten). Dit geldt wel voor (sommige) poelen elders in het plangebied, maar deze poelen blijven gehandhaafd.

Laagten Dw2 en 3

- In laagten Dw2 en Dw3 en de omgeving hiervan wordt de standaardafgravingsdiepte van 40 cm aangehouden. Dit is ook hier over het grootste deel van de oppervlakte genoeg voor effectieve verschraling van de bodem.
- Ter plaatse van de overloopdrempel van laagte Dw2 naar laagte Dw3 wordt de bovengrond tot op een diepte van circa 30 cm afgegraven, waarmee hier een subtiele rug met een hoogte van (minimaal) 11,1 mNAP aanwezig blijft. De overloop krijgt (na het aanbrengen van de keienbedding) een hoogte van 11,0 mNAP.
- Daar waar na het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond slootprofielen achterblijven worden deze volledig gedempt. Daar waar herstel van de weerstandsbiedende werking van de deklaag belangrijk is geschiedt de demping met kleiig / sterk lemig, schoon, fosfaatarm zand dat (vanuit De Banen) wordt aangevoerd. Dit is van toepassing op het slootrestant in laagte Dw2.
- De huidige stuw in de voormalige Teelebeek heeft in de toekomstige situatie geen functie meer en wordt zodoende verwijderd.
- Langs de zuidelijke buitengrens van het natuurontwikkelingsgebied wordt een strook grond van circa 5 meter niet afgegraven. Hierdoor ontstaat automatisch een lage kade waarmee het gebiedseigen water in laagte Dw3 kan worden vastgehouden. Om ook in neerslagrijke perioden het water tijdelijk in het laagtenstelsel vast te kunnen houden en gedoseerde af te voeren wordt de kade in de laagste delen (iets) opgehoogd. Dus hier dient ook daadwerkelijk een (lage) kade aangelegd te worden. Op basis van een door Antea uitgevoerde berekening volgt dat bij het vasthouden en gedoseerd afvoeren van een extreme

neerslagpiek met een herhalingstijd van eens in de 100 jaar het waterpeil in de laagten op kan lopen tot (maximaal) circa 11,4 mNAP (zie bijlage 4). Hierbij is al reklening gehouden met het herstel van de aansluiting van het laagtenstelsel van het Koningsven op het laagtenstelsel van De Diepen (zie paragraaf 5.4). Rekening houdend met een overhoogte van 20 cm dient de kade een hoogte van 11,6 mNAP te krijgen.

- Laagte Dw3 wordt doorkruist door het hoog gelegen beheer-, wandel- en fietspad. Voor de verbinding van het westelijke met het oostelijk deel van de laagte (ofwel Dw3a en Dw3b) wordt een brug aangebracht (of een duiker geplaatst).
- De afvoer van eventuele wateroverschotten van het laagtenstelsel van De Diepen geschiedt via laagte Dw3b naar de Teelebeek. Hiertoe wordt in de aan te leggen kade langs de buitengrens van het plangebied een afvoerstuw aangebracht.
- De waterafvoer zal echter vanwege de grofzandige bodem en het lage drainageniveau van de Teelebeek vooral via grondwaterstroming en slechts in beperkte mate via oppervlakkige afvoer plaatsvinden. Omdat het natuurontwikkelingsgebied zodoende dus veel water verliest naar de Teelebeek is het zaak om onder het beoogde streefpeil van laagte Dw3 (10,8 mNAP) geen (extra) water af te voeren.
- Afhankelijk van de breedte van de afvoerstuw kan water in mindere of meerdere mate tijdelijk in extreem natte perioden kortstondig in het natuurontwikkelingsgebied worden vastgehouden, ter ontlasting van het externe oppervlaktewaterstelsel verder benedenstrooms (en dus ook in de bebouwde kom van Milsbeek) in dergelijke kritieke perioden. Dit betekent dat er gewerkt dient te worden met een stuw met een rechte en smalle overlaat, met een stuwpeil van 10,8 mNAP. Op basis van de berekening van Antea is vastgesteld dat hierbij het best gewerkt kan worden met een stuwbreedte van 20 cm (zie bijlage 4).
- Het plaatsen van een v-vormige stuw is onverstandig, omdat hiermee water in neerslagrijke perioden minder goed kan worden vastgehouden. Nog onverstandiger is het om beneden het niveau van 10,8 mNAP water oppervlakkig af te voeren. Dit zou namelijk niet alleen ten koste gaan van het ecohydrologisch functioneren van het natuurontwikkelingsgebied, maar ook van de watervoerendheid van de Teelebeek in droge perioden. Want juist met het vasthouden van het water in het natuurgebied wordt de geleidelijke en dus veel langer doorwerkende grondwatervoeding van het natuurontwikkelingsgebied naar de Teelebeek bevorderd. Als het water beneden het niveau van 10,8 mNAP wordt afgevoerd gaat dit op onnodige wijze verloren als reserve voor de voeding van de beek in droge tijden.

Richtwaarden voor taluds

- Langs de buitenranden van de afgravingszones worden voor de taluds de volgende richtwaarden gehanteerd:
    - Noord- en westzijde: talud conform de helling van de voet van de stuwwal (helling doortrekken), dus behoorlijk steil.
    - Zuidzijde, ten zuiden van Dw1: flauw talud voor optimale inpassing van de afgraving in de omgeving, dus talud van circa 1 : 10.
    - Zuidzijde, ten zuiden van Dw3a, overgang naar kade: talud 1 : 3.
    - Overgang naar de voormalige Teelebeek: afgraven van de bovengrond geheel doortrekken tot aan de te dempen loop.
    - Overgang vanuit het zuiden naar het (fiets)pad De Diepen: conform het (steile) talud van het pad.
- Voor de (te handhaven / aan te leggen) kade langs de zuidgrens wordt een talud van 1 : 3 gehanteerd.

5.3.2 Maatregelen oostelijke laagtenstelsel

- Het oostelijke laagtenstelsel van De Diepen omvat een grote laagte (die is onderverdeeld in Do1a, Do1b en Do1c) en de natuurlijke afvoergeul hiervan (Do1d).
- In het gehele oostelijke laagtenstelsel en ook in de omgeving hiervan wordt in principe de standaard-afgravingsdiepte van 40 cm aangehouden. In de zone waar een dassenburcht aanwezig is (dit is tussen de zuidelijke uiteinden van de raaien van dwarsprofielen 3 en 4) wordt de bovengrond echter niet afgegraven en ter plaatse van de te handhaven rug tussen Do1a en Do1c wordt de bovengrond slechts beperkt (0-20 cm) afgegraven.
- Bij de uitvoering dient er op gelet te worden dat ook aan de noordzijde van laagten Do1a en Do1b het gehele zanddek van de deklaag wordt afgehaald, ook indien dit iets dikker is dan 40 cm. In het kader van het aanvullende onderzoek is hier namelijk soms een zanddek van 45 cm aangetroffen.
- De afgraving van de fosfaatrijke toplaag dient te worden doorgetrokken tot aan de sloot op de noordgrens van het voormalige landbouwgebied. Dus ook daar waar (ten noorden van het veeraster) inmiddels bos is opgeslagen in het voormalige landbouwgebied dient de fosfaatrijke bovengrond afgegraven te worden. Dit is om de volgende redenen van belang:
    - Als afgraving van een fosfaatrijke strook grond achterwege blijft dan bestaat het risico dat (vanwege het vrijkomen van fosfaat onder invloed van de hier aanwezige natte omstandigheden) negatieve beïnvloeding plaatsvindt van de waterkwaliteit van het in te richten gebied ten zuiden ervan.
    - Met het mee afgraven van deze strook wordt een goede aansluiting gerealiseerd op het niet ontgonnen deel (dus zonder antropogeen zanddek).
    - Juist deze zone direct aan de voet van de stuwwal is extra kansrijk voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur.
- Langs de westrand van laagte Do1a is nu een onnatuurlijk steile overgang aanwezig naar het pad dat hier ligt. Hier is herstel van een meer geleidelijke overgang wenselijk, waardoor er betere perspectieven ontstaan voor ontwikkeling van een ecologisch waardevolle gradiënt. Het wandelpad kan daarbij iets naar het zuidoosten worden verschoven.
- Rond laagte Do1a wordt een lage rug gehandhaafd (hoogte 11,1 mNAP), voor conservering van het bronwater dat aan de voet van de stuwwal uittreedt in de laagte. Scheiding van de rest van de laagte is van belang omdat verder oostelijk en zuidelijk plekken aanwezig zijn met een veel minder goed ontwikkelde deklaag, en dus een relatief groot wegzijgingsverlies. Handhaving van de rug vindt plaats door in deze zone de toplaag vrijwel niet of slechts in beperkte mate (0 à 20 cm) af te gaven. Geaccepteerd wordt dat de bodem in deze strook relatief voedselrijk blijft. Via de te handhaven rug (en ook via de hoger gelegen grond ten westen van de laagte) kan de Das zich door het gebied heen blijven verplaatsen.
- Laagten Do1b en Do1c worden met elkaar verbonden door het aanbrengen van een brug (of duiker) in het hoog gelegen beheer-, fiets en wandelpad dat beide delen van het laagtenstelsel van elkaar scheidt. Hiermee vormen laagten Do1b en Do1c dus één geheel.
- Ter plaatse van de overloopdrempel van laagte Do1c naar laagte Do1d wordt de bovengrond tot op een diepte van circa (25 à) 30 cm afgegraven, waarmee hier een rug met een hoogte van (minimaal) 11,1 mNAP aanwezig blijft. De overloop krijgt (na het aanbrengen van de keienbedding) een hoogte van 11,0 mNAP. Dit niveau is niet alleen precies goed voor het realiseren van de gewenste vernatting in laagte Do1abc maar is ook geschikt voor het realiseren van een goede aansluiting van de overlooplaagten van het geulenstelsel van het Koningsven op dat van De Diepen (zie paragraaf 5.4).

- Met de aansluiting van het laagtenstelsel van het Koningsven kan deze relatief droge hoek van De Diepen (vanwege de sterk drainerende werking van de Teelebeek) gedurende de winter en het voorjaar toch goed watervoerend gehouden worden, met een waterpeil van enkele decimeters boven maaiveld in de GHG-situatie. Totdat deze aansluiting plaatsvindt zal deze hoek echter iets minder nat zijn (naar verwachting plasdras in de GHG-situatie).
- De niveaus van de overloopdrempels van laagten Do1a (naar Do1b) en die van Do1c (naar Do1d) zijn dus gelijk aan elkaar. Toch heeft laagte Do1a een eigen drempel nodig, in verband met de conservering van het bronwater in deze laagte, waardoor deze laagte veel langer op hoog peil blijft dan de rest van de laagte.
- Om het systeemherstel te complementeren is het gewenst ook de natuurlijke aansluiting van laagte Do1d met laagte Dw3b te herstellen. Dit is echter met de gekozen begrenzing van het natuurontwikkelingsgebied niet mogelijk. Daarom zal (direct langs de buitenkade) een klein en ondiep verbindingsloopje tussen beide laagten worden aangelegd, middels het hier circa 20 cm extra afgraven van de bovengrond. Hiermee kunnen de wateroverschotten van vanuit het Koningsven in ieder geval wel worden doorgevoerd naar laagte Dw3 en ontstaat één groot aaneengesloten natuurwatersysteem. Dit verdient dus de voorkeur boven het aanbrengen van een tweede afvoerstuw naar de Teelebeek. Indien er (op termijn) wellicht mogelijkheden ontstaan voor het realiseren van systeemherstel in de zone met Zilvergroene natuur, dan kan dit kleine loopje op eenvoudige wijze ook weer gedempt worden.
- Daar waar na het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond slootprofielen achterblijven worden deze volledig gedempt. Daar waar herstel van de weerstandsbiedende werking van de deklaag belangrijk is geschiedt de demping met kleiig / sterk lemig, schoon, fosfaatarm zand dat wordt aangevoerd (vanuit De Banen). Ook het resterende profiel van de voormalige Teelebeek dient (op vergelijkbare wijze) te worden gedempt.

Richtwaarden voor taluds

- Langs de buitenranden van de afgravingszones worden voor de taluds de volgende richtwaarden gehanteerd:
    - Noordzijde: afgraving geheel doortrekken tot aan het slootrestant.
    - Oost- en zuidzijde, overgang naar de kade / niet af te graven strook langs de Teelebeek: talud 1 : 3.
    - Overgang naar de voormalige Teelebeek: afgraven van de bovengrond geheel doortrekken tot aan de te dempen loop.
    - Overgang vanuit het zuiden naar het (fiets)pad De Diepen: conform het (steile) talud van het pad.
- Voor de (te handhaven / aan te leggen) kade langs de zuidgrens wordt een talud van 1 : 3 gehanteerd.

5.3.3 Hoog gelegen middendeel

De hoog gelegen daluitspoelingswaaier in het middendeel van De Diepen dient vanwege de hoge aardkundige en landschappelijke waarde goed zichtbaar te blijven. In samenhang hiermee wordt in het hoogste deel de toplaag slechts over een diepte van 10 cm afgegraven, en wordt naar de randen toe de afgravingsdiepte geleidelijk aan verhoogd tot aan de standdaarddiepte van 40 cm. Zodoende wordt de daluitspoelings-waaier zelfs beter zichtbaar, blijft een goede aansluiting op de rest van het gebied aanwezig en is er (vanwege de verschraling van de bodem) een goed perspectief voor ontwikkeling van een ecologisch waardevolle gradiënt van hoog en droog naar laag en nat.

5.4 Aansluiting van het Koningsven op De Diepen

Inleiding

In het kader van de planuitvoering van De Diepen zullen nog geen maatregelen worden getroffen in het gebied ten oosten van de Zwarteweg. Voor zover relevant voor een goede onderlinge afstemming van de inrichting van De Diepen met de later uit te voeren inrichtingen van het Koningven en de bebouwde zone rond eethuis De Diepen wordt hierop in deze paragraaf en paragraaf 5.5 echter wel alvast ingegaan. De hier te treffen maatregelen zijn echter niet aangegeven op de plankaarten, in de eerste plaats omdat ze buiten het deelplan van De Diepen vallen en in de tweede plaats omdat het in deze fase nog slechts een verkenning betreft.

Herstel aansluiting Koningsven - De Diepen

In het Koningsven is een uitgestrekt geulenstelsel aanwezig met hierin een stelsel van overlooplaagten. Dit stelsel vormt van nature één geheel met het laagtenstelsel van De Diepen: de zuidoosthoek van laagte Do1b, laagte Do1c en laagte Do1d vormen de natuurlijke afvoer van de overlooplaagten in het geulenstelsel van het Koningsven. Om de hydrologische en ecologische samenhang tussen beide delen van het natuurontwikkelingsgebied te herstellen is het van groot belang om beide laagtenstelsels weer op elkaar aan te sluiten. Op deze wijze ontstaat niet alleen een groot aaneengesloten natuurwatersysteem, waarbij overschotten van het Koningsven gebruikt kunnen worden voor het op peil houden van verdrogingsgevoelige delen van het laagtenstelsel van De Diepen (namelijk laagten Dw3 en Do1d), maar kan ook een uitwisseling van soorten plaatsvinden. Hiertoe dient de meest westelijke laagte van het Koningsven via een duiker onder de Zwarteweg verbonden te worden met laagte Do1b. In relatie tot de eventuele toekomstige inrichting van het waterbergingsgebied van de Lob van Gennep (waarbij de mogelijkheid bestaat dat de Zwarte Weg als kade moet gaan dienen of dat er evenwijdig aan de weg een kade wordt aangelegd) dient deze duiker zodanig te worden aangelegd dat aanpassing hiervan tot afsluitbare duiker mogelijk is.

In het noordelijke deel van de meest westelijke laagte van het Koningsven wordt een particuliere paardenweide gehandhaafd. Dit betekent dat het noordelijke van de laagte niet hersteld kan worden en de aansluiting tussen de laagtenstelsels van het Koningsven en De Diepen uitsluitend via het wel te herstellen zuidelijke deel van de laagte zal worden gerealiseerd.

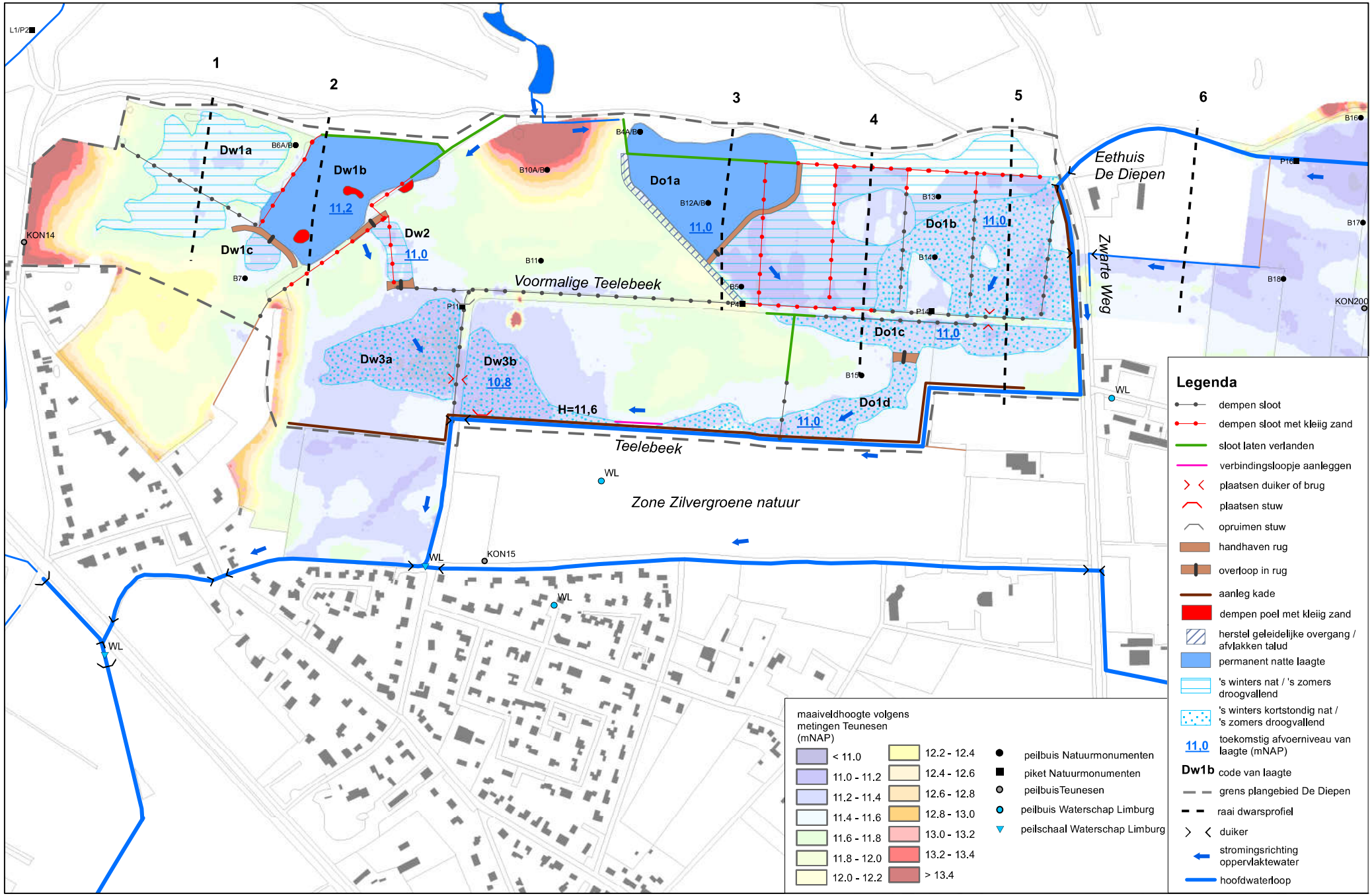
Voor het Koningsven is op basis van het eerder uitgevoerde bodemchemisch onderzoek afgeleid dat over het algemeen een afgravingsdiepte van 0,5 m noodzakelijk is om over circa 60% van de oppervlakte van het gebied een voldoende mate van verschraling van de bodem te realiseren. Uit nadere bestudering van de resultaten van het bodemchemisch onderzoek volgt echter dat in de westelijke laagten van het Koningsven een afgravingsdiepte van 0,4 m afdoende is voor een effectieve verschraling van de bodem. Met een afgravingsdiepte van 0,4 meter zal hier ook een klein deel van de deklaag intact blijven, wat gunstig is voor de natuurontwikkelingsmogelijkheden, vanwege de extra variatie in bodemtypen en de bufferende eigenschappen van een kleiige bovengrond. Omdat met een wat geringere afgravingsdiepte ook de aansluiting op het laagtenstelsel van De Diepen gemakkelijker is, is het raadzaam om ook in de westelijke laagten voor een afgravingsdiepte van 0,4 meter te kiezen. Door de aansluiting op de laagten van De Diepen zal het afvoerniveau van de westelijke laagten van het Koningsven op 11,0 mNAP komen te liggen, wat betekent dat het waterpeil onder afvoeromstandigheden 1 à 2 dm boven het toekomstige maaiveldsniveau komt te liggen.

5.5 Inrichting van de zone rond eethuis De Diepen

Ten oosten van de Zwarteweg en aan de voet van de stuwwal bevindt zich eethuis De Diepen, met ten zuiden hiervan de zone waar handhaving van de paardenweide is voorzien. Ten oosten van het eethuis is inrichting van een kleinschalige recreatieve voorziening voorzien, met onder meer een visvijver. Dit complete gebied wordt in deze paragraaf (en de rest van het rapport) aangeduid als de recreatieve zone met eethuis De Diepen.

Het stelsel van de recreatieve zone met eethuis De Diepen wordt gescheiden van het stelsel van het natuurontwikkelingsgebied. In het stelsel van de recreatieve zone wordt het huidige lage peil gehandhaafd. Dit stelsel bestaat in de eerste plaats uit het te handhaven traject van de Teelebeek ten noorden van de recreatieve zone (aan de voet van de stuwwal) en het vervolg hiervan langs de Zwarteweg, dat hier met een sifon onder het natuurwatersysteem zal worden doorgeleid. In combinatie hiermee moet ook elders op de grens van de recreatieve zone een sloot aanwezig zijn om vernattingseffecten van de maatregelen in het natuurontwikkelingsgebied te voorkomen. Aldus ontstaat een ringsloot rondom de recreatieve zone. Daar waar mogelijk (zuidzijde) wordt voor deze ringsloot een bestaande sloot gebruikt en daar waar geen sloot aanwezig is (oostzijde) wordt deze aangelegd. Op de overgang naar het natuurontwikkelingsgebied wordt langs de ringsloot in een strook grond de fosfaatrijke bovengrond niet afgegraven en zo nodig opgehoogd, zodat een kade ontstaat waarmee water in het westelijke deel van het laagtenstelsel van het Koningsven kan worden vastgehouden.

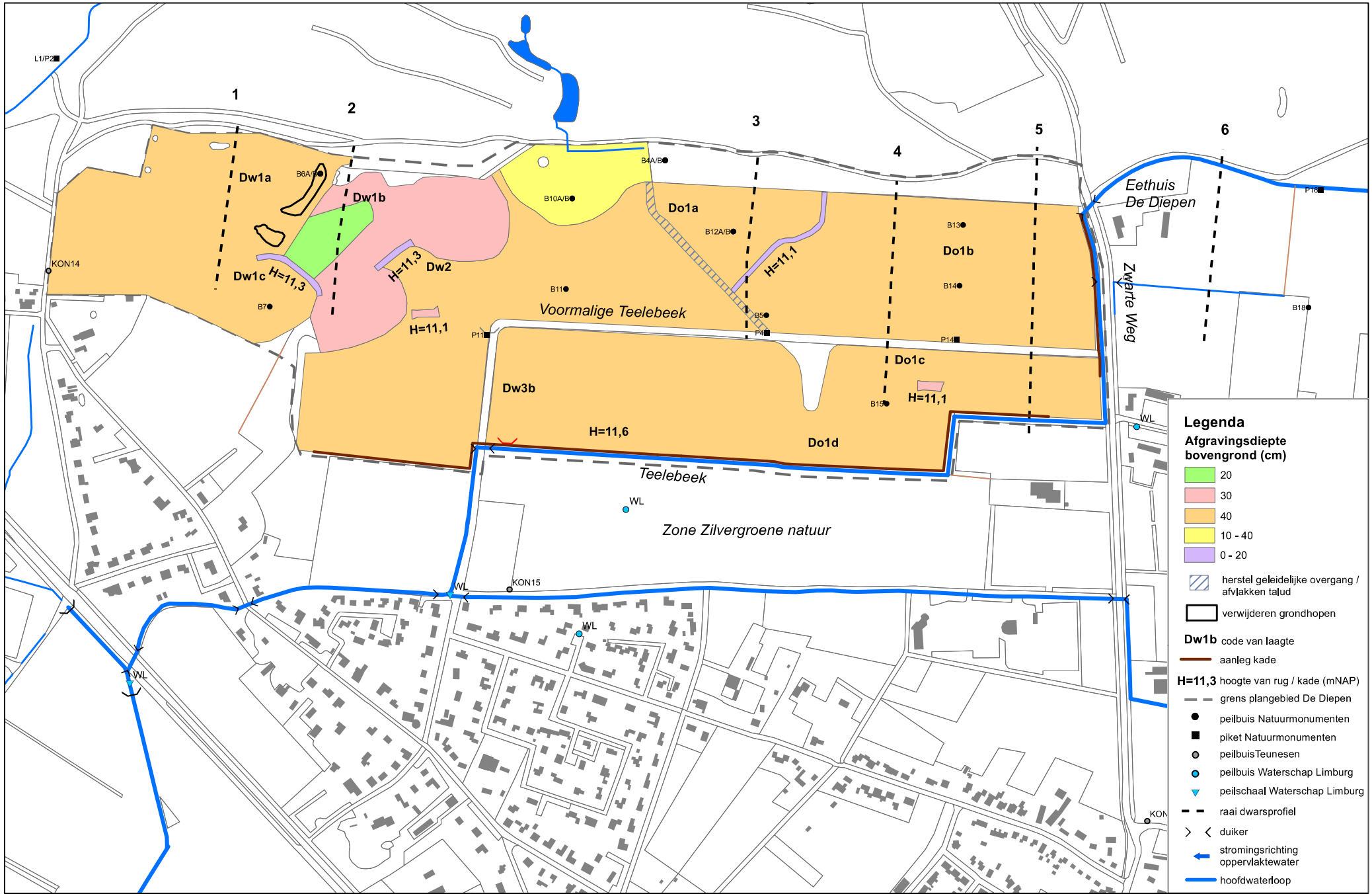
Het stelsel van de recreatieve zone zal (vanwege de drainerende werking op het kwelwater) effect hebben op het hydrologisch functioneren van de direct aangrenzende laagten van het natuurontwikkelingsgebied. Dit is echter niet onoverkomelijk, omdat verder oostelijk in samenhang met de demping van de Teelebeek aan de voet van de stuwwal wel een gunstige situatie ontstaat voor de voeding van het laagtenstelsel met kwelwater. Vanuit deze delen zullen wateroverschotten via het te herstellen stelsel van overlooplaagten naar de laagten die grenzen aan de recreatieve zone getransporteerd worden, waarmee ook deze laagten naar verwachting goed watervoerend gemaakt kunnen worden.



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 5.1 Waterhuishoudkundige plankaart De Diepen (definitief)

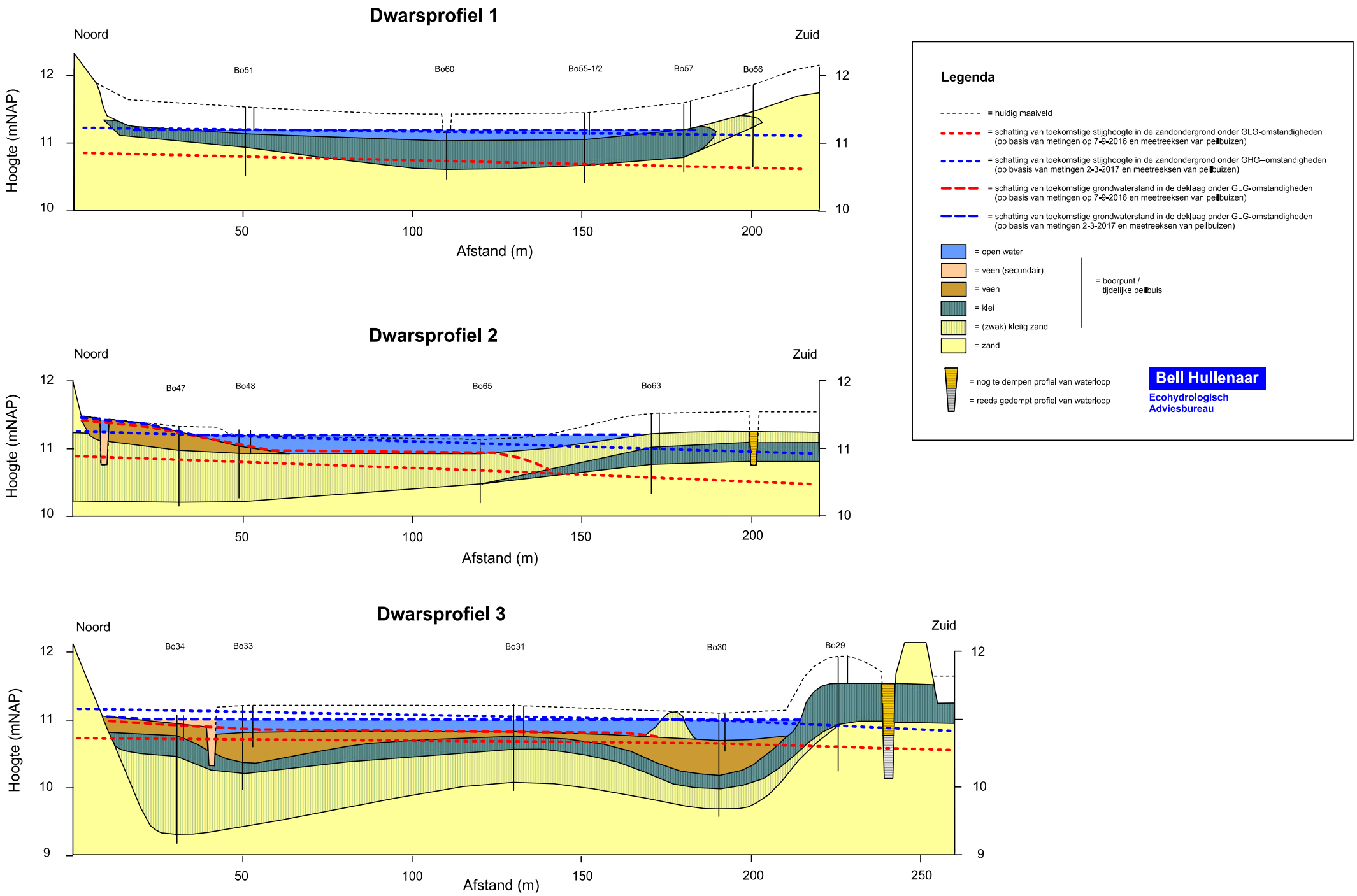
1:5000



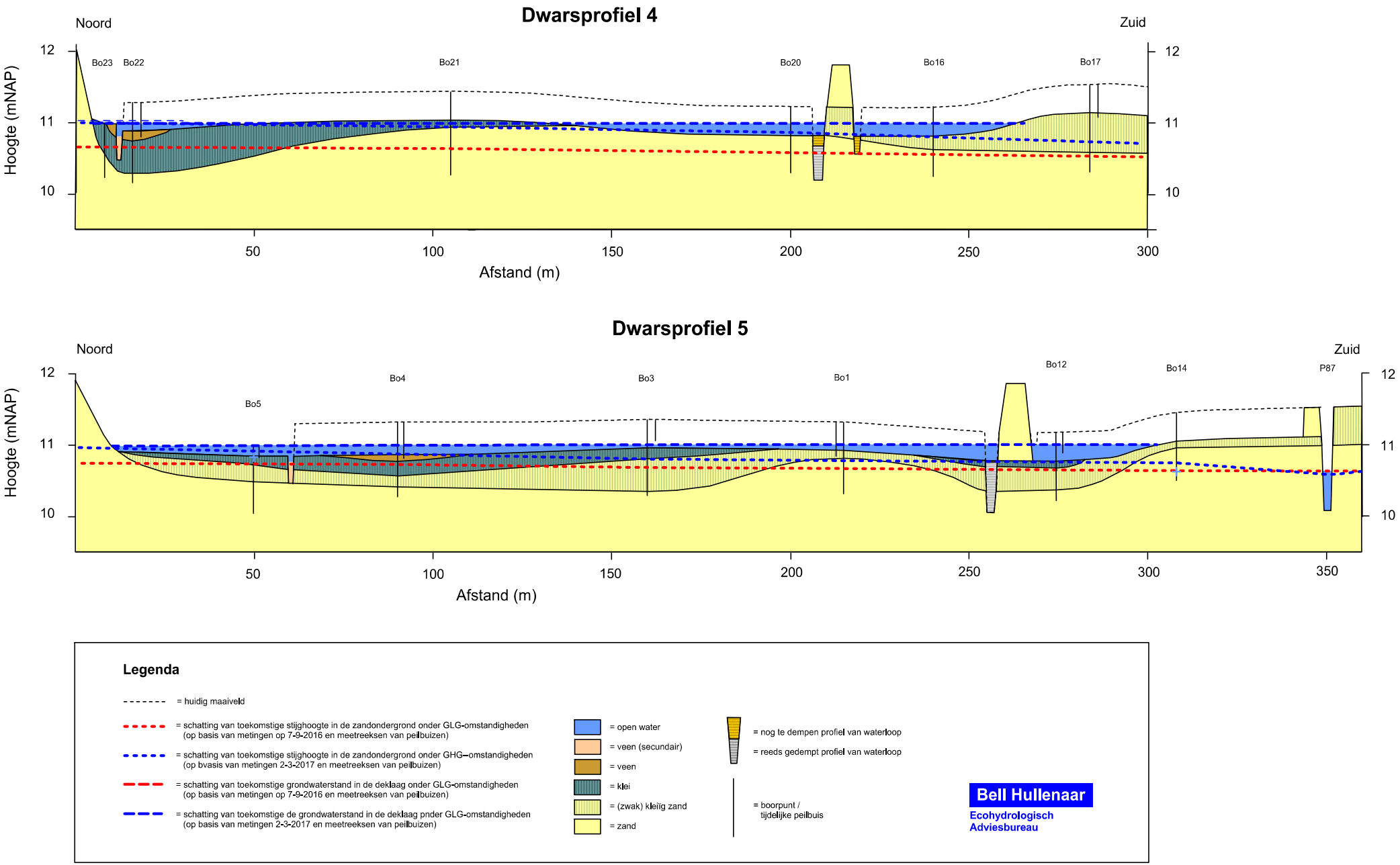
Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 5.2 Toe te passen afgravingsdiepten bovengrond De Diepen (definitief)

1:5000



Figuur 5.3 Toekomstige situatie dwarsprofielen 1, 2 en 3



Figuur 5.4 Toekomstige situatie dwarsprofielen 4 en 5

6 Te verwachten effecten en monitoring

6.1 Te verwachten effecten

6.1.1 Inleiding

Het hydrologisch inrichtingsplan voor De Diepen is uitgewerkt in lijn met de waterhuishoudkundige inrichtingsschets die eerder voor het gehele natuurontwikkelingsgebied Koningsven - De Diepen is opgesteld (Bell Hullenaar, 2012). De effecten van de hierin opgenomen inrichtingsmaatregelen zijn (tezamen met de inrichting van de nieuwe zandwinning) berekend met een grondwatermodel (Van Roestel en Geertsema, 2012). In het kader de planuitwerking voor De Diepen heeft nadere detaillering van de inrichtingsmaatregelen plaatsgevonden, met daarbij speciale aandacht voor behoud en herstel van de lokale hydrologische systemen (op basis van de resultaten van het nadere hydrologisch veldonderzoek dat vanaf september 2016 tot en met begin maart 2017 is uitgevoerd). Op basis van de resultaten van de modelberekeningen en de inzichten die volgen uit het aanvullende veldonderzoek worden in dit hoofdstuk de ecohydrologische effecten van het deelplan voor De Diepen beschreven. Hierbij is al rekening gehouden met het feit dat als vervolgfase ook de herinrichting van het Koningsven zal worden uitgevoerd. De effecten worden dus beschreven voor de eindsituatie.

Het plangebied Koningsven - De Diepen heeft ook een relatie met de Teelebeek en de Kroonbeek. Voor beide beken heeft Waterschap Limburg een herinrichtingsopgave. In het kader van de natuurlijke inrichting van beide beken heeft het waterschap een aantal vragen ten aanzien van de wijze waarop beide projecten met elkaar samenhangen en elkaar kunnen versterken. Voor zover deze vragen betrekking hebben op de effecten van het plan op de afvoer van de beken wordt hierop in dit hoofdstuk ingegaan. Op dit onderwerp is bij de bespreking met het waterschap op 4 mei 2017 dieper ingegaan en zijn tevens de overige door het waterschap gestelde vragen beantwoord. Voor de beantwoording van de overige vragen wordt verwezen naar de notulen van het overleg.

6.1.2 Interne effecten

- Uit zowel de dwarsprofielen (zie figuren 5.3 en 5.4) als de modelberekeningen volgt dat in de laagten onder GHG-omstandigheden de grondwaterstand gelijk aan tot enkele decimeters boven het toekomstig maaiveld zal staan, terwijl onder GLG-omstandigheden de grondwaterstand niet ver beneden het toekomstige maaiveld wegzakt. In combinatie met de effectieve verschraling van de bodem middels het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond worden de juiste omstandigheden gerealiseerd voor de beoogde grondwaterafhankelijke natuurtypen (mesotrofe ven- en veenvegetaties, kleine zeggenvegetatie en nat schraalgrasland).
- De gunstige hydrologische effecten zijn te danken aan de combinatie van de demping van de resterende slootprofielen, de optimale conservering van het bronwater uit de lokale bronsystemen, de daling van het maaiveld als gevolg van de afgraving van de fosfaatrijke bovengrond en (in de eindsituatie) het gebruik van wateroverschotten van het laagtenstelsel van het Koningsven voor het op peil houden van de verdrogingsgevoelige zuidelijke laagten van De Diepen.
- In de laagten die gevoed worden met water uit de lokale bronsystemen aan de voet van de stuwwal (ofwel laagten Dw1b en Do1a) zullen de omstandigheden het meest gunstig zijn, omdat hier vanwege de voeding met het bronwater zelfs

in de zomer de grondwaterstandstand naar verwachting niet of nauwelijks beneden maaiveld zal wegzakken (zie dwarsprofielen 2 en 3).

- Hoewel de overige laagten iets minder nat zullen worden, ontstaat toch ook hier een gedempt grondwaterstandsverloop, met een GHG van één tot enkele decimeters boven maaiveld en een GLG van slechts enkele decimeters beneden maaiveld. Er kan daarbij vanwege de afgraving van de fosfaatrijke bovengrond weliswaar (lokaal) een lichte daling optreden van de GHG-grondwaterstand ten opzichte van NAP, maar dit pakt juist gunstig uit voor het herstel van de beoogde grondwaterafhankelijke natuurtypen omdat deze daling gepaard gaat met een afname van de grondwaterstandsdynamiek.
- Voor zover dit bijdraagt aan de realisatie van de beoogde ecologische ontwikkeling wordt water in het natuurgebied vastgehouden. In De Diepen zijn de verbeteringsmogelijkheden hiertoe echter beperkt, omdat hier intern geen sterk drainerende waterlopen meer aanwezig zijn. Ook is voor herstel / ontwikkeling van de beoogde grondwaterafhankelijke natuurtypen onder GHG-omstandigheden een lichte oppervlakkige afvoer via de te herstellen laagten van belang, om hiermee de voeding van de laagten met kwelwater te stimuleren en een zekere doorstroming van de laagten te realiseren. Bovendien wordt (ook) hiermee de demping van de grondwaterstandsdynamiek gestimuleerd. Dit betekent dus dat het water tot op zekere hoogte in het natuurgebied wordt geconserveerd en (in natte winterperioden) eventuele wateroverschotten worden afgevoerd. Daarbij worden de wateroverschotten van de relatief gunstig gepositioneerde laagten aan de voet van de stuwwal / vanuit de laagten van het Koningsven ook benut voor het op peil houden van de meer verdrogingsgevoelige laagten tegen de zuidgrens van het plangebied aan, en pas als ook hier de gewenste peilen zijn gerealiseerd wordt het overtollige water afgevoerd naar de Teelebeek. Om de maximale afvoer van de Teelebeek niet te laten toenemen (en liefst te laten afnemen) geschiedt de afvoer van deze wateroverschotten op gedoseerde wijze (zie paragraaf 6.1.4).

6.1.3 Externe effecten met betrekking tot het grondwatersysteem

- In relatie tot de omgeving bepaalt een eventuele stijging van de GHG-grondwaterstand of er sprake is van een toename van het risico op wateroverlast.
- Uit de berekeningen met het grondwatermodel volgt dat er geen GHG-grondwatereffect te verwachten is van de planmaatregelen op het bebouwde gebied van Milsbeek en het sportpark, en zelfs niet op de zone met Zilvergroene natuur. Uitstralende effecten worden voorkomen door de diepe, sterk drainerende Teelebeek. Bovendien ligt op de grens met de bebouwing van Milsbeek nog een tweede diepe waterloop.
- In relatie tot de handhaving van het traject van de Teelebeek en de realisatie van een randsloot treedt ook ter plaatse van de recreatieve zone rond eethuis De Diepen naar verwachting geen verhoging op van de GHG.

Ook door een verandering in het afvoerregime van de Teelebeek kan een effect optreden in de omgeving en met name het bebouwde gebied van Milsbeek. Van specifiek belang hierbij is het effect van de maatregelen in het natuurontwikkelingsgebied op de maximale afvoer van de Teelebeek. Hierop wordt in paragraaf 6.1.4 ingegaan.

6.1.4 Effecten op het afvoerregime van de Teelebeek

Inleiding

Belangrijke vraag van Waterschap Limburg is wat de minimum en maximum uitstroomdebieten worden vanuit het natuurgebied op de Teelebeek. In relatie tot de ecologische functie moet de Teelebeek in de zomer namelijk voldoende water blijven afvoeren en in relatie tot het voorkomen van een toename van het risico op wateroverlast in het gebied benedenstrooms van het plangebied, en met name de bebouwde kom van Milsbeek, mag de maximale afvoer niet toenemen. Dit is vooral van belang in relatie tot de laag gelegen woonwijk ten zuidoosten van peilbuis KON15 (zie AHN-hoogtekaart, figuur 2.2). In deze laag gelegen wijk is ook een peilbuis van Waterschap Limburg aanwezig. Temeer omdat hier in het verleden bij extreem hoge neerslag al problemen zijn geweest, zou het een groot voordeel zijn om tot een reductie van de maximale afvoer vanuit het natuurontwikkelingsgebied (ten opzichte van de huidige situatie) te komen, omdat hiermee de kans op wateroverlast in de laag gelegen wijk zal verminderen. De afvoercapaciteit van het Teelebeek kan dan tijdens een extreme neerslagpiek immers in sterkere mate benut worden voor de afvoer van het water uit de woonwijk zelf. Dus belangrijke aanvullende vraag van Waterschap Limburg is of (en zo ja, op welke wijze) er mogelijkheden zijn om tot een reductie van de maximale afvoer te komen.

Door Antea wordt aan de hand van een berekening in een memo (Van Roestel, 2013) op deze vragen al op verkennende wijze antwoord gegeven. Ten aanzien van het minimale debiet voldoet dit antwoord ook nu nog. Ten aanzien van het maximale debiet is de globale berekening die destijds is uitgevoerd inmiddels geactualiseerd. De basisinformatie voor deze actualisatie is aangeleverd door Bell Hullenaar. Het betreft hierbij het ontwerp van het stelsel van (bergings)laagten en de hieraan gekoppelde stroomgebieden van het complete natuurontwikkelingsgebied Koningsven - De Diepen (zie figuur 6.1). Op basis van dit ontwerp en de geactualiseerde berekening van Antea (die in bijlage 4 is opgenomen) wordt in de onderstaande subparagraaf toegelicht op welke wijze met gebruik van het stelsel van (bergings)laagten de maximale afvoer kan worden gereduceerd en hoe hoog de maximale afvoer daarbij naar verwachting zal worden. Na behandeling van de (reductie van de) maximale afvoer wordt ingegaan op de minimale afvoer. Tenslotte wordt ingegaan op de wijziging van de afvoer in het traject van de Teelebeek op de grens met de zone van de Zilvergroene natuur.

(Reductie van) de maximale afvoer

- Tezamen met de te herstellen laagten in het Koningsven ontstaat in het natuurontwikkelingsgebied een uitgestrekt stelsel van bergingslaagten (zie figuur 6.1). Tussen de verschillende laagten zijn drempels aanwezig, met hierin overloopjes waarlangs de waterafvoer plaatsvindt. Lozing van het water vanuit het laagtenstelsel naar de Teelebeek vindt met één afvoerstuw (vanuit laagte Dw3) plaats. Uit de pijlen die de stromingsrichting weergeven volgt op welke wijze de laagten gekoppeld zijn.
- Specifieke aandachtspunten bij dit ontwerp zijn:
    - Het oostelijke deel van het natuurontwikkelingsgebied watert nu af op de Kroonbeek en zal in de toekomst gaan afwateren op de Teelebeek. De begrenzing van dit gebied is afzonderlijk op de kaart van figuur 6.1 aangegeven. Het stroomgebied van laagte Kz zal blijven afwateren op de Kroonbeek, dus valt hierbuiten. Aldus neemt de oppervlakte die gaat afwateren op de Teelebeek toe met 28 ha naar 129 ha.
    - Hoewel stroomgebied Dw4 hoog ligt en het maaiveld hier niet wordt verlaagd, bestaat de mogelijkheid dat onder extreem natte omstandigheden ook vanuit laagte Dw4 een zekere oppervlakkige afvoer zal optreden. Daarom is ook dit stroomgebied voor de zekerheid

meegenomen in de berekening. Bij de inrichting van dit stroomgebied kan simpelweg worden volstaan met het dempen van de (vrijwel permanent droge) afvoersloot ter plaatse van de natuurlijke drempel van deze laagte (conform de weergave op de plankaart van figuur 5.1).

- Uit de berekening van Antea (zie bijlage 4) volgt dat met de inrichting van dit stelsel van (bergings)laagten en een afvoerstuw van 20 cm breed met een peilstijging tot 11,38 mNAP (ofwel circa 11,4 mNAP) een bui met een herhalingstijd van eens in de 100 jaar (ofwel T = 100) ruimschoots binnen de benedenstrooms gelegen laagten van het natuurontwikkelingsgebied kan worden vastgehouden en gedoseerd kan worden afgevoerd, binnen de hiervoor door Waterschap Limburg gestelde norm van 1 l/s/ha (ofwel 129 l/s in totaal). Voor de meest benedenstroomse laagte Dw3 bedraagt de berekende peilstijging (eens in de 100 jaar) dus 0,58 meter boven het overloopniveau, maar verder bovenstrooms is de berekende peilstijging (veel) geringer, bijvoorbeeld 0,38 meter in laagte Do1 en 0,18 meter in laagte Dw1.
- De berekening van Antea is om de volgende redenen aan de veilige kant:
    - In de eerste plaats is aangenomen dat er bij het optreden van een hoge neerslagiek in het natuurontwikkelingsgebied geen berging in de bodem zal optreden. Aangezien het natuurontwikkelingsgebied behalve uit laagten ook uit ruggen bestaat, en stroomgebied Dw4 in zijn geheel hoog blijft liggen, zal in werkelijkheid naar verwachting wel op aanzienlijke schaal berging in de bodem plaatsvinden.
    - Er is geen rekening gehouden met de berging in de hoger gelegen bergingslaagten, die niet onder invloed van de afvoerstuw bij Dw3 staan. Dit is zo gedaan omdat de mogelijkheid bestaat dat bij het optreden van een extreme neerslagpiek de breedten van de overloopdrempels (sterk) zullen toenemen, waardoor er in de betreffende laagten onder deze omstandigheden niet veel peilstijging (en dus berging) zal optreden. In werkelijkheid zal echter ook bij een grotere overloopbreedte, en temeer onder invloed van de weerstand van de begroeiing ter plaatse van de drempels, wel een zekere peilstijging (en dus berging) optreden.
- Dit betekent dat de berekening van Antea een worst-case benadering betreft. Dit is prima in relatie tot het ontwerp van het systeem en dus de veiligheidsaspecten. Zo is op basis van deze worst-case berekening en rekening houdend met een overhoogte van 20 cm uiteindelijk gekozen voor een hoogte van 11,6 mNAP voor de kade langs de zuid- en oostgrens van De Diepen. Beseft moet worden dat in de praktijk (ten eerste) de peilstijging in de benedenstroomse laagten naar verwachting dus lager zal zijn dan nu berekend en (ten tweede) dat ook de maximale afvoer geringer zal zijn dan nu berekend, wat dus in beide gevallen alleen maar extra positief is.
- Een meer gelijkmatige spreiding van de berging over de laagten is (vanwege de hiermee gepaard gaande geringere peilstijgingen) namelijk vanuit ecologisch oogpunt gunstiger. Het enkele jaren geleden herstelde stelsel van overlooplaagten van het natuurgebied Empese en Tondense Heide van Natuurmonumenten vormt een goed voorbeeld hiervan.
- Ook zal vanwege de aanwezigheid van de grofzandige bodem een groot deel van het water dat bij hoge neerslagpieken in het laagtenstelsel wordt vastgehouden (en bij kleinere neerslagpieken de volledige wateroverschotten) via de veel meer geleidelijk verlopende grondwaterstroming naar de Teelebeek worden afgevoerd. Dit heeft dus een extra dempende werking op het afvoerverloop van de Teelebeek.
- Verder wordt door Antea geadviseerd om de overlopen van de bovenstroomse laagten (met afvoerniveau > 11,4 mNAP) relatief smal te dimensioneren (circa 0,5 meter), ter optimalisatie van de berging in de bovenstroomse laagten, en wordt geadviseerd de overlopen van de benedenstroomse laagten (met afvoerniveau < 11,4 mNAP) juist relatief breed te dimensioneren (circa 1 meter), zodat bij basisafvoer (in het winterhalfjaar) weinig opstuwing boven de drempels optreedt, waarmee er hier op deze wijze juist maximale ruimte voor de berging

wordt gerealiseerd. Dit betekent dat in De Diepen de overlopen van Dw1, Dw2 en Do1 een breedte van 1 meter dienen te krijgen. Bij de bovenstroomse laagte Dw4 worden geen speciale voorzieningen getroffen: hier wordt alleen het gedeelte van de (droge) sloot ter plaatse van de natuurlijke drempel gedempt, en zal de (eventuele) incidentele afvoer over de drempel heen over maaiveld plaatsvinden.

- Ook wordt door Antea een indicatieve vergelijking gemaakt met de huidige afvoer in een T=100 situatie. Hieruit volgt dat de maximale afvoer (voor T=100) met de nu uitgewerkte inrichting van het natuurontwikkelingsgebied (minimaal) ongeveer gehalveerd zal worden, ook als daarbij rekening wordt gehouden met de toevoeging van de 28 ha die nu op de Kroonbeek afwatert. Dit betekent dat het risico op wateroverlast in de bebouwde kom van Milsbeek door hoge peilen in de Teelebeek in aanzienlijke mate zal worden verminderd.

Minimale afvoer

- Op korte termijn blijft de Teelebeek ongewijzigd en zal er (dus) ook nog niet veel veranderen aan de minimale afvoer van de Teelebeek.
- In de volgende fase van de planuitvoering zal in het kader van de inrichting van het Koningsven de Teelebeek bovenstrooms van de recreatieve zone rond eethuis De Diepen worden gedempt. In die situatie heeft het resterende, niet gedempte deel van de Teelebeek in de GLG-situatie nog een aanzienlijke drainerende werking. Door Oranjewoud is met het grondwatermodel voor het te handhaven traject van de Teelebeek aan de voet van de stuwwal van het Reichswald en noordelijk van het eethuis De Diepen over een afstand van 25 m een minimale afvoer van 10 m3/dag ofwel circa 0,12 l/s berekend. Aangezien de totale lengte van het traject ten noorden van het eethuis circa 100 meter bedraagt mag verwacht worden dat de minimale afvoer voor het gehele traject 40m3/dag, ofwel circa 0,48 l/s bedraagt. Tot aan de plaats waar de Teelebeek vanuit De Diepen de bebouwde kom van Milsbeek bereikt wordt in de GLG-situatie in totaal 850 m3/dag ofwel 10 l/s gedraineerd.
- Ofwel: ook bij demping van het bovenstroomse deel van de Teelebeek blijft een behoorlijk hoge minimale afvoer van de Teelebeek gegarandeerd. Vanwege de waterconservering die binnen het natuurgebied plaatsvindt mag zelfs verwacht worden dat de minimale afvoer toeneemt ten opzichte van de huidige situatie: er is zodoende immers een veel grotere watervoorraad aanwezig voor de overbrugging van droge zomerperioden en vanuit deze voorraad wordt de beek (in feite ongewild) geleidelijk aan gevoed.
- Vanuit het oogpunt van het herstel van het hydrologische systeem van het natuurontwikkelingsgebied is het overigens gewenst dat de Teelebeek in de GLG-situatie veel minder grondwater zou draineren, en daarbij een afname van de minimale afvoer te accepteren.

Wijziging van de afvoer in het te handhaven traject van de Teelebeek

- In de eindsituatie zal het te herstellen laagtenstelsel van het Koningsven via het laagtenstelsel van De Diepen afwateren op de Teelebeek, en dus niet meer via het traject langs de Zwarte Weg en de zone met Zilvergroene natuur. Dit betekent dat de afvoer van dit traject zal afnemen ten opzichte van de huidige situatie. Zonder aanvullende maatregelen zal het waterpeil in dit traject zodoende dalen, waardoor de drainerende werking ervan op het grondwater zal toenemen, wat onwenselijk is.
- De reductie van de afvoer van dit traject dient zodoende (parallel aan de volgende fase van planuitvoering) gecompenseerd te worden met een verondieping en versmalling van de beek, op zodanige wijze dat het drainageniveau van de beek ongewijzigd blijft. Deze verondieping kan goed worden meegenomen in de herinrichtings-opgave voor de beek.

6.1.5 Effecten op het afvoerregime van de Kroonbeek

Het waterschap streeft (ook) naar een zo constant mogelijke afvoer in de Kroonbeek. Het is daarbij de vraag of de inrichting van het natuur- en plassengebied hieraan bijdraagt en op welke wijze deze bijdrage geoptimaliseerd kan worden. Ook wil het waterschap graag weten welke minimum en maximum debieten gaan optreden. Hoewel de beantwoording van deze vragen buiten de reikwijdte valt van de planuitwerking voor De Diepen, wordt dit middels de onderstaande punten op basis van de door Oranjewoud uitgevoerde modelberekeningen (Oranjewoud, 2012) wel alvast op verkennende wijze gedaan.

De verkennende beantwoording is als volgt:

- Terwijl in de huidige situatie het oostelijke deel van het Koningsven afwatert op de Kroonbeek (namelijk het oostelijk deel van het Koningsven), zal in de toekomstige situatie het volledige natuurontwikkelingsgebied afwateren op de Teelebeek. Hierdoor neemt de oppervlakte van het gebied dat op de Kroonbeek afwatert af met circa 28 ha. Dus hierdoor neemt ook de afvoer van de Kroonbeek af. Aangezien dit over de gehele linie gebeurt heeft dit in principe geen grote consequenties voor de constantheid van de afvoer. Verder kan deze afname ondervangen worden met een verondieping en versmalling van de loop benedenstrooms van het natuur- en plassengebied.
- De Kroonbeek ligt nu aan de voet van de stuwwal en wordt in zuidelijke richting verplaatst naar de grens van het natuur- en plassengebied en het landbouwgebied. Uit de modelberekeningen volgt dat ook de verplaatste Kroonbeek een drainerende werking heeft op het grondwater, niet alleen in de GHG-situatie maar deels (in het traject ten zuiden van de nieuwe zandwinplas) ook in de GLG-situatie. Met het grondwatermodel kunnen ook de hoeveelheden worden berekend.
- Het te handhaven traject van de Kroonbeek dat vanaf de plangrens in zuidelijke richting loopt verliest in de huidige situatie onder GLG-omstandigheden water naar de ondergrond: hier treedt nu infiltratie op. Uit de berekeningen volgt dat de infiltratieverliezen van dit traject in de GLG-situatie zullen verminderen, wat dus een toename betekent van de minimale afvoer en dus een stabiliserende werking heeft op het afvoerregime. Dit is te danken aan de ruim tot de buiten de plangrenzen optredende verhoging van de GLG als gevolg van de planmaatregelen.
- De toekomstige maximale afvoer naar de Kroonbeek is sterk afhankelijk van de mate waarin tijdens hoge neerslagpieken water tijdelijk in het plassengebied wordt vastgehouden. Gezien de grote beschikbare bergende oppervlakte is dit (ook) in het plassengebied zeer goed mogelijk zonder dat daarbij een sterke peilstijging optreedt. De mogelijkheden zijn zelfs nog beter dan in het laagtenstelsel van het natuurgebied omdat het relatieve aandeel van de bergende oppervlakte ten opzichte van de totale oppervlakte van het betreffende gebied veel groter is. Zodoende is in het plassengebied naar verwachting realisatie van een systeem mogelijk waarbij zelfs bij extreem hoge neerslagpieken geheel geen water oppervlakkig uit het gebied wordt afgevoerd. Hiertoe dienen rond de plassen stroken grond gehandhaafd te worden waar de bodem niet wordt afgegraven en indien nodig (op lage plekken) lage kaden worden opgeworpen, zonder dat daarbij een afvoervoorziening wordt aangebracht (zoals wel gebeurt in De Diepen).
- Dus samenvattend leidt de inrichting van het natuur- en plassengebied en de hieraan gekoppelde verplaatsing van de Kroonbeek wel tot een afname van afvoer van de Kroonbeek over de gehele linie, maar niet tot een minder constant afvoerverloop en naar verwachting juist tot een (veel) meer constant afvoerverloop, vooral als gekozen wordt voor een inrichting zonder oppervlakkige afvoer vanuit de plassen. Het minimum debiet dat daarbij gaat optreden kan berekend worden met behulp van het grondwatermodel. Het maximale debiet zal in een situatie zonder oppervlakkige afvoer alleen bestaan uit de kwel en is in

een situatie met oppervlakkige afvoer afhankelijk van de stuwbreedte. In het eerste geval kan een inschatting gemaakt worden van de (zeer lage) maximale afvoer met behulp van het grondwatermodel en in het tweede geval kan een berekening gemaakt worden zoals reeds is gedaan voor het natuurontwikkelingsgebied.

6.2 Hydrologische monitoring

Om zowel de interne als de eventuele externe grondwatereffecten van de planmaatregelen af te leiden vindt hydrologische monitoring plaats. Hiertoe is voor het complete plangebied Koningsven - De Diepen en de omgeving hiervan een hoofdnetwerk van peilbuizen ingericht en met dit meetnet is de afgelopen jaren ook de 0-situatie al vastgelegd. In De Diepen en het westelijke deel van het Koningsven is bovendien al jarenlang een meer verfijnd meetnet van Natuurmonumenten aanwezig, waarmee de ontwikkelingen in deze gebieden op meer gedetailleerde wijze gemonitord worden. Verder heeft ook Waterschap Limburg in de omgeving van De Diepen een aantal meetpunten waarmee hydrologische monitoring plaatsvindt.

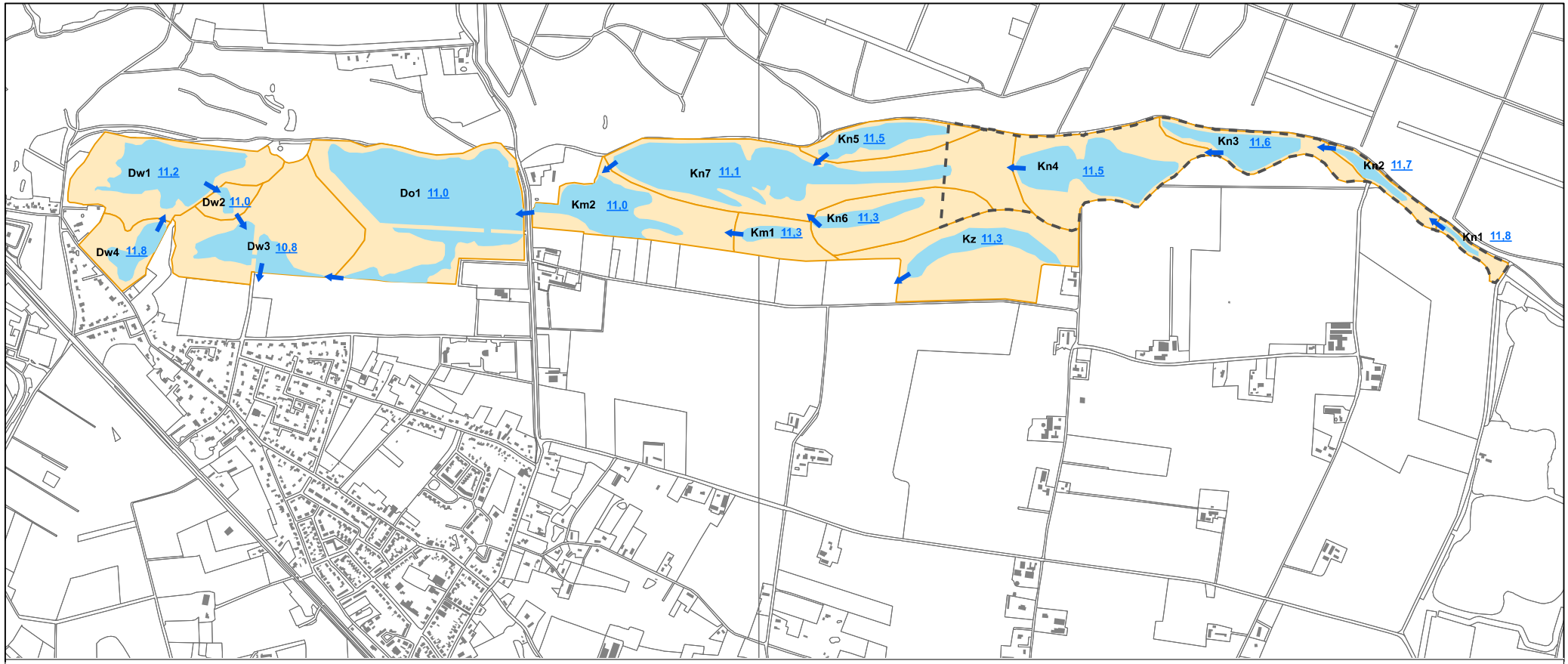
Alle peilbuizen die relevant zijn voor monitoring van de hydrologische ontwikkelingen in relatie tot de inrichting van De Diepen zijn aangegeven op de plankaarten. Het betreft hierbij de volgende peilbuizen binnen het natuurgebied (allen van Natuurmonumenten):

- Laagten west: peilbuizen B6A/B en B7.
- Hoog gelegen middendeel: B10 en B11.
- Laagte oost, westelijke raai: B4A/B, B5 en B12A/B.
- Laagte oost, oostelijke raai: B13, B14 en B15.

Voor het vaststellen van (de afwezigheid van) effecten op de omgeving zijn de volgende peilbuizen van belang:

- KON14 ten zuidwesten en KON15 ten zuiden van het plangebied.
- Peilbuizen van Waterschap Limburg in de zone die is begrensd als Zilvergroene natuur, de bebouwde kom van Milsbeek ten zuiden hiervan en langs de Zwarte Weg.

Met behulp van de twee oppervlaktewaterstandsmeetpunten in de Teelebeek benedenstrooms van het natuurontwikkelingsgebied kan worden afgeleid welk effect de inrichting van het natuurontwikkelingsgebied heeft op het waterstandsverloop van de Teelebeek. Het is hierbij met name interessant om vast te stellen in welke mate het vasthouden en gedoseerd afvoeren van water vanuit het natuurontwikkelingsgebied bij extreem hoge neerslagieken leidt een waterstandsverlaging in de Teelebeek, en dus reductie van het risico op wateroverlast in (het laag gelegen deel van) de bebouwde van Milsbeek. Ter plaatse van het oostelijke oppervlaktewaterstandsmeetpunt was in het verleden ook een afvoermeetpunt aanwezig (mededeling E. Raaijmakers, Waterschap Limburg). Aanbevolen wordt hier opnieuw een afvoermeetpunt in te richten, zodat (middels vergelijking met de meetreeks van het voormalige meetpunt) ook kan worden afgeleid wat het effect van de planmaatregelen hierop is.



Legenda

(bergings)laagte | stroomgebied | aanpassing stroomgebied Kroonbeek naar Teelebeek (27,95 ha) | stromingsrichting | **Dw1** code van (bergings)laagte | 11,0 toekomstig afvoerniveau van (bergings)laagte (mNAP)

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 6.1 (Bergings)laagten Koningsven - De Diepen

1:13000

Literatuur

Buijs Hydro-ecologisch Onderzoek & Advies, 2006. Meetnetuitbreiding Sint Jansberg. In opdracht van Natuurmonumenten.

Landschappartners, 2015. Koningsven-De Diepen. Inrichtingsplan programma-aanvraag. Integraal eindbeeld van de beoogde natuurontwikkeling. In opdracht van Teunesen zand en grint & Natuurmonumenten.

Roestel, J.J.M. van & H.E. Geertsema, 2011. Initiatiefplan Koningsven - Deelonderzoek hydrologie. Oranjewoud in opdracht van Teunesen zand en grint b.v.

Roestel, J.J.M. van & H.E. Geertsema, 2012, Initiatiefplan Koningsven. Eindrapport deelonderzoek hydrologie: inrichtingsalternatieven. Oranjewoud, in opdracht van Teunesen zand en grint b.v.

Roestel, J. van, 2013. Memo 'Afvoer Tielebeek en grondwatereffecten'. Oranjewoud, in opdracht van Teunesen zand en grint b.v.

Rooijen, P. van, 2004. De hydrogeologische situatie rond Ontwikkelingsplan Koningsven te Gennep. Van Rooijen Adviezen BV.

Rooijen, P. van, 2006. Nadere verkenning van de hydrogeologische situatie in het gebied Koningsven - De Banen te Gennep. Van Rooijen Adviezen BV.

Tomassen, H., Lucassen E. en Roelofs J., 2012. Mogelijkheden voor natuurontwikkeling in het Koningsven – De Diepen, concept bodemnotitie. Onderzoekcentrum B-WARE.

Overzicht bijlagen

1 Grafieken grondwaterstandsverloop

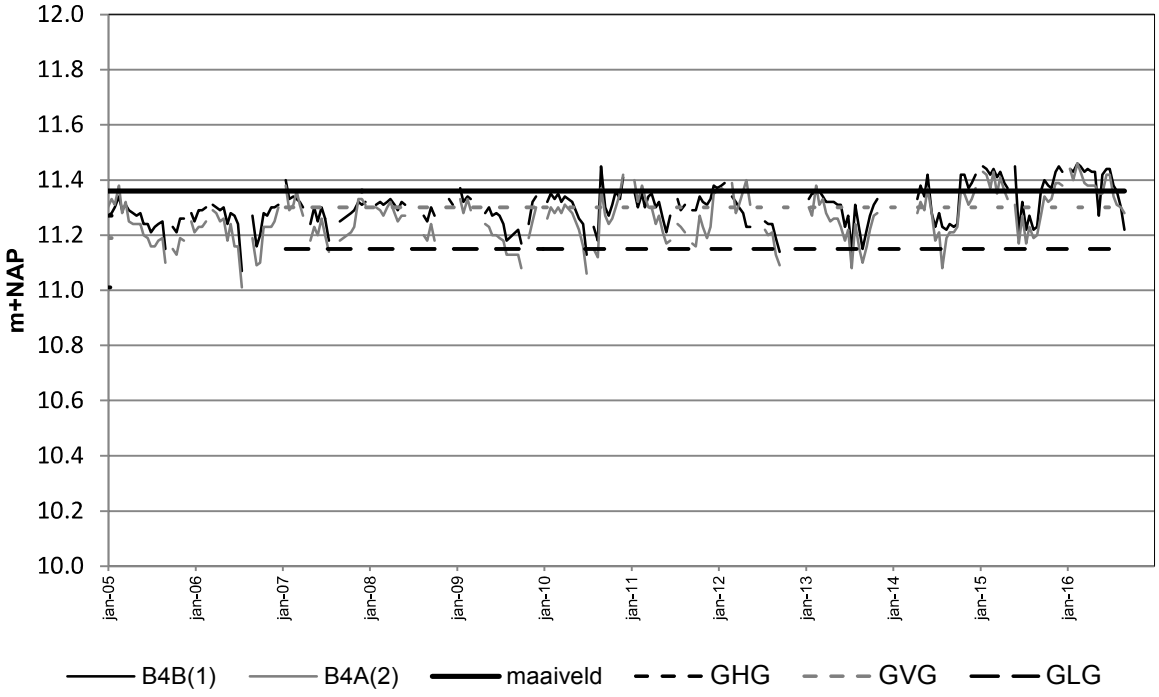
2 Boorbeschrijvingen aanvullend veldonderzoek

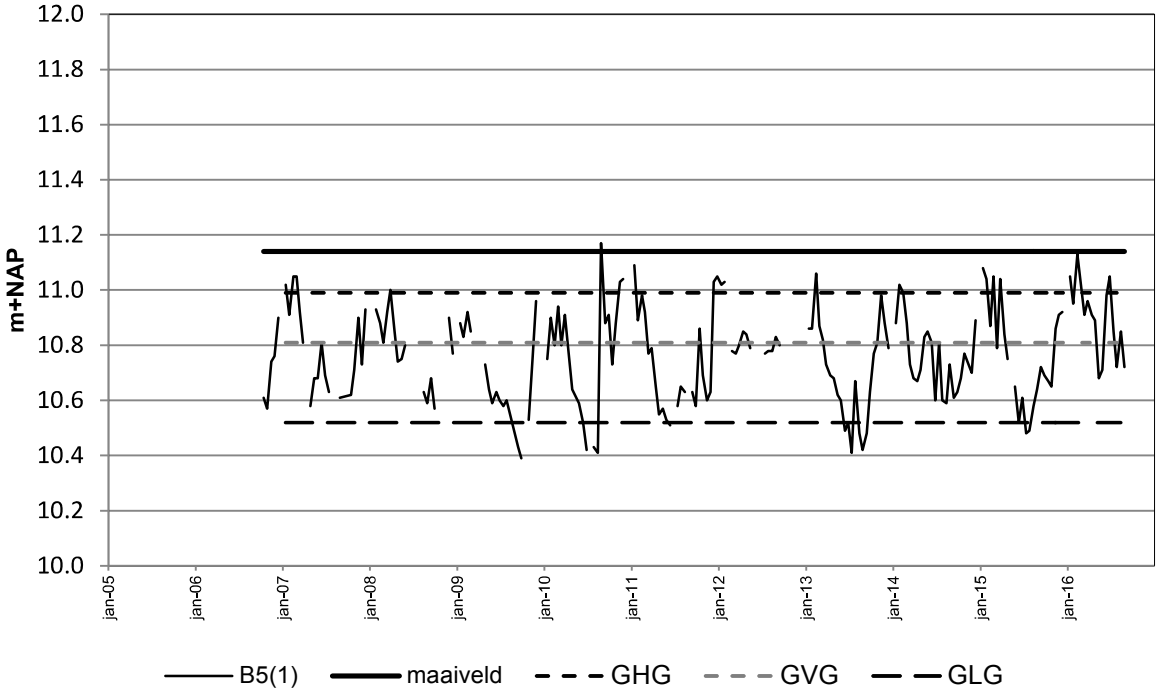
3 Kaarten met de resultaten van de grondboringen

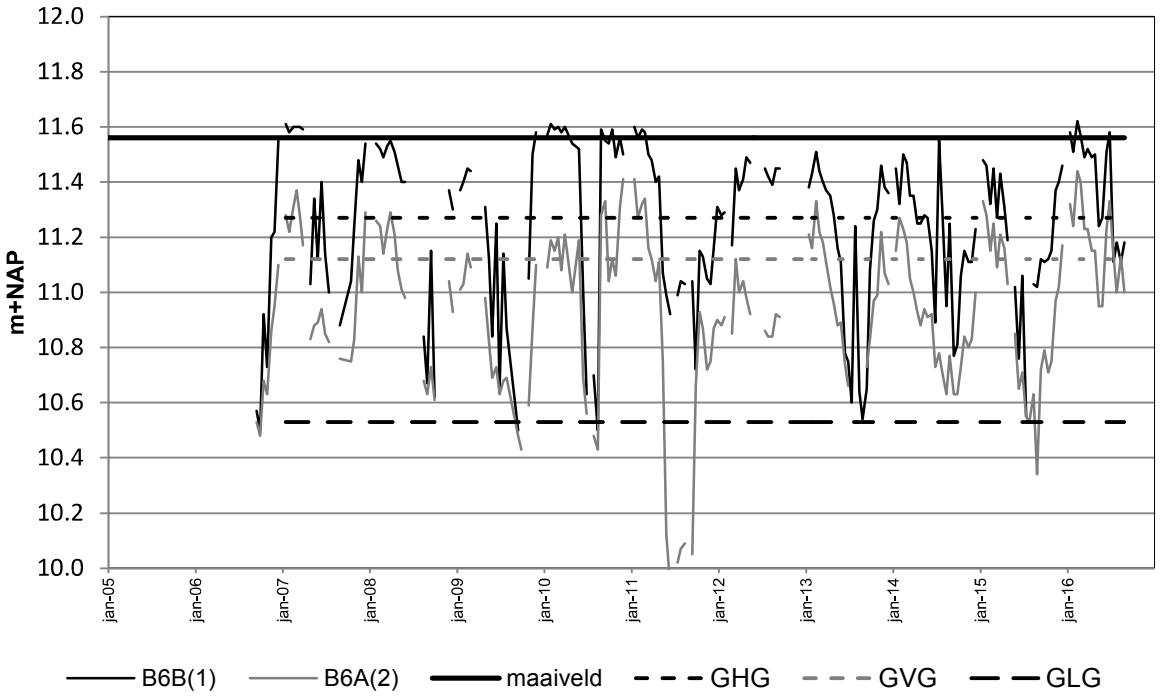
3a Bovenzijde, onderzijde en dikte van de deklaag
3b Bodemtype op 0-10 cm beneden maaiveld
3c Bodemtype op 40-50 cm beneden maaiveld
3d Bouwvoordikte
3e Onderzijde van de veenlaag ten opzichte van maaiveld
3f Grondwaterstand beneden maaiveld op 7-9-2016

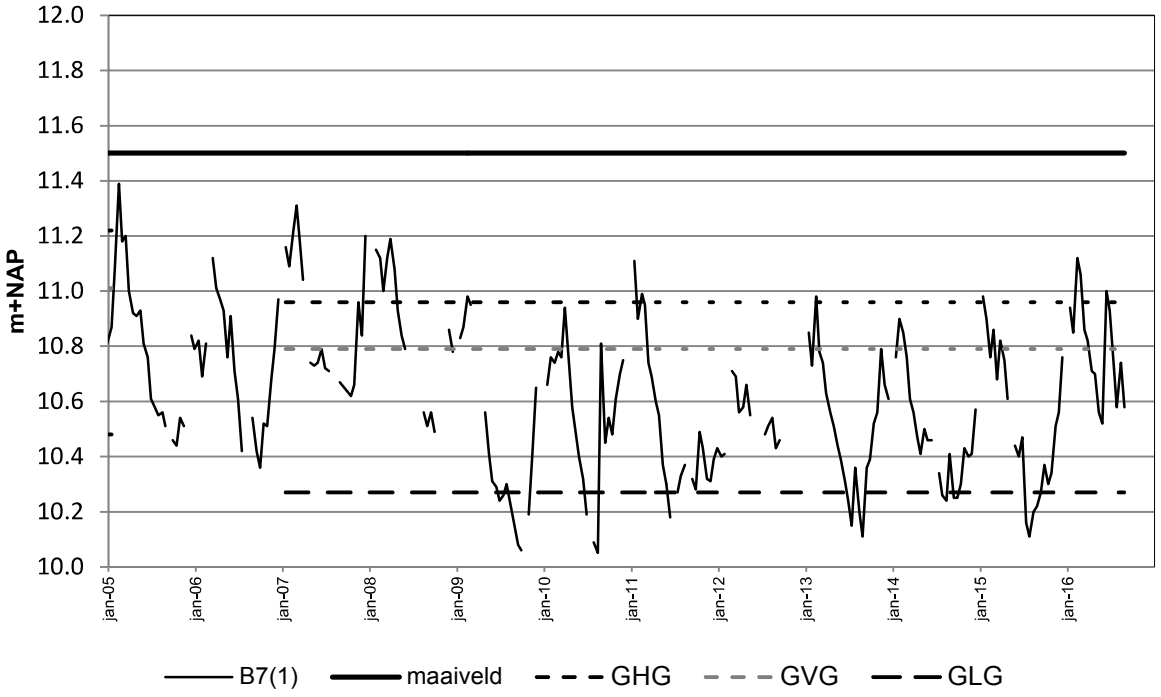
4 Memo ‘Uitwerking berging Koningsven - De Diepen’

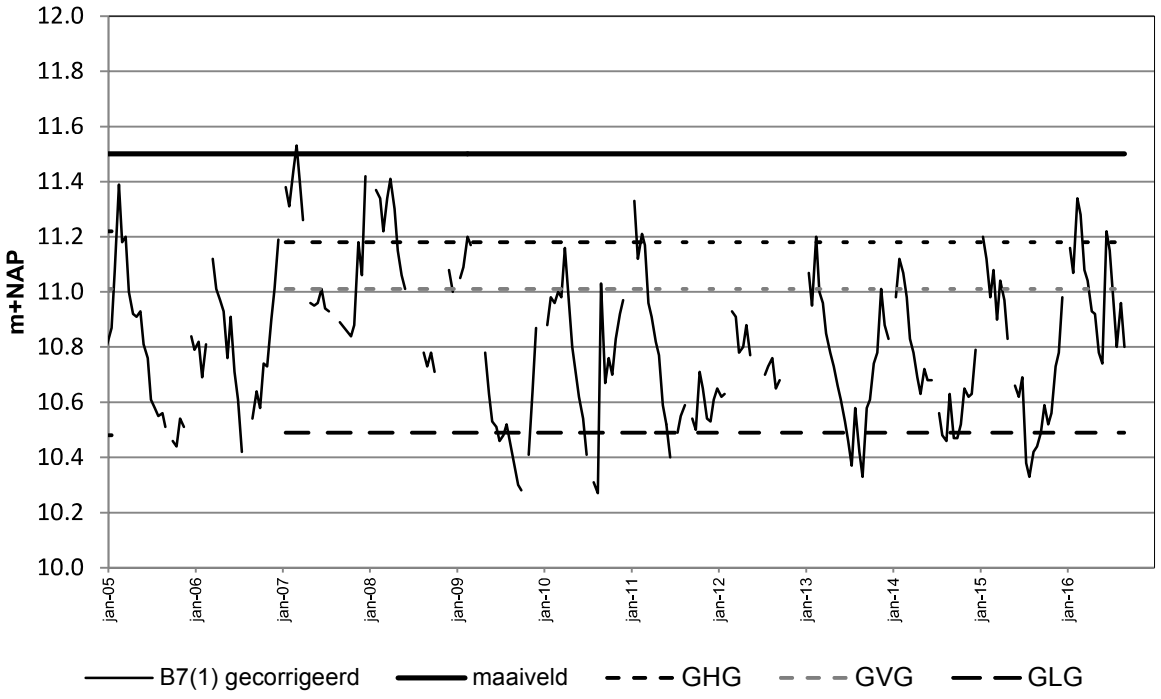
Bijlage 1 Grafieken grondwaterstandsverloop

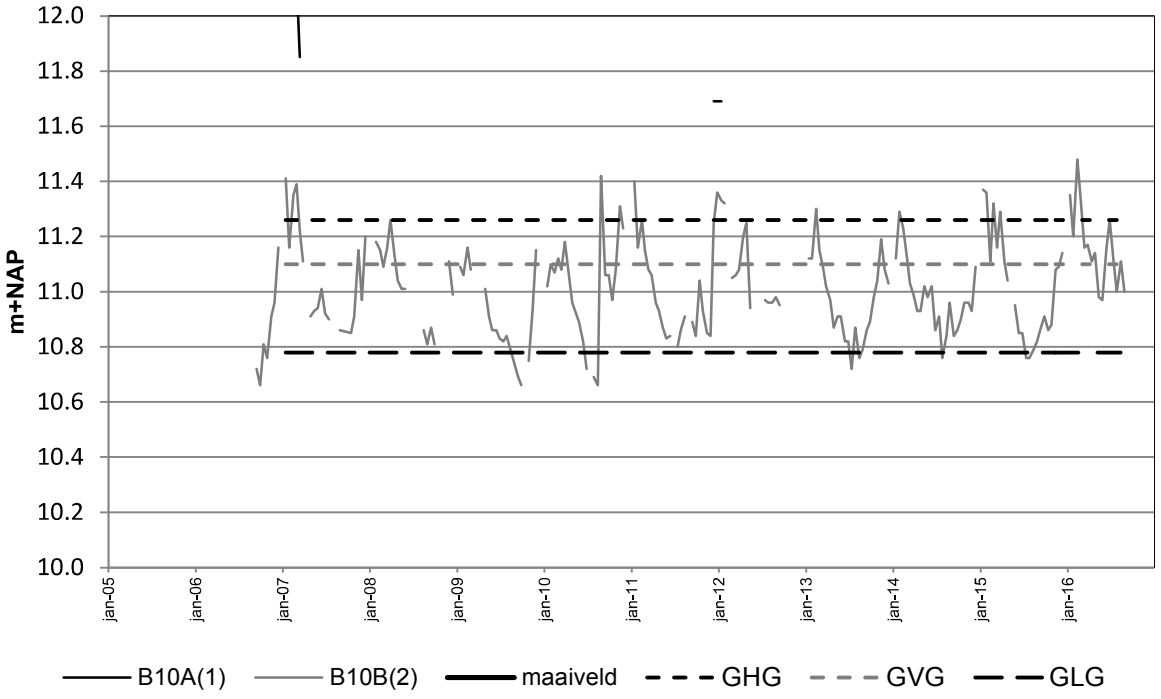


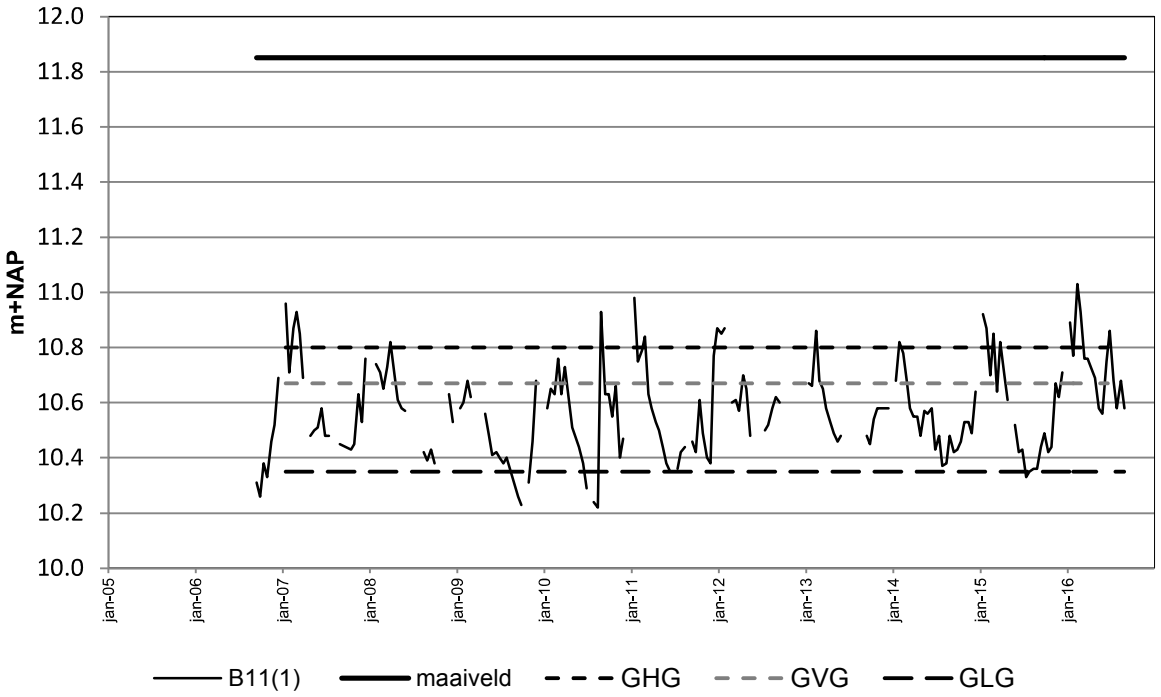


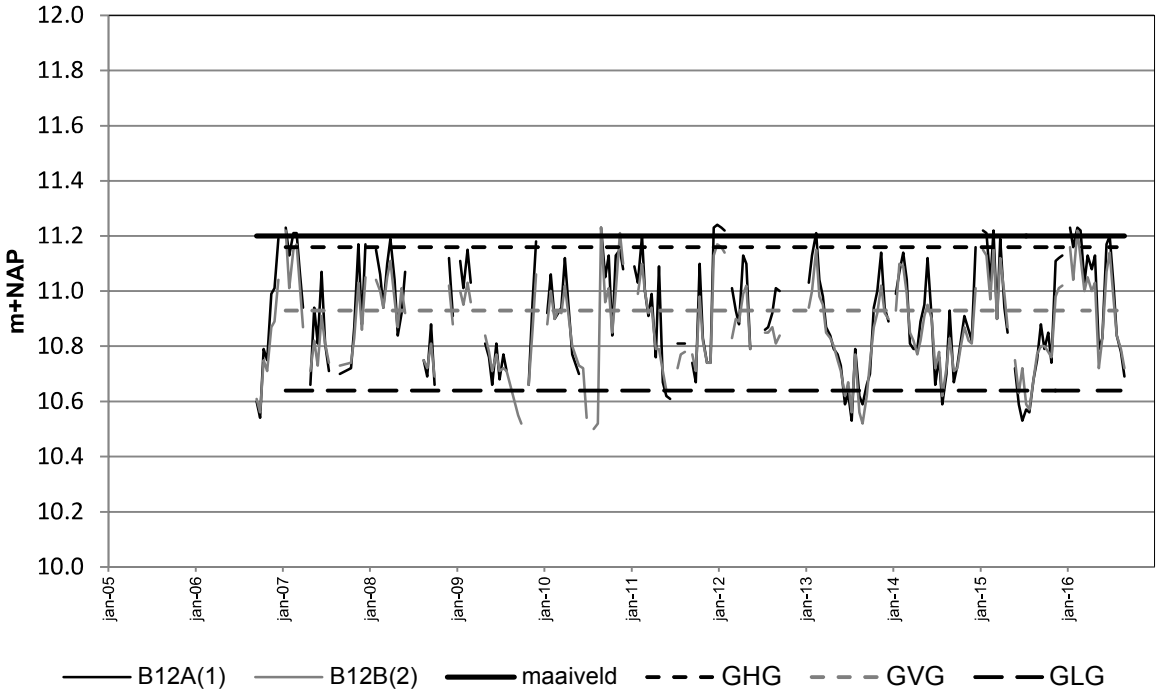

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B6B(1)
B6A(2)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

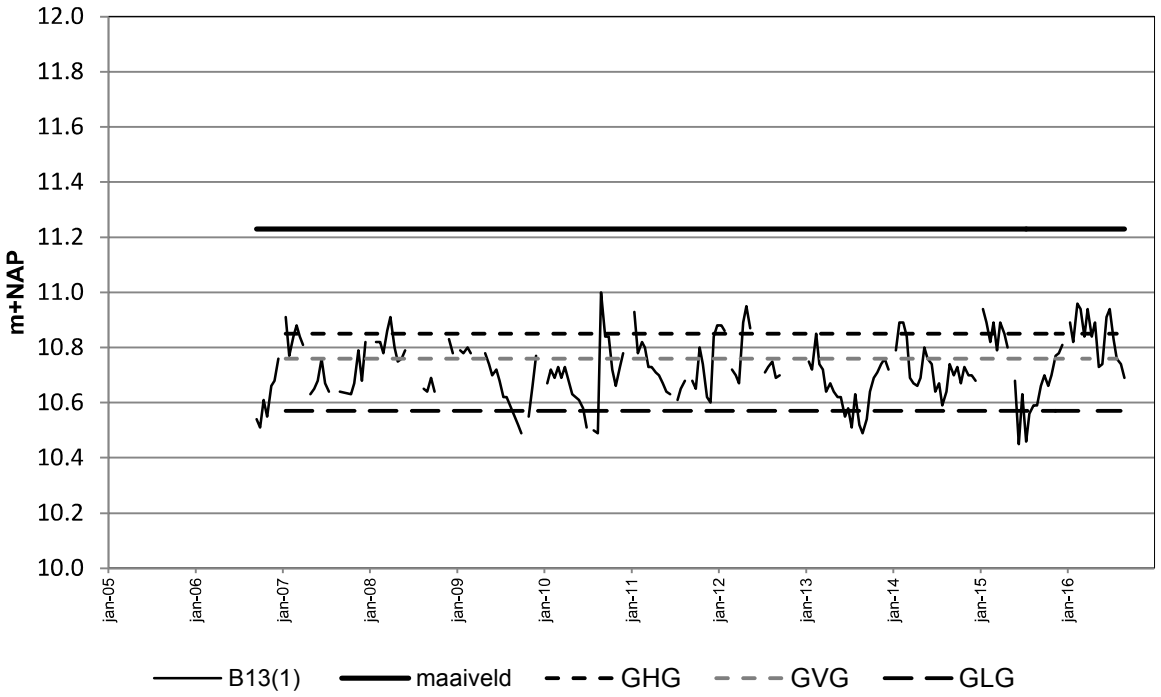

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B7(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

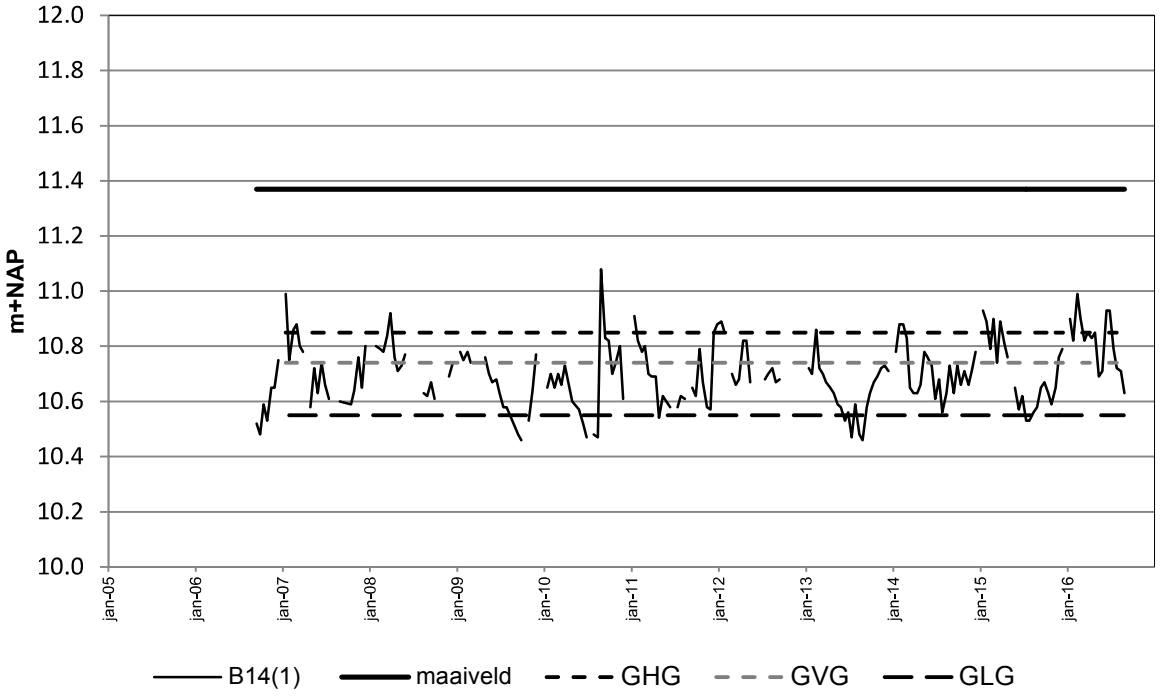

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B7(1) gecorrigeerd
maaiveld
GHG
GVG
GLG

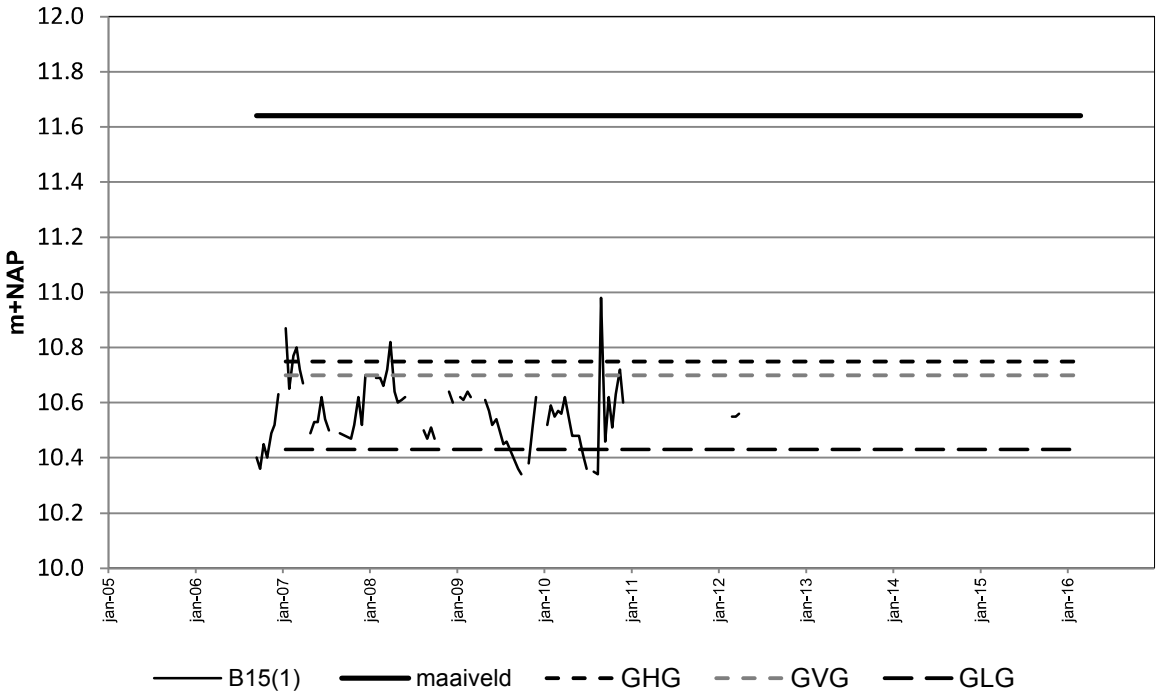

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B10A(1)
B10B(2)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

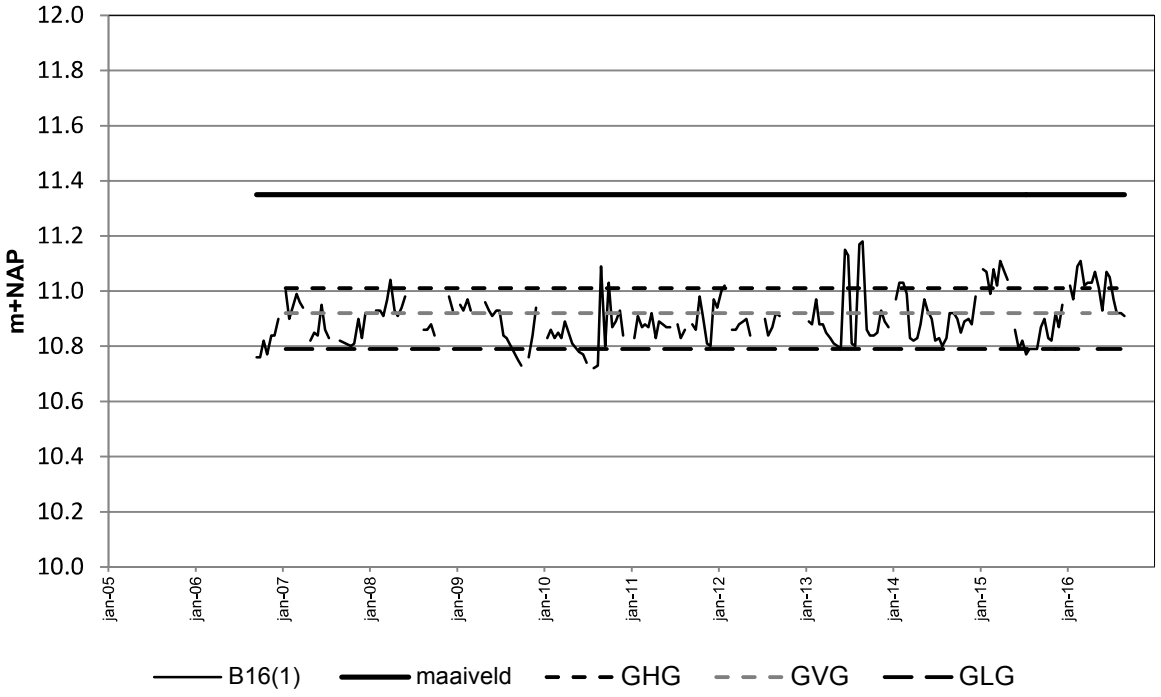

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B11(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

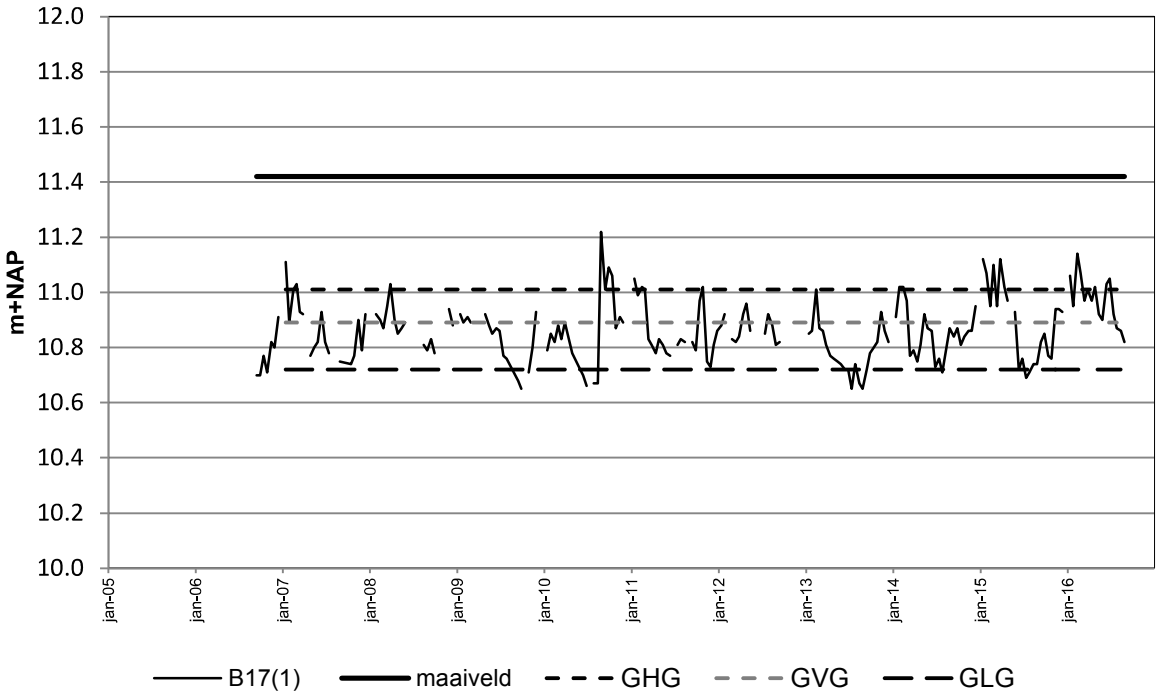

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B12A(1)
B12B(2)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

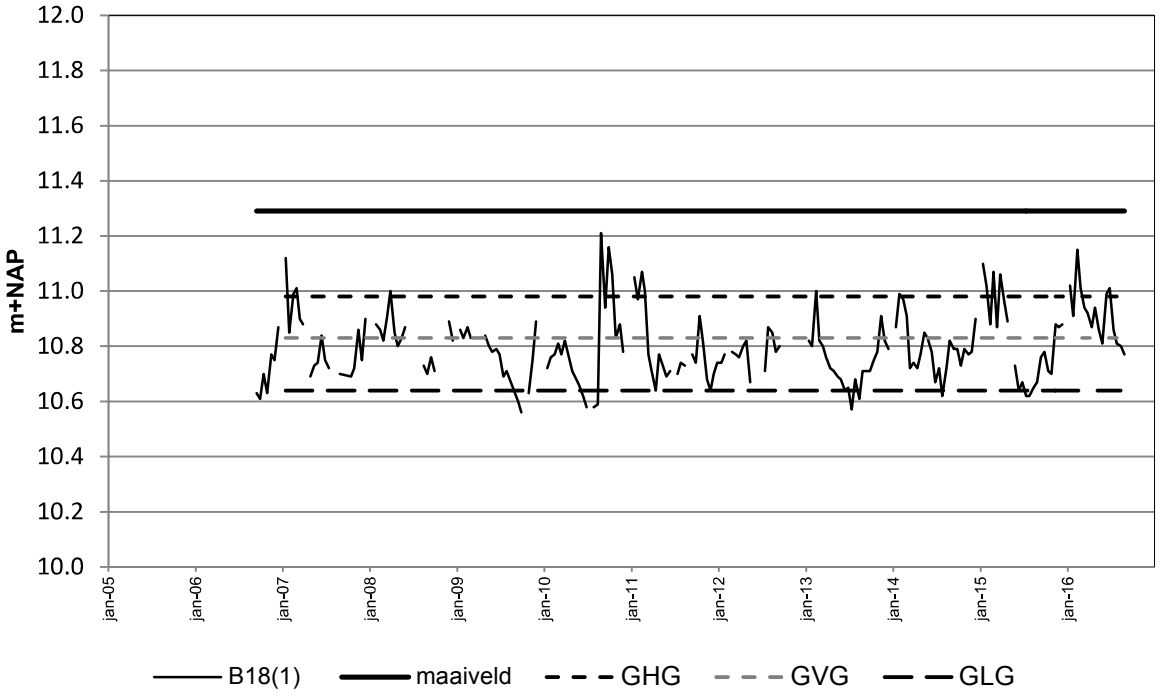

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B13(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

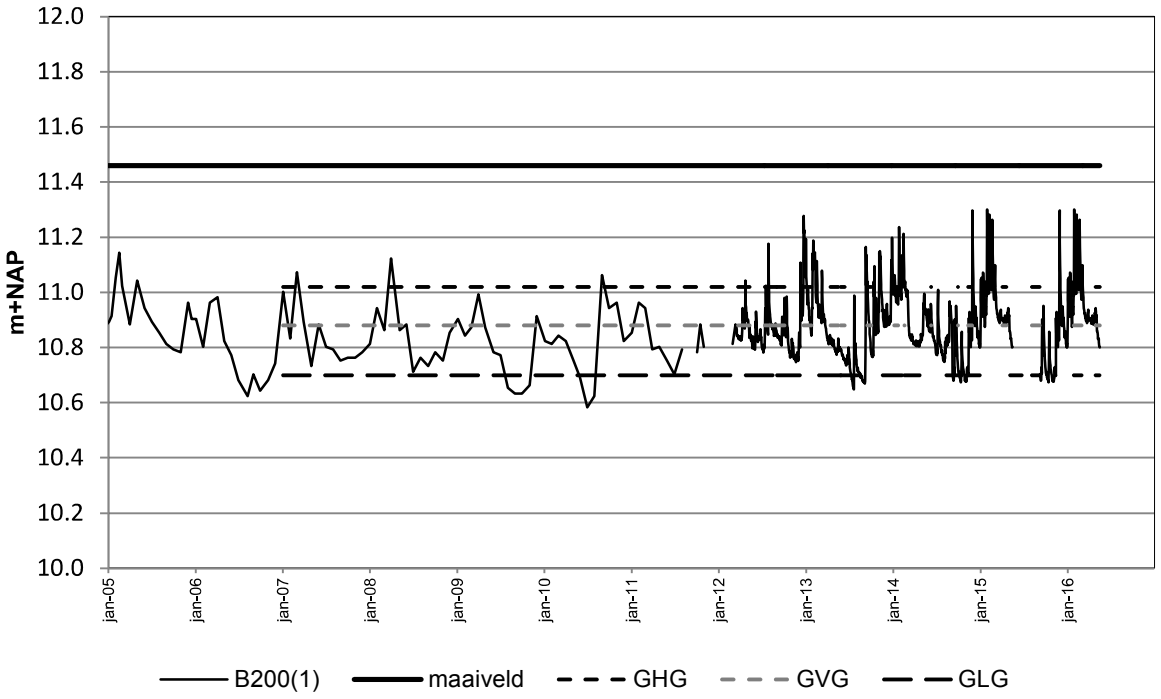

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B14(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

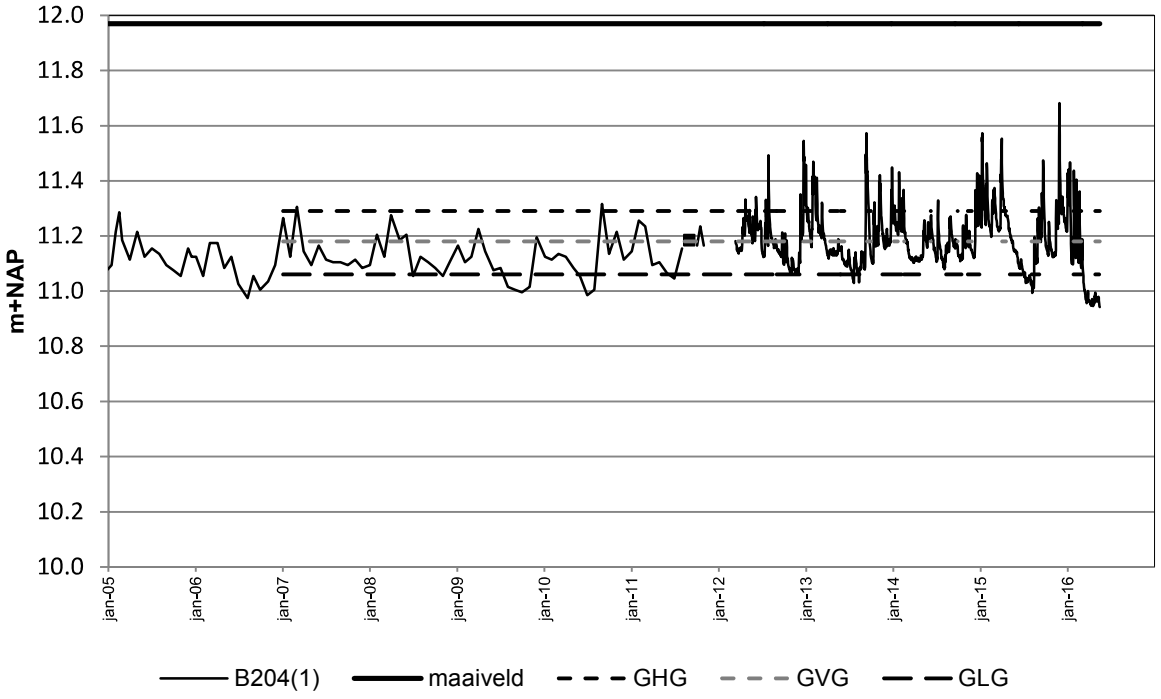

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B15(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

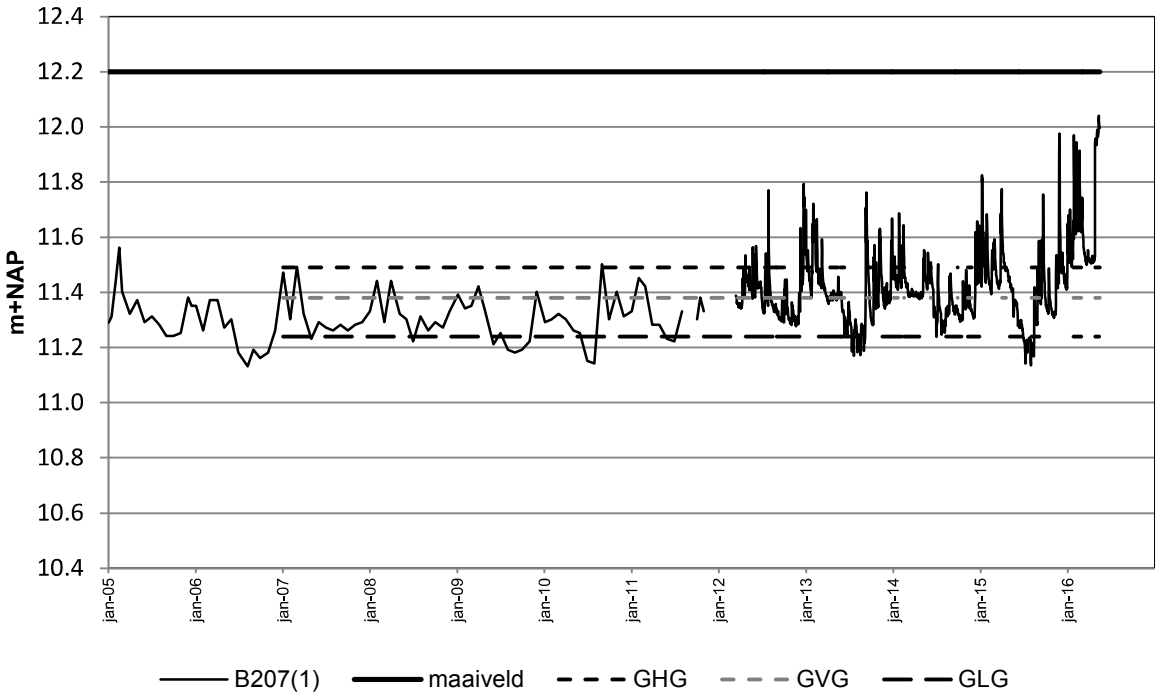

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B16(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

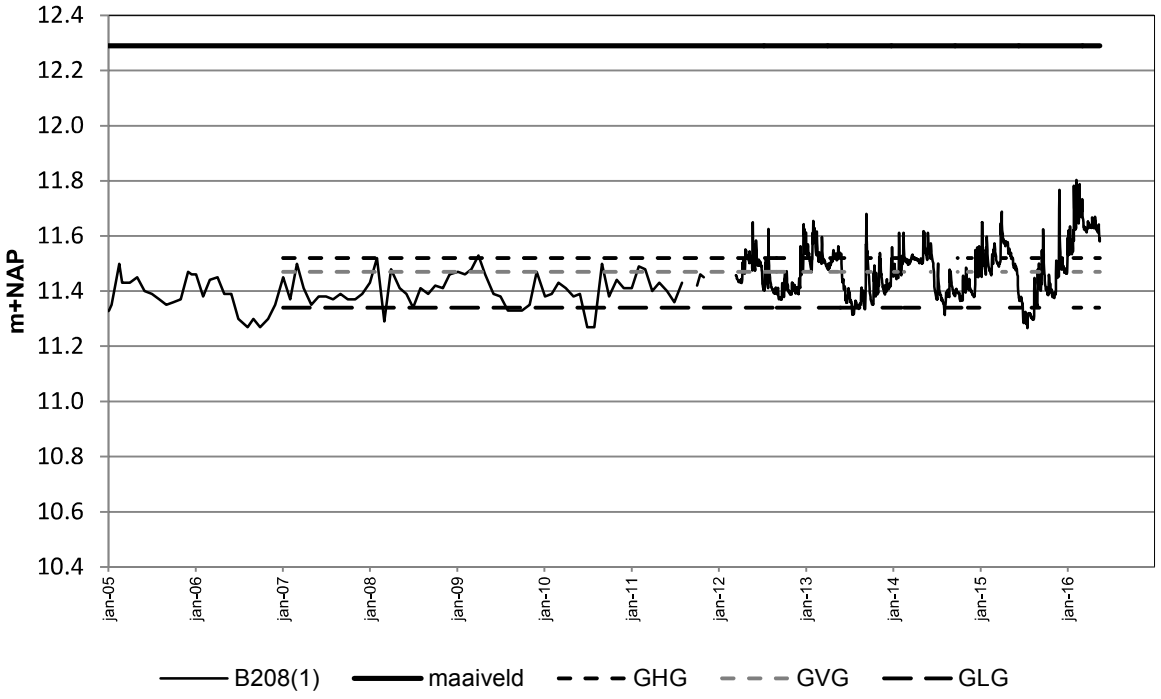

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B17(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

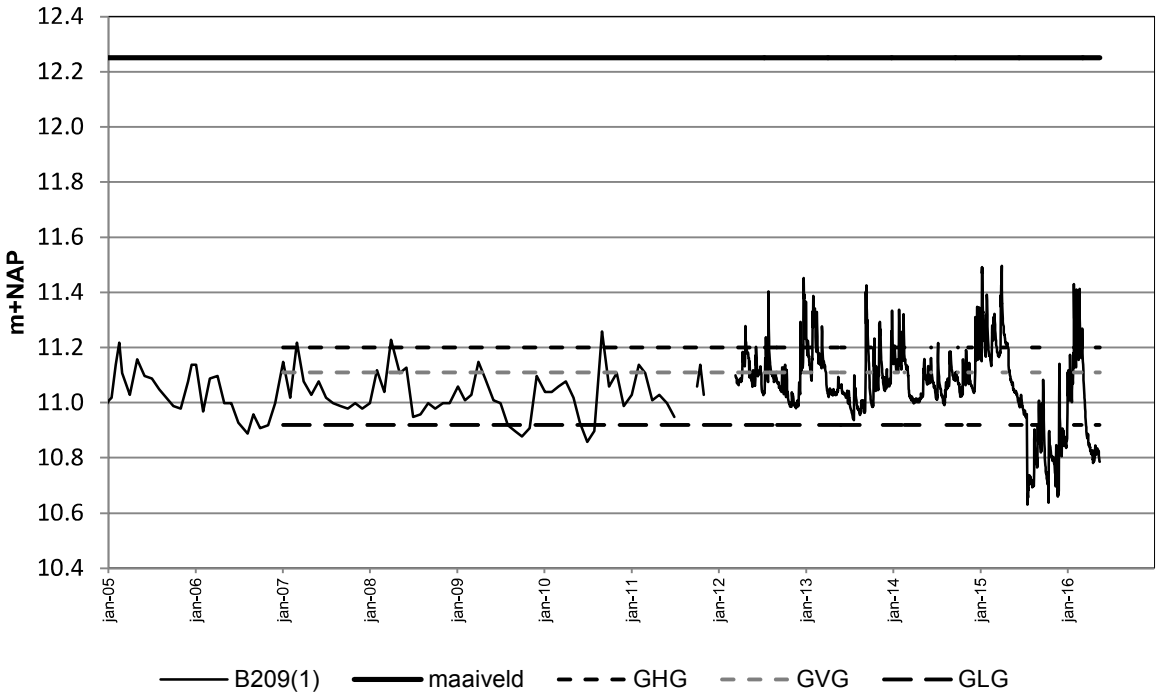

12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B18(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG


12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B200(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG


12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
10.0
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B204(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG


12.4
12.2
12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B207(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG


12.4
12.2
12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B208(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG


12.4
12.2
12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
m+NAP
jan-05
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
B209(1)
maaiveld
GHG
GVG
GLG

Bijlage 2 Boorbeschrijvingen aanvullend veldonderzoek Koningsven-De Diepen

Uitgevoerd op 4 en 5 september 2016

Bo1

0	35	zand, humeus
35	50	klei, grijsbruin
50	100	zand, grof, houtresten, beigegrijs
		2e en 3e boorgat geen kleilaag

Bo3

0	35	klei, zwak humeus
35	55	klei, humusarm, grijs
55	80	zand, matig fijn, grijs, lemig/kleiig, houtresten, zwak roest
80	100	zand, zeer fijn, sterk lemig, houtresten
100		grind

Bo4

0	15	zand, zwak humeus, leemarm
15	45	zand, humusarm, leemarm beige
45	55	veen, sterk veraard, zwartbruin
55	75	klei, grijs, bovenin bruinige bijmenging (moerig)
75	90	zand, matig fijn matig grof, grijs, lemig
90	100	zand, zeer grof, leemarm, grijs

Bo5

0	25	humus
25	35	klei
35	60	zand, matig grof, zwak kleiig, donkergrijs
60	100	zand, grof, lichtgrijs

Bo6 (sloot)

0	30	veen, secundair, bruin
30	35	slib
35	45	zand, grof, leemarm

Bo7

0	35	zand, humeus
35	40	veen, moerig, zandig, sterk veraard
40	65	klei, zandig, grijs
65	80	zand, zwak kleiig, grijs
80	100	zand, grof, grijs

Bo8

0	25	zand, humeus
25	30	zand, kleiig, beige
30	90	zand, matig grof tot grof

Bo10 (sloot)

0	20	veen, secundair, matig veraard
20	30	klei grijs
30	50	zand, grof, grijs
		2e boorgat geen klei

Bo11

0	30	zand, fijn, humeus, zwak kleiig
30	40	zand, matig fijn, humusarm, beige, zwak kleiig
40	50	klei, grijs, enkele roest vlekken
50	80	zand, matig fijn
80	85	klei, houtresten
85	100	zand, matig grof, leemarm

Bo12

0	30	klei, zandig, humeus
30	35	klei humeus
35	50	klei grijs
50	80	zand, matig grof, zwak kleiig, grijs, tot 65 zwak roest

Bo13 (sloot)

0	70	leem/lichte klei, licht grijs / bijmenging beige vanaf 50 cm grijs

Bo14

0	30	zand, humeus
30	35	overgang, zwak humeus
35	50	zand, fijn, kleiig
50	90	zand, matig grof, beige, roest

Bo15

0	45	zand, fijn, kleiig, humeus
45	50	veen sterk veraard
50	95	klei, stug, grijs, houtresten, tot 70 beige / bruine bijmenging
95	115	zand, fijn, kleiig, grijs

Bo16

0	60	zand, kleiig , zwak humeus
60	90	zand, matig grof, beige grijs

Bo17

0	35	zand, kleiig, zwak humeus
35	45	zand, kleiig, sterk humeus
45	95	zand, kleiig, humusarm, beige, beigegrijs
95	100	zand, grof, beige roest

Bo19 (sloot)

0	60	leem / kleiig fijn zand, grijs af en toe humeuze brok

Bo20

0	30	zand zeer zwak kleiig, humeus
30	35	zand, kleig, humeus
35	85	zand, grof, iets grind, beige-beigegrijs

Bo21

0	35	zand, humeus, kleiig
35	50	klei, sterk zandig
50	100	zand, lichtbeige, beigegrijs

Bo22

0	30	zand, leemarm, zwak humeus
30	55	veen, sterk veraard
55	100	klei, vet, grijs, tot 70cm bijmenging beige

Bo23

0	10	humus
10	20	klei, humeus, bruin
20	50	klei, vet stug, grijs bijmenging beige
50	80	zand, grijszwakke roest

Bo24 (sloot)

0	10	water
10	35	veen, secundair
35	50	klei
50	60	zand

Bo26

0	25	zand, humeus
25	40	klei
40	45	veen
45	80	klei, vet, stug, grijs, beige bijmenging, houtresten
80	105	klei, zandig, grijs, grind
105	110	zand grijs

Bo27

0	35	zand, humeus
35	75	zand, grof, beige, roest
75	90	zand, grof, grijs

Bo 28

0	35	zand, humeus, onderin zwak kleiig
35	50	zandig, kleiig, bijmenging zand, humeus, geploegd
50	100	zand, beigegrijs - grijs tot 60 zwak roest, houtresten
100	105	klei, zandig, grijs
105	110	zand, grijs, zwak kleiig, houtresten

Bo29

0	30	zand, humeus, kleiig
30	100	klei, zandig, beigebruin, roest, onderin beige lichtgrijs
100	110	zand, grof, roest, beige

Bo30

0	30	zand, kleiig, humeus
30	90	veen met laagjes zandig, venige klei/ kleiig veen
90	110	klei, zandig, grijs
110	120	zand, kleiig, grijs

Bo31

0	20	zand zwak kleiig, humeus
20	40	zand, dun kleilaagje van 30-35 ha, humusarm
40	65	klei, grijs met veenlagjes, zwart
65	105	zand, zwak kleiig, grijs

Bo32 (sloot)

0	20	water
20	40	veen, secundair
40	60	zand, matig grof, grijs, zwak kleiig
60	80	zand, matig grof, grijs

Bo33

0	20	zand, kleiig, humeus
20	45	zand, kleiig, humusarm, vlekkerig, opgehoogd
45	85	veen, bovenste 1cm sterk veraard, daaronder matig veraard
85	100	klei, vet, grijs
100	120	zand, zwak kleiig, grijs

Bo34

0	30	veen, sterk veraard
30	60	klei, vet, grijs
60	80	zand, fijn, kleiig, grijs
80	170	klei afgewisseld met fijn zand
170	175	zand

Bo35 (sloot)

0	5	water
5	75	veen, secundair
75	80	klei
80	85	zand, kleiig

Bo36

0	15	zand, humeus, zwak kleiig
15	30	zand, humusarm, roest, beige
30	40	veen, sterk veraard
40	55	klei
55	95	veen, matig tot weinig veraard, wortels
95	110	zand, kleiarm

Bo37

0	50	veen, secundair
50	65	veen, bijmenging zand
65	80	klei
80	100	zand, kleiig

Bo39

0	20	zand, humeus
20	40	zand, vlekkerig
40	50	klei, humeus
50	60	veen
60	65	klei
65	70	veen
70	80	klei, grijs
80	100	klei, zandig, grijs
100	120	zand, zwak kleiig, grijs

Bo40

0	20	klei, humeus, zandig
20	60	zand, fijn, kleiig, grijs
60	70	zand, licht grijs

Bo41 (sloot)

0	60	klei, zandig
60	70	zand

Bo42

0	45	zand, matig fijn, humeus
45	100	zand, humusarm, matig fijn, beige, roest vanaf 90cm
100	110	zand, matig fijn, zwak lemig, licht grijs beige met roest
110	160	zand, matig grof, beige

Bo43

0	30	zand, sterk humeus, zwak kleiig
30	65	veen, sterk veraard, zwart
65	80	zand, sterk kleiig
80	110	zand, matig fijn, (sterk) lemig, houtresten
110	120	zand, matig fijn

Bo44 (sloot)

0	50	veen, sterk veraard
50	135	veen, matig veraard
135	150	klei, vet, grijs

Bo45

0	30	veen, sterk veraard
30	85	veen, nauwelijks veraard
85	90	veen, sterk veraard, gliedeachtig/kleiig
90	120	zand, matig grof tot grof, lemig

Bo46 (sloot)

0	20	water
20	65	organische slib
65	95	klei, zandig, vet, grijs

Bo47

0	35	veen, sterk veraard, zandig
35	100	zand, fijn, kleiig, houtresten, grijs

Bo48

0	35	veen, sterk veraard
35	90	zand, matig fijn tot fijn, kleiig, grijs

Bo49 (gracht)

0	50	water
50	60	slib
60	70	zand, grof

Bo50

0	30	veen, zeer sterk veraard, zandig
30	50	zand, zeer fijn, kleiig
50	90	klei, licht grijs, beige met zwakke roest
90	110	zand, kleiig, grijs

Bo51

0	30	zand, humeus, bijmenging puin, dakpannen
30	60	klei, grijs, zandig
60	100	zand, grijs, matig grof

Bo52

0	30	zand, humeus
30	45	klei humeus
45	50	veen, zeer sterk veraard
50	60	klei, moerig, humeus
60	105	klei, humusarm, houtresten, grijs
105	120	zand, kleiig, houtresten

Bo52 2e gat

0	45	zand, opgebracht
45	50	veen
50	60	klei, grijs

Bo53 (sloot)

0	25	klei, humeus
25	50	zand, humeus
50	65	klei, grijs
65	75	zand, kleiig, grijs

Bo54

0	35	zand, humeus, kleiig
35	85	klei, zandig, zwakke roest, lichtgrijs
85	100	zand, matig grof, zwakke roest, beigegrijs

Bo55

0	30	zand, sterk humeus, kleiig
30	35	klei, humeus
35	75	klei, stug, grijs, zwakke roest
75	100	zand, grof, grijs

Bo56

0	30	zand, humeus
30	50	zand, matig fijn
50	60	zand, kleiig
60	120	zand, grof

Bo57

0	30	zand, humeus, kleiig
30	80	klei, zandig, grijs, roest
80	90	zand, humeus, kleiig

Bo58 (sloot)

0	30	zand, sterk humeus, kleiig
30	45	zand, matig grof, zwak kleiig
45	80	zand, matig grof

Bo59

0	40	zand, humeus, kleiig
40	70	klei, zwak humeus, zandig
70	110	klei, humusarm, zandig
110	120	zand, grof, grijs

Bo60 (sloot)

0	30	klei, humeus
30	70	klei, humusarm, grijs
70	80	zand, grof, grijs

Bo61 (sloot)

0	50	water
50	70	zand, matig fijn, zwak kleiig
70	90	zand, matig fijn

Bo62

0	50	zand, sterk humeus
50	70	veen, sterk veraard
70	85	veen, matig veraard
85	120	zand, matig grof, zwak kleiig, grijs

Bo63

0	30	zand, humeus, zwak kleiig
30	50	zand, zwak humeus, kleiig
50	75	klei, zandig, stug, grijs
75	120	zand, matig grof, licht grijs, tot 100 cm zwakke roest

Bo64 (sloot)

0	20	veen secundair
20	30	klei
30	40	zand grof

Bo65

0	10	zand sterk humeus
10	20	zand zwak humeus
20	65	zand humusarm, zwak kleiig, grijs
65	90	zand, grof, grijs

Bo66

0	30	zand humeus
30	90	zand, zwak kleiig, grijs
90	100	zand matig grof, grijs

Bo67

0	25	zand humeus
25	70	zand, humusarm, matig grof
70	100	zand, humusarm, grof met grind

Bo68

0	30	zand, zeer zwak humeus
30	100	zand, humusarm, fijn, zwak lemig, roest
100	120	zand, humusarm, matig fijn, zwak lemig, grijs

Bo69

0	10	zand, sterk humeus,
10	25	zand, mix van humusarm en humeus
25	45	zand, grof en grind
45	100	zand, fijn, zwak lemig, enkele grindjes, lichtgrijs, zwak roest

Bo74

0	30	zand, humeus, zwak kleiig
30	55	zand, zwak kleiig, lichtgrijs
55	100	zand, matig grof

Bo75

0	25	zand, humeus, kleiig
25	35	klei, humeus
35	45	klei, humusarm
45	90	zand, grof
		2e gat geen klei aangetroffen

Bo76

0	30	klei, humeus
30	40	klei, humusarm met bijmenging humeus
40	75	klei, humusarm, stug, lichtgrijs, zwakke roest, bijmenging roest
75	100	zand, grijs, houtresten tot 85cm

Bo77 (sloot)

0	10	klei, humeus
10	55	klei, humusarm
55	60	zand

Bo78

0	35	zand, humeus
35	55	zand, sterk kleiig
55	100	zand, grijs

Bo79

0	40	zand, matig fijn, humeus
40	90	zand, matig grof, humusarm, beige/lichtgrijs

Bo80

0	25	klei, humeus
25	50	klei, humusarm, stug, grijs, zeer zwak roest
50	100	zand

Bo81

0	15	zand, humeus, kleiig
15	20	zand, humusarm, kleiig
20	45	klei, grijs, zwak roest
45	60	zand, kleiig, zwak roest
60	100	zand, matig grof, grijs

Bo82

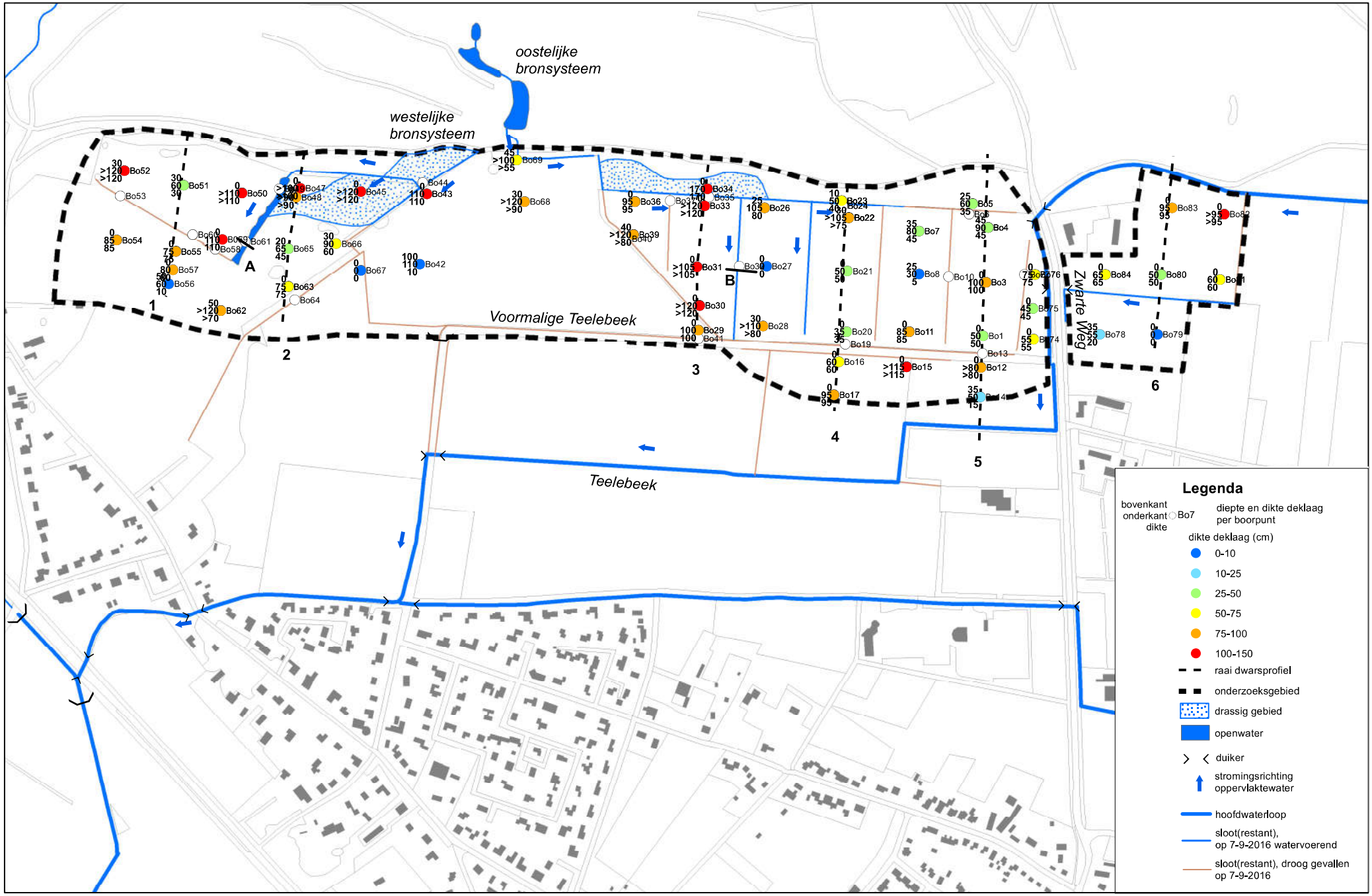
0	25	klei, humeus
25	40	klei, zwak humeus, zandig
40	95	zand, humusarm, zwak kleiig, grijs, roest tot 70 cm

Bo83

0	20	klei, humeus
20	30	klei, humusarm, stug
30	95	zand, matig grof, zwak kleiig
95	100	zand, matig grof, grijs

Bo84

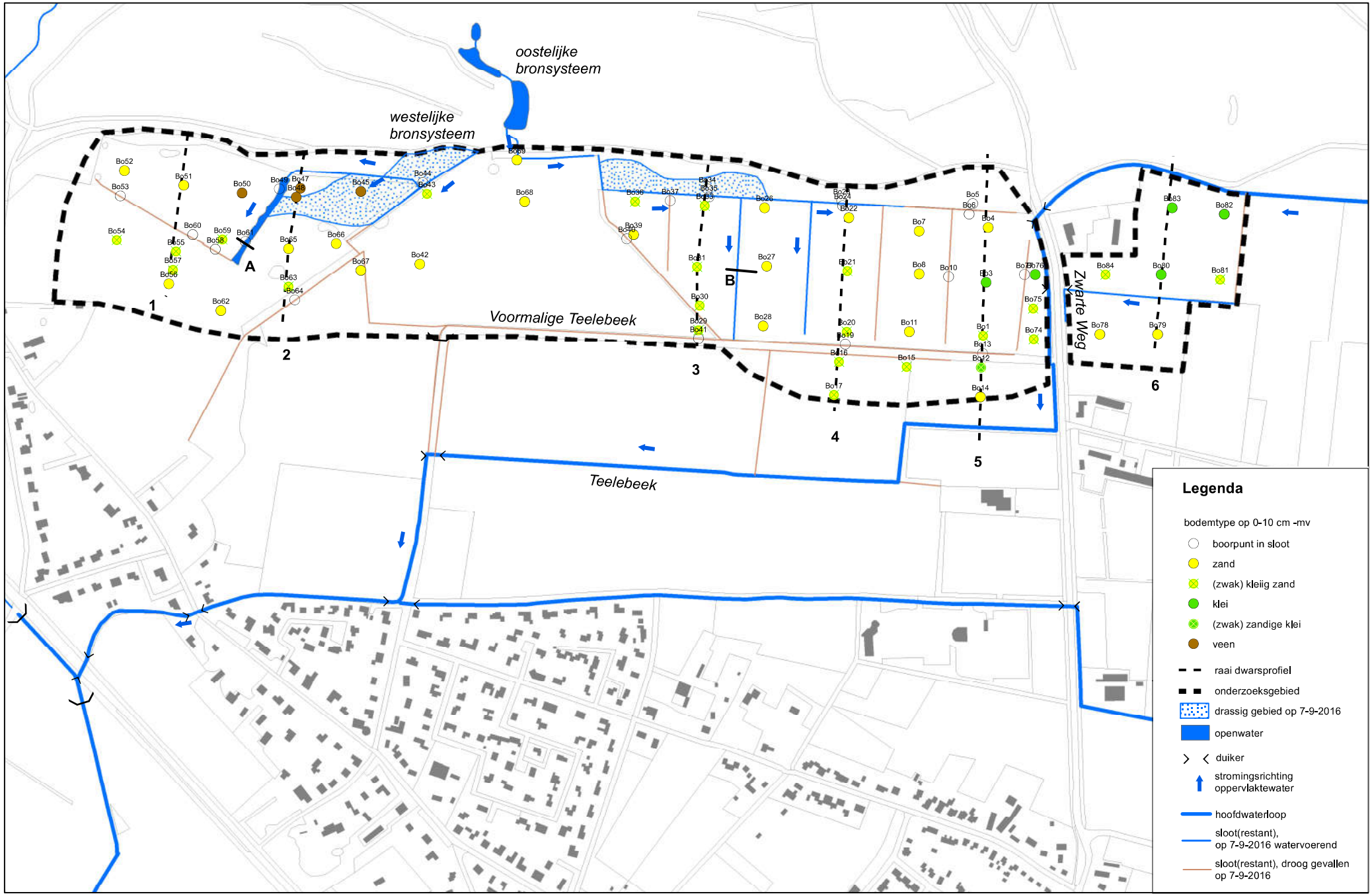
0	20	zand, kleiig
20	30	klei, sterk humeus
30	65	klei, humusarm, grijs
65	80	zand, humusarm, grijs
80	100	zand, matig grof, grijs



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Bijlage 3a Bovenzijde, onderzijde en dikte van de deklaag

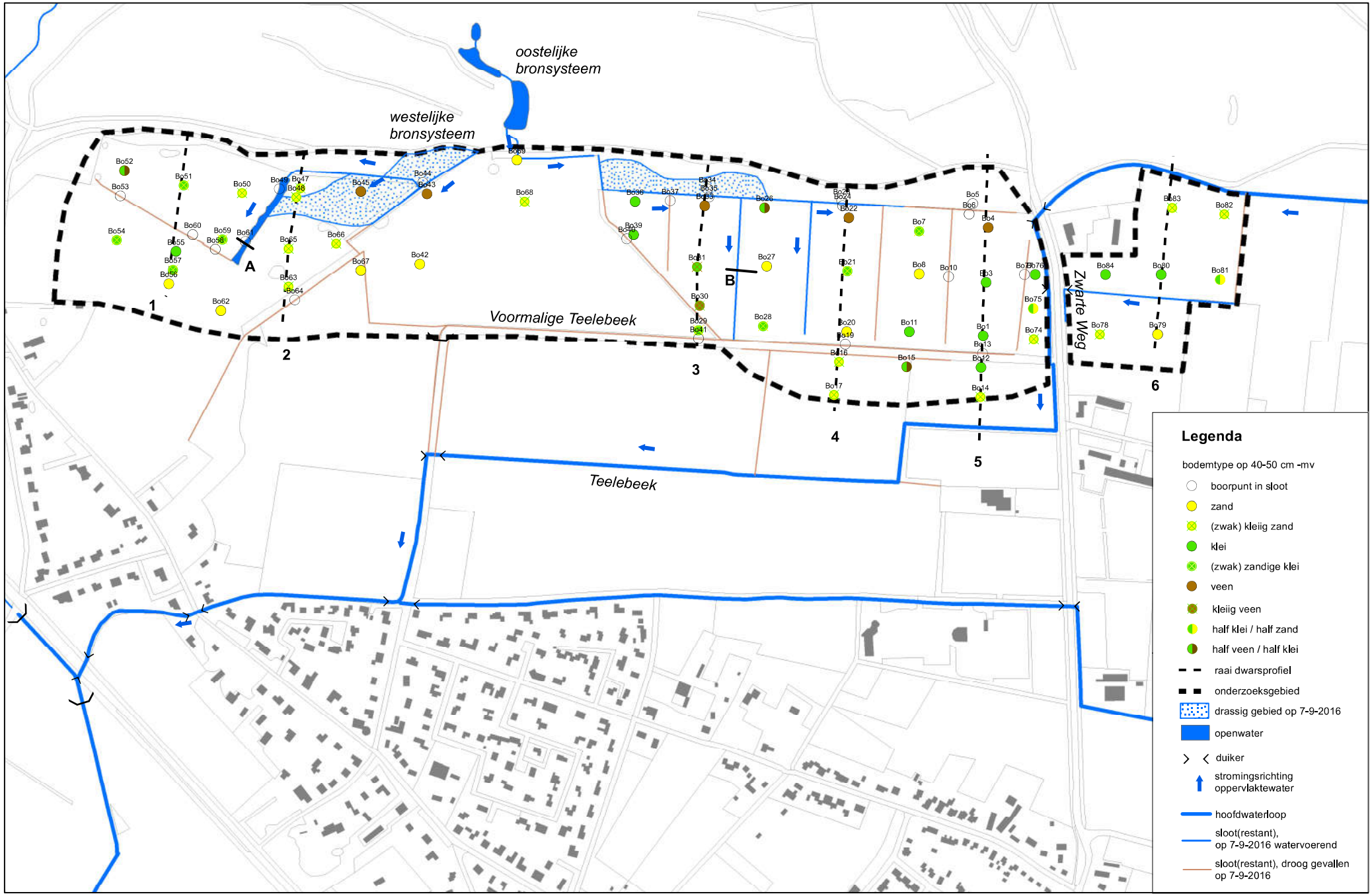
1:5000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Bijlage 3b Bodemtype op 0-10 cm -mv in het voormalige landbouwgebied

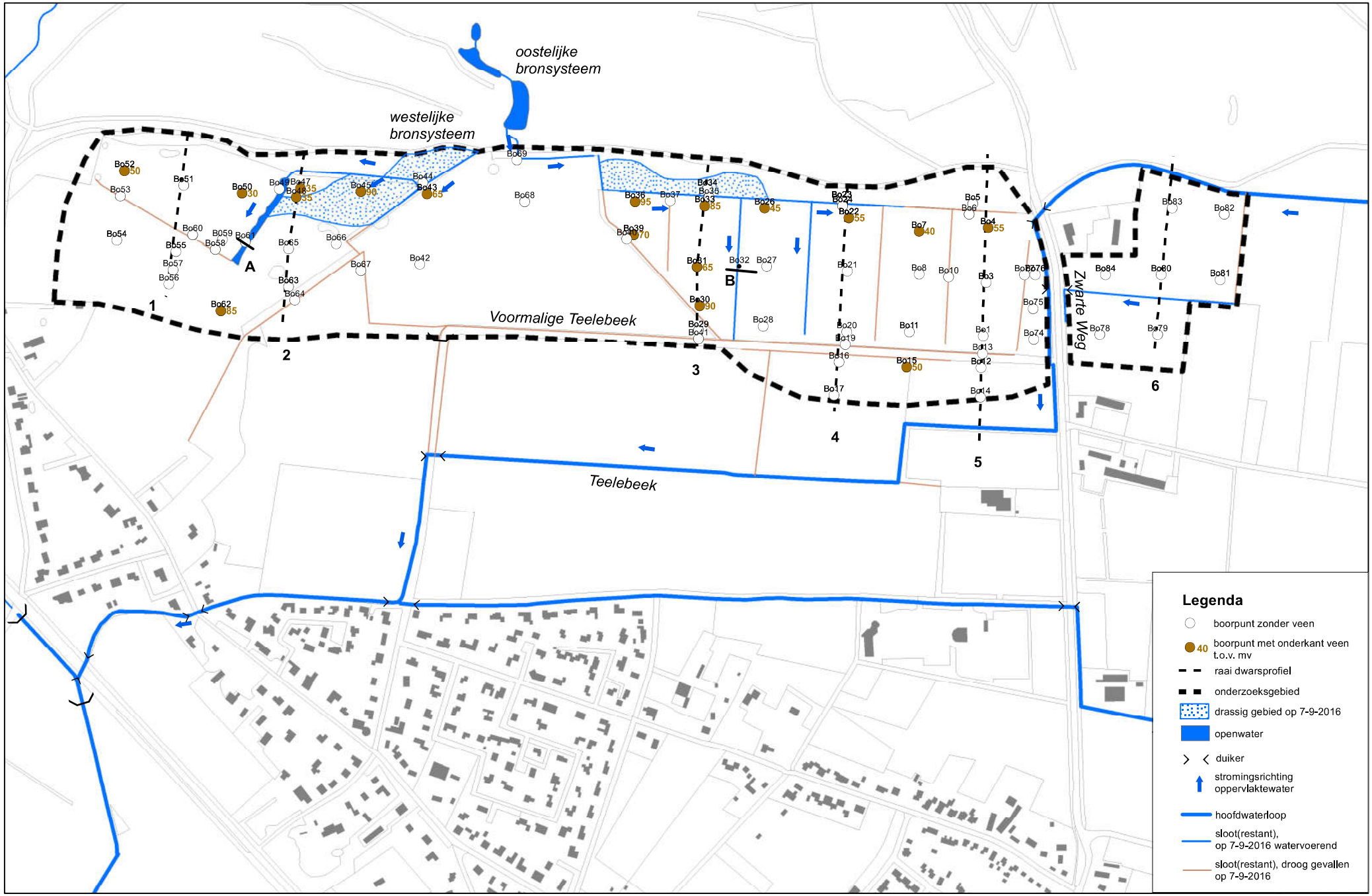
1:5000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Bijlage 3c Bodemtype op 40-50 cm -mv in het voormalige landbouwgebied

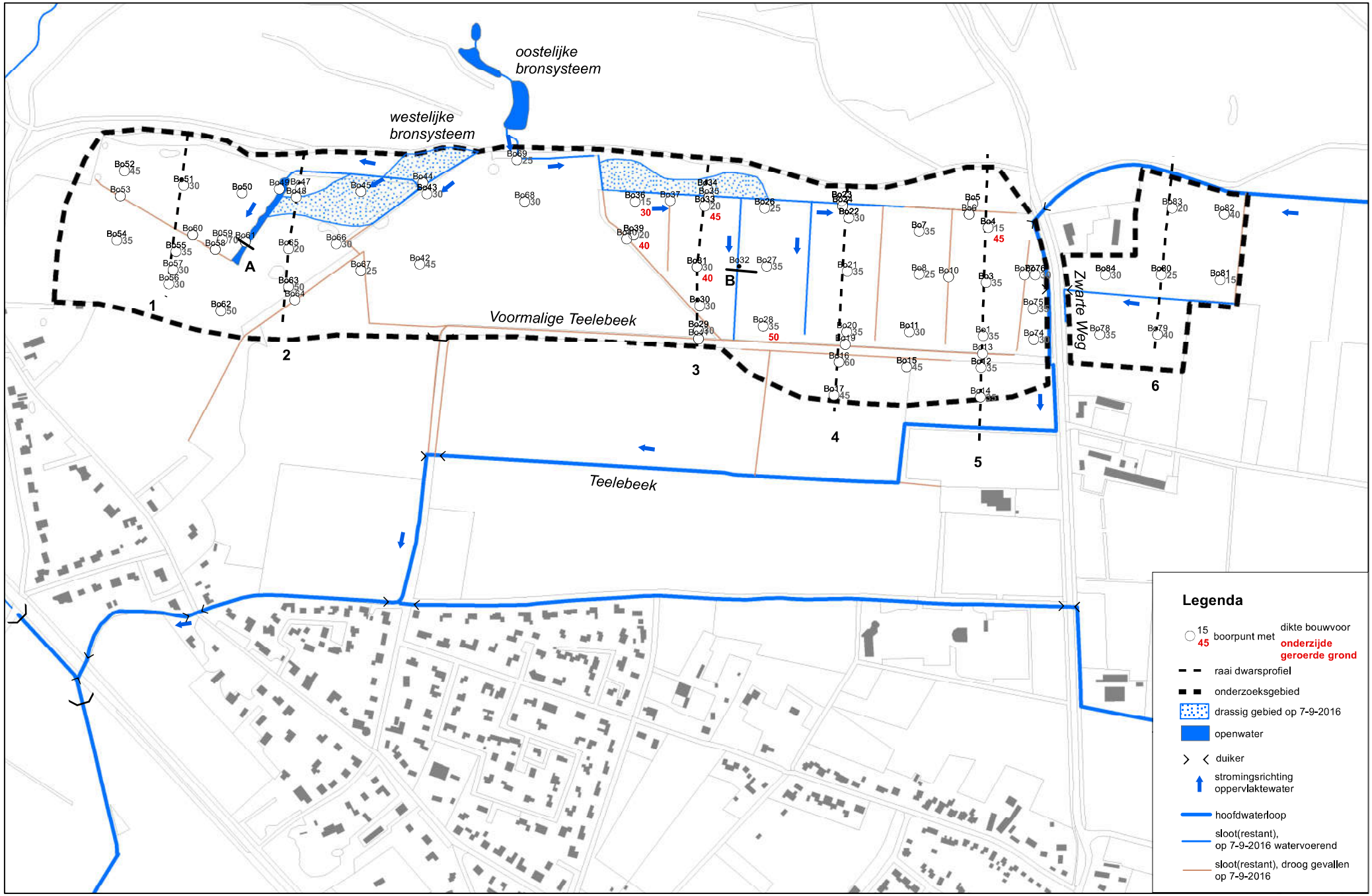
1:5000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Bijlage 3d Onderzijde van de veenlaag t.o.v. maaiveld

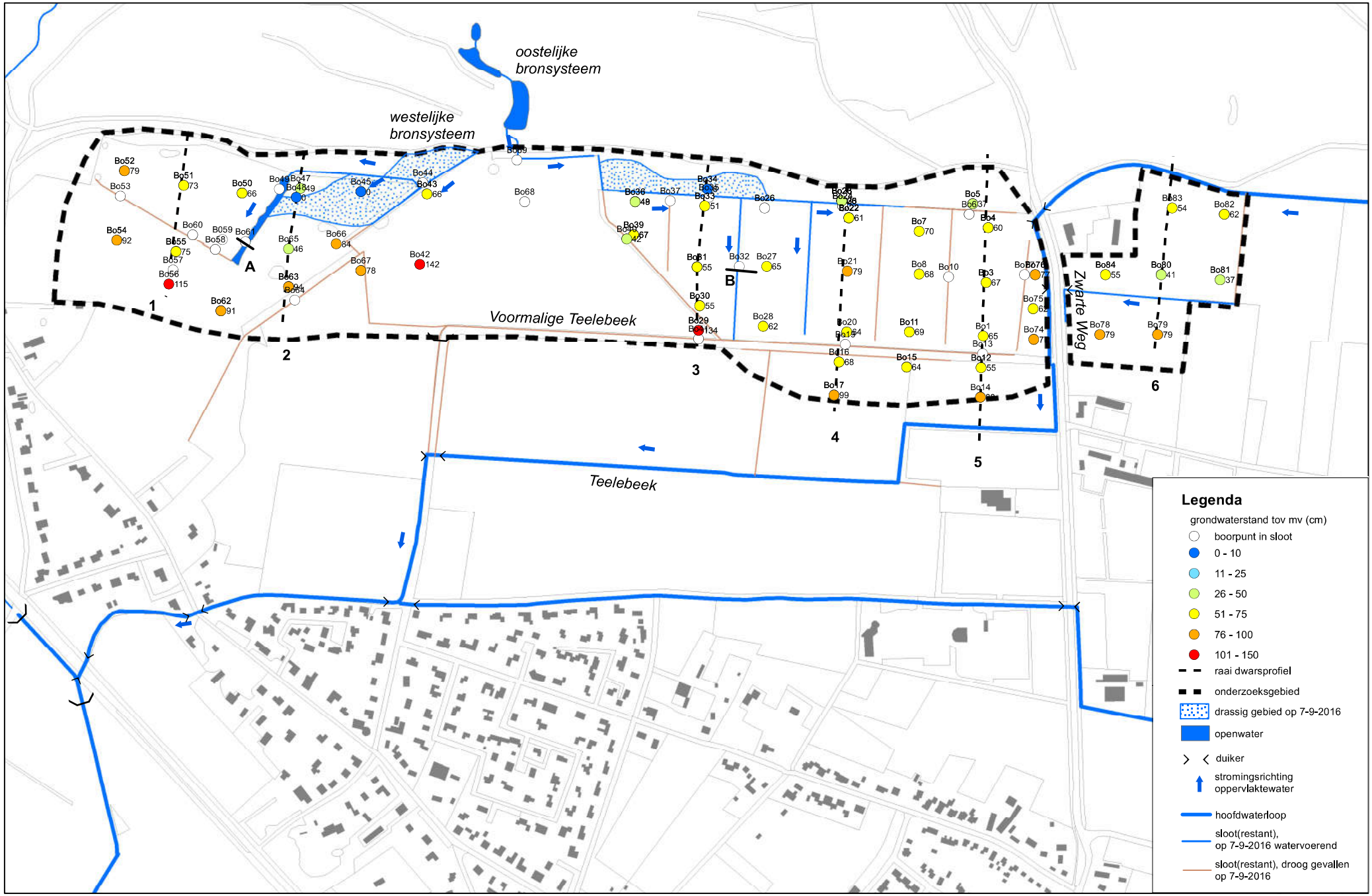
1:5000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Bijlage 3e Bouwvoordikte en onderzijde van de geroerde bovengrond (indien dieper dan de onderzijde van de bouwvoor)

1:5000



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Bijlage 3f Grondwaterstanden t.o.v. maaiveld op 7-9-2016

1:5000

Bijlage 4

Memo ‘Uitwerking berging Koningsven - De Diepen’

Memo

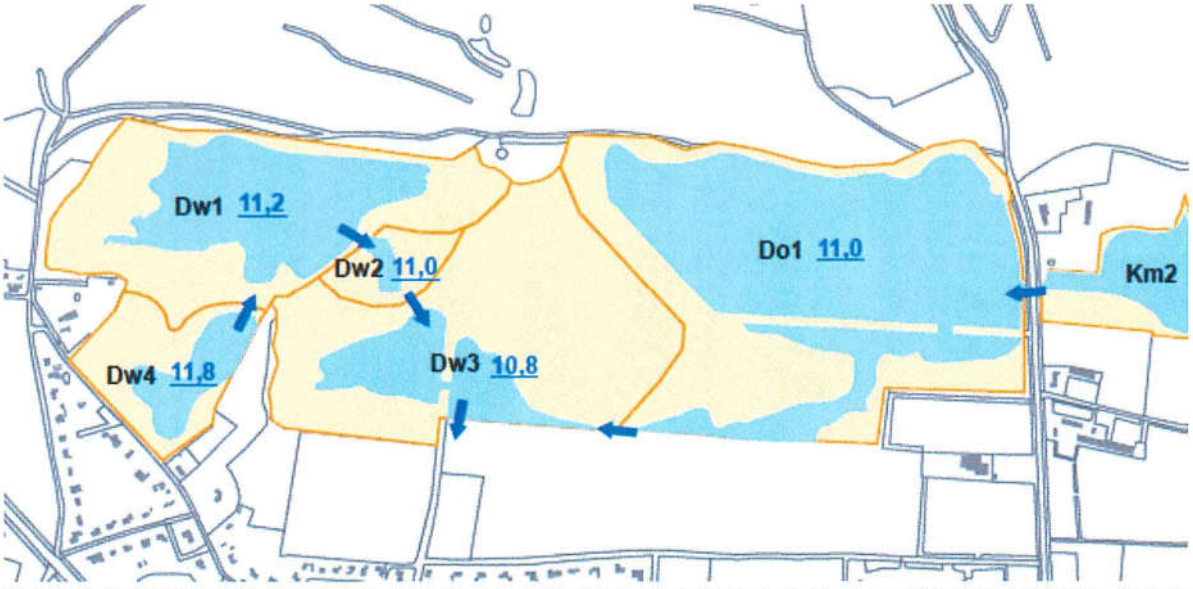
memonummer	170524 416074Memodef_Berging_Koningsven-De Diepen	
datum	24 mei 2017	
aan	Twan Reintjes	Teunesen zand en grint bv
	Rudo Cleveringa	Cleveringa Advies BV
van	Jan van Roestel	Antea Group
kopie	Erik Matla	Antea Group
project	Koningsven-De Diepen	
projectnr.	416074	
betreft	Uitwerking berging Koningsven-De Diepen	

datum vrijgave	beschrijving revisie	goedkeuring	vrijgave
24/5/2017	Definitief	JvR	EM

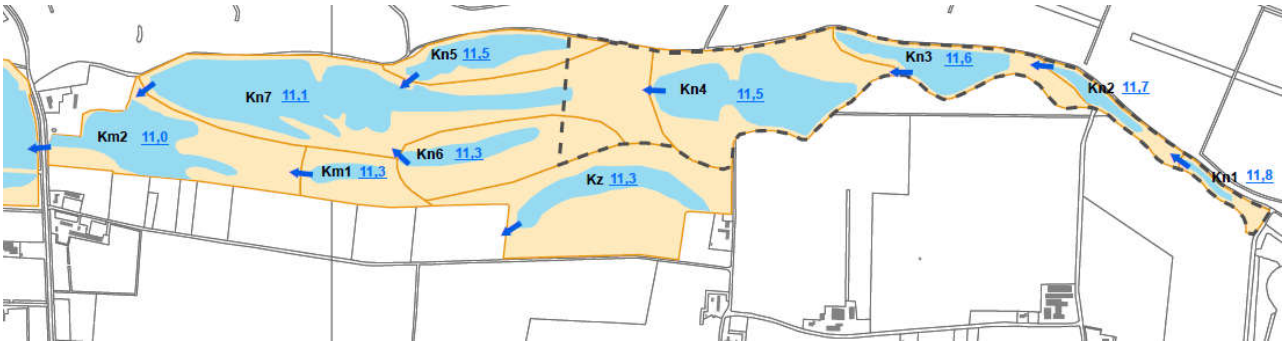
Inleiding

In een memo van 17 september 2013 (memo *130917 233524JvRmemowateradvieswaterschap*) heeft Antea Group op globale wijze onderbouwd dat in het gebied Koningsven-De Diepen ruim voldoende berging kan worden gerealiseerd om te voldoen aan de eis van het waterschap dat een hogere afvoer door de Tielebeek ten opzichte van de huidige situatie niet acceptabel is, omdat dit nadelige hydrologische gevolgen kan hebben voor de bebouwing in Milsbeek.

In de voorliggende memo wordt het ontwerp van de berging nader uitgewerkt, gebaseerd op de inrichting van het gebied zoals aangegeven door Ecohydrologisch Adviesbureau Bell-Hullenaar. Deze inrichting is onderstaand aangegeven in de figuren 1 en 2 voor respectievelijk het deelgebied De Diepen aan de westzijde en Koningsven aan de oostzijde van de Zwarteweg.



Figuur 1. Inrichtingsplan De Diepen. Het stroomgebied omvat de bruine en blauwe gekleurde gebieden. De blauwe gebieden zijn bergingslaagten die met drempels op peil worden gehouden. De drempelhoogten zijn in de figuur vermeld. Bij Dw3 ligt het afvoerpunt naar de Tielebeek. Deze afvoer vindt plaats via een stuw. Aan de oostkant is de aansluiting met het deelgebied Koningsven zichtbaar (ontwerp van Bell-Hullenaar).



Figuur 2. Inrichtingsplan Koningsven. Voor de toelichting zie figuur 1. Aan de westzijde is het aansluitingspunt op de Diepen zichtbaar onder de Zwarteweg door (ontwerp Bell-Hullenaar).

In de figuren 1 en 2 worden verschillend deelgebieden onderscheiden (met codes aangeduid) waarvan de laagten met elkaar in verbinding staan. Op de grenzen van de deelgebieden liggen drempels waarvan het niveau in de figuren is aangegeven. Het totale stroomgebied van de figuren 1 en 2 watert via een stuw bij Dw3 af op de Tielebeek. De locatie van deze stuw en stromingsrichting zijn met een pijltje aangegeven.

De benodigde berging wordt, conform de wens van het waterschap, berekend voor een bui die 1x per 100 jaar wordt bereikt of overschreden (T = 100). Conform het 'Praktisch handboek watertoets' van het Waterschap Peel & Maasvallei wordt uitgegaan van een bui van 84 mm met een duur van 2 dagen. In dit handboek wordt daarnaast voor verhard oppervlak aangegeven dat het water met 1 liter per seconde per ha verhard oppervlak vanuit de berging op het primair water kan worden geloosd. Deze afvoer wordt hier als uitgangspunt genomen, wat een 'worst-case' benadering is omdat het natuurgebied onverhard oppervlak is. Een deel van het neerslagwater dat in hogere delen van het natuurgebied valt wordt in de bodem geborgen en komt vertraagd tot afvoer. In de benadering van deze memo wordt deze berging niet meegerekend zodat een grotere benodigde berging wordt berekend dan naar verwachting noodzakelijk is.

Navolgend worden eerst de uitgangspunten voor berekening vermeld. Vervolgens worden de rekenresultaten van de beschikbare en benodigde berging besproken. Deze resultaten worden besproken. Tot slot volgt de conclusie.

Uitgangspunten berekening

De totale oppervlakte van het stroomgebied bedraagt ca. 129.19 ha. Binnen de oppervlakte van het stroomgebied zijn weer verschillende deelgebieden te onderscheiden zoals aangegeven in de figuren 1 en 2 en nader gespecificeerd in tabel 1. Bij de hier aangegeven oppervlakte en een maximale toegestane afvoer van 1 l/sec/ha (T=100 jaar) wordt de maximale toegestane afvoer van het totale stroomgebied 0.129 m3/sec (bij T=100).

Uitgangspunt van de berekening is dat het totale stroomgebied benedenstrooms bij Dw3 via een stuw afwatert op de Tielebeek. De stuw kan worden uitgevoerd in de vorm van een schot met de bovenkant op bijvoorbeeld NAP +11.6 m. Binnen dit schot wordt een overstort aangebracht waarvan de onderkant ligt op NAP +10.8 m. De breedte van deze overstort bedraagt 0.2 m. Door een smalle overstort te kiezen wordt het peil bovenstrooms verder opgestuwd dan bij een bredere overstort. Daardoor kan meer berging worden gerealiseerd. Uitgaande van de breedte van de overstort van 0.2 m en de hiervoor aangegeven maximale afvoer van het stroomgebied bedraagt de maximale opstuwing 0.58 m bovenstrooms van de stuw bij T=100. Het maximale stuwpeil bovenstrooms van de stuw wordt daarmee NAP +11.38 m. Dit maximale stuwpeil bepaalt in belangrijke mate de beschikbare berging.

De beschikbare berging in het gebied verschilt tussen het zomerhalfjaar en het winterhalfjaar. In een deel van het zomerhalfjaar (een deel van de periode mei t/m oktober) wordt bij de afwezigheid van neerslag en bij een grote verdamping niet of nauwelijks water uit het gebied afgevoerd. Het water in de bergingslaagten van de figuren 1 en 2 staat dan niet of nauwelijks hoger dan het niveau van de drempels van de deelgebieden. De basisafvoer is vrijwel nul. In deze situatie is tussen het niveau van de drempelhoogten en het maximale peil boven de stuw van NAP +11.38 m de maximale mogelijke berging in de bergingslaagten aanwezig.

In het winterhalfjaar bedraagt de basisafvoer echter 3 mm per dag. Deze basisafvoer treedt gedurende een groot deel van het winterhalfjaar op en is de som van een gemiddeld neerslagoverschot van ca. 2 mm en ca. 1 mm kwel. Bij deze basisafvoer wordt ca. 0.045 m3/sec water over de stuw afgevoerd naar de Tielebeek. Deze afvoer zorgt bij de stuwbreedte van 0.2 m voor een opstuwing van de waterstand bovenstrooms van de stuw tot ca. NAP +11.08 m. Tussen deze waterstand en het maximale peil boven de stuw van NAP +11.38 m kan veel minder water worden geborgen dan in de zomerperiode het geval is. Voor de berekening van de berging is de situatie in het winterhalfjaar dus maatgevend.

Met de stuw bij Dw3 kan geen berging in het gehele stroomgebied worden gerealiseerd. Ter toelichting wordt onderscheid gemaakt in de figuren 1 en 2. Uit de hoogteligging van de drempels in figuur 1 volgt dat met de stuw bij Dw3 het peil in alle deelgebieden van figuur 1 kan worden verhoogd, met uitzondering van deelgebied Dw4. In figuur 2 kan met de stuw bij Dw3 het peil in een beperkter aantal deelgebieden worden verhoogd. Namelijk in Km2, Km1, Kn7 en Kn6. Voorgesteld wordt om de drempels van de deelgebieden binnen het invloedsgebied van de stuw breed uit te voeren (breedte 1 m) zodat bij de basisafvoer in het winterhalfjaar weinig opstuwing boven deze drempels ontstaat. Daarmee kan de maximale ruimte voor berging in het winterhalfjaar worden gerealiseerd.

Voor de deelgebieden die niet onder invloed van de stuw staan geldt juist dat de drempels niet te breed moeten worden uitgevoerd zodat meer opstuwing bovenstrooms kan plaatsvinden. Van de andere kant heeft een smalle drempel weinig zin omdat het risico bestaat dat deze verstopt raakt. Een drempel van 0.5 m breedte lijkt een redelijk compromis.

De opstuwing door de stuw bij Dw3 en door de drempels (het niveau van de basisafvoer) is berekend met de vergelijking (Cultuurtechnisch Vademecum, 1988): $Q = 1.7*m*b*hs^{1.5}$, waarin Q (m^3s^{-1}) het debiet is, m de coëfficiënt voor de kruinvorm (gesteld op 0.865), b (m) de breedte van de stuw en hs (m) de overstorthoogte (hoogte boven-waterspiegel ten opzichte van de kruin van de stuw). Deze vergelijking wordt veel gebruikt in de ontwerp praktijk voor bijvoorbeeld vaste (schotbalk) stuwen.

Resultaten berekening beschikbare en benodigde berging

In de onderstaande tabel 1 zijn de rekenresultaten samengevat.

Code van deelgebied	Oppervlakte deelgebied (m2)	Oppervlakte bergingslaagte (m2)	Cumulatieve oppervlakte in stromingsrichting (m2)	Drempelhoogte (m NAP)	Niveau basisafvoer winter (m NAP)	T100 niveau afvoer winter (m NAP)	Beschikbare berging bij peilstijging tot T100 niveau (m3)
Do1	241358	155449	951594	11,0	11,08	11,38	46635
Dw1	128042	59599	168909	11,2	11,23	11,38	8940
Dw2	15933	2882	184842	11,0	11,08	11,38	865
Dw3	155440	30181	1291875	10,8	11,08	11,38	9054
Dw4	40867	15094	40867	11,8			
Km1	35798	7159	35798	11,3	11,31	11,38	501
Km2	98088	44327	710235	11,0	11,08	11,38	13298
Kn1	10785	2320	10785	11,8			
Kn2	18486	7467	29271	11,7			
Kn3	53077	28573	82348	11,6			
Kn4	132009	63525	214357	11,5			
Kn5	48869	24466	48869	11,5			
Kn6	77165	15508	77165	11,3	11,32	11,38	931
Kn7	235958	112169	576349	11,1	11,16	11,38	24677
Som	1291875	568718					104900

Tabel 1. Rekenresultaten voor de beschikbare berging in deelgebieden die door de stuw bij Dw3 worden beïnvloed.

In tabel 1 zijn in de eerste twee kolommen respectievelijk de totale oppervlakten van de deelgebieden en de oppervlakten van de bergingslaagten aangegeven. De cumulatieve oppervlakte in de stromingsrichting is aangegeven omdat aan de hand hiervan het waterniveau bij de basisafvoer voor het betreffende deelgebied wordt vastgesteld. Dit waterniveau ligt minimaal op het basisniveau juist bovenstrooms van de stuw of hoger. Het T100 niveau is het niveau dat bovenstrooms van de stuw bij de maximale afvoer van 1 l/sec/ha ontstaat. De beschikbare berging in de laatste kolom wordt verkregen door het niveau bij de basisafvoer af te trekken van het T100 niveau en dit verschil vervolgens te vermenigvuldigen met de oppervlakte van de bergingslaagte in het betreffende deelgebied.

Voor de deelgebieden die zo hoog liggen dat ze niet door het T100 niveau bij de stuw worden beïnvloed is in tabel 1 geen berging berekend. Dit is een 'worst-case' benadering. In de praktijk vindt hier door de opstuwing bij de drempels eveneens berging plaats.

De op deze wijze berekende beschikbare berging bedraagt in totaal 104900 m3 (som rechtsonder in tabel 1). Door een vergelijking met de benodigde berging kunnen we nagaan of deze hoeveelheid voldoet.

De benodigde berging zonder rekening te houden met de afvoer uit het gebied wordt bepaald door de oppervlakte van het afstromende gebied en de neerslag. De oppervlakte (som tweede kolom tabel 1) bedraagt 1291875 m2. De neerslag bedraagt 84 mm of 0.084 m in twee dagen. De benodigde berging zonder afvoer wordt hiermee (1291875x0.084=) 108518 m3.

De gemiddelde afvoer uit het gebied in deze periode van 2 dagen ligt tussen de basisafvoer van 3 mm/dag en de maximale afvoer van 8.64 mm/dag (8.64 mm/dag komt overeen met 1 l/sec/ha). De afvoer is gemiddeld dus ca. 5.8 mm/dag. Om aan de veilige kant te blijven en rekening houdend met de kwel wordt de afvoer afgerond op gemiddeld 4 mm/dag of 0.004 m/dag. Gerekend over 2 dagen is dat 0.008 m afvoer tijdens de opbouw van de berging. Gerekend over de totale oppervlakte van het stroomgebied is dit ca. (1291875x0.008=) 10335 m3.

De benodigde berging rekening houdend met de afvoer bedraagt dus ca. (108518-10335=) 98183 m3. Aan deze hoeveelheid berging wordt met de beschikbare berging van 104900 m3 ruimschoots voldaan.

Bespreking rekenresultaten

Twee aspecten van de hier gepresenteerde berekeningen verdienen nadere aandacht. Ten eerste dat voor de bergingsberekening een 'worst-case' benadering is gehanteerd en ten tweede dat in de plansituatie de piekafvoeren naar de Tielebeek worden verminderd ten opzichte van de huidige situatie.

De bergingsberekening is om drie redenen een 'worst-case' benadering:

- Bij de bergingsberekening is de berging in de bodem niet meegenomen (het gebied is beschouwd als een verhard oppervlak). Een deel van het neerslagwater dat in hogere delen van het natuurgebied valt wordt echter in de bodem geborgen en komt vertraagd tot afvoer. Deze hoeveelheid berging is niet meegerekend.
- Er is geen rekening gehouden met de berging door opstuwing boven de drempels in de hoger gelegen bergingslaagten bovenstrooms, die niet onder invloed van de stuw bij Dw3 staan.
- De berging is berekend voor het winterhalfjaar. In het winterhalfjaar zijn de piekneerslagen bij T=100 lager dan in het zomerhalfjaar en lager dan 84 mm in twee dagen. De neerslag ligt eerder in de orde van grootte van 68 mm in 2 dagen. Door toch uit te gaan van de hoge neerslag is van een 'worst-case' benadering sprake.

Het tweede aspect dat aandacht verdient is de verbetering ten opzichte van de huidige situatie wat betreft de piekafvoeren naar de Tielebeek.

Een beeld van de piekafvoeren in de huidige situatie kan worden verkregen aan de hand van de maatgevende afvoeren, gerelateerd aan de grondwatertrappen in het gebied. Een aanzienlijk deel van het plangebied heeft nu de grondwatertrappen IV en V, een ander deel (met name in De Diepen) heeft de grondwatertrappen I, II en III. De maatgevende afvoer van de eerstgenoemde grondwatertrappen bedraagt ca. 1 l/sec/ha of 8.6 mm/dag. De maatgevende afvoer van de laatst genoemde grondwatertrappen bedraagt omstreeks 1.5 l/sec/ha of ca. 13 mm/dag. Gemiddeld over het plangebied ligt de maatgevende afvoer in de orde van grootte van 10 à 11 mm/dag.

De maatgevende afvoer is de afvoer die 1 à 2 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden. De afvoer die 1x per 100 jaar wordt bereikt of overschreden bedraagt 2x de maatgevende afvoer. Sinds kort wordt voor dimensioneringen ook wel 2.5 x de maatgevende afvoer gehanteerd. Dat betekent dat in de huidige situatie uit het plangebied 1x per 100 jaar een afvoer van 20 à 25 mm/dag optreedt.

De afvoer van 20 à 25 mm/dag voor T=100 in de huidige situatie is veel groter dan de afvoer van ca. 8.6 mm/dag voor T=100 bij de geplande situatie van Koningsven-De Diepen. De piekafvoer naar de Tielebeek neemt sterk af, wat gunstig is voor de bebouwde kom van Milsbeek, waar het risico van wateroverlast bij piekafvoeren kleiner wordt.

Conclusie

Met de voorgestelde inrichting van het plangebied kan ruimschoots worden voldaan aan de benodigde berging bij piekafvoeren. De piekafvoeren kunnen sterk worden verminderd, zodanig dat hiermee het risico van wateroverlast in de bebouwde kom van Milsbeek door hoge peilen in de Tielebeek kan worden verminderd.