

Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek

Systeemanalyse

Unie van Bosgroepen



Colofon

Opdrachtgever:	Gemeente Dinkelland
Titel:	Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek – Systeemanalyse
Status:	Definitief
Datum:	14 juni 2017
Auteur(s):	L.J.L. van den Berg, H. Smeenge, B. van Duijn
In samenwerking met:	E.C.H.E.T. Lucassen & J.G.M. Roelofs (Onderzoekscentrum B-WARE), C. Maas
Projectleider:	G.H. Bulten
Kwaliteitsborging:	J. Bouwman
Foto's:	H. Smeenge, L. van den Berg
Kaartmateriaal:	Copyright © 2017, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn
Projectnummer:	15.55.1407.01

© Coöperatie Unie van Bosgroepen u.a. juni 2017

Postbus 8187
6710 AD EDE
t (0318) 67 26 28
f (0318) 67 26 29
www.bosgroepen.nl

Samenvatting

In het kader van de PAS zijn maatregelen benoemd voor het herstel en de verbetering van habitattypen en habitatsoorten in het Natura-2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek. De gemeente Dinkelland heeft een team van deskundigen van de Unie van Bosgroepen en onderzoekscentrum B-WARE gevraagd een onderzoek te doen naar de nut en noodzaak van de vastgestelde maatregelen en het effect daarvan op de omgeving. Daarnaast is gevraagd uitspraak te doen over de toestand van de habitattypen in het Natura-2000-gebied en de kwaliteit van de habitattypenkaart.

Voor Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek zijn de habitattypen: Vochtig alluviaal bos (H91E0C), Blauwgrasland (H6410), Eiken-Haagbeukenbos (H9160A) en Zwakgebufferde vennen (H3130) en de habitatsoorten Zeggekorfslak (H1016) en Kamsalamander (H1166) aangewezen. De habitattypen Blauwgrasland en Vochtig alluviaal bos en de habitatsoort Kamsalamander hebben voor zowel oppervlak als kwaliteit een uitbreidingsdoel. Voor de habitattypen eiken haagbeukenbos en zwakgebufferde vennen geldt dat deze in stand moeten worden gehouden. Voor de Zeggekorfslak geldt dat het oppervlak van het leefgebied in stand moet worden gehouden en de kwaliteit moet verbeteren.

De doelstellingen voor Natura 2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Habitattype	Natura 2000-doel oppervlak	Natura 2000-doel kwaliteit
H6410 (blauwgraslanden)	>	>
H9160A (eiken haagbeukenbos)	=	=
H91E0C (vochtige alluviaal bos)	>	>
H3130 (zwakgebufferde vennen)	=	=
H1016 (zeggekorfslak)	=	>
H1166 (kamsalamander)	>	>

Uitkomsten onderzoek

Historie
In alle deelgebieden was vroeger (voor 1960) veel minder bos aanwezig. Het Agelerbroek bestond vroeger uit trilveen, broekbos op veen en nat schraalland, het Voltherbroek kenmerkte zich door afwisselende hooilanden van Pijpenstrootje, natte heiden, enkele broekbossen en eiken-haagbeukenbos. Achter de voort bestond uit hooilanden, eiken-haagbeukenbos en heide.

Functioneren van het systeem
Achter de Voort is geologisch gezien compleet anders dan het Agelerbroek en Voltherbroek. Achter de Voort ligt op de flanken van de stuwwal van Ootmarsum en ligt op een dik keileempakket terwijl Agelerbroek en het Voltherbroek in de laag gelegen delen liggen tussen de stuwwallen van Ootmarsum en Oldenzaal. Door de gebrekkige waterafvoer heeft hier zich veen kunnen vormen en door overstromingen van de Dinkel heeft hier zich sinds de middeleeuwen een dikke kleilaag afgezet (vooral in Voltherbroek).

De inrichting van percelen en het aanleggen van diepe (>60cm) ontwatering in het kader van waterhuishoudkundige verbeteringen ten gunste van landbouw in de jaren 50-60 en de ruilverkavelingen hebben geresulteerd in een sterke verdroging van het N2000-gebied, met name in Agelerbroek en Voltherbroek. Voor 1958 was deze diepe ontwatering niet of nauwelijks aanwezig en kwamen nog veel zeldzame soorten en habitats voor die sindsdien sterk zijn achteruitgegaan. Daarnaast zijn waterlopen drastisch verlegd waardoor tegennatuurlijke stroming optreedt en wordt momenteel water vastgehouden in het gebied (regenwater) om de negatieve effecten van de sterke ontwatering tegen te gaan.

Huidige status habitattypen
Alle genoemde habitattypen en habitatsoorten komen voor in het N2000-gebied. Over het algemeen kan worden gezegd dat de habitattypen ernstig verdroogd zijn en in een enkel geval (blauwgrasland en eiken-haagbeukenbos) ook sporen vertonen van verzuring.

Knelpunten

Habitattype	Natura 2000-doel oppervlak	Natura 2000-doel kwaliteit	Kwaliteit	Trend
H6410 (blauwgraslanden)	>	>	Verdroogd, verzuurd	-
H9160A (eiken haagbeukenbos)	=	=	Redelijk	-
H91E0C (vochtige alluviaal bos)	>	>	Verdroogd	-
H3130 (zwakgebufferde vennen)	=	=	Redelijk	=
H1016 (zeggekorfslak)	=	>	Goed	=?
H1166 (kamsalamander)	>	>	Goed	=

Achter de Voort

Knelpunt verdroging
Achter de Voort kent een sterke dynamiek in grondwaterstanden. In de zomer zakt het grondwater weg waardoor de dunne zandlaag bovenop het keileem uitdroogt. Intern zijn er weinig watergangen/sloten waardoor sturing op hydrologie niet of nauwelijks binnen het N2000 gebied kan. De sloot ten noordoosten van het gebied voerde water af van hoger gelegen landbouwpercelen. Een aftakking ervan (noordoosten, tegen het bos aan) is gedempt. De sloot heeft weinig invloed op de grondwaterstanden in de zomer maar de demping zorgt mogelijk voor oppervlakkige afstroom van water in de winter (zie ook knelpunt vermesting). De huidige staat van de hydrologie is voor wat betreft GVG op orde.

De GLG zakt in de zomer ver weg. Dit is een gebiedseigen karakteristiek, veroorzaakt door de aanwezigheid van het keileempakket met een dunne zandlaag er bovenop. Het aanwezige eiken haagbeukenbos kan deze GLG verdragen. Voor het (niet kwalificerende) alluviale bos is deze GLG te laag maar gezien het een eigenschap is van dit gebied (dunne zandlaag op keileem) wordt dit niet gezien als een knelpunt.

Knelpunt verzuring
De afbraak van organische stof (door vermesting en verdroging), de looizuren afkomstig uit eikenstrooisel en sterke wisselvochtigheid kunnen mogelijk de uitloging van het zandpakket en de verzuring in Achter de Voort verklaren. Achter de Voort kent zeker in het Eiken Haagbeukenbos een dominantie van Eik. Eik produceert veel strooisel dat zuur is (looizuren) en moeilijk afbreekt. Dit strooisel werkt verzurend op de bodem en belemmert de kieming van doelsoorten uit dit habitattype ernstig (Brunet & Oheimb 1998). De sterke wisselvochtigheid resulteert in een milieu waar oxidatie van de bodem en uitspoeling van basen met lateraal en verticaal stromend regenwater gefaciliteerd worden.

Knelpunt vermesting
Uit de analysen van de grondwaterbuizen blijkt dat aan de noordelijke randen van het natuurgebied verhoogde sulfaat waarden en nitraat waarden aanwezig zijn. Dit zijn aanwijzingen voor de inspoeling van verrijkt landbouwwater vanuit de hoger gelegen landbouwpercelen. Ook fosfor is hier plaatselijk verhoogd aanwezig. Inspoeling kan via oppervlaktewater of via het ondiepe zandpakket (ondiep grondwater) bovenop het keileem. De inspoeling van verrijkt landbouwwater is een serieus knelpunt voor de ontwikkeling van soortenrijke eiken haagbeukenbos, getuige ook de slechte ontwikkeling van de vegetatie (verbraming en Mannagras ontwikkeling) in de slenk waar ook verhoogde concentraties nutriënten gemeten worden. Ten oosten ligt een landbouwperceel waarvan de keileem mogelijk naar het oosten afhelt. Het maaiveld helt echter naar het westen af en oppervlakkige toestroom van water vanaf de landbouwpercelen is mogelijk wel van toepassing. Dit betekend dat ook het perceel ten noordoosten van Achter de Voort bron kan zijn van afstroom van voedselrijk water naar het natuurgebied. Onderzoek naar de stroombanen van oppervlaktewater en grondwater moet duiden waar de verrijking vandaan komt.

Agelerbroek en Voltherbroek

Knelpunt verdroging
Door de aanleg van diepe ontwatering in het kader van waterhuishoudkundige verbeteringen ten gunste van landbouw in de jaren 50-60 en de ruilverkavelingen is de grondwaterstand in de zomer en voorjaar sterk gedaald in het gehele gebied. Met name de diepe beken: Tilligterbeek, oude Peiingsbeek oude lopen oostelijke Roelinksbeek, het Vree en de landbouwsloten rondom het gebied dieper dan 70 cm werken sterk verdrogend op het systeem. Ook de Voltherbeek lijkt mogelijk verdrogend te werken. Een berekening met het hydrologisch model moet dit verder uitwijzen. Ook de deels afgedamde maar, nog niet gedempte westelijke grenssloot van het Voltherbroek werkt nog lokaal sterk verdrogend, omdat de aanvoer van kwelwater door deze diepe sloot wordt afgevangen. In het aangrenzende Oude broek (ter hoogte van Erve Wonderboer) zien we in het alluviale bos grote oppervlakken met wortelstelten door veenoxidatie.

In het noordwesten van het Voltherbroek ligt een aantal percelen met een eigen waterpeil dat afwatert op de Peiingsbeek. Dit waterpeil heeft een negatief effect op de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) en resulteert in ongewenste verdroging van de omgeving. In het zuiden van het Voltherbroek is een diepe verbinding gegraven voor Kamsalamander. Deze draineert de lokale omgeving in de zomer.

De verdamping door plaatselijk aanwezig eiken-dennenbos vergroot het verdrogende effect op de nabijgelegen vegetatie (plaatselijk in Agelerbroek en Voltherbroek).
De analyse op de dwarsdoorsneden en de berekeningen laten zien dat ondiepe sloten nauwelijks een effect sorteren op de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in de zomer. Deze draineren dan dus niet in de zomer. De huidige Roelinksbeek is opgeleid en werkt eveneens niet verdrogend.

Knelpunt stagnatie
Plaatselijk - met name in het Voltherbroek aan de westkant van de Roelinksbeek, stroomopwaarts van de stuw - ontstaan door het vasthouden van regenwater in de winter hoge waterstanden. Hierdoor ontstaat er een risico op eutrofiering onder invloed van stagnant water. Daarnaast wordt hier voedselrijk beekwater hoog opgestuwd met een risico van overstroming bij hoge afvoer en verruiging.

Knelpunt verzuring
Grondwater bevat bufferstoffen waardoor regelmatige invloed van grondwater in de wortelzone verzuring voorkomt. Wanneer het grondwater wegzakt en minder lang hoog in het bodemprofiel aanwezig is neemt de invloed van gebufferd grondwater af en de invloed van weinig tot niet gebufferd regenwater neemt toe. Het wegzakken van het grondwater resulteert in verdroging dat weer op haar beurt resulteert in oxidatie processen. Hierdoor verzuurt de bodem. Daarbij komt dat de aanwezigheid van zuur-strooiselsoorten zoals Eik en Grove den nog een additioneel verzurend effect sorteren.

Knelpunt vermesting
Het water van alle beken en sloten die water van buiten het natuurgebied aanvoeren heeft een slechte kwaliteit en is te voedselrijk voor de natuur. Voedingsstoffen zijn te hoog en ook sulfaat gehalten zijn te hoog, waardoor menging van dit water in het natuurgebied kan leiden tot interne eutrofiering.

Uit de analyse is gebleken dat alleen sulfaat en nitraat concentraties aan de west zijde van het Agelerbroek verhoogd zijn. Uit de hoger gelegen percelen stroomt hier dus licht verrijkt landbouwwater naar het broek en het blauwgrasland. Aan de zuidzijde van het Voltherbroek zijn enkele locaties met een lichte verrijking in nitraat of ammonium maar de concentraties zijn niet erg hoog. Inspoeling vanuit de landbouw lijkt hier niet plaats te vinden onder de huidige gebruiksvoering.

Inhoudsopgave

1	**Inleiding**	**9**
1.1	Aanleiding	9
1.2	Vraagstellingen	9
1.3	Leeswijzer	9
2	**Methode**	**11**
2.1	Functioneren van het systeem	11
2.2	Toestand habitattypen	15
2.3	Knelpunten Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek	19
2.4	Herstelmaatregelen	19
2.5	Effecten van de maatregelen op de natuur en omgeving	19
3	**Systeemanalyse**	**21**
3.1	Kenschets	21
3.2	Geologie	23
3.3	Bodem	26
3.4	Waterhuishouding en nutriënten	36
3.5	Vegetatie	57
3.6	Doelgat	66
3.7	Synthese	76
3.8	Samenvatting systeemanalyse	91
4	**Natura 2000-doelen**	**93**
5	**Actuele status van de habitattypen**	**94**
5.1	Toestand van de habitattypen en habitatsoorten	94
5.2	Kwaliteit van de habitattypenkaart	99
5.3	Samenvattend: vegetatie	100
5.4	Knelpuntenanalyse	102
6	**Literatuur**	**106**
7	**Bijlagen**	**108**

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor de Natura-2000 gebieden Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek hebben de provincie Overijssel en het Rijk PAS-gebiedsanalyses met maatregelenkaarten laten opstellen. Hierin staat wat de doelen zijn voor de gebieden en welke herstelmaatregelen waar en wanneer nodig zijn. In de verkenningen is geconstateerd dat een aantal maatregelen nader onderzocht en uitgewerkt moet worden om tot een goed en gedragen maatregelenpakket te komen waarbij de aanwijzingsdoelen worden behaald. Daarnaast hebben de verkenningen ook handvatten gegeven om te kijken of de maatregelen zodanig kunnen worden uitgevoerd dat de externe werking op de omliggende landbouw en particuliere gronden tot een minimum wordt beperkt zonder de effectiviteit van de maatregelen te verminderen. Daartoe is in de verkenning ook geconstateerd dat aanvullend onderzoek nodig is, voornamelijk ten aanzien van hydrologie, nutriënten(uitspoeling) en bodemchemie. Voor het gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek is tijdens de verkenning geconstateerd dat het functioneren van het systeem onvoldoende in beeld is. Gemeente Dinkelland heeft een team van deskundigen van de Unie van Bosgroepen en onderzoekscentrum B-WARE gevraagd een onderzoek te doen naar de nut en noodzaak van de vastgestelde maatregelen en het effect daarvan op de omgeving en het uitvoeren van een verdere uitwerking en detaillering van de systeemanalyse voor dit N2000-gebied. Daarnaast is gevraagd uitspraak te doen over de toestand van de habitattypen in het Natura-2000-gebied en de mate van overeenstemming tussen het voorkomen van habitattypen in het veld en de habitattypenkaart

1.2 Vraagstellingen

Met dit onderzoek wordt het ecohydrologisch functioneren van het systeem uitgezocht en antwoord gegeven op de volgende vragen:

1. Hoe functioneert het systeem?
    a. Hoe zit het gebied geologisch in elkaar?
    b. Hoe ligt het gebied qua hoogte en hoe is het reliëf?
    c. Hoe zit de hydrologie in elkaar zowel met betrekking tot waterkwaliteit als -kwantiteit en stroming?
    d. Welke indicerende vegetatie komt voor in het gebied?
    e. Hoe heeft het gebied vroeger (historisch landgebruik van afgelopen 200 jaar) gefunctioneerd en is dat van belang voor het huidig functioneren?
2. Wat is de toestand van de habitattypen (zie bijlage 3) wat betreft de soortensamenstelling en hydrologie en wat is de kwaliteit van de habitattypenkaart?
3. Met welke knelpunten heeft het gebied te maken?
4. Wat is de nut en noodzaak van de vastgestelde herstelmaatregelen en in hoeverre zijn er aanvullende maatregelen nodig om de Natura 2000-doelen te behalen?
5. Wat zijn de effecten van deze maatregelen op de natuur en directe omgeving?

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in om de methoden die zijn toegepast om antwoord te krijgen op de onderzoeksvragen uit 1.2. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de systeemanalyse weer.

Daarvoor wordt van ‘onder naar boven’ gewerkt: van geologie, hoogte, reliëf, waterhuishouding en bodem naar de actuele en historische vegetatie. Op basis van dat onderzoek is in 3.6 een synthese geschreven hoe het gebied functioneert. Hoofdstuk 4 laat de Natura 2000-doelen zien. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de actuele status van de habitattypen (zowel soortensamenstelling als hydrologie) en de kwaliteit van de habitattypenkaart.

De systeemanalyse, de doelen en de status van de habitattypen zijn naast elkaar gelegd, waaruit de knelpunten volgen. Dit wordt beschreven in de rapportage: ‘’Achter de Voort, Ageler- en Voltherbroek, uitwerking maatregelenpakket’’ Hierin worden de maatregelen beschreven die nodig zijn om de Natura 2000-doelen te behalen, waarbij ten eerste de maatregelen uit de PAS-gebiedsanalyse worden beoordeeld op hun nut en noodzaak. Ook worden de effecten van de maatregelen op de natuur en de omgeving beoordeeld.

2 Methode

In dit hoofdstuk is per onderzoeksvraag (zie 1.2) beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd om antwoord te kunnen geven op de vraag.

2.1 Functioneren van het systeem

Om uitspraak te kunnen doen over het maatregelenpakket dat nodig is om de Natura 2000-doelen te behalen, is het allereerst nodig om te weten hoe het gebied functioneert in termen van geologie, hydrologie en ecologie. Dit is onderzocht met een bureau- en veldstudie en wordt in hoofdstuk 3 samengevat onder de systeemanalyse.

Gedurende de **bureaustudie** is gekeken naar bestaande informatie over het gebied om een indruk te krijgen van onder andere historisch aanwezige natuurtypen, aardkundige eigenschappen en cultuurhistorische ingrepen. Tijdens de bureaustudie is gekeken naar bestaande studies zoals (niet uitputtend):

- PAS gebiedsanalyse Agelerbroek, Voltherbroek en Achter de Voort (Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied 2013);
- Beheerplan Agelerbroek, Voltherbroek en Achter de Voort (Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied 2014);
- Nutriëntenonderzoek B-WARE (Loeb & A.J.P 2011);
- GGOR documenten (Waterschap Regge en Dinkel, mei 2011);
- Diverse rapporten betreffende hydrologische modelberekeningen, ecohydrologie en systeemanalysen (o.a. Croese & Jansen 1993, van der Toorn 2013);
- Diverse rapporten betreffende flora en faunabeschrijvingen en ontwikkeling van vegetatie (o.a. Aggenbach 2003).

Geologie: de geologie van een gebied laat op grove schaal onder andere zien of er slecht doorlatende lagen aanwezig zijn in en rondom het gebied en of er bijvoorbeeld kalkhoudende afzettingen zijn die het water dat uittreedt in het gebied beïnvloeden. Voor deze analyse zijn geologische boringen bekeken van het DINO-loket.

Hoogte en reliëf: de hoogtekaart van het gebied is bekeken met behulp van de Actueel Hoogtebestand Nederland (www.AHN.nl) om te zien in welke richting het regionale grondwater stroomt en om een indruk te krijgen van het reliëf van het gebied.

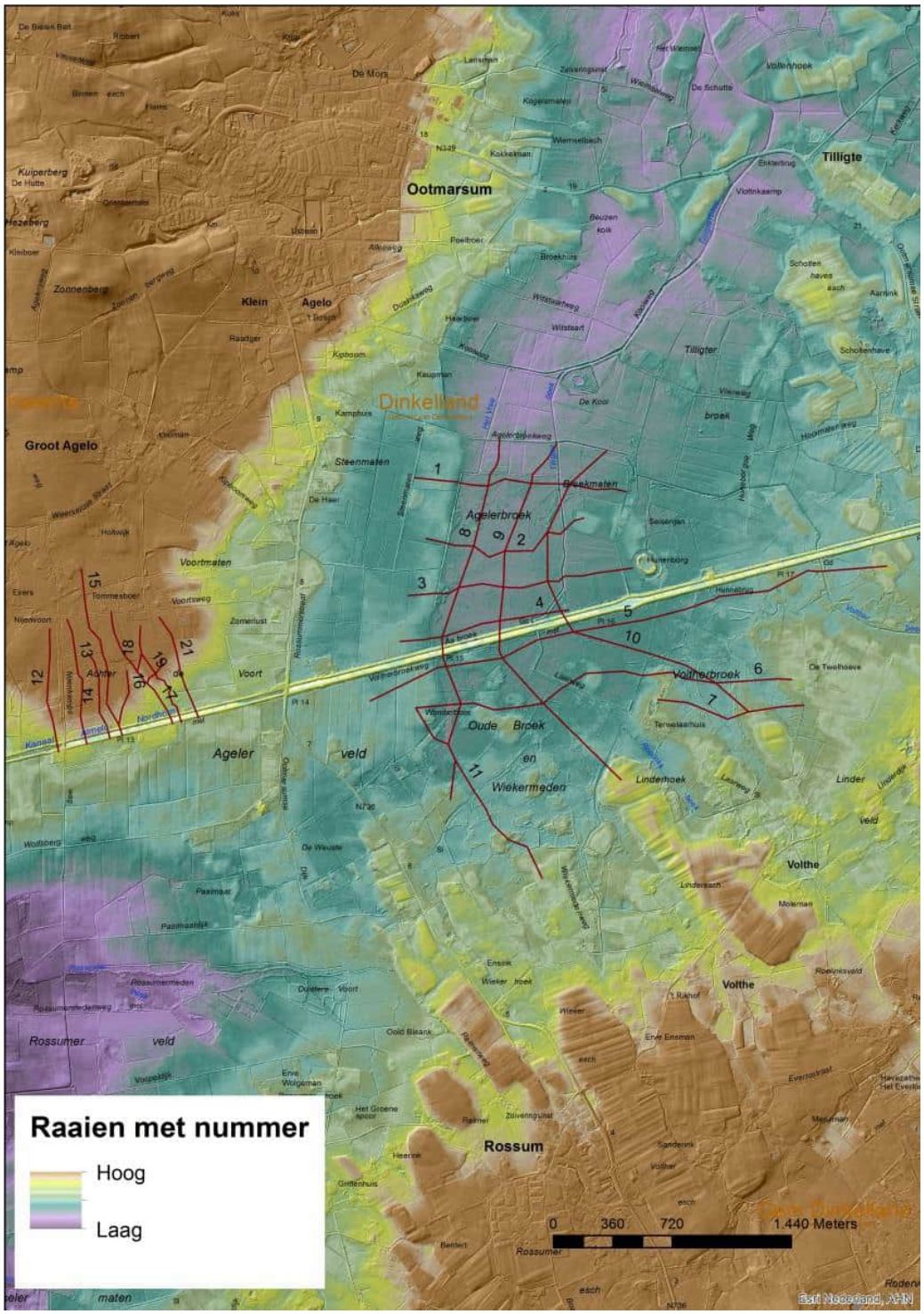
Hydrologie: de bestaande peilbuizen in het gebied zijn geanalyseerd om een indruk te krijgen van de huidige grondwaterstanden en eventuele veranderingen in afgelopen jaren. Met behulp van het programma Menyanthes (Kiwa Water Research) zijn o.a. grondwaterpeilen over langere termijnen berekend.

Vegetatie en Fauna: om een indruk te krijgen van de voorkomende vegetatie is de vegetatietypenkaart (kartering 2010-2011) bekeken. Tevens zijn bestaande rapportages van veldbezoeken gescreend en geanalyseerd op trends

Ter aanvulling van de bureaustudie heeft een **veldstudie** plaatsgevonden. Het veldonderzoek bestond uit de volgende onderdelen:

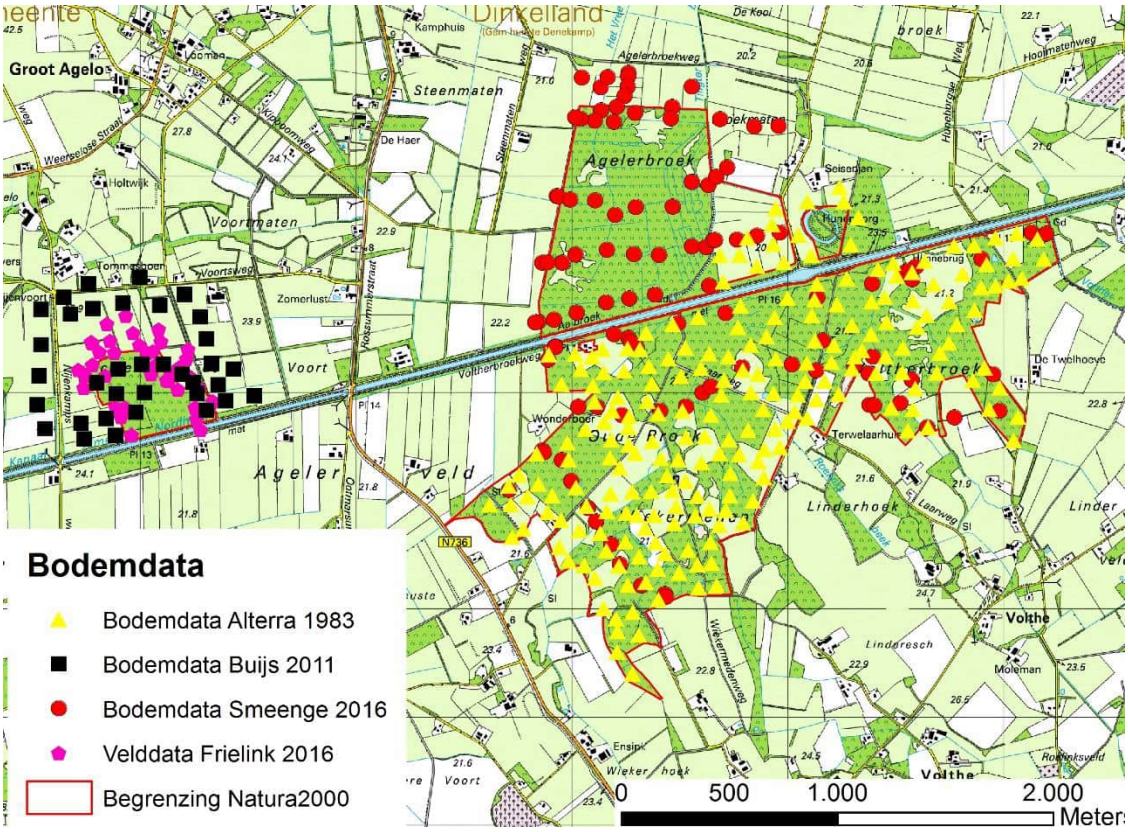
Bodemkartering

Om de variatie in het gebied wat betreft hoogteverschillen en habitattypen goed te kunnen dekken, zijn er 21 raaien in het gebied uitgezet waarop met regelmatige afstanden op een geschikte locatie een boring is gedaan (fig. 1). De effecten van sloten en beken zijn in kaart gebracht middels boringen in de nabijheid en op grotere afstand van deze sloten en beken. De boringen zijn uitgevoerd om een actualisatie en ruimtelijke aanvulling van bestaande data te krijgen. Boorlocaties zijn bepaald aan de hand van bestaande gegevens (fig. 2).



Figuur 1. Locatie onderzoeksraaien Agelerbroek, Voltherbroek en Achter de Voort

De boringen zijn uitgevoerd met een Edelmanboor 7 cm of smalle guts (bij klei en veen). Er is geboord tot de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) bereikt was, en anders tot maximaal 3 meter (Bijlage 8). Het bodemprofiel is daarbij conform de handleiding Bodemgeografisch onderzoek beschreven (ten Cate et al., 1995). Daarnaast zijn ook andere eigenschappen van het bodemmateriaal zoals de herkomst van het materiaal (fluvio-periglaciaal, klei, leem, zavel, dekzand, detritusafzettingen e.d.) en de grofheid van het materiaal vastgesteld. De coördinaten van elke boring werden met een GPS vastgelegd en het profiel werd gefotografeerd. De aanwezige plantensoorten per locatie zijn opgeschreven.



Figuur 2. Bestaande en aanvullende bodemdata. In het voorjaar-zomer van 2016 heeft landschapsecologisch bodemkundigonderzoek plaatsgevonden.

In kleibodems wordt gesproken over lutum als bodemdeeltjes kleiner zijn dan 2µm. In zandbodems spreekt men over leem als het gaat over de fijne fractie. Aan de hand van de textuur en de lutum- (in kleibodems) en leemgehalten (in zandbodems) werd de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen ingeschat in 3 klassen (Steur 1990; Ten Cate et al., 1995). Hierbij is klasse 1 goed doorlatend, klasse 2 is slecht doorlatend en klasse 3 is zeer slecht doorlatend. Naast het leem- en lutumgehalte heeft de siltfractie en aanwezigheid van ijzerbanken ook meegespeeld bij deze indeling (Tabel 1). Veen is apart gekarteerd.

Tabel 1: indelingscriteria voor klassenverdeling doorlatendheid van de bodem.

	Leemgehalte	Lutumgehalte
Klasse 1 (goed doorlatend)	<17,5%	<8%
Klasse 2 (slecht doorlatend)	17,5-32,5%	8-25%
Klasse 3 (zeer slecht doorlatend)	>32,5%	> 25%

De bodemtypen zijn vervolgens verwerkt in een nieuwe bodemkaart, waarbij de beschrijvingen zo veel mogelijk gerelateerd werden met de natuurlijke processen. Als voorbeeld is het gebruikelijk om een broekeerdgrond, waarop 70 centimeter grond is opgebracht als vlakvaaggrond te classificeren. Omdat met de beschrijving als vlakvaaggrond de ecologische kenmerken verloren gaan is gekozen voor de classificatie 'begraven broekeerdgrond' voor deze bodem.

Waterhuishouding

De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) werd tijdens de bodemkartering vastgesteld op basis van reductiekenmerken in het bodemprofiel. Wanneer ijzerhoudende bodems in de nazomer droogvallen kleurt het moedermateriaal door oxidatie (roestvorming) bruinrood. Op de diepten waar deze droogval niet meer plaatsvindt (de GLG) is deze verkleuring niet meer zichtbaar en is de bodem egaal grijs. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) is ingeschat aan de hand van reductieverschijnselen en de winterverkenning. Er is tijdens de winterverkenning nauwkeuring ingemeten en gefotografeerd welke zones in de gelopen raaien onder water of plas-dras stonden. In de zomer van 2016 zijn de meeste van deze raaien bodemkundig onderzocht en is een goed beeld ontstaan van de seizoensdynamiek.

Peilbuisgegevens van alle beschikbare peilbuizen zijn voor deze studie geraadpleegd. Dit zijn peilbuizen die in DINOLOKET zijn ingevoerd alsmede ook de 6 peilbuizen die door omwonenden in het westen van het Voltherbroek worden opgenomen sinds 2005. De gegevens van de peilbuizen zijn vergeleken met gegevens van grondwaterstanden uit de boorprofielen (kalibratie van de boorprofielgegevens). Aan de hand van deze kalibratie is besloten om met name de GLG schattingen uit de boorprofielen te gebruiken voor verdere analyse (zie ook bijlage 1).

Tijdens de zomer en winterverkenning zijn de coördinaten en dieptes van de sloten die op de raaien liggen opgenomen.

Analyse bodem- en waterkwaliteit

De zuurgraad (pH) van de bodem is op elke bodemhorizont gemeten met behulp van pH indicator strips van Merck (McolorpHast pH-2.0-9.0) in gedemineraliseerd water. Tevens werd het geleidend vermogen (EGV) van het grondwater en oppervlaktewater gemeten met behulp van een Voltcraft WA-100 ATC Conductivity Meter. Oppervlaktewaterkwaliteit van de Peiingsbeek, Roelinksbeek, Voltherbeek, Tilligterbeek en de Dinkel werden geanalyseerd op basis van lange termijn monitoring van KRW locaties door het Waterschap.

Naast bovenstaande data wordt in deze rapportage gebruik gemaakt van de analysen die door onderzoekcentrum B-WARE zijn uitgevoerd in het N2000 gebied en de omringende landbouwpercelen (Lucassen & Roelofs 2016).

Oppervlaktewaterkwaliteit van de beken Peiingsbeek, Roelinksbeek, Voltherbeek, Tilligterbeek en de Dinkel werden beoordeeld op nutriënten (fosfaat, sulfaat, nitraat en ammonium) als maat voor de voedselrijkdom. Hiervoor werden data (Waterschap vechtstromen) uit de periode 2006-2016 van diverse KRW meetpunten gebruikt.

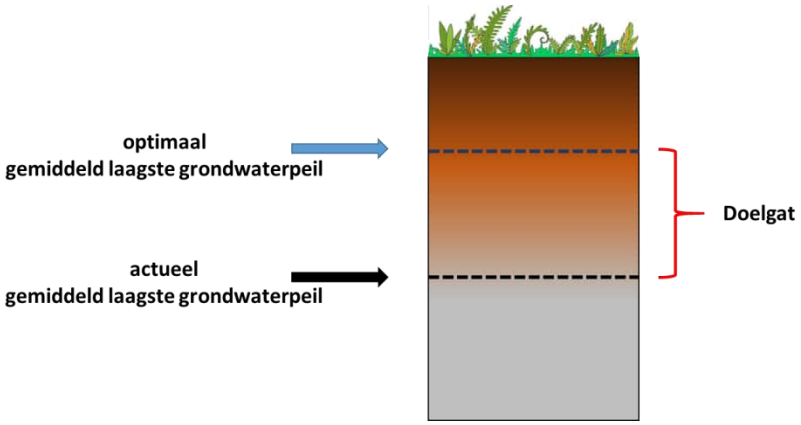
Het elektrisch geleidend vermogen (EGV) is een van de parameters die wordt gebruikt om inzicht te krijgen in de eigenschappen van het grondwater (fig. 22). In deze rapportage is het gebruikt als QuickScan voor een indicatie van het type water dat dominant aanwezig is. Het EGV (in mS/m) geeft een maat voor de opgeloste ionen in het water. Bij aanvang van de hydrologische kringloop zijn er weinig stoffen opgelost en daarmee weinig ionen die gemeten worden. Een EGV tussen de 0-10 mS/m is daarom kenmerkend voor regenwater. In de bodem kan een dergelijke EGV gemeten worden als regenwater stagneert of doordat er stratificatie van water optreedt. Door dalende grondwaterstanden kan bijvoorbeeld de bovenlaag regenwaterkenmerken bevatten. In diepere grondwaterlagen worden hogere EGV's gemeten omdat water daar verrijkt is met opgeloste ionen uit ouder grondwater. In een natuurlijke situatie kan het aandeel opgeloste ionen in water tot circa 65 mS/m bedragen. In grote riviersystemen zoals de Rijn loopt het EGV tot wel 100 mS/m op (Van Wirdum 1991, Paulissen *et al.,* 2007).

2.2 Toestand habitattypen

Om uitspraak te doen over de toestand van de habitattypen (ofwel, hoe goed is het habitattype ontwikkeld), is gekeken naar de soortensamenstelling en de hydrologie. Op alle monsterlocaties zijn foto's gemaakt van de vegetatie en is er een beoordeling gemaakt van de kwaliteit van de vegetatie. Deze kwaliteitsbeoordeling (in drie klassen) is gemaakt aan de hand van het voorkomen en de dichtheden van de verschillende kenmerkende soorten. Wanneer er een ruim palet van indicatieve soorten aanwezig is voor de desbetreffende vegetatie zoals bijvoorbeeld voor het habitattype vochtige alluviale bossen: Elzenzegge, Zwarte bes en Gele lis zonder verstoringsindicatoren, dan is de kwaliteit van de vegetatie als 'goed' beoordeeld. Wanneer er soorten van drogere of voedselrijkere standplaatsen bij de indicatoren voor het habitattype staan, zoals Liesgras, Braam, Framboos, Brandnetel, is er een 'matig' beoordeling gegeven. Zodra deze soorten het aspect van de vegetatie gaan bepalen en de typische soorten van het habitattype niet of nauwelijks meer voorkwamen, is er een 'slecht' beoordeling gegeven.

Hydrologische situatie

Naast het beoordelen van de vegetatie op basis van soorten en bedekking heeft er een analyse plaatsgevonden om te bepalen of de waterstanden voldoen aan de waterstanden die het voorkomende vegetatietype nodig hebben. Het bereiken van het optimaal gemiddeld laagste grondwaterpeil is voor de betreffende habitattypen het ideale scenario. Indien deze grondwaterstand niet wordt bereikt, is genoteerd wat de afwijking (het 'doelgat') is.



Het verschil tussen de actuele en optimale grondwaterstand geeft aan welke waterstandverhoging behaald moet worden met de hydrologische maatregelen. Wanneer de grondwaterstand hoger is dan de ideale bandbreedte van het habitattype, is dit niet als een doelgat benoemd. Wanneer bijvoorbeeld Eiken-Haagbeukenbos natter wordt, zullen er meer soorten van het nauw verwante Vogelkers-Essenbos voorkomen, en wanneer een Vogelkers-Essenbos natter wordt komen er meer soorten van het Elzenzegge-Elzenbroek voor (beide Vochtig alluviaal bos). Voor het voorkomen van vegetaties zijn zowel de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) als de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) bepalend waarbij de relatie met de GVG heel direct is en de relatie met de GLG indirect (Runhaar et al., 2009). Er is gekozen om zowel het doelgat voor de GVG als de GLG te berekenen.

GLG

Voor de referentiewaarde is, indien mogelijk, het programma Waternood gebruikt. In de gevallen waarin Waternood geen GLG data gaf of enkel een maximum grondwaterstand is er teruggevallen op de referentiegetallen van SynBioSys. Deze waarden hebben een grotere spreiding dan de waarden uit Waternood maar geven een indicatie voor situaties waar anders geen gegevens beschikbaar zijn. Dit is het geval gedaan voor de vegetatietypen: Blauwgrasland (alle associaties), Droge heide (alle associaties), Vogelkers-Essenbos en Eiken-Haagbeukenbos. Voor deze typen is de GLG moeilijker te duiden door sterk verschillende standplaatsen (veen of zand, onder invloed van grondwater of beekwater etc.) of is grondwaterinvloed minder belangrijk (bijvoorbeeld droge heide). In deze gevallen zijn de ranges van GLG gebruikt.

Voor de GLG-referenties (Tabel 2) is gebruik gemaakt van Waternood of SynBioSys, omdat:

- De vochtgetallen in Ecologische vereisten grotendeels gebaseerd zijn op Waternood.
- Waternood ook algemeen geaccepteerd is;
- De GXG data uit de verschillende bronnen hebben grote overlap in range;
- Ecologische vereisten bezitten meestal geen GLG data dus dan is het programma SynBioSys de enige bron om de GLG-doelgaten in beeld te brengen. Voor het Volther- en Agelerbroek is de GLG belangrijk voor de achterliggende processen vanuit de bodem. Grote delen bestaan uit moerige bovengronden die door verdroging mineraliseren. Dit vindt vooral in de zomer- nazomer plaats (GLG-periode), waardoor vanuit de veenafbraak voedingsstoffen en zuren vrijkomen.

Voor de peilbuizen in AVAV is bepaald of dat deze geschikt zijn voor analyse van GVG en GLG en het bepalen van een doelgat. Deze analyse is gedaan in bijlage 1 en bijlage 2. Aan de hand van een kalibratie tussen peilbuisgegevens en boorprofielen is aan de hand van boorprofielen op elke locatie de GLG bepaald. Deze GLG is vervolgens vergeleken met de referentiewaarde voor de GLG (tabel 2).

	Huidige methode		Profieldocument	
	GVG	GLG	GVG	GLG
Eiken-Haagbeukenbos	>-40	>-70	-20/-40	-
Elzenzegge-Elzenbroek; typische subassociatie	-15 tot +10	>-50	+20/+5	-30/-60
Vogelkers-Essenbos	-15 tot -10	>-60	-25/-40	-
Blauwgrasland	-25 tot 0	-71 tot -50	-10/-25	-
Zwakgebufferde vennen	+35 tot +5	-35 tot -10	+50/+5	-
Kalkmoerassen	+10/-5	>-50	+5/-10	-40/-60
Vochtige heide, typische	-35 tot -8	-145 tot -86	-10/-40	-
Vochtige heide, veenmosrijke	-15 tot +5	>-30	+5/-25	-20/-50

*Tabel 2. Referentiewaarden van GLG en GVG zoals gebruikt in deze studie. * in cm ten opzichte van maaiveld, < = lager dan en > = hoger dan.*

Uit de vergelijking tussen de GXG schattingen van SynBioSys, Waternood en de Ecologische vereisten blijkt dat er voor het Eiken-Haagbeukenbos als enige habitattype grote verschillen in opgegeven range bestaan (bijlage 4). Dit komt mede omdat Waternood alleen de maximale GXG's geeft. Er is gekozen om voor dit habitattype Waternood data te gebruiken omdat dit een realistischer (op basis van expert judgement) beeld geeft van de optimale waterstanden. Het habitattype Eiken-Haagbeukenbos is echter wel het minst kritisch en zal meeliften met de opgaven voor Blauwgrasland en vochtig Alluviaal bos.

GVG

Op basis van bodemprofielkenmerken zijn de GHG en de GLG bepaald. Voor de GVG is dat niet mogelijk, maar kan deze worden berekend (Waternood). Omdat bij het aflezen van profielkenmerken GHG-standen boven maaiveld buiten beeld zijn kan het automatisch berekenen van de GVG leiden tot een onderschatting. Er is daarom gekozen voor het alleen berekenen van GVG waarden uit peilbuizen met een recente en complete meetreeks. Omdat het om de hoge grondwaterstanden gaat, zijn ook eerder afgekeurde buizen met een ondiepe filterstelling gebruikt. Het resultaat hiervan is weergegeven in bijlage 1 en 2.

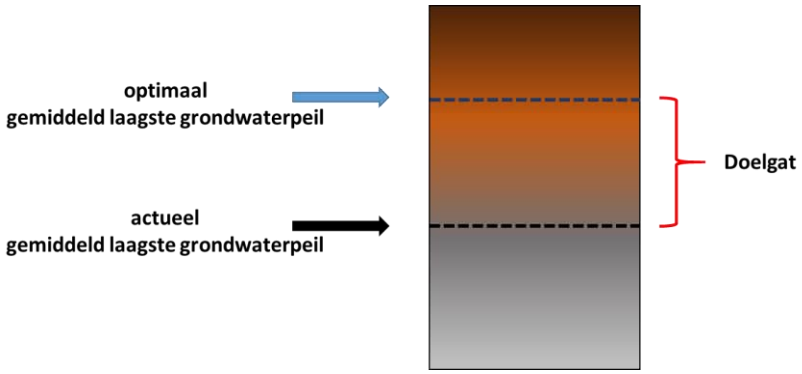
Doelgaten op basis van bodemkenmerken

Met betrekking tot de laagste grondwaterstanden zijn de GLG referentiewaarden per bodemtype vergeleken met de beoordeelde GLG waarden van de boorprofielen tijdens het veldonderzoek. Na digitalisatie in GIS (Geografisch Informatie Systeem) zijn de bodem GLG-waarden per habitattype geselecteerd. Op deze manier kunnen vegetatie vereisten en hydrologische bodemeigenschappen worden vergeleken.

Er is in deze analyse nadrukkelijk gekozen voor het gebruik van doelgat op basis van bodemtype omdat het een goed beeld van de verdroging en het bijbehorende doelgat geeft op locaties waar geen peilbuizen staan. De database Waternood geeft de grondwaterstandsrange aan, waarbij bodemvorming en waterhuishouding in evenwicht verkeren (Runhaar & Hennekens 2015). De mediaan van deze ranges geeft, vergelijkbaar

met de optimale GLG op basis van vegetatie, aan onder welke GLG een bodemtype kan ontstaan.

Het verschil tussen de optimale GLG voor een bepaald bodemtype (de mediaan zoals gerapporteerd in Runhaar & Hennekens 2015) en de actuele GLG (aan de hand van reductiekenmerken) wordt hier het bodemkundig GLG-doelgat genoemd.



Instandhoudingsdoelstellingen en uitbreidingsdoelstellingen zijn niet 1 op 1 te vertalen naar doelgat. Het doel binnen de PAS is de waterstanden van water met de gewenste waterkwaliteit (kwelwater in geval van vochtige alluviale bossen) te bereiken die overeenkomen met de referentiewaterstanden. Dit is het dichten van het doelgat. Door de variatie in de gebieden is het bereiken van de referentiewaterstanden niet altijd vlak-dekkend haalbaar. Verkleining van het doelgat zal wel leiden tot kwaliteitsverbetering van de habitattypen. Het is van belang om dit doelgat zo klein mogelijk te krijgen waardoor zo duurzaam als mogelijke instandhouding wordt behaald bij genomen maatregelen. Ook wordt uitbreiding van de habitattypen verwacht bij het verkleinen van het doelgat.

Kalibratie

Tijdens de veldonderzoeken zijn in totaal 107 bodemprofielen beschreven waarvan de gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstanden op basis van reductiekenmerken zijn geschat. Deze waarnemingen zijn vergeleken (kalibratie) met de gegevens van peilbuizen met een juiste filterdiepte en meetreeks vanaf de landinrichtingswerkzaamheden tot heden. Hiervoor zijn alle beschikbare peilbuizen in het gebied geanalyseerd op bruikbaarheid. Peilbuizen met een te ondiep filter of welke niet regelmatig zijn opgenomen zijn komen te vervallen voor de kalibratie (zie bijlage 1 voor uitleg van deze selectie en de kalibratie). Uiteindelijk werden 10 peilbuizen in het gebied geschikt bevonden voor kalibratie van de veldgegevens.

Uit de vergelijking tussen peilgegevens (berekend met het programma Menyanthes) en de veldgegevens blijkt dat de veldschattingen goed overeen komen met de gegevens van de peilbuizen (Bijlage 1).

Kwaliteit habitattypekaart

Om de kwaliteit van de habitattypenkaart te toetsen, zijn er twee handelingen verricht:

1. De vegetatietypenkaart (Pranger & Tolman 2011, 2011) is vergeleken met de habitattypenkaart om na te gaan of er een juiste vertaling heeft plaatsgevonden (definitietabel habitattypen ministerie van LNV).
2. Tijdens veldbezoeken is nagegaan of vegetatievlakken ook daadwerkelijk behoren tot het habitattype dat ter plekke op de kaart is aangegeven. Dit is steekproefsgewijs gedaan; er is geen gestructureerde vlakdekkende vegetatiekartering uitgevoerd.

Habitatsoort: Zeggekorfslak

Op 15-9-2016 is een inventarisatie uitgevoerd naar het voorkomen van Zeggekorfslak in het Voltherbroek en Agelerbroek. Hierbij was het doel om een algemeen beeld te verkrijgen van de actuele verspreiding van de soort in het gebied.

2.3 Knelpunten Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek

Een vergelijking tussen het historische en huidige functioneren van het gebied is noodzakelijk voor het vaststellen van knelpunten met betrekking tot bijvoorbeeld hydrologie en geologie. Hoe het gebied van oorsprong heeft gefunctioneerd is onder andere in kaart gebracht door het bekijken van historische kaarten, lezen van oude rapporten met onder andere informatie over vroegere vegetatie, en het bekijken van bodemprofielen. Het huidige functioneren is in kaart gebracht met de systeemanalyse in dit onderzoek. Aan de hand van een mathematische analyse van de hydrologie zijn knelpunten met betrekking tot drainage in en rondom het gebied inzichtelijk gemaakt. Knelpunten die betrekking hebben op de invloed van de omringende landbouwpercelen op de bodem- en waterkwaliteit in het Natura 2000-gebied zijn onderzocht door onderzoekcentrum B-WARE (Lucassen & Roelofs 2016).

2.4 Herstelmaatregelen

Op basis van de knelpuntenanalyse zijn de beschreven maatregelen (o.a. uit de PAS-gebiedsanalyse (Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied 2013) beoordeeld op hun nut en noodzaak. Daarvoor is in het geval van de watergangen de invloed van verschillende maatregelen (dempen, stuwen, verondiepen, omleiden) op de habitattypen berekend (Bijlage 5). Tevens zijn (indien van toepassing) aanvullende maatregelen geformuleerd.

Om te voldoen aan de Natura 2000-doelen met betrekking tot uitbreiding van de kwaliteit en oppervlakte van de habitattypen blauwgrasland en vochtig alluviaal bos, is ten eerste gekeken welke gebieden binnen het natuurgebied geschikt zijn. Dat hangt af van wat er van nature voor vegetatie voorkomt en of dat hersteld kan worden. Daarnaast zijn de potenties van de aangewezen percelen binnen het Natura 2000-gebied maar ook buiten het natuurgebied bekeken. Hiervoor is de bodemkwaliteit geanalyseerd door onderzoekscentrum B-WARE.

2.5 Effecten van de maatregelen op de natuur en omgeving

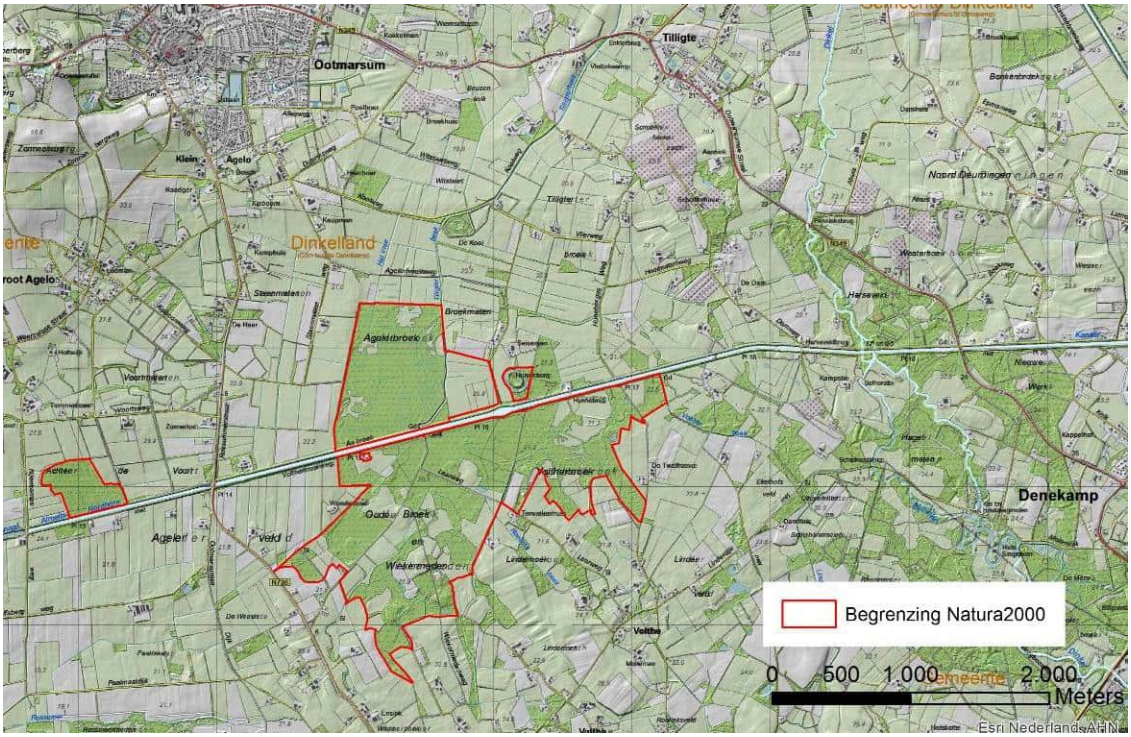
Effecten van de maatregelen op de hydrologie van het natuurgebied en de omgeving zijn doorgerekend aan de hand van gegevens van dwarsdoorsneden (raaien) en mathematische modellen. Deze berekeningen en de resultaten zijn opgenomen in dit rapport (Bijlage 5). In

het Voltherbroek is in de huidige situatie natschade bij omwonenden geconstateerd. Een kort verslag van een inventarisatie naar deze natschade-natte plekken wordt gegeven in bijlage 7. Effecten van maatregelen zoals ontgraven en of uitmijnen van omliggende percelen met betrekking tot natuurontwikkeling worden gegeven in het rapport van B-WARE (Lucassen & Roelofs 2016).

3 Systeemanalyse

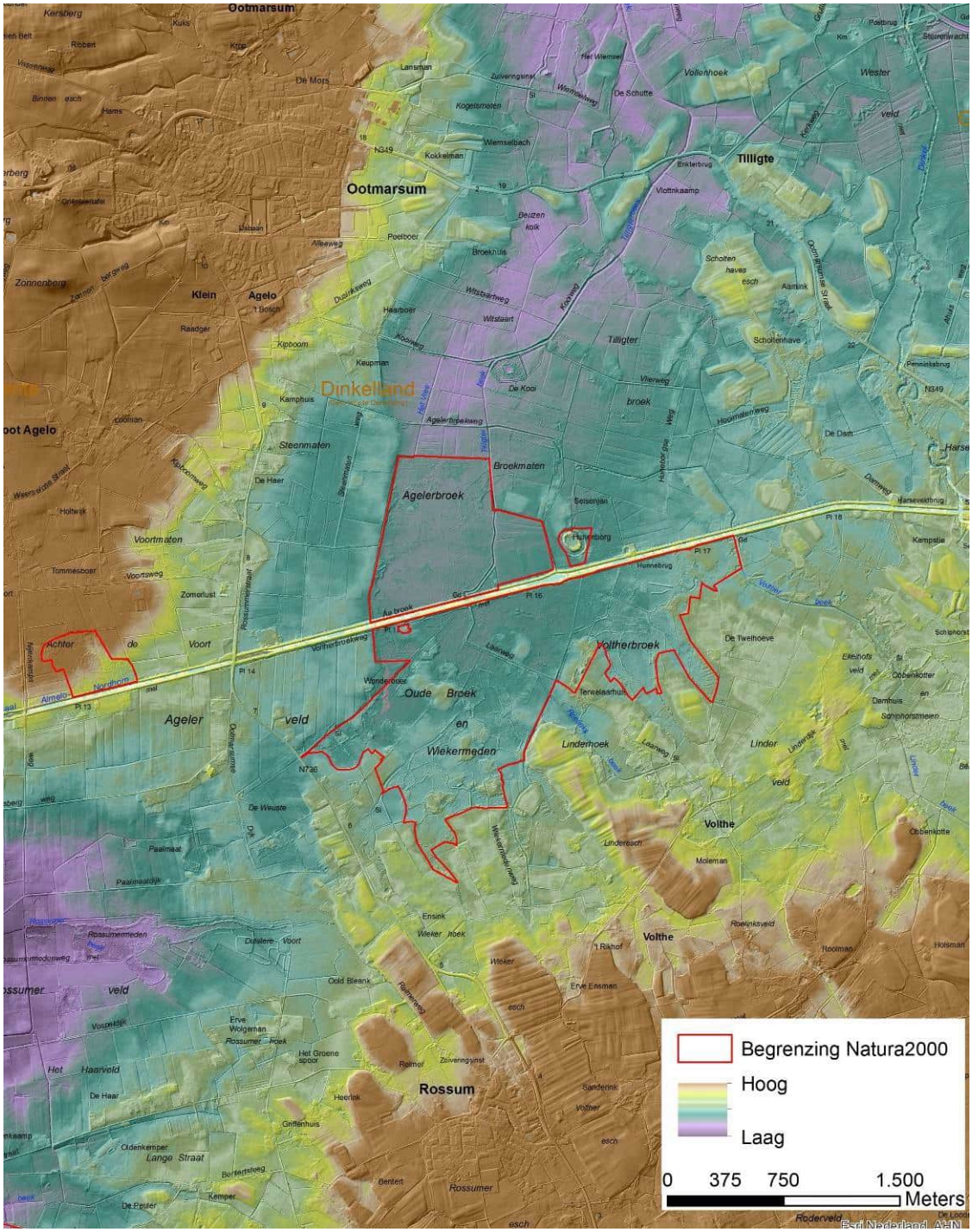
3.1 Kenschets

Onder het Natura 2000 gebied vallen feitelijk twee verschillende landschapsecologische systemen: Achter de Voort en de twee broekgebieden Agelerbroek en Voltherbroek. Op de Ootmarsumse stuwwal ligt Achter de Voort (fig. 3). Historisch gezien heette dit gebied het Asbroek en werd door de boeren van Agelo gebruikt voor het geriefhout (pers. med. dhr Luttinghuizen, Agelo). Op de Noordflank van de Oldenzaalse stuwwal ligt het Voltherbroek. Dit gebied hoorde vroeger bij de gemeenschap Volthe en omvat diverse beekdalen (Meden), die uitkomen in een vlak gebied, het feitelijke Voltherbroek. Ten noorden van het kanaal Almelo-Nordhorn wordt dit vlakke broekgebied Agelerbroek genoemd. De gemeenschappen Groot- en Klein Agelo hadden hier hun broekgronden. Via de Hollandse graven watert dit gehele systeem af op de Dinkel bij Lage in Duitsland.



Figuur 3. Ligging van het Natura2000-gebied Achter de Voort, Ageler- en Voltherbroek.

Op de hoogtekaart (fig. 4) komen de verschillengoed tot uiting. Het Voltherbroek bevat een afwisseling van een aantal dekzandruggen, die een zuidoost-noordwest oriëntatie hebben, en ertussen gelegen beekdalen die in het centrum vervlakken in een laagte. Het Almelo-Nordhorn kanaal snijdt door de stuwwal ter hoogte van Achter de Voort, maar is hoog opgeleid ter hoogte van het Volther- en Agelerbroek. Op een meer regionaal niveau valt het op dat de natuurlijke afwatering wordt bemoeilijkt door een krans van dekzandruggen rondom de broekgebieden van Volthe, Tilligte en Agelo.



Figuur 4. Hoogtekaart van de drie deelgebieden. De stuwwallen van Ootmarsum en Oldenzaal zijn in bruinkleur afgebeeld en bezitten deels dekzandruggen. Vooral in Volthe en Rossum steken ze scherp af met hun zuidoost-noordwest oriëntatie. De gele kopjes bevatten typische dekzandruggen, waar de keileemondergrond dieper ligt of ontbreekt. De paarse gebieden zijn het meest laaggelegen en bevatten vaak broektoponiemen.

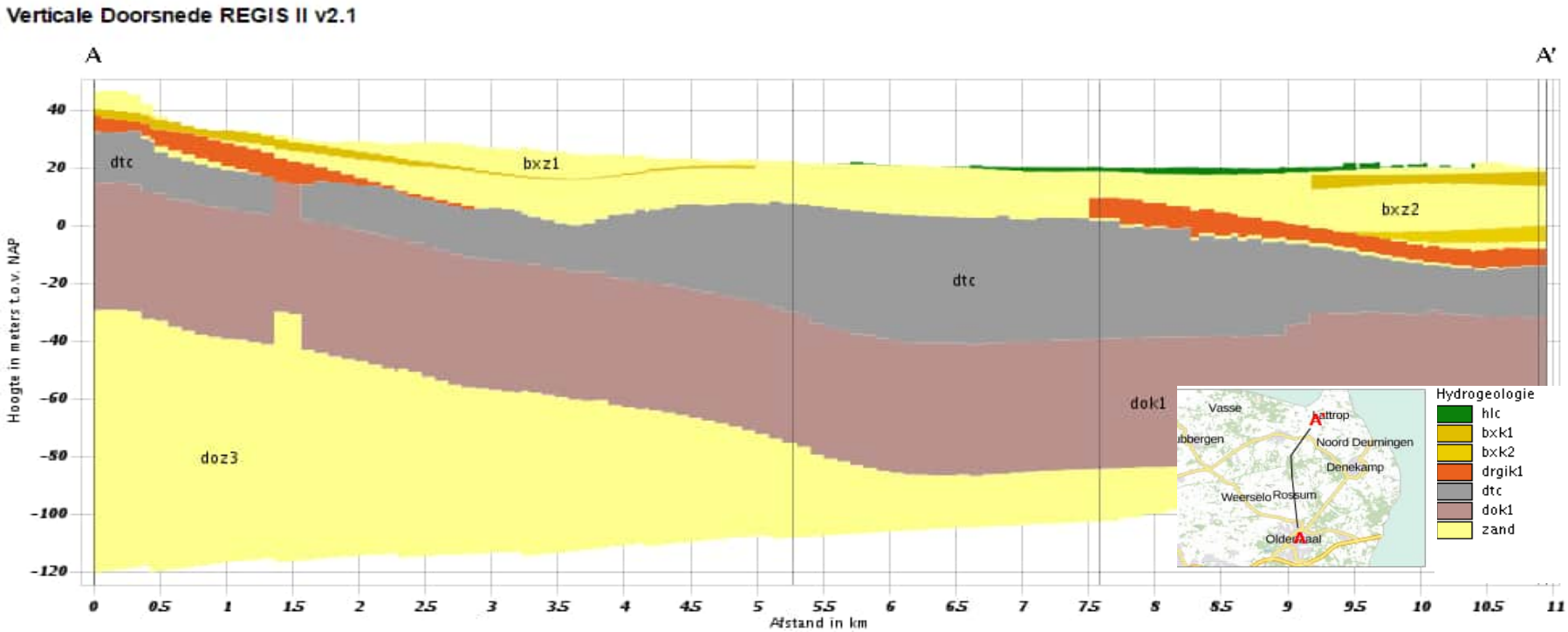
3.2 Geologie

De planten en daarmee de habitattypen zijn voor een groot deel afhankelijk van de bodem waarin ze groeien. Deze bodem is gevormd door allerlei landschapsvormende processen en kan bijvoorbeeld bestaan uit zand-, klei- of veenfracties. Elke fractie heeft unieke eigenschappen zoals de waterdoorlaatbaarheid wat op maaiveld kan resulteren in een afwisselend vegetatiepatroon. De zogenaamde aardkundige patronen bepalen zo mede vegetatiepatronen en vormen de basis van het landschap. Hoofdstuk 5 van de PAS-gebiedsanalyse omvat een groot deel van deze informatie (Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied 2013), hier wordt alleen een samenvatting gegeven.

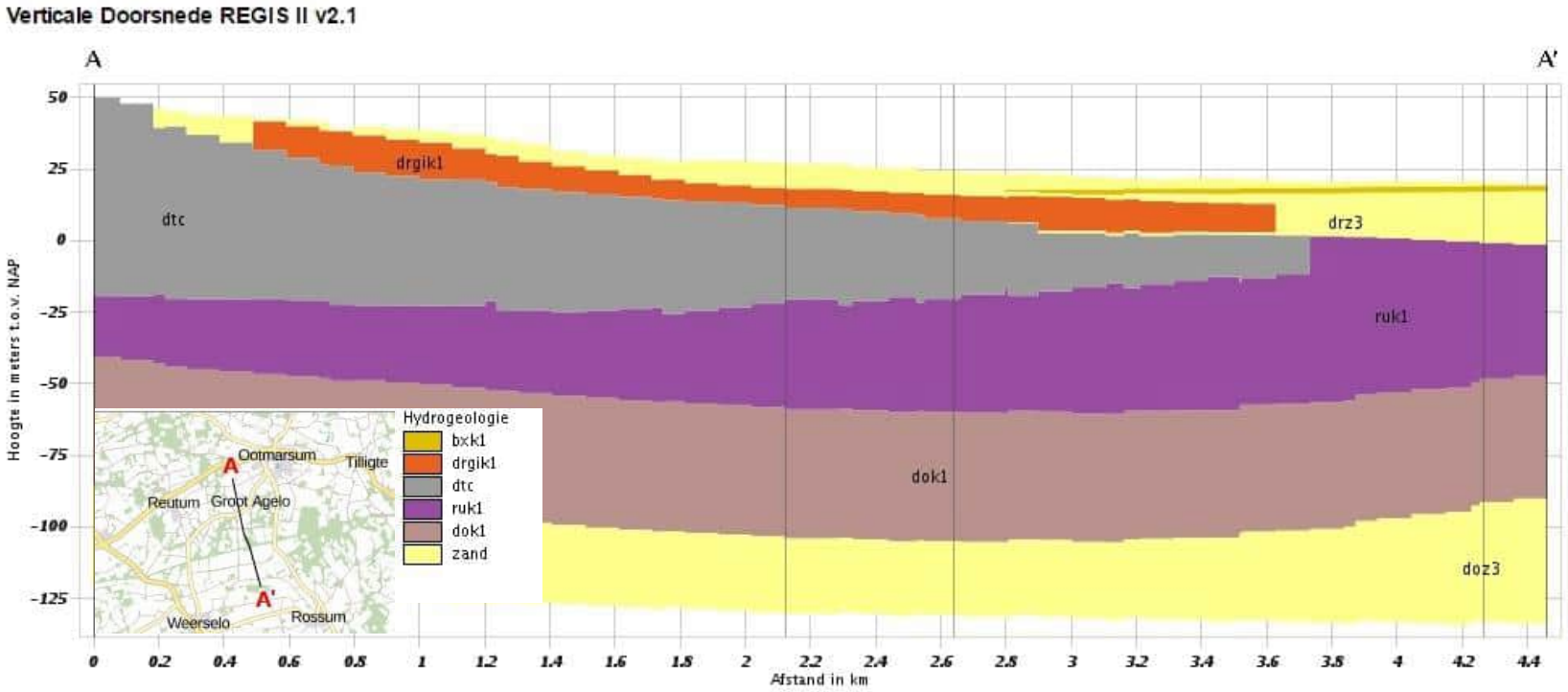
De top van het geologische pakket van zowel Achter de Voort als Ageler- en Voltherbroek bestaat uit de Formatie van Boxtel (fig. 5 & 6). Tijdens veldwerk werden de wat grovere leemarme zandafzettingen (250 µM) vooral in de hogere ruggen waargenomen. Dit jonge dekzand is in de laatste koude fase van de laatste ijstijd afgezet (van der Hammen & Wijmstra 1971).[1] In de lagere terreindelen werd fijner (180 µM) en leemhoudend oud dekzand aangetroffen (van Huissteden 1990).[2] In de meest lage terreindelen van het Agelerbroek werd broek- en zeggeveen aangetroffen wat net als dekzand ook onder de formatie van Boxtel is gerangschikt. Het veen wordt binnen de Boxtelformatie als laagpakket van Singraven onderscheiden (Schokker et al., 2003).

De formatie van Drenthe werd uitsluitend aangetroffen in Achter de Voort en omvat keileem dat door de schurende werking van het landijs in de voorlaatste ijstijd is afgezet. Op grote delen van de Ootmarsumse stuwwal komt deze slechtdoorlatende keileem aan het oppervlak. In het REGIS-model is op de top van deze keileem een zandpakket aanwezig van circa 3 tot 4 m (fig. 6). Deze schatting is echter onnauwkeurig. Op basis van eerder (van Dongen, 2011) en recent veldonderzoek blijkt de aanwezigheid en dikte te zijn overschat. Deze keileem is in Achter de Voort vaak kalkhoudend (de Waal & Bijlsma 2003, Buijs 2011). Nog dieper onder maaiveld vinden we Tertiaire zeeafzettingen, die als Formatie van Dongen zijn geclassificeerd. Deze klei kan kalkloos tot kalkhoudend zijn afgezet en bevat vaak glauconiet en pyriet-houdende lagen (Wind & Steeghs 1964). Deze geologische formatie kunnen we zien als de basis van het hydrologische systeem.

[1] De Jonge Dryas, werd vroeger als Formatie van Twente onderscheiden .
[2] Laat Pleniglaciale afzettingen beschreven in Van Huissteden, 1990. Werd vroeger als Formatie van Twente onderscheiden.



Figuur 5. Geologische doorsnede vanaf de top van de Oldenzaalse Stuwwal naar het Volther- en Agelerbroek tot aan de Hollandse Graven bij Tilligte. De ligging van de door TNO berekende stroombanen zijn als uitgangspunt genomen, bij het bepalen van de geologische dwarsdoorsnede (Hoogendoorn, 1992). Het water stroomt van hoog naar laag en passeert daarmee goede (zand) en slechtdoorlatende lagen (klei). Het Volther- en Agelerbroek bevindt zich tussen de twee lijnen die verticaal door het profiel lopen. BX staat voor Boxtel met een toevoeging voor zand (z). De nummers hierachter vallen samen met een bepaalde laag, maar zijn hier niet van belang. In de natuurlijke situatie ontstaan er drukverschillen in het grondwater, omdat het water vanuit het zuiden van de helling stroomt en in het vlakke Volther- en Agelerbroek wordt afgeremd. Door de aanwezigheid van een dikke laag keileem in de ondergrond (Drgk) wordt extra druk in het watervoerende pakket opgebouwd. Daarnaast zien we een top van Holocene afzettingen (Hlc) welke Dinkelklei en veen bevatten. Dit zijn beide aanwijzingen voor, van nature, natte omstandigheden. Bron geologische dwarsdoorsnede: TNO-Dinoloket. Binnen de gestuwde formatie bevinden zich lagen met zand, grind en silt die veelal scheefgesteld zijn.



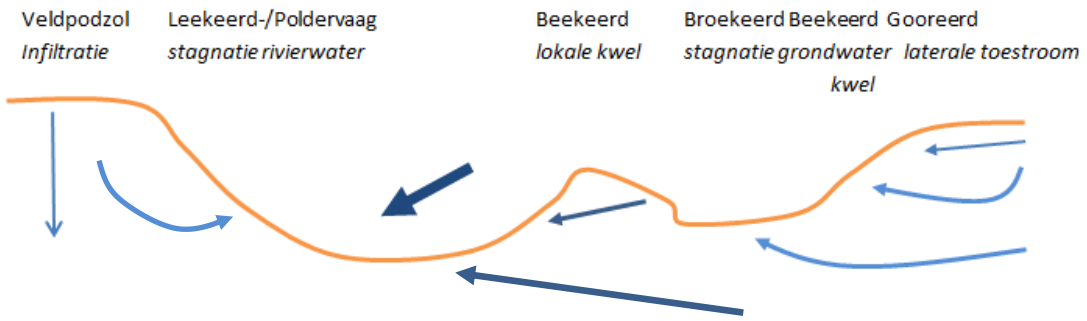
Figuur 6. Geologische dwarsdoorsnede vanaf de top van de Ootmarsumse stuwal naar het zuiden tot aan de Rossumer meden. De ligging van de door TNO berekende stroombanen zijn als uitgangspunt genomen, bij het bepalen van de geologische dwarsdoorsnede (Hoogendoorn, 1992). Achter de Voort bevindt zich tussen de twee lijnen die verticaal door het profiel lopen. In dit geval is het gestuwde pakket (klei, zand en grind, dtc) en de onderliggende geologische formaties Ruppel (Ru) en Dongen (Do) niet van belang. Het bos ligt op een dik keileempakket van de Formatie van Drenthe, laagpakket van Gieten (drgik1). Hierop ligt volgens dit REGIS-model zand, wat keizand (Formatie van Drenthe) of lokale afzettingen (Formatie van Boxtel) kan zijn. Bron geologische dwarsdoorsnede: TNO-Dinoloket.

3.3 Bodem

De bodem is gevormd door een combinatie van geologisch substraat, het reliëf, hydrologische processen, de vegetatie en cultuurhistorische invloeden. Daarmee geeft de bodem veel inzicht in de standplaatscondities voor verschillende natuurdoeltypen en is het van belang dit in beeld te brengen.

Bodemtypen

Tijdens de bodemkartering van 2016 is er een aantal verschillende bodemtypen aangetroffen. Elk bodemtype heeft zijn specifieke plek in het landschap door de invloed van de geologische pakketten, de hydrologische omstandigheden, de historische vegetatie en het historisch landgebruik. Om het overzichtelijk te houden is een schematische doorsnede van het **Volther- en Agelerbroek** gemaakt waarin bodemtypen en hydrologie schematisch zijn weergegeven (fig.7). Hierna worden de landschapsecologische kenmerken van alle voorkomende bodemtypen besproken.



Figuur 7. Schematisch overzicht van de historische- en deels actuele milieukenmerken in het Volther- en Agelerbroek, waarbij vanuit bodem- en geomorfologische kenmerken naar de werking van de oorspronkelijke hydrologische processen is gekeken. De zuidzijde van het Voltherbroek (rechts) bevat grote dekzandruggen die lokaal grondwater aanvoeren. Dit water kwelt op in laagten op de dekzandflanken en dekzandlaagten, waar s'winters water stagneert. Dit water zoekt zich een weg naar de laagste terreindelen (kanaalzone en enkele grote geïsoleerde laagten). Van origine overstroomden de laagste terreindelen vanuit het Dinkelsysteem en werd een kleidek afgezet.
Dezelfde processen gelden voor het Agelerbroek, maar daar was in vergelijking met het Voltherbroek sprake van grootschalige en langdurige stagnatie van kwel-, neerslag- en overstromingswater. Bovendien ontmoeten de grondwaterstromingen vanuit het zuidelijk gelegen Voltherbroek en vanuit de Ootmarsumse stuwwal uit het Noordwesten elkaar in deze laagte. Dit is de reden dat daar veenvorming heeft plaatsgevonden. Langs de randen van deze voormalige moerasvlakte liggen ook dekzandruggen met veldpodzol-, gooreerd-, beekeerd-, leekeerd-,en kleihoudende broekeerdgronden.

De veldpodzolgronden zijn gevormd in dekzandruggen, waar regenwater door de bodem zakt en humusdeeltjes heeft uitgespoeld en op een grote diepte weer zijn ingespoeld (de Bakker & Schelling 1989). De wortelzone van de planten bereikt het grondwater niet, maar het grondwater kan wel dicht de wortelzone raken, waardoor deze bodems in de winter vochtig en de laagten zelfs nat kunnen zijn (fig. 8). In het begin van vorige eeuw waren dit vaak natte heiden.



Figuur 8. Veldpodzolgrond, onder een natte heidevegetatie in het Voltherbroek. Alle profielen zijn in klassen van 40 centimeter van linksboven naar rechtsonder uitgelegd. Door het plaggen in het verleden is een stukje van de uitspoelingshorizont (AE) en inspoelingshorizont (Bhs) overgebleven. De roestige kleur tussen de 40 en 60 cm is door sterk fluctuerende grondwaterstanden ontstaan. Foto: H. Smeenge

Gooreerdgronden liggen langs de randen van dekzandruggen en bevatten geen gleyverschijnselen binnen 35 centimeter (roestige kleur) (de Bakker & Schelling 1989). Ze worden door lokaal grondwater gevoed (fig. 9).



Figuur 9. Gooreerdgrond langs de westflank van het Agelerbroek. Foto: H. Smeenge

De Beekeerdgronden zijn net als de Gooreerdgronden zandbodems met een scherpe grens tussen de bovenlaag en het moedermateriaal. Doordat de Beekeerdgronden wat lager in het landschap liggen is de invloed van het grondwater sterker. Dit uit zich door ijzerrijke afzettingen binnen 35 centimeter van het profiel (fig. 10).



Figuur 10. Beekeerdgrond, waarbij net onder de zandige bovengrond (Ahg) een roestige laag door ijzerhoudend grondwater is afgezet. Foto: H. Smeenge

Op de laagste plekken was het van origine jaarrond nat en kon veenvorming plaatsvinden. Op de plekken die kortdurend droogvielen in de nazomer ontstonden zogenaamde moerige eerdgronden op een zandondergrond fig. 11). In de meeste gevallen is door de recente verdroging het dunne veenpakket dunner dan 40 cm geworden en/of het veenpakket veraard. Door mineralisatie is het niet meer te achterhalen of het broek-, zegge-, of veenmosveen was, waardoor ecologische historische kenmerken verloren zijn gegaan. Op de plekken die nog redelijk intact materiaal bevatten zijn elzenresten (broekveen), of zeggeplanten (zeggeveen) aangetroffen. Omdat het moerige pakket momenteel dunner dan 40 cm is mogen deze bodems niet tot de veengronden worden gerekend (de Bakker & Schelling 1989).



Figuur 11. Moerige eerdlaag van 0-30 centimeter, waarbij het materiaal uit broekveen bestaat. Door verdroging is de aard van de moerige eerdlaag vaak niet meer te zien. Foto: H. Smeenge

Er zijn op diverse plekken beekeerdgronden aangetroffen met een kleihoudende bovengrond dikker dan 40 cm (fig. 12) waardoor deze bodems tot de Leekeerdgronden behoren (de Bakker & Schelling 1989). Indien de kleiafzetting in de bovengrond tussen de

30 en 50 cm bedraagt is er sprake van een Woudeerdgrond. Als het bovenliggende kleipakket dikker is dan 50 cm en er geen duidelijk onderscheid meer is tussen diverse horizonten is er sprake van een Poldervaaggrond.

Gezien de complexiteit van deze typen wordt bij bodemtypering gesproken van een associatie, een combinatie van typen. Vanuit deze opdracht is het belangrijk om te weten welke processen een rol hebben gespeeld bij de vorming van vegetaties en habitattypen en is daarom specifiek gekeken naar de biostratigrafie, de gelaagdheid van de diverse pakketten.



Figuur 12. Leekeerdgrond in het Agelerbroek. De moerige bovengrond is sterk geoxideerd en slechts 8 centimeter dik. Foto: H. Smeenge

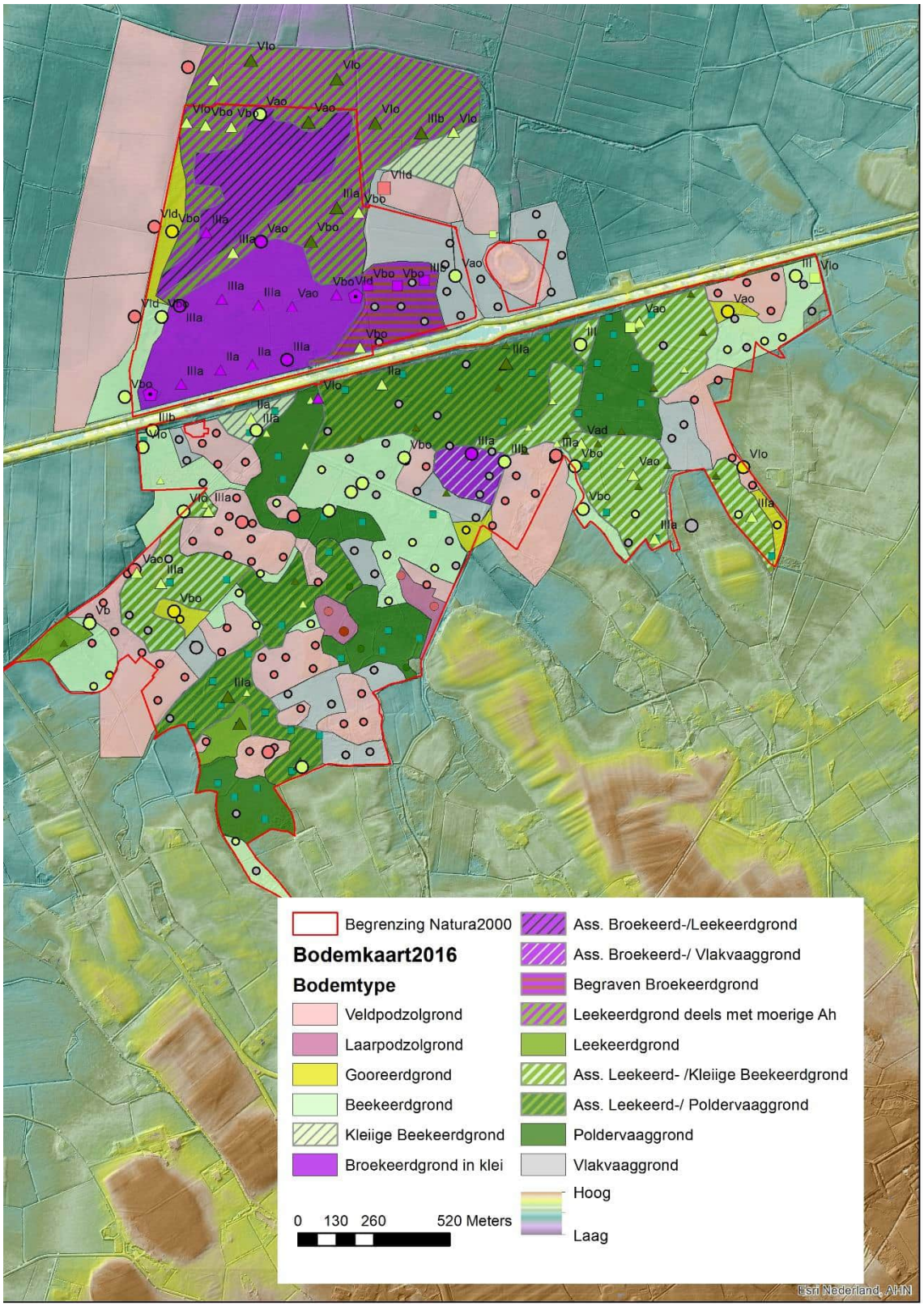
Om de ecologische eigenschappen, de standplaats voor habitattypen, zo goed mogelijk te kunnen karakteriseren zijn nieuwe associaties opgesteld.

- Kleiige beekeerdgrond is een beekeerdgrond, waarbij de bovengrond meer dan 5% lutum bevat. Ze hebben door de lutumhoudendheid een rijkere minerologie en daarmee groeiplaats.
- Broekeerdgrond in klei zijn kleiafzettingen vanuit het Dinkelsysteem, waarop een moerige bovengrond is ontstaan. Dit zijn rijkere standplaatsen ten opzichte van broekeerdgronden zonder klei.
- Associatie van Broekeerd-/leekeerdgronden. In kleine laaggelegen zones komen vaak moerige bovengronden voor. Echter op kopjes en ruggen is de organische stof verdwenen en resteren donkergekleurde kleibodems met zandondergrond binnen 30 centimeter. Deze associatie geeft blijk van gebieden die door verdroging zijn aangetast.
- Associatie van Broekeerd-/Vlakvaaggronden. In een geïsoleerde laagte hebben ontginningswerkzaamheden plaatsgevonden, waardoor de bodem is verrommeld. Volgens de classificatie worden gespitte bodems vaak als vlakvaaggrond op de kaart gezet. Omdat de landschapsecologische informatie hiermee verloren gaat is vastgehouden aan het oorspronkelijke bodemtype. De moerige resten in deze bodems gaven blijk van een broekeerdgrond.
- Begraven gronden. Met name aan de zuidoostkant van het Agelerbroek (oostzijde Tilligterbeek) zijn gronden opgehoogd. Vermoedelijk is dit gebeurd tijdens de

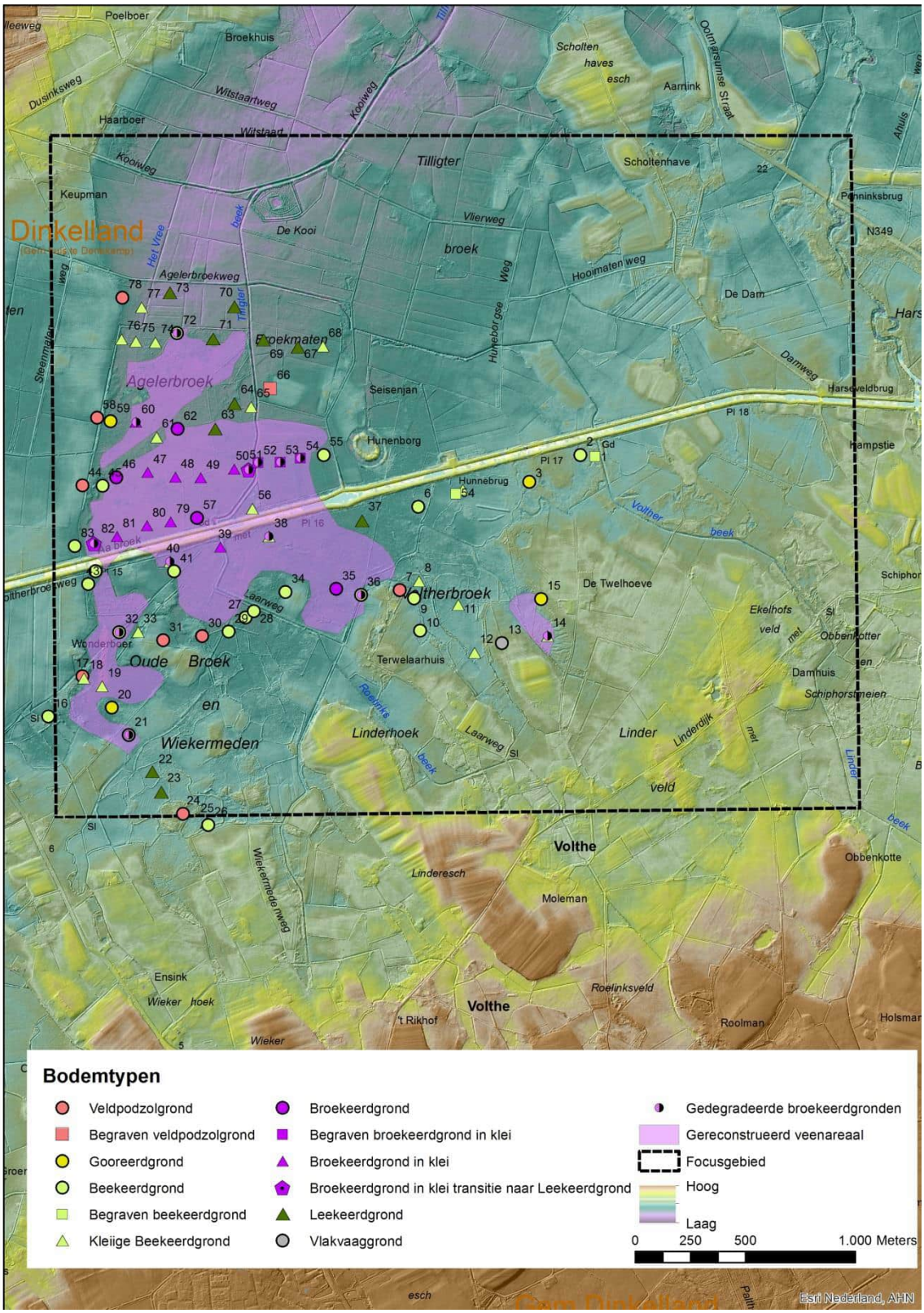
ruilverkaveling Beneden Dinkel, toen de Tilligterbeek is aangelegd (1955-1958). De onderliggende broekeerdgronden zijn met 60-70 centimeter grond opgehoogd.
- Leekeerdgrond deels met moerige Ah zijn in het verleden frequent overstroomd vanuit het Dinkelsysteem (zie paragraaf 3.4 waterhuishouding). Door verdroging na de ruilverkaveling is de organische stof grotendeels geoxideerd, waardoor kleimineralen overbleven.

Om meer inzicht te krijgen in de herkomst van de klei heeft mineralenonderzoek plaatsgevonden. Tijdens het kasteelonderzoek van de laat-middeleeuwse Hunenborg (2016) zijn kleimonsters genomen uit de grachtvulling, het broekbos in het noordwestelijke deel en grasland in het noordoostelijk deel van het Voltherbroek. In het noordwesten is ook een oud maaiveld onder een vermoedelijk middeleeuwse wal bemonsterd om veranderingen in tijd te kunnen waarnemen (Smeenge in prep.).
De grachtvulling en diepteprofielen vanaf het maaiveld naar beneden tonen aflopende gehaltes aan smectit en kwarts. Smectit is kenmerkend voor sedimentafzettingen en heeft het laagste gehalte in het oud oppervlak onder het wallichaam. Het actuele maaiveld naast dit wallichaam is aan maaiveld rijk aan smectit, maar ook aan kwartsmineralen, een bijmenging vanuit stuwwalerosie. Het fossiele oppervlak onder de wal bevat ook nog weinig kwarts.
Er zijn daarmee aanwijzingen dat de klei een menging is van rivierklei en erosiemateriaal vanuit de Tertiaire gestuwde afzettingen, dat vanaf de late middeleeuwen steeds sterkere vormen aannam (Smeenge & Van Huissteden in prep.).

Op basis van de boringen en de hoogtekaart is een bodemkaart voor het Ageler- en Voltherbroek geconstrueerd (fig. 13). Tevens is op basis van het voorkomen van veenresten en moerige lagen in de boringen en elzen op stelten een reconstructie gemaakt van de oorspronkelijke veenbodem van het Ageler- en Voltherbroek (fig. 14).



Figuur 13. Bodemkaart met de tijdens het veldonderzoek ingeschatte grondwatertrappen van Ageler- en Voltherbroek op basis van de data van 2016.



Figuur 14. Reconstructie van de veenbodems in het Ageler- en Voltherbroek op basis van moerige bovengronden en begraven veenprofielen.

Het deelgebied **Achter de Voort** bestaat voor het grootste deel uit dagzomende keileem. Dagzomende keileem is weergegeven als poldervaaggronden. Hierop ligt over het algemeen een dunne tot zeer dunne laag zand (0-10cm zand) tussen de 150 en 175 µm. Op delen van deze keileem komt een dekzandpakket met een sterk variabele dikte voor (zie fig. 15d Buijs 2011).

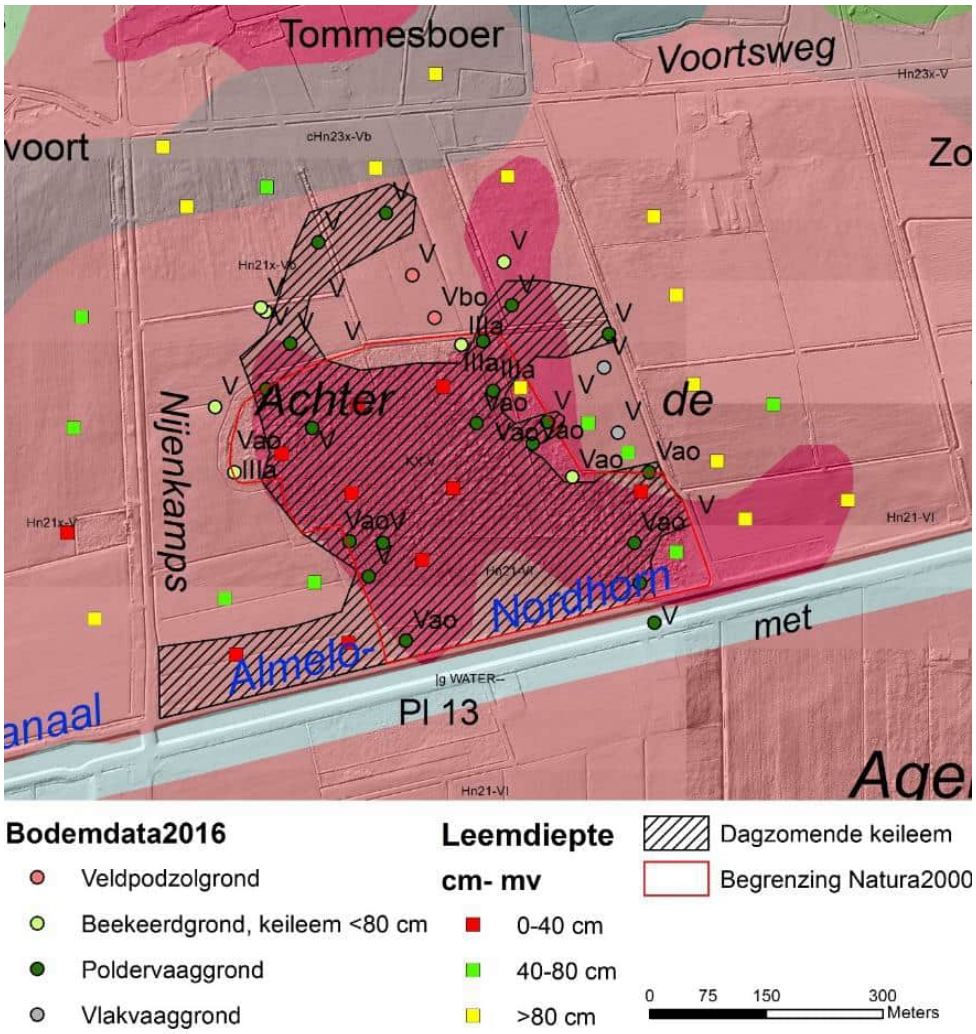
Zoals de naam ''poldervaag'' al aangeeft zijn geen diverse horizonten onderscheidbaar.[3] Voor het inschatten van omgevingseffecten is het van belang om de doorlatendheid mee te nemen bij de bodemclassificatie. In dit geval is de zwaarte van de keileem matig zwaar (35 en 40 procent) tot zwaar (50% leem).[4] Soms is zandige keileem (25-30% leem) aangetroffen. Deze keileemgronden bevatten gley (roest) verschijnselen wat kan zijn veroorzaakt door sterk wisselende waterschommelingen en de oplossing van ijzer in de bodem of via de aanvoer van grondwater.

Op basis van aanvullende bodemkundig geclassificeerde profielen blijkt er naast poldervaaggrond en veldpodzol ook veel beekeerdgronden voor te komen. Bij de beekeerdgronden komt keileem binnen 80 centimeter diepte voor. Alleen in het noorden loopt de dagzomende keileem door in het cultuurlandschap (figuur 15b). Keileemgronden zijn wisselvochtige ijzerhoudende bodems (Kemmers *et al.*, 2011).

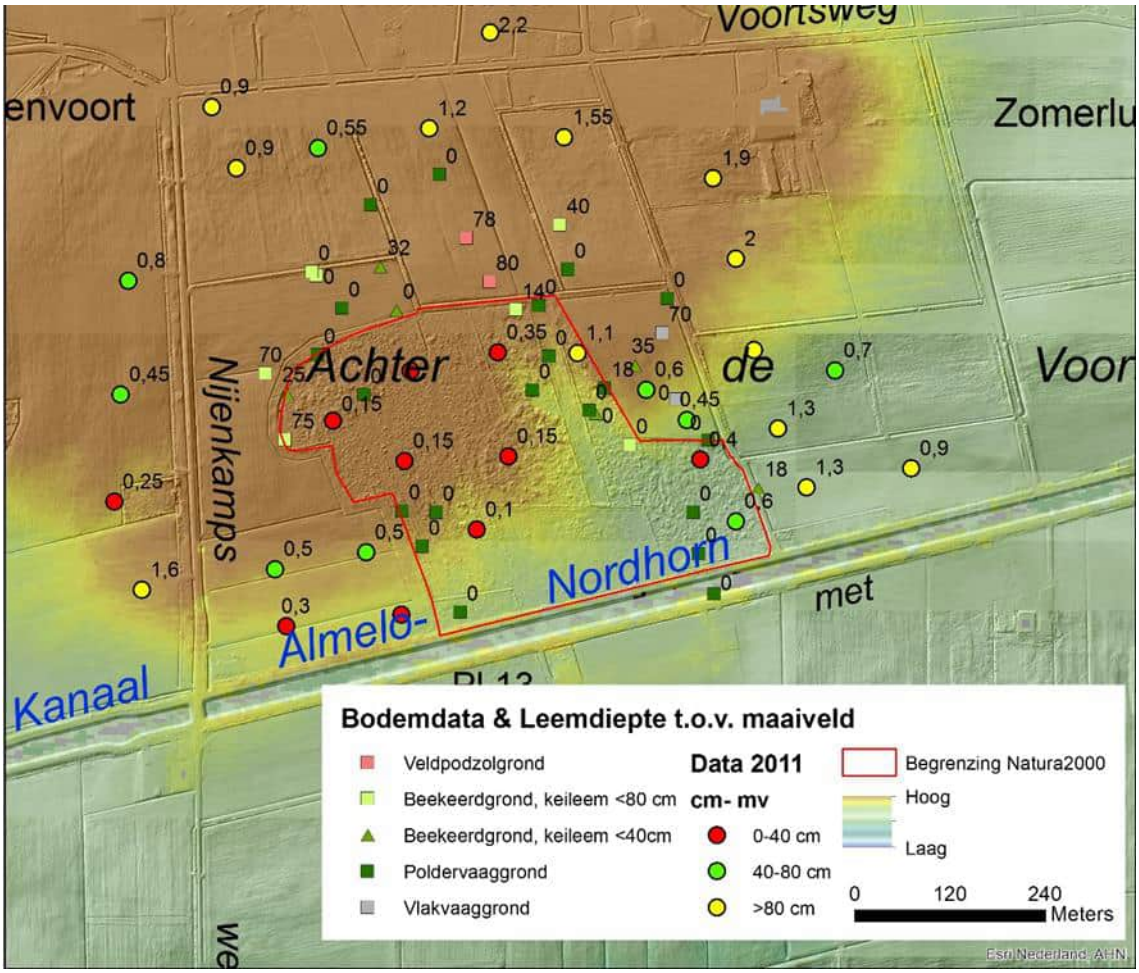
Alleen bij aanwezigheid van een dekzandpakket op deze leem is er sprake van opbolling van water in de winter en kan dat water onder een helling leiden tot lokale grondwaterstromingen. Hier wordt in paragraaf 3.4 verder op ingegaan. De veldpodzolen liggen buiten het Natura 2000 gebied, waar het dekzandpakket dikker is (fig. 15a,b).

Op basis van de eerder uitgevoerde boringen werd geconcludeerd dat water van de landbouwpercelen ten oosten van het natuurgebied niet toestroomt naar het natuurgebied. Dit werd geconcludeerd op basis van de ligging van de keileemlaag ten opzichte van maaiveld (deze helt naar het oosten af en niet naar het westen). Het maaiveld helt echter wel naar het westen af en oppervlakkige toestroom van water vanaf de landbouwpercelen is mogelijk wel van toepassing. Dit betekend dat het perceel ten noordoosten van Achter de Voort afhelt naar het natuurgebied (richting de slenk) waardoor afstroom van voedselrijk water uit de landbouwpercelen mogelijk een effect sorteert op de kwaliteit van het natuurgebied (fig. 15c). Dit kan zeker in natte perioden (verzadiging van de zandlaag bovenop het keileem) plaatsvinden. De exacte ligging van het keileem, de keileemdiepte, het zandpakket en de helling van het keileem (fig. 15b en 15c) zijn momenteel een kennislacune en zijn onderdeel van nader onderzoek naar de stroombanen van meststoffen.

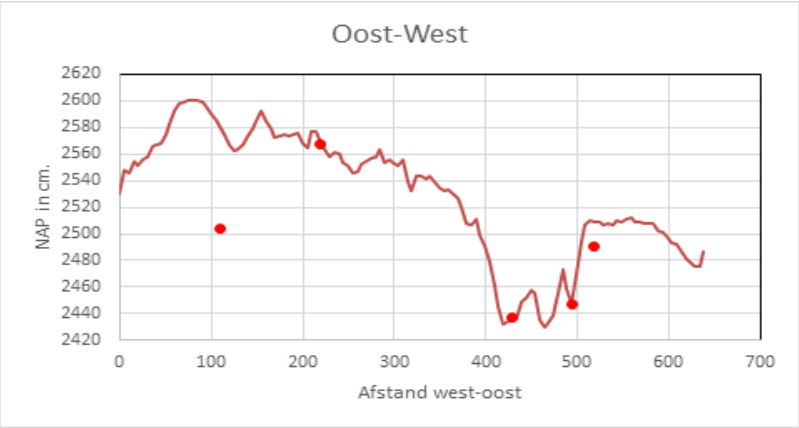
[3] Bakker & Schelling, 1989, p. 158.
[4] Velddata Joop Vrielink, 2016.



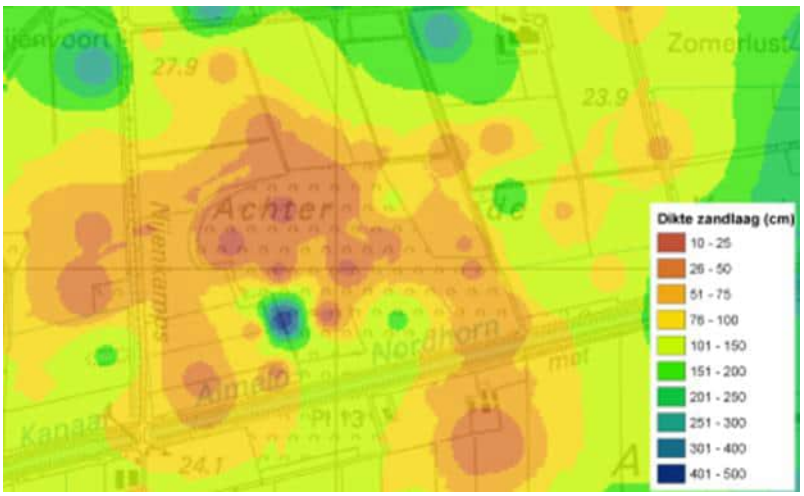
Figuur 15a. Bestaande bodemkaart 1:50.000 (Ebbers & Van het Loo, 1992) met daarop de geclassificeerde bodemtypen uit 2016 en leemdiepte op basis van Buijs, 2011, Van Dongen, 2011, Frielink, 2016. Het gearceerde gebied bevat een interpretatie van alle beschikbare data over de verbreiding van dagzomende keileem. De codering van de 1:50.000 bodemkaart is als volgt: Roze =Hn21x, veldpodzolgronden in leemarm en zwak lemig fijn zand; Donkerroze = KX, Keileem; Grijs = Hn23x, veldpodzolgronden in lemig fijn zand.



Figuur 15b. De geclassificeerde bodemtypen uit 2016 (Frielink, 2016) en leemdiepte op basis van eigen metingen, Buijs, 2011, Van Dongen, 2011. Binnen het reservaat komt de keileem vrijwel aan maaiveld voor. Een uitzondering vormt de noordoost (1,1 meter), noordwest-, (75 cm) en zuidoostzijde (60 cm) van het gebied. De leemdiepte van de dataset van Frielink is weergegeven in meters, de dataset van Buijs in centimeters



Figuur 15c. Rode lijn geeft het dwarsprofiel (op basis van AHN2) van een transect van west naar oost in het gebied Achter de Voort. De bovenkant van de keileem (35% of meer keileem) is weergegeven met rode stippen op de plekken waar geboord is. De slenk die op de hoogtekaart (fig 15b) zichtbaar is, komt in het dwarsprofiel duidelijk naar voren. De meest bijzonder soorten staan op de oosthelling (ca. 500 meter in het transect).



Figuur 15d. GIS-interpolatie van de zanddikte in centimeters (Van Dongen, 2011).

3.4 Waterhuishouding en nutriënten

Historisch watersysteem en landgebruik

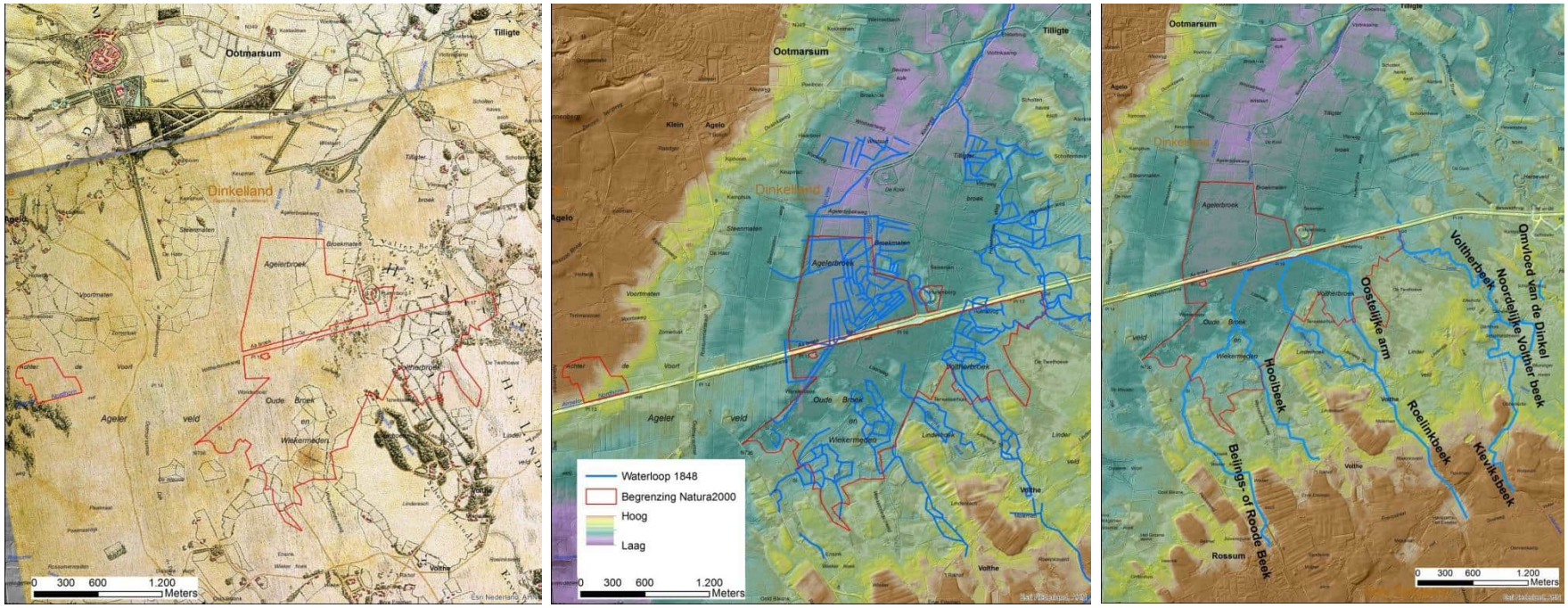
De broekgebieden van Volthe, Agelo en Tilligte werden tot aan de ruilverkavelingswerkzaamheden in de jaren 50 tot 60 regelmatig overstroomd door de Dinkel (Smeenge in prep.). Een belangrijke oorzaak van deze overstromingen was de bouw van de Bisschoppelijke watermolen op het Singraven in 1447. Hierdoor werd het watersysteem ingrijpend veranderd waardoor het Dinkelwater bij hoge standen boven Singraven over de linkeroever vloeide en het Voltherbroek inundeerde. De Dinkel heeft sinds deze ingreep hier dikke pakketten klei afgezet. Het Agelerbroek overstroomde in de jaren 50 juist vanuit het noorden, waarbij de weg van Ootmarsum naar Tilligte elk jaar overstroomde. Wat hoger in het systeem bij de Hunenborg waren de overstromingen

minder lang en frequent. Het water kwam langzaam en tussen het na- en het voorjaar stonden de Broekmaten gemiddeld 1 keer per vijf jaar, veertien dagen onder water. Het water kwam zowel van de Voltherbeek als de Hollandse graven en leverde bij de Agelerbroekweg grote overstromingen op (Smeenge in prep.). Bijzonder is het samenvallen van het oppervlakte watersysteem met het grondwatersysteem. De stroombanen komen vanuit het zuiden en het noordwesten en ontmoeten elkaar in het Agelerbroek. Het gebied kreeg daar door bijzonder eigenschappen door zones waar grondwater, overtollig neerslagwater en rivierwater aanwezig waren. Dit wordt bij het vegetatiekundige onderdeel verder besproken.

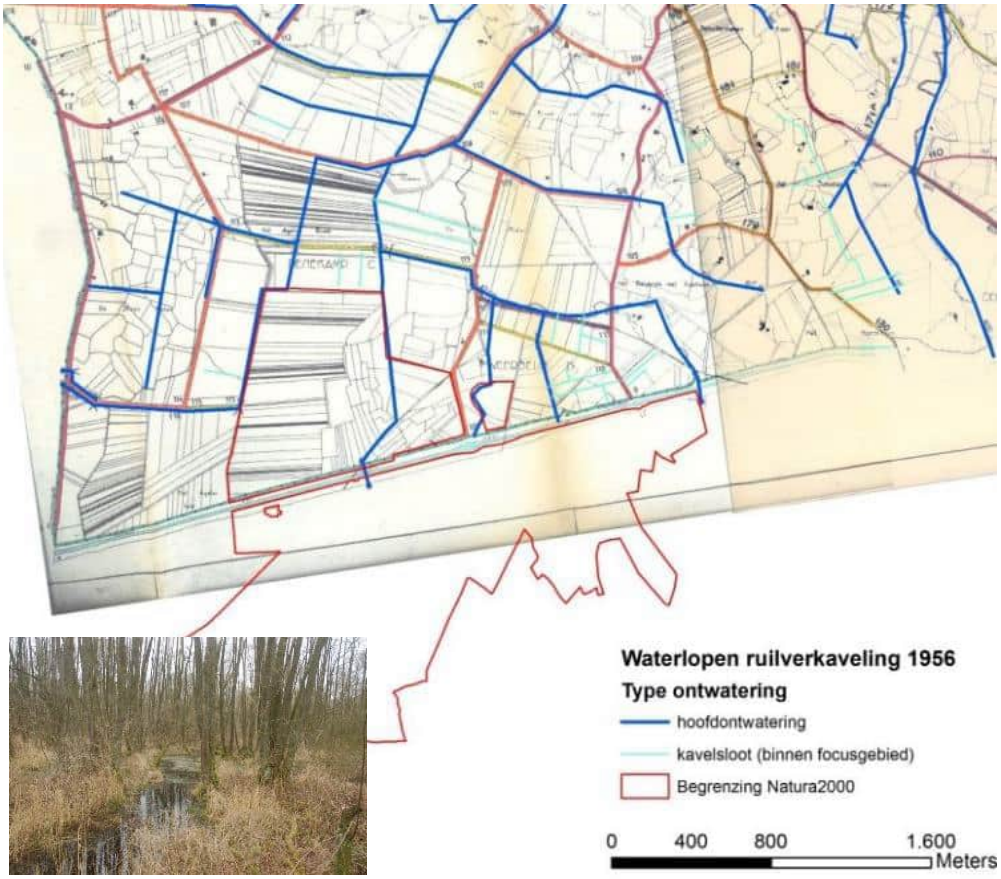
De gemeenschappelijke markegronden van Volthe en Agelo laten in 1792 nauwelijks bos zien en de perceeltjes die tegenwoordig binnen het Agelerbroek en in het Oude Broek/Wiekermeden liggen hadden alleen detailontwatering zonder verdere afvoer (fig. 16a). Bij overstromingen liet men het water in het gemeenschappelijke veld, het huidige Voltherbroek lopen.

De ontwateringen op de Nettetekening van 1848 (fig. 16b) tonen een verfijning van de detailontwatering doordat de markegronden dan onder de gewaarde boeren zijn verdeeld. Er kwam voor het eerst een afvoer van water via de westgrens van het Voltherbroek richting de Hollandse graven. Rond 1876 begon men met de aanleg van het Almelo-Nordhornkanaal. Ter hoogte van het Ageler-Voltherbroek ligt het kanaal opgeleid, bij Achter de Voort snijdt deze door de stuwwal heen. Tijdens de aanleg zijn de Volther- en Roelinksbeek onderduikerd. Vanuit Volthe begon men in 1899 met het verbinden van alle losse waterlopen. De eerdere afvoer via de westgrens langs het Voltherbroek werd samen met de verbonden waterlopen via de huidige onderduikering, naar de Roelinksbeek geleid (fig. 16c). In het Agelerbroek was nog geen afvoer (de Tilligterbeek bestond nog niet) en werd het water uit het Voltherbroek verdeeld over diverse kavelsloten door de Broekmaten. Meldingen van de historische grondwaterstanden komen uit onderzoek naar de bodemgesteldheid van het Ruilverkavelingsgebied Agelerbroek uit 1953. In het Agelerbroek werden op 16 oktober 1953 grondwaterstanden tussen de 0 tot 20 en 10 tot 20 centimeter onder maaiveld gemeten. Aangezien half oktober nagenoeg overeenkomt met de GLG-periode en normaal gesproken de laagste grondwaterstand laat zien kunnen we stellen dat het jaarrond bijzonder nat was in het Agelerbroek.

Sinds 1955 zijn diverse ingrijpende maatregelen uitgevoerd in het kader van ruilverkaveling welke de hydrologie hebben veranderd. De ruilverkaveling Beneden Dinkel (1955) was vooral nodig om de wateroverlast op te lossen. In dit kader werd twintig kilometer aan kavelsloten gegraven met een standaard diepte van 70 centimeter (Smeenge in prep.) (fig. 17). In deze ruilverkavelingsperiode is ook de Tilligterbeek gegraven.



Figuur 16a. Hottingerkaart 1788-1792. Ter oriëntatie zijn de hedendaagse toponiemen over deze kaart gelegd. 16b. Hoofwatersysteem gebaseerd op de waterlopen op de Nettetekening van 1848, geprojecteerd op het AHN. De diverse waterlopen in de beekdalen van Volthe waren nog niet met elkaar verbonden en liepen vrij uit in het broekgebied. 16c. Waterlopen met toponiem, behorend bij de legger van waterleidingen in 1899. Voor het eerst zijn de beekjes vanuit Volthe met elkaar verbonden en is er sprake van een afvoersysteem. Bron kaartblad Hottingerkaart: Rijksuniversiteit Groningen.

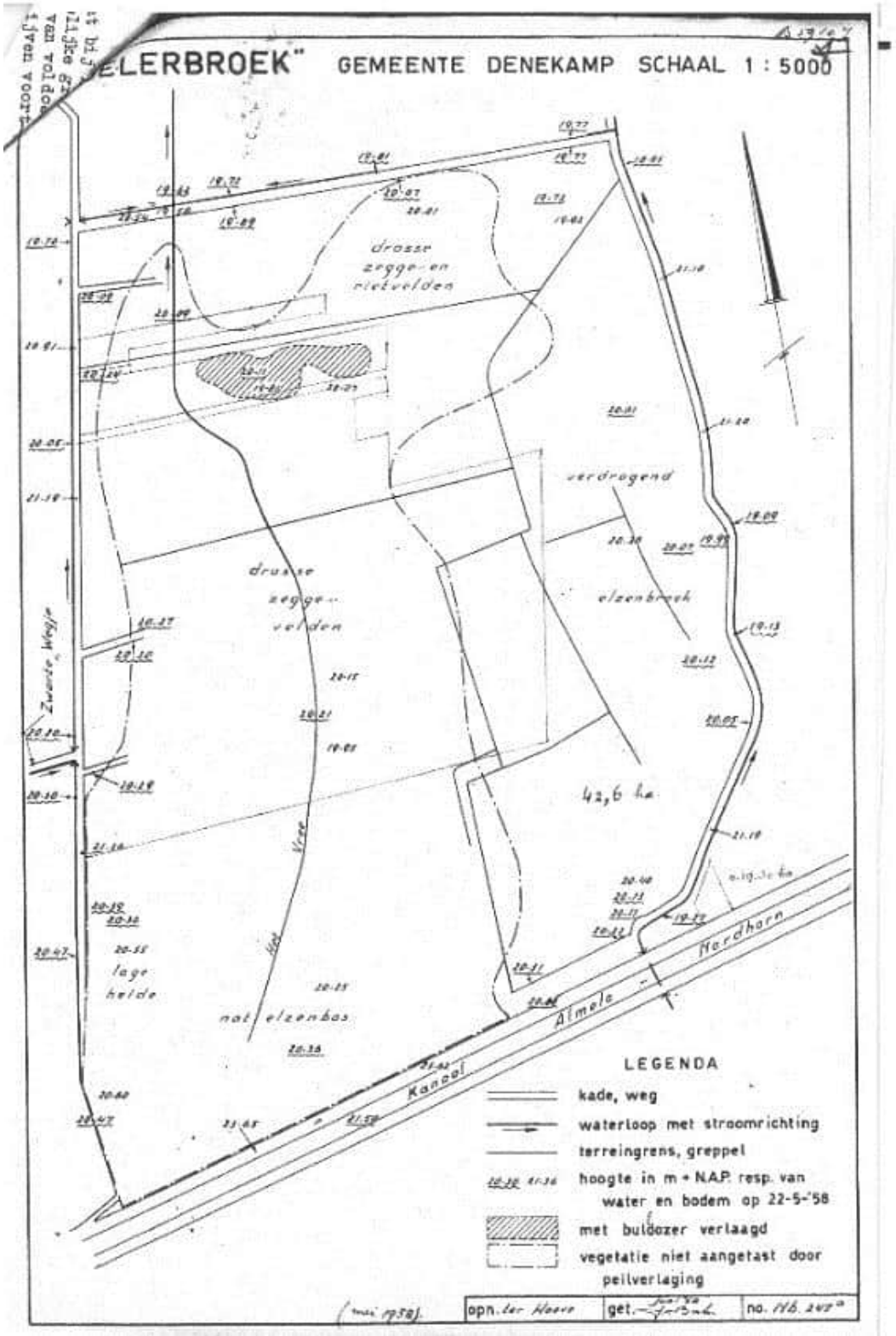


Figuur 17. Hoofdontwatering en kavelsloten in het plan van wegen en waterlopen uit 1956 ten noorden van kanaal Almelo-Nordhorn. Foto: Wintersituatie bij één van de hoofdontwateringen van voor de ruilverkaveling. De bodem van deze sloot is ten opzichte van het aangrenzende maaiveld 60 centimeter diep. Foto: H. Smeenge

Na de aanleg van de Tilligterbeek (1955-1958) werd al in 1958 gesignaleerd dat het reservaat Agelerbroek sterk verdroogde (Smeenge in prep.). Van de 65 hectare had 27 hectare een droger karakter gekregen. Aangegeven werd dat 200 tot 300 meter langs de oostgrens van het reservaat dusdanig was beïnvloed door ontwatering dat de oorspronkelijke begroeiing er niet stand heeft kunnen houden (fig. 18).

Tussen 1959 en 1962 werd het watersysteem in het Voltherbroek aangepast door uitvoering van de zogenaamde A2-werken (waterhuishoudkundige werken ten behoeve van de landbouw). Op topografische kaarten tussen 1952 en 1963 verschijnt de Roelinksbeek langs de Laarweg en vanaf 1962 loopt alle ontwatering via de Roelinksbeek en Tilligterbeek richting de Dinkel.

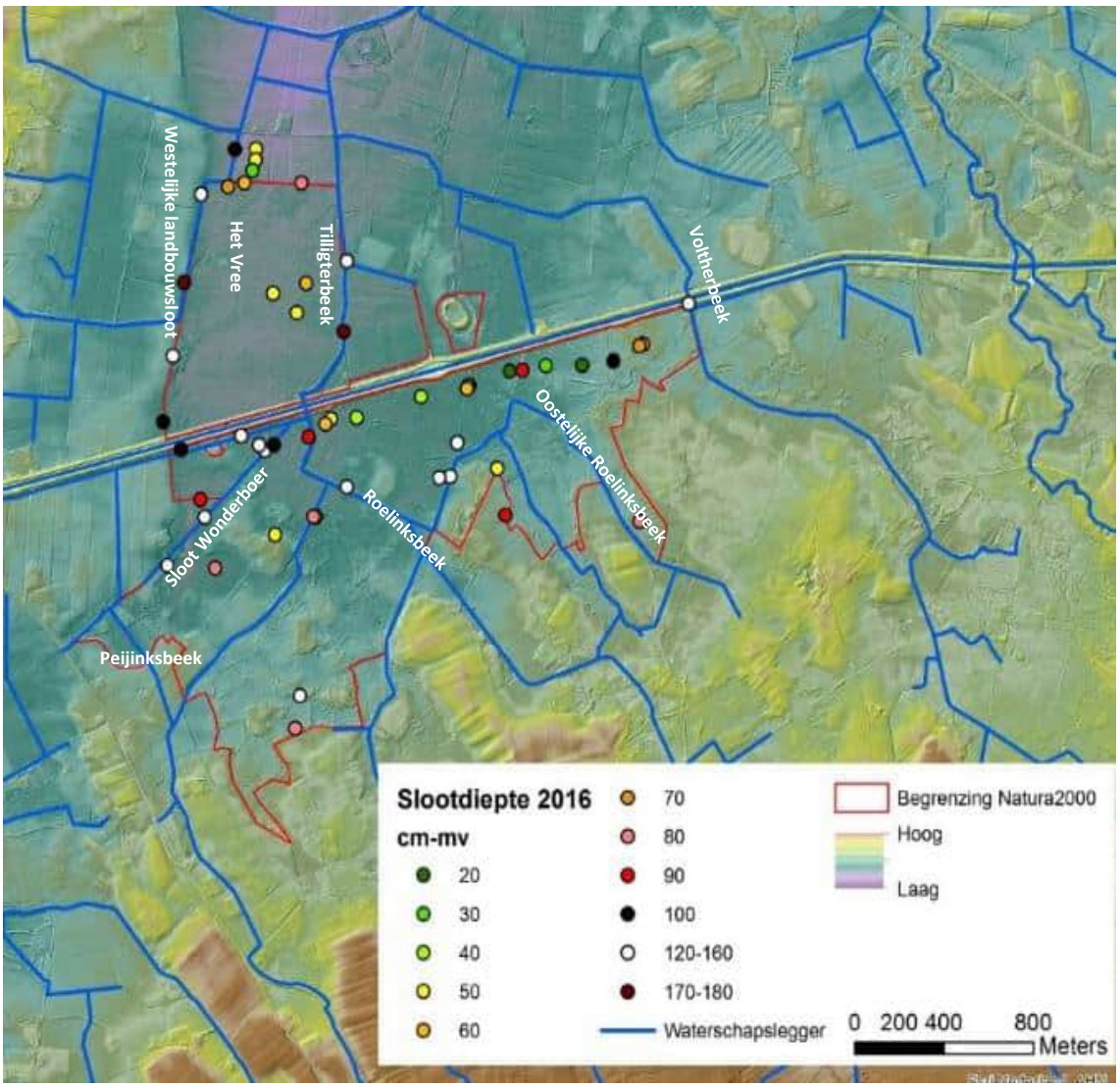
Maatregelen naar aanleiding van de ruilverkaveling Volthe (2002) bestonden uit het verhogen van het peil van de Roelinksbeek en Voltherbeek, het verleggen/verduikeren van de Peijingsbeek en het deels dempen van de sloot bij Wonderboer.



Figuur 18. kaart Gemeente Denekamp met daarop verdrogingskartering Agelerbroek. Bron: NWA Staatsbosbeheer; proefschrift Smeenge in voorbereiding.

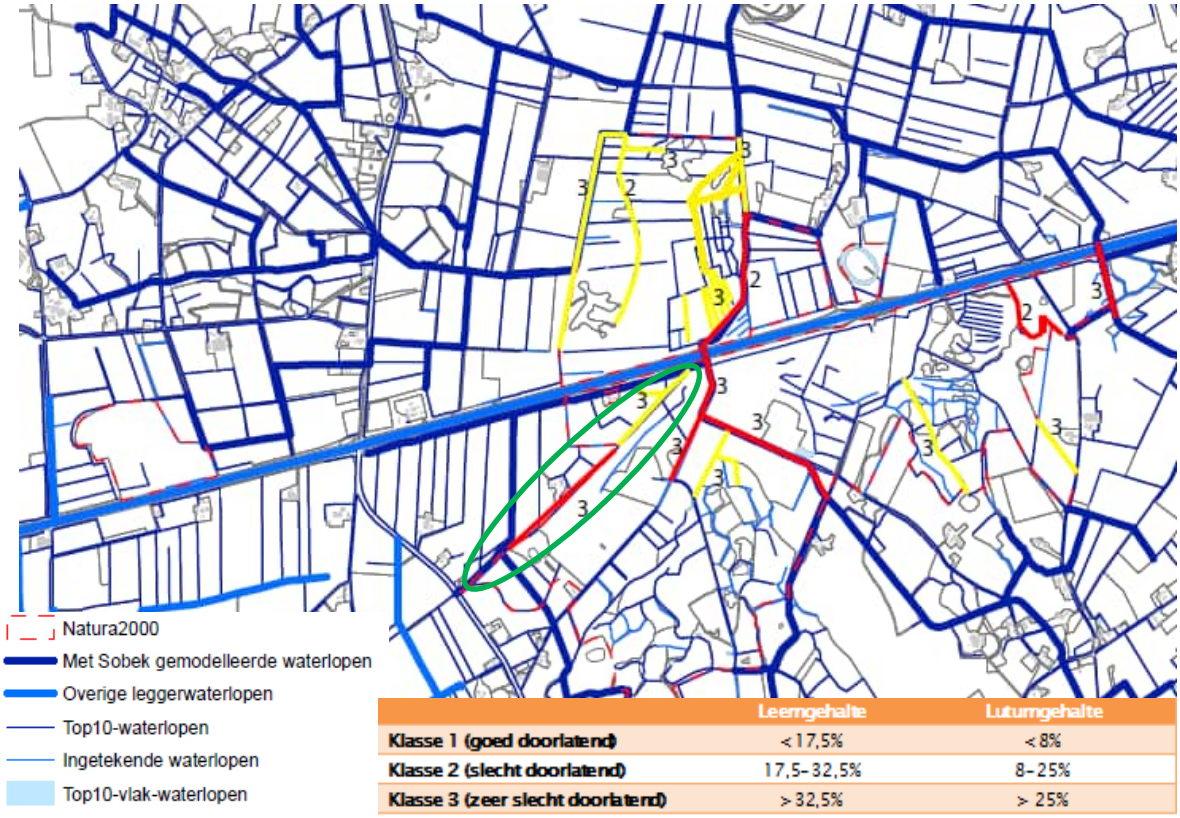
Waterhuishouding van Agelerbroek en Voltherbroek

De aanleg van de Tilligterbeek en aanpassingen van het watersysteem in het Voltherbroek tijdens de A2-werken (waterhuishoudkundige werken ten behoeve van de landbouw) hebben grote gevolgen gehad voor het functioneren van het hydrologische systeem. Naast de verdieping van de drainagebasis is de afvoer van grond- en regenwater versneld door het graven, afsnijden en koppelen van waterlopen. De Tilligterbeek heeft in 2016 een diepte tussen de 160 en 175 centimeter ten opzichte van het aangrenzend maaiveld (fig. 19a). Ook recent gegraven diepe poelen (zoals aan de zuidkant van het Voltherbroek een door particulier gegraven poel) liggen diep in het landschap en verdrogen bij lage waterstanden de omgeving. De sloten waarvoor data voorhanden was waaruit bleek dat deze door de leemlagen zijn gegraven, zijn weergegeven op kaart met gele en rode codering (fig. 19b).



Figuur 19a. De waterschapslegger, met daarop de veldmetingen van dieptes van sloten- en greppels in de zomer van 2016.

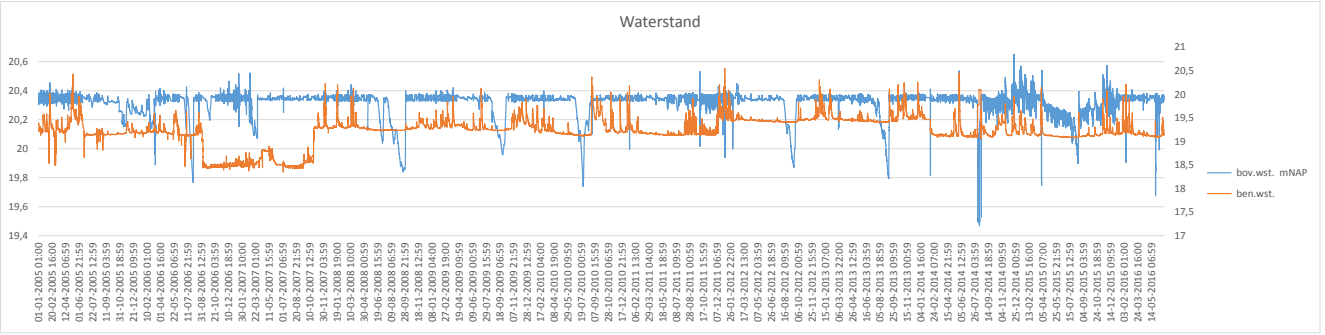
Figuur 19b is gemaakt op basis van de veldmetingen in combinatie met de gegevens van sloot en beekdiepten. Uit de veldmetingen werd de gedetailleerde data van de boorprofielen van de klassen, diepten en de diktes van leem- en lutumlagen gebruikt. Daarnaast zijn alle sloten langs de onderzochte raaien ingemeten (diepte). De gecombineerde data geeft een goed beeld van welke beken en sloten die de kleilagen doorsnijden en welke dit niet doen. Uit de analyse blijkt dat de diepe sloten en beken (>60cm) de kleilagen doorsnijden. De veelal oudere sloten doorsnijden deze kleilagen niet op enkele uitzonderingen na (die figuur 19b).



	Leemgehalte	Lutumgehalte
Klasse 1 (goed doorlatend)	<17,5%	<8%
Klasse 2 (slecht doorlatend)	17,5-32,5%	8-25%
Klasse 3 (zeer slecht doorlatend)	>32,5%	> 25%

Figuur 19b. De waterschapslegger, met de sloten die door de oppervlakkige klei- of leemlaag zijn gegraven (gele markering) en de 2de diepere klei- of leemlaag (rode markering). De doorlatendheid van de diverse klei- of leemlagen is in 3 klassen (zie ook tabel 1) beschreven en gecodeerd (1 t/m 3) en is boven de waterloop weergegeven. Groen omcirkeld de sloot bij Wonderboer.

De Tilligterbeek heeft een peil in het zuidelijke deel van 19,3m +NAP (oranje lijn figuur 20). De peilen schommelen gedurende de seizoenen met een toename in de regenperioden van ongeveer 30cm en een daling gedurende de zomermaanden van ongeveer 25-40 cm. In het noordelijke deel van het Agelerbroek heeft (door verhang) de Tilligterbeek een peil van tussen de 18,7 en 19,1 +NAP (model Sobek).



Figuur 20. Waterstanden bij stuw in Roelinksbeek ter hoogte van Almelo-Nordhornkanaal. De oranje lijn geeft het peil van de onderduikering, c.q. het peil van Tilligterbeek ter plaatse aan. De Blauwe lijn is het peil van de Roelinksbeek bovenstrooms van de stuw.

Sloten die jaarrond waterhouden zijn in het Agelerbroek de westelijke grenssloot ten noorden van de westelijke aanvoerrichting (uit de Steenmaten). Deze volgt de reservaatgrens en stroomt verderop naar het noorden en heet daar het Vree. Het zuidelijke deel tussen het Almelo-Nordhornkanaal en de aanvoer vanuit de Steenmaten, volgt de grens langs het reservaat en valt in de zomer droog. De Tilligterbeek voert het hele jaar water af. De interne watergangen vallen gedurende het voorjaar (mei, juni) en zomer droog. De grondwaterstand zakt dan dieper weg dan 60-70 centimeter onder het maaiveld. vallen.

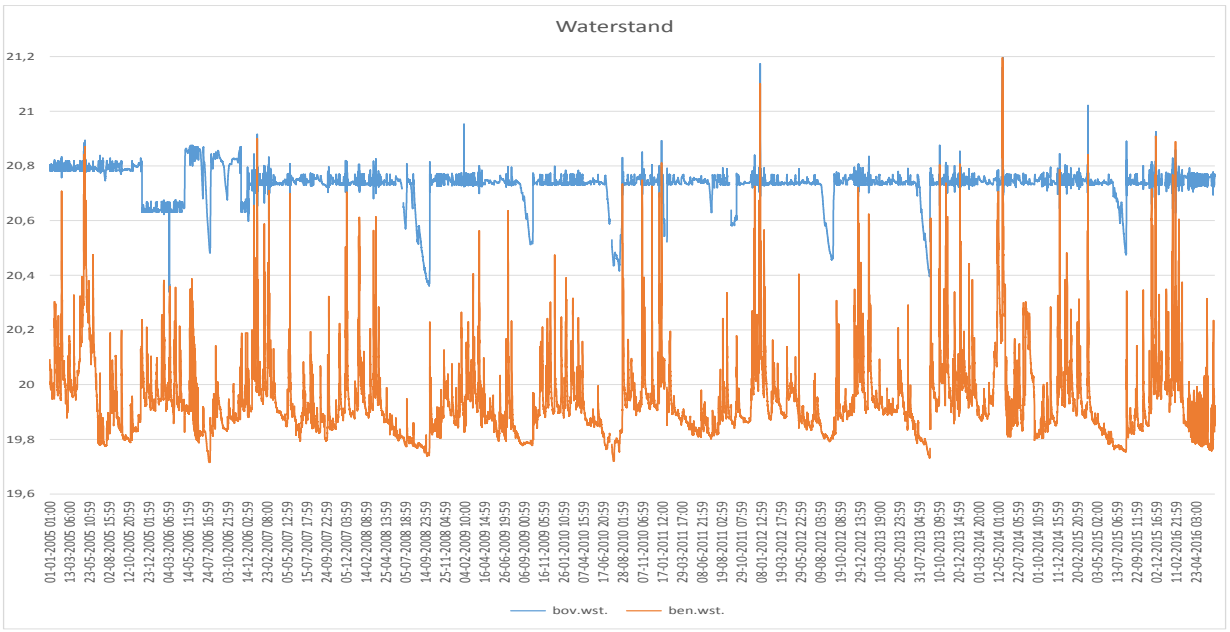
In het Voltherbroek ligt aan de westgrens de sloot bij Wonderboer (fig. 19b). Deze houdt jaarrond water, maar is deels niet zichtbaar door het drijvend tapijt van mannagras/liesgras. Er zit alleen in het benedenstroomse deel afvoer op deze sloot. Het laag gelegen deel bij Scholten Meilink ligt tussen het natuurgebied en de Peiingsbeek. Dit gebiedje heeft de afwatering naar de Peiingsbeek. Hier vindt jaarrond waterafvoer plaats van toestromend grondwater uit het hogere gelegen Voltherbroek. De Peiingsbeek heeft een ingesteld peil van 20,4 +NAP nabij de westelijke landbouwsloot (sloot bij Wonderboer). De peilen schommelen rondom dit ingestelde peil als gevolg van neerslag en verdamping. Metingen zijn echter helaas te onvolledig om de schommelingen te kunnen kwantificeren. De sloot bij Wonderboer is ten tijde van de ruilverkaveling 2002 deels gedempt maar is ook over grote strekken nog open.

Het benedenstroomse deel van de historische Peiingsbeek (staat op de legger) bevat ook jaarrond water en staat in contact met de Roelinksbeek. De Roelinksbeek voert ook jaarrond water af. De oude lopen van de Roelinksbeek ten oosten van de Laarweg vallen in het zuidelijke deel 's zomers zo goed als droog. Er resteert dan nog wat roestig water dat stilstaat. Echter in het noordelijke deel waar deze twee lopen samenvloeien blijft meer water in het stelsel staan. Het bevat een kroosdek en drijvend tapijt van Mannagras. De Voltherbeek aan de oostzijde van het terrein voert jaarrond water. Overige interne ontwatering valt in het voorjaar/zomer droog.

De Roelinksbeek heeft bij de stuw (nabij het Almelo-Nordhornkanaal) een ingesteld peil van 20,35m +NAP. Dit peil wordt in natte perioden overschreden tot maximaal 20,65m +NAP. Het water loopt dan vanuit de Roelinksbeek het natuurgebied in. Dit komt echter sporadisch voor (pieken, zie blauwe lijn figuur 20). Om dit te voorkomen is recent het peil tijdelijk naar beneden bijgesteld (20,17m). Vaker komt echter een lager peil voor. Met name

in de zomerperiode worden peilen beneden 20,10m +NAP gemeten over vrij lange (weken tot 1 maand) perioden (figuur, blauwe lijn data Waterschap Vechtstromen). Uitschieters in droogte resulteren in extreem lage peilen (zeer sporadisch) van 19,47m +NAP.

De Voltherbeek heeft ten zuiden van het Almelo Nordhornkanaal een gestuwd peil van 20,75m +NAP. Dit peil schommelt gedurende de seizoenen. In natte perioden (piekafvoer) stijgt dit peil en worden waterstanden gemeten van 21,2m +NAP. Deze perioden zijn zeer sporadisch. In droge perioden (nazomer) wordt vaak gedurende enkele weken tot een maand peilen beneden de 20,6m +NAP gemeten met uitschieters naar 20,4m +NAP (figuur, blauwe lijn). De oranje lijn geeft het peil benedenstrooms van de stuw aan. Dit is het peil van de Voltherbeek direct ten noorden van het kanaal. Het peil benedenstrooms van de stuw heeft een grilliger karakter. In droge periode is het peil gelijk aan NAP +19,8 m. In natte perioden kan het peil oplopen tot NAP +20,8 m.



Figuur 21. Waterstanden bij stuw in Voltherbeek ter hoogte van Almelo-Nordhornkanaal. De blauwe lijn geeft het peil van de Voltherbeek ter plaatse aan.

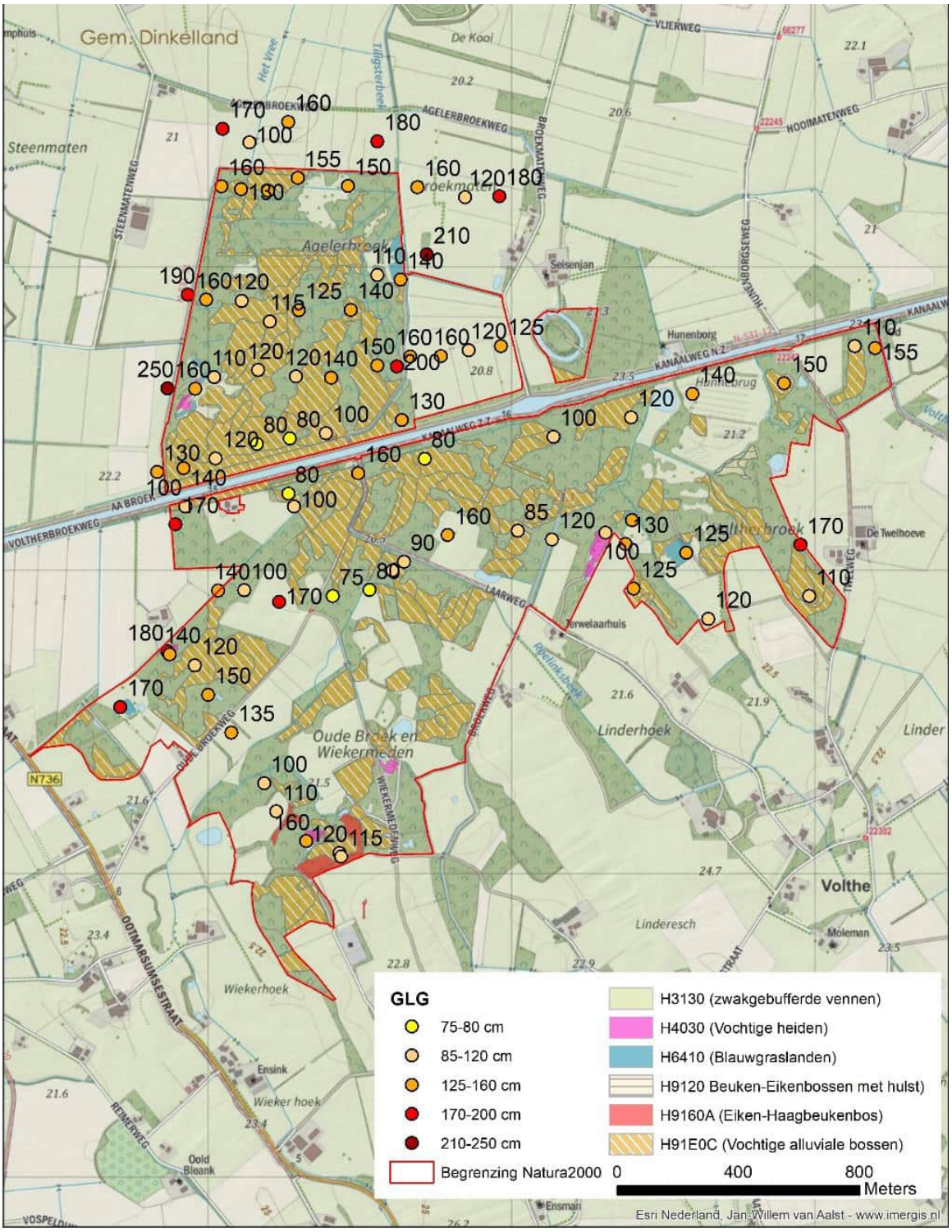
Actuele grondwaterstanden: GXG's

In bijlage 1 is een toelichting gegeven op de bepaling van de actuele GXG's. Hieruit blijkt dat het GGOR-model een veel te positief (nat) beeld geeft van de GLG. In werkelijkheid ligt de gemiddelde laagste grondwaterstand veel lager en is het verdrogingsprobleem groter dan nu wordt ingeschat.

GLG

Na controle op de kwaliteit van de GLG-schatting met stambuizen, blijken de relatief hoge dichtheid aan veldwaarnemingen een ruimtelijk beeld te vormen van de actuele hydrologische situatie (fig. 22a).

Doordat deze veldschattingen over het gehele gebied een scherper ruimtelijk beeld laten zien is besloten om de GLG schattingen op basis van boorprofielen te gebruiken voor verdere analyses (fig. 22a). De resultaten van de GLG schattingen worden vergeleken met de optimale GLG's van de betreffende habitattypen om het doelgat te berekenen. Deze analyse is verder uitgewerkt in 3.6 en verder.

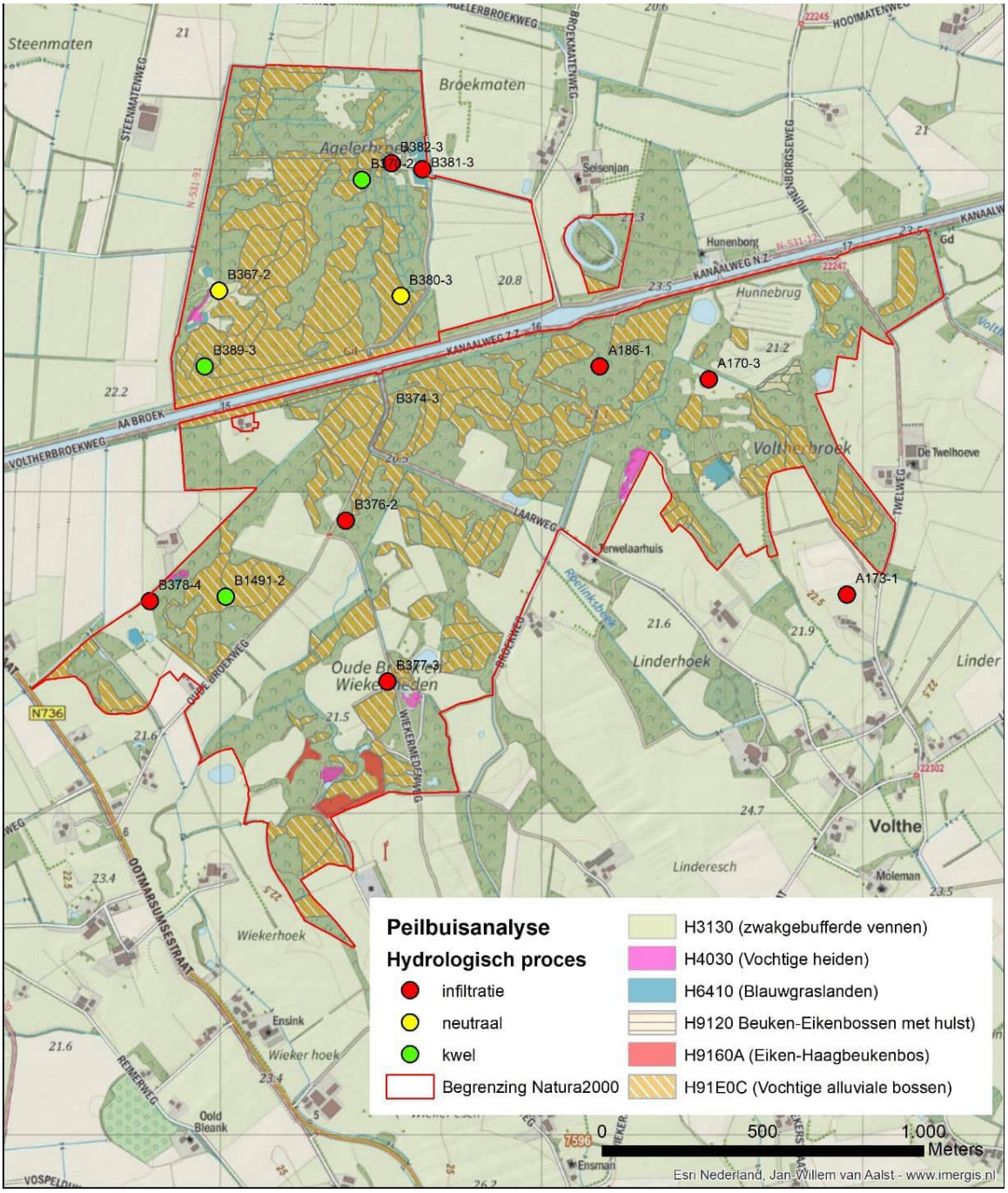


Figuur 22a. Ruimtelijk patroon van de GLG-situatie in centimeters onder maaiveld, op basis van de velddata uit 2016.

Actuele grondwaterstanden: kwel en wegzijging

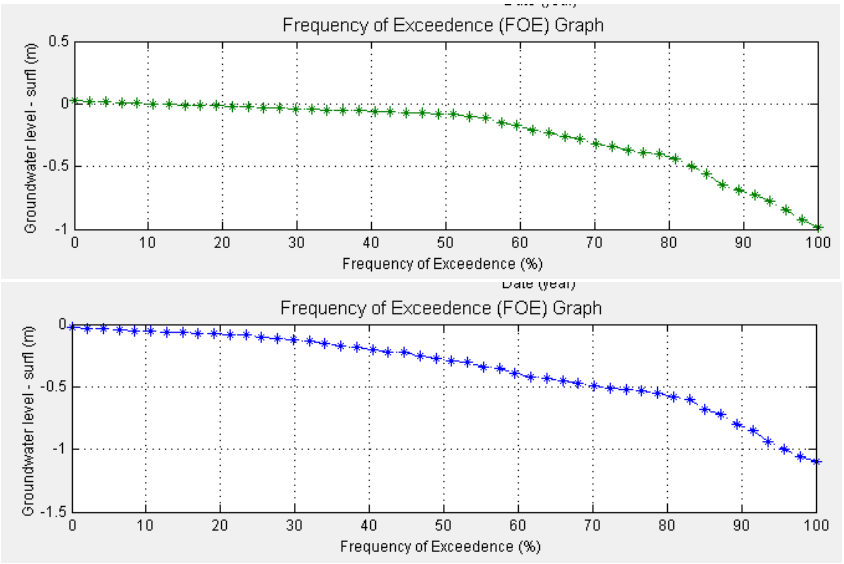
Voor vochtige alluviaal bos en Blauwgrasland is kwel van groot belang (zie ook beschrijvingen habitattypen later in dit document). Op basis van peilbuizen met meerdere filterdieptes en metingen kon een overzicht worden gemaakt waar kwel of wegzijging (infiltratie) plaatsvindt (fig. 22b). Daar waar geen stijghoogteverschillen zijn is het

hydrologisch proces als neutraal beschreven. Kwel blijkt in het Voltherbroek nog maar op een enkele plek voor te komen (peilbuis B28F1491). Deze locatie ligt in een depressie in de Wiekermeden en relatief ver van ontwatering. Helaas is deze locatie pas in 2015 geplaatst, waardoor nog geen verdere analyse over de GXG's kan worden gedaan. We zien alleen duidelijke stijghoogteverschillen tussen de drie filters, die tussen de 1,25 en 5,74 meter diepte zijn geplaatst. In het Agelerbroek is op twee locaties duidelijk sprake van kwel (fig. 22b).



Figuur 22b. Geselecteerde buizen, waarbij op basis van meerdere filterstellingen is beoordeeld of er sprake is van kwel (standen uit diepere filters overstijgen ondiepere filters), infiltratie (standen van diepere filters zakken dieper uit dan ondiepere filters) of neutraal (geen duidelijk verschil tussen de filterdieptes).

Met name voor blauwgrasland is kwel en de duur van de kwel belangrijk (Jansen 1981). Op de plekken waar kwel wordt gemeten en waar peilbuizen voorhanden zijn (in het zuidwesten van het Voltherbroek en het noordwesten van het Agelerbroek) is deze gering maar is de duur van de stijghoogte relatief lang en vertoont kenmerken van een typisch blauwgrasland, zie figuur 22c inzet en (Jansen 1981). De duur lijkt hiermee op orde in deze graslanden.



Figuur 22c. duurlijn van peilbuis B28F0367-2, nabij het blauwgrasland aan de westzijde van het Agelerbroek. We zien dat het grondwater pas halverwege het jaar onder het maaiveld wegzakt.

Peilbuis B29A0170-3 ligt ca. 230 meter ten noordoosten van het blauwgrasland en zakt veel eerder onder maaiveld in vergelijking met de peilbuis in het Agelerbroek. Op basis van de filterdieptes is hier sprake van wegzijging, waarschijnlijk door de ontwateringen in de omgeving.

Ten zuiden van het Voltherbroek komen hoge essen voor. Hierin ligt nauwelijks ontwatering. Opbolling van het grondwater in deze essen draagt mede bij aan kwel in de lager gelegen delen en de flanken van de stuwwal.

Stagnatie

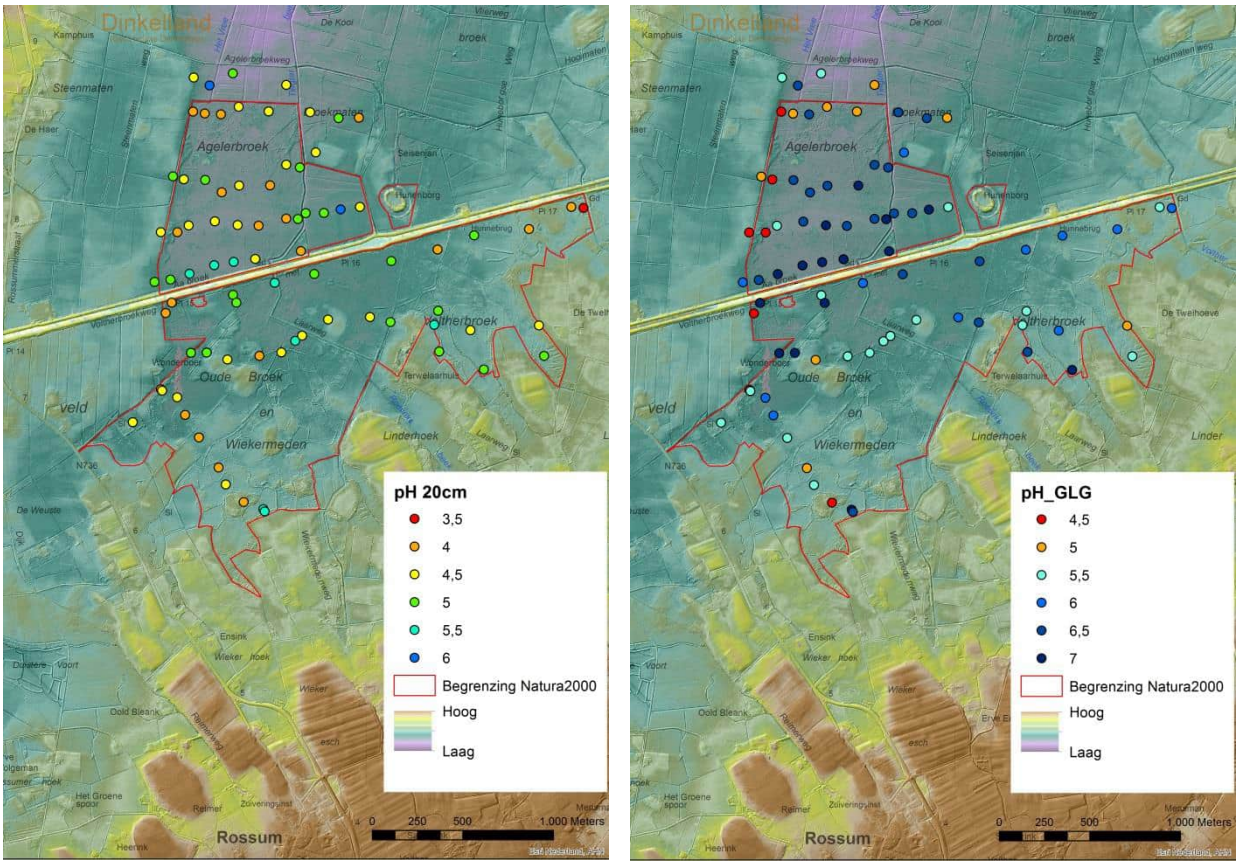
Stagnatie komt sporadisch voor en alleen in de winterperiode. De stagnatie is tijdens de winterverkenning in beeld gebracht (zie zwarte horizontale balkjes dwarsdoorsneden figuur 38, 39, 42, 43, 44, 46). Het stagnerend water zakt in voorjaar snel onder maaiveld. Alleen tussen de kleine landbouwenclave, het Almelo Nordhorn kanaal en de Roelinksbeek is een klein hoekje met permanente stagnatie (zie oranje vlak figuur 24). Hier kan stagnerend water leiden tot sulfide vorming (rotte eierengas) en een lokale (interne) eutrofiering waardoor Alluviaal bos in kwaliteit achteruit zal gaan.

Waterkwaliteit

Uit de analysen van oppervlaktewater van de beken blijkt dat de waterkwaliteit slecht is in alle beken. Het water van de Dinkel is zelfs slechter dan de Voltherbeek en deze laatste heeft door te hoog opstuwen op plekken waar water het broek instroomde al geleidt tot massale kroosontwikkeling en Liesgras groei. Een sulfaatgehalte van 600 µmol/L, totaal P van 4-6 µmol/L, Ortho-P van 3 µmol/L en nitraat van 200-400 µmol/L leidt wel haast zeker tot ernstige eutrofiering in een broekbos (Lucassen et al., 2002, Runhaar et al., 2013).

pH/EGV

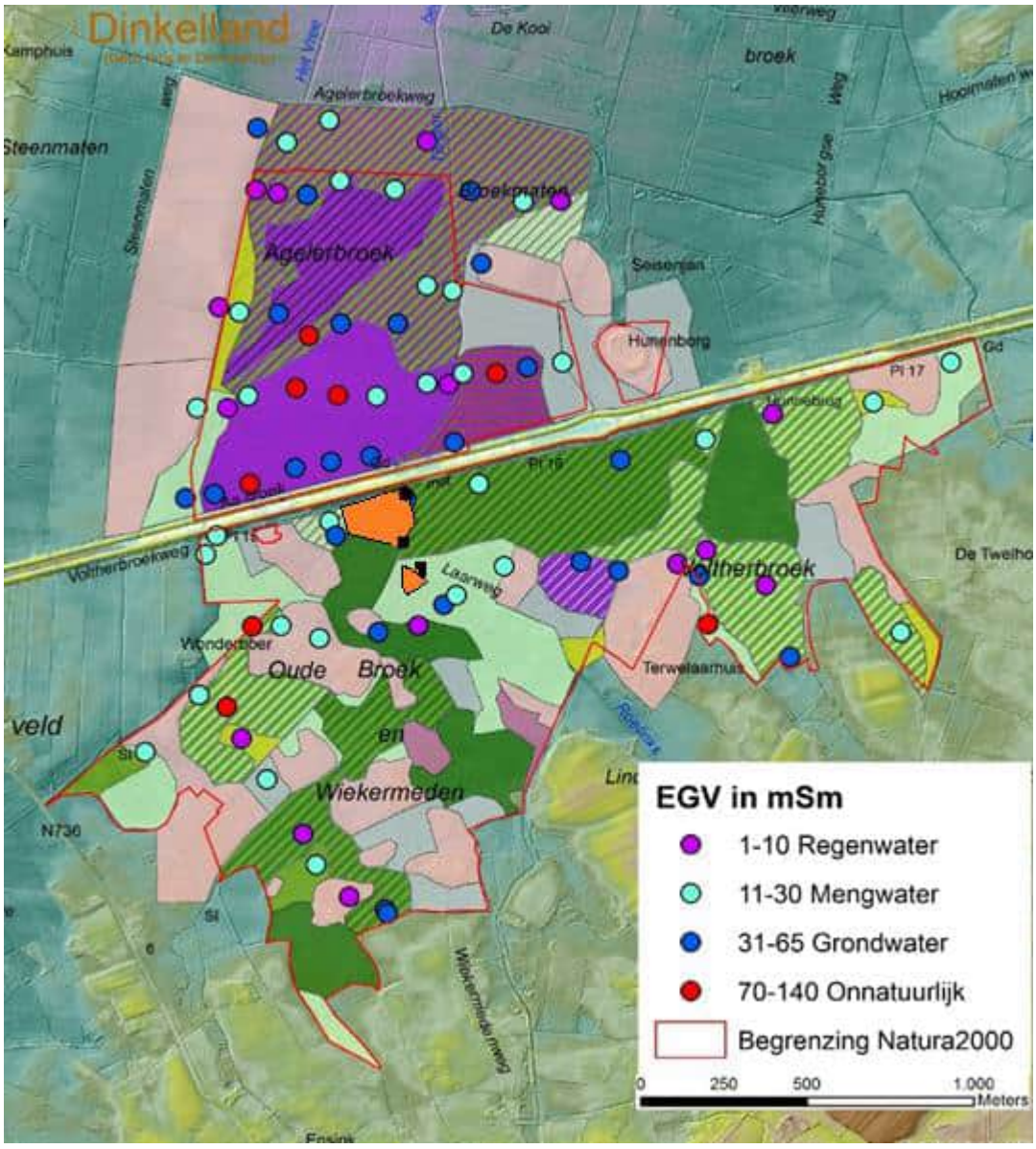
De zuurgraad (pH) van de bovenste laag van de bodem (fig. 23) laat zien dat de bodem matig (pH 5) tot sterk verzuurd is (pH<5). Dit geldt met name op de hoger gelegen delen. Tevens is duidelijk te zien dat licht gebufferd water (pH 5,5-6) aanwezig is op enkele plekken in het Voltherbroek en aan de zuidkant langs het kanaal van het Agelerbroek. Deze verhoogde pH is een aanwijzing voor kwel van zwak gebufferd water.



Figuur 23. pH in de bovenste laag van de bodem (20cm) links en op de bodemdiepte van de laagste grondwaterstand (GLG) in de zomer rechts.

In diepere lagen worden hogere pH waarden gemeten welke indiceren dat gebufferd grondwater (pH >6,5) aanwezig is op diepte (fig. 23). Vochtig alluviaal bos komt voor bij een pH van 4,7-7,5. Blauwgrasland heeft een range van pH 5-6,5 (Runhaar *et al.*, 2009).

Het gebruik van een EGV meting heeft een aantal voor- en nadelen (zie par. 2.1). In deze studie gemeten in de boorgaten om daarmee patronen in de watersamenstelling (regen-meng-, of grondwater) te kunnen weergeven. De patronen van pH en EGV in het Ageler- en Voltherbroek tonen dat langs de randen van het gebied en met name langs ontwateringssloten sprake is van een dominantie van regenwaterinvloed of een mengvorm van regen- en grondwater. De EGV en pH zijn daar laag hetgeen regenwater en verzuring indiceert. Dat betekent dat de aanwezige sloten het grondwater afvangen, waardoor de regenwaterinvloed groter is dan in de natuurlijke situatie.



Figuur 24. Het Elektrisch Geleidend Vermogen (EGV) in mS/m, gemeten in de boorgaten. Achtergrondkaart is de bodemkaart 2016 (fig.13) .Oranje vlakken geeft zone van inundatie aan ten tijde van overstroming van Roelinksbeekwater. De zwarte vierkanten geven pijpen en de overloop aan waaruit deze overstroming het natuurgebied in kan stromen. De oranje vakken zijn tevens de locaties waar stagnatie voorkomt.

In het kerngebied en kanaalzone is vermoedelijk sprake van grondwaterinvloed. Het kanaal werkt, vanwege zijn hoogteligging, infiltrerend en zorgt voor kanaalkwel in de directe omgeving. (zie paragraaf 3.7). Het areaal met een moerige bovengrond of veengronden is bodemkundig gezien het minst aangetast in de omgeving van het kanaal. Hier zien we ook EGV-waarden die passen bij grondwater (fig. 24). Hoge waarden van EGV zoals die gemeten zijn in het midden van het Agelerbroek en aan de randen van het Voltherbroek tonen een onnatuurlijke verrijking van ionen. Deze hoge EGV waarden zijn waarschijnlijk het gevolg van nitraatuitspoeling vanuit de landbouw (aan de randen) en veenafbraak in het centrale deel van het Agelerbroek (zie ook Smolders et al., 1995, Smolders et al., 2010).

Tegenwoordig is er slechts sporadisch sprake van (onbedoelde) inlaat van beekwater door overstroming van de Roelinksbeek. Dit vindt plaats in het noordelijk deel van het Voltherbroek ter hoogte van het oranje vlakken op kaart figuur 24. De inundatie komt uit pijpen die in de kades van de Roelinksbeek liggen (zwarte vierkantjes figuur 24).

Nutriënten in grondwater

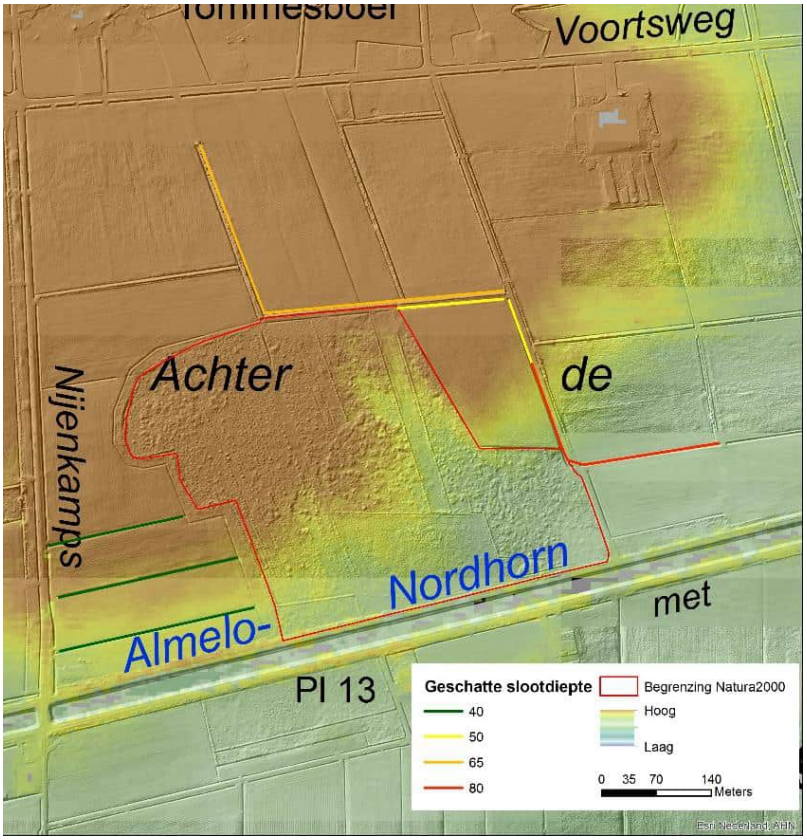
Uit de analysen van de grondwaterbuizen van B-WARE blijkt dat het grondwater op de grens van de landbouwpercelen met de natuur in het zuidwesten van het Agelerbroek (G1, G2, G3 bijlage 6) verhoogde sulfaat- (>300 µmol/L) en nitraatconcentraties (>500 µmol/L) vertoont. Dit zijn sterke aanwijzingen voor de inspoeling van verrijkt landbouwwater vanuit de hoger gelegen landbouwpercelen en te hoog voor soortenrijke broekbossen (Lucassen 2004). Inspoeling vanuit de overige landbouwpercelen is gering zoals de resultaten aantonen. De verhoogde sulfaatconcentraties in het noordelijke deel van het natuurgebied Voltherbroek kunnen mogelijk verklaard worden door pyrietoxidatie. Oxidatie van pyriet-houdende bodems komt veel voor als gevolg van verdroging (zuurstof kan de bodem dieper binnendringen en pyriet bereiken) of een toename in nitraat. De bossen worden gedomineerd door Zwarte Els en dit is een stikstof-fixerende boom. Deze stikstoffixatie (N_2 wordt uit de atmosfeer vastgelegd in organisch gebonden N maar ook in ammonium (NH_4^+) resulteert in hoge ammonium concentraties in de broekbossen. De resultaten laten ook zien dat ammonium hoog is in het centrale deel van het natuurgebied. Aangezien nitraatconcentraties niet erg hoog zijn en op deze plekken sulfaat wel hoog is, is het waarschijnlijk dat denitrificatie van nitraat (stikstof verdwijnt dan als gas naar de atmosfeer) resulteert in pyrietoxidatie en een verhoging van de sulfaatconcentraties.

Waterhuishouding van Achter de Voort

Het hydrologisch systeem van Achter de Voort is sterk lokaal van karakter (zie par. 3.3 en bijlage 2). Rond Achter de Voort zijn enkele sloten en greppels aanwezig. Het betreft over het algemeen niet erg diepe (maximaal 65cm, zie figuur 25a) sloten aan de noordzijde en greppels aan de west zijde. De greppels ten westen van het gebied voeren water uit de landbouwpercelen af richting het zuiden/ zuidwesten. Aan de oostzijde ligt een diepe afwateringssloot (80cm) die water uit de hoger gelegen noordelijke percelen via een duiker onder de weg afvoert naar het oosten. De sloot ten noorden van het natuurgebied is ongeveer 60cm diep. In raai N (blz 30 in bijlage 5) wordt in de winter een invloedslengte van de sloot van ca 25 m geschat. Dat is erg laag en wordt veroorzaakt door de ondiepe keileem. In deze periode trekt de sloot een soort wigvormige voor in het grondwatervlak: nabij de sloot stijgt de grondwaterstand snel met de afstand tot de sloot, daarna vlakt het al gauw af en op ca 25 cm is er geen invloed meer. Bij de sloot wordt de verlaging in

grondwater in de winter op ca 0,25 m geschat. 's Winters is de invloed dus erg klein. Voor de zomer is het waarschijnlijk dat de invloedsafstand veel kleiner is dan 158m. Bij de sloot wordt namelijk de verlaging van de GHG op minder dan 13 cm geschat en deze invloed neemt geleidelijk af tot ongeveer nul op een afstand van veel minder dan 135 m. In de zomer trekt de sloot geen voor in het grondwatervlak; het is meer een flauwe kuil. Op basis van deze schattingen kan men spreken van vermoedelijk wel enig effect op de duur van grondwater in de wortelzone, maar deze reikt niet erg ver het natuurgebied in; zeker niet in het begin van het groeiseizoen. De hydrologische effecten van de sloot: dempen of niet zijn daarmee zeer beperkt en slechts meetbaar aan de rand van het natuurgebied. Binnen de begrenzing van het natuurgebied zijn geen sloten aanwezig. Wel loopt er een slenk van noord naar zuid in het oostelijke deel van het gebied (zie hoogtekaart figuur 25a).

Op basis van het AHN en de hoogtecontouren kan worden gesteld dat oppervlakkige afstroming van water over maaiveld uit de omgeving vanuit het noorden en noordoostelijke richting kan plaatsvinden. In paragraaf 3.6 wordt nader naar gekeken naar de effecten op GXG's.



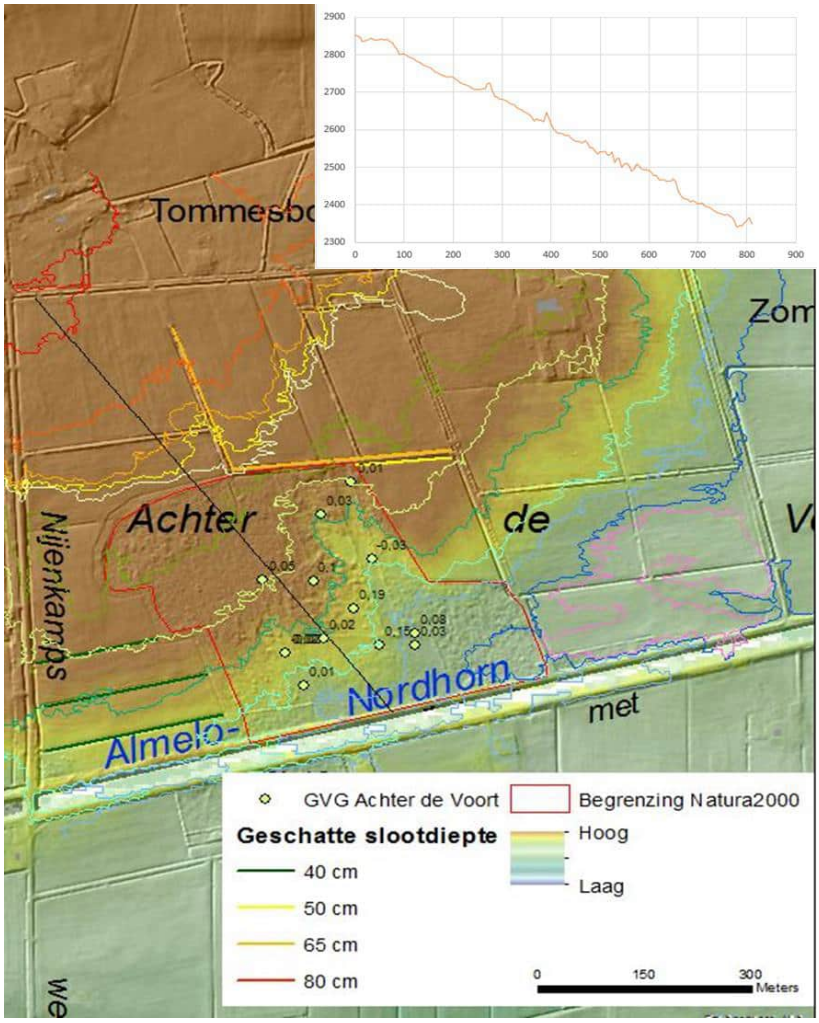
Figuur 25a. Greppels en sloten en geschatte diepte rondom Achter de Voort.

GXG's

In analogie op de methodiek die in het Volther- en Agelerbroek is toegepast zijn als eerste de peilbuizen geselecteerd met een voldoende diep filter en complete meetreeks door de seizoenen. Er blijken voor dit kleine gebied 13 peilbuislocaties voorhanden, die geschikt zijn voor de analyse van de GXG's (bijlage 2).

De peilbuisdata geeft blijk van een grote wisselvochtigheid (GT V), waar in het centrale deel en slenk in het oostelijk deel natte (GT II en GT III) omstandigheden voorkomen. Het keileemgebied geeft blijk van een neerslag gestuurd systeem en periodieke stagnatie in laagten. Waarschijnlijk heeft dat te maken met het microreliëf en het geringe poriënvolume van de keileem. Als het regent dan is de infiltratie beperkt en stroomt het water over maaiveld en door het dunne zandpakket af naar laagten. Dit verklaart waarschijnlijk een grondwatertrap II tot III in de noordoosthoek van het reservaat. In droge perioden zakt het grondwater diep weg tot 100 -150 cm beneden maaiveld.

De GVG ligt vrijwel overal in de buurt van het maaiveld (fig. 25b). In het noordwesten zijn geen bruikbare peilbuizen beschikbaar maar een verkenning in het voorjaar 2016 (april) en voorjaar 2017 (eind maart) laat wel zien dat er water aan maaiveld staat (fig. 25c). Deze situatie is kenmerkend voor het vroege voorjaar voor dit gebied. In deze periode stroomt water over maaiveld (over het noordelijke pad) het natuurgebied in.



Figuur 25b. Achter de Voort met in kleurcontouren de hoogtelijnen (punten met vergelijkbare NAP-hoogten) en ligging van het dwarsprofiel van het maaiveldverloop langs de zwarte lijn. De inzetgrafiek met het dwarsprofiel toont een steile helling, waarop twee bultjes zichtbaar zijn. Dit zijn in werkelijkheid de houtwal ten noordwesten en het onderhoudspad langs de reservaatsgrens. Het hoogteverschil bedraagt totaal 4 meter, waarbinnen in het reservaat 2 meter verhang aanwezig is.



Figuur 25c. Water aan maaiveld in het noordwesten van Achter de Voort in het voorjaar (11 april 2016). Deze situatie is kenmerkend voor het vroege voorjaar. Foto: H. Smeenge.

Kwel en wegzijging

De meeste peilbuizen bevatten slechts een filterdiepte, waardoor geen gegevens voor kwel- of wegzijging voorhanden zijn. Op vier locaties staan meerdere peilbuizen met verschillende filterdieptes en zijn deze filterstellingen voldoende diep. Deze peilbuizen bevatten ook voldoende waarnemingen (bijlage 2). Op basis van de peilbuizen op deze locaties blijkt er geen duidelijk sprake van kwel (zie ook bijlage 5).

De invloed van het kanaal op de grondwaterstand in Achter de Voort is geanalyseerd (zie bijlage 5). Uit deze analyse volgt dat er zowel op geringe diepte (1,5m -mv) als op diepere peilingen (5 en 26m -mv), geen drainerende effecten zichtbaar zijn. In de zomer zakt het peil in vrijwel alle peilbuizen in de diepste filters 's veel dieper weg dan in de ondiepste, variërend van 0 tot 0,8 m. Er werd geen overtuigende relatie met de afstand tot het kanaal gevonden. Hieruit wordt geconcludeerd dat de drainerende werking van het kanaal niet of nauwelijks aanwezig is. Aangezien het kanaal Almelo-Nordhorn al sinds het eind van de 19de eeuw aanwezig is zijn recente veranderingen in de vegetatie (zie verder in deze analyse) niet toe te schrijven aan aanleg van het kanaal. Deze nadere hydrologische analyse geeft ook geen duidelijk aanwijzingen voor kanaalinvloed.

pH

De droge Eiken-Haagbeuken bossen hebben een lage pH_{H2O} (3,3-3,8) en basenverzadiging (6-17 %) in de toplaag van de bodem (zandpakket) (Loeb & Smolders 2011). De lage pH en basenverzadiging in de bodem wordt mogelijk verklaard door bodemprocessen zoals uitloging van kationen als gevolg van de stroming van relatief zuur regenwater in het minerale zandpakket of door bijvoorbeeld nitrificatie.

Nitrificatie (de omzetting van ammonium naar nitraat door bacteriën) is onderdeel van de normale stikstofkringloop bij de decompositie. Het wordt echter verhoogd wanneer ammoniumconcentraties toenemen en dit kan het gevolg zijn van vermesting door stikstofdepositie maar ook door de stikstoffixatie van de aanwezige Elzen. De nitraatconcentraties in de bodem zijn op meerdere plekken en in meerdere metingen laag tot gemiddeld (20-260 µmol/l) terwijl ammoniumconcentraties hoog zijn (500-1600µmol/L) (Loeb & Smolders 2011, Lucassen & Roelofs 2016). Dit kan duiden op een gebrekkige nitrificatie en maakt het niet zeer waarschijnlijk dat nitrificatie een grote rol speelt in de verzuring.

De wisselvochtigheid resulteert in periodieke oxidatie van de bodem waardoor afbraakprocessen de overhand krijgen. Bij deze processen worden humuszuren gevormd en wordt ook zuur in de vorm van protonen (H^+) geproduceerd. De verzuring als gevolg van de afbraakprocessen kan resulteren in een uitloging van kationen in het minerale deel van de bodem. De wisselvochtigheid (zie ook paragraaf hydrologie) is een lokale eigenschap van dit gebied en wordt mede veroorzaakt door de aanwezigheid van een dun zandpakket op een keileemlaag. Daarnaast speelt de verdamping door het bos en de helling een rol waardoor water in de zomer snel kan verdwijnen uit de dunne zandlaag.

De gemeten pH en basenverzadiging van het strooisel zijn hoger dan de pH en basenverzadiging van de bodem op 0-10 cm diepte (respectievelijk pH_{H2O} 4,3-5,0 en 32-70%) (Loeb & Smolders 2011). Bladmateriaal van Eik is zuur door het hoge gehalte aan looizuren (Kuiters & Sarink 1986). De aanwezigheid van eikenstrooisel is dus eerder verzurend dan alkaliserend en de hogere pH in de strooisellaag in Achter de Voort kan niet verklaard worden door de aanwezigheid van eikenbladeren. Een mogelijk oorzaak voor de betere buffering van het strooisel is de aanwezigheid van Hazelaar die met haar wortels in de basenrijke keileem staat en de strooisellaag via rijk-strooisel verrijkt met kationen (nutriëntenpomp). Ondanks de aanwezigheid van hazelaar en een betere buffering van de strooisellaag zullen de looizuren die vrijkomen uit de eikenbladeren snel naar het diep zandpakket spoelen. De afbraak van organische stof, de looizuren en de neerwaartse en laterale afspoeling van relatief zuur regenwater in de perioden van afbraak (regen in nazomer en herfst) kunnen mogelijk de uitloging van het zandpakket en de verzuring in Achter de Voort verklaren.

Nutriënten in grondwater

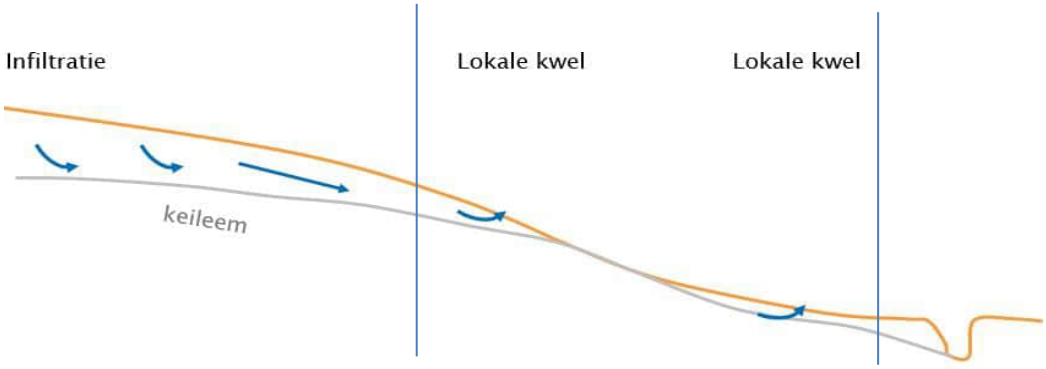
Uit de analysen van de grondwaterbuizen van B-WARE blijkt dat aan de noordelijke en noordoostelijke randen van het natuurgebied (G1, G2, G3, G4 zie bijlage 6) verhoogde sulfaat waarden (>600 µmol/L) en nitraat waarden (>500 µmol/L) aanwezig zijn (Lucassen & Roelofs 2016). Deze concentraties zijn te hoog voor vochtige bossen (Lucassen 2004).

Ook fosfor (op locatie G1) is verhoogd. In een eerdere studie zijn ook hogere fosforconcentraties in het de humuslaag van het bos gevonden (de Waal & Bijlsma 2003) wat volgens deze studie mogelijk duidde op inspoeling van verrijkt landbouwwater. In Achter de Voort komen hoge ammoniumconcentraties voor in de kern van het natuurgebied. Dit duidt op de invloed van Elzen en de stikstoffixatie door bacteriën.

De hoge concentraties zijn te verklaren door de oxidatie van pyriet en inspoeling van verrijkt landbouwwater (zie ook de Waal & Bijlsma, 2003 die ook aanwijzingen vonden voor

pyrietoxidatie in de bossen). Het is bekend dat de keileembodems in deze regio een hoog gehalte aan pyriet bevatten. Uit de analysen blijkt daarmee dat er aanwijzingen zijn van de toestroom van (licht) verrijkt landbouwwater naar het natuurgebied in het noorden en noordoosten (G1 t/m G4). Deze aanrijking van nitraat in het grondwater kan in combinatie met de zwavelhoudende keileem resulteren in verhoogde sulfaatwaarden en daarmee afbraak van organische stof verhogen. Als gevolg van de instroom van nitraatrijk water kan er dus interne eutrofiering optreden waardoor verruiging van de vegetatie kan plaatsvinden. In het noordoosten geeft de vegetatie hier ook blijk van met verruiging door Mannagras en Pitrus.

Aan de noord- west-, en noordoostzijde zijn de ondiepe grenssloten gedempt. Dit betekent dat in natte perioden lokaal freatisch grondwater vanuit het noordelijk gelegen landbouwgebied naar het reservaat kan toestromen. Dit geldt ook voor de toestroming vanuit de landbouwgronden in het noordoosten richting het reservaat. In het bodemchemisch onderzoek is direct achter de huidige noordelijke greppel gemeten en zijn hoge nitraat en sulfaat concentraties aangetroffen in het grondwater. Dit duidt erop dat de sloot niet afdoende effect heeft om instroming van nutriënten te voorkomen óf dat de nutriënten van de meer noordwestelijk gelegen percelen over maaiveld via het noorden (over het pad) stromen. Aangezien de sloot niet tot aan maaiveld vol met water staat (veldwaarnemingen) en het perceel ten noorden maar ook ten zuiden draineert (en daardoor water de sloot intrekt), is het veel waarschijnlijker dat nutriënten niet door de sloot maar via oppervlakkige afstroming het natuurgebied bereiken. Door het dichten van deze sloten is uitspoeling vanuit de landbouw een hoger risico geworden (fig. 26).



Figuur 26. Schematische weergave van de toestroom van nitraat-houdend freatisch grondwater gedurende de GHG en GVG-periode vanuit noordelijke richting naar het reservaat Achter de voort. Voorheen werd deze lokale periodieke grondwaterstroom afgevangen door een grenssloot. Het natuurgebied is gelegen tussen de verticale strepen. Greppel rechts van het gebied op de doorsnede is het kanaal Almelo-Nordhorn.

3.5 Vegetatie

Historisch

Historische kaarten laten zien dat er rond 1848 maar weinig bos aanwezig was in Achter de Voort, het Voltherbroek en het Agelerbroek (fig. 16a). Echter uit pollendiagrammen van het

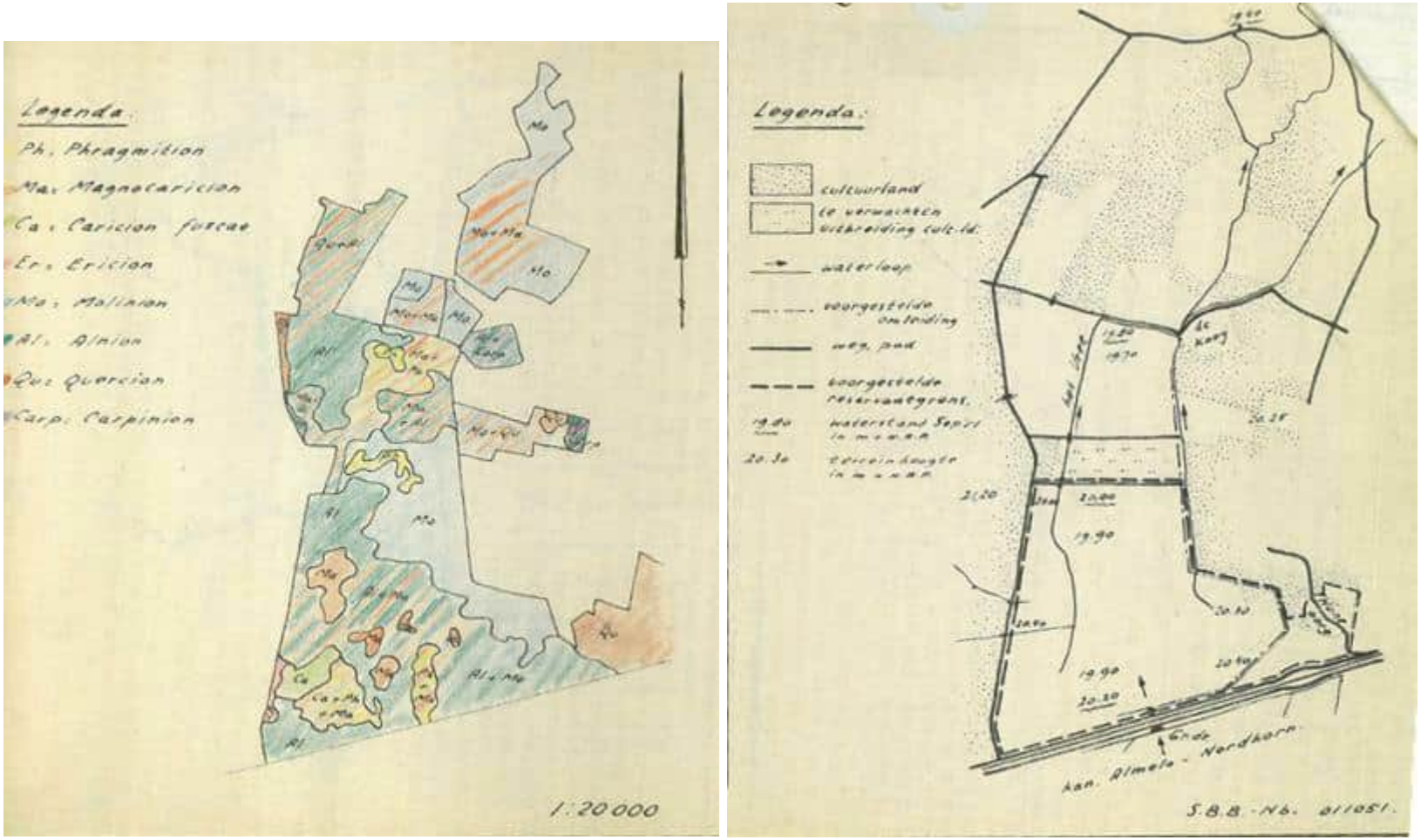
bovenste veenpakket (Agelerbroek) en oud oppervlak onder wallen blijkt dat er in de middeleeuwen wel een bosrijk landschap aanwezig was. Oude kaarten tonen dat omstreeks 1920 delen van Achter de Voort bebost raken. Het Agelerbroek en Voltherbroek zijn dan nog grotendeels onbebost. Vanaf de jaren 30 van vorige eeuw raakt het landschap geleidelijk aan bebost doordat hooilanden worden verlaten en dichtgroeien. Tussen 1940 en 1960 zijn echter nog grote delen van het Voltherbroek open landschap met heide en hooilanden (www.topotijdreis.nl).

Agelerbroek en Voltherbroek

In de periode van 1941 tot 1946 zijn beschrijvingen van botanisch belangrijke terreinen van Noordoost-Twente gemaakt (Van Dijk, 1946). Het Agelerbroek werd destijds gekenmerkt door uitgestrekte vlakten van grote zeggen, waarin Blaaszegge, Scherpe zegge en Tweerijige zegge overheersten (fig. 25). Daarbinnen waren rijkere vlakken met Grote lisdodde en Riet, maar ook armere kleine zeggenvegetaties. Kenmerkende (kwel-afhankelijke) soorten zoals Dotterbloem, Moerasandoorn, Echte valeriaan, Engelwortel en Bosbies kwamen veelvuldig voor.

De westzijde van het Agelerbroek, ten westen van het Vree bestond uit kleine zeggenvegetaties en vennetjes met Gagel, veenmos, Wateraardbei, Dophei, Veenpluis en Beenbreek, dat op moerasveen aanwezig was. Wat lager in het landschap was moerasbos aanwezig, waarin ook diverse mossen groeiden. Op open plekken groeiden diverse soorten zeggen zoals Ronde zegge, Bleke zegge, Slanke zegge en de bijzondere Veenmosorchis, fig. 27) (Van Dijk, 1946).

Deze oude beschrijvingen typeren door kalkrijk grondwater gevoede trilvenen, blauwgraslanden met sterke basenrijke voeding en grote zeggemoerassen van mesotrofe milieus. Op diverse plekken kwamen, door het ontbreken van afvoer, regenwaterlenzen voor met daarop ontwikkeling van kleine zeggemoerassen.



Figuur 27. vegetatiekaart van voor de ruilverkaveling uit 1951. Het broekgebied strekte zich vrijwel uit tot aan de Duitse grens (Ottershagen). Na de ruilverkaveling bleef het zuidwestelijke deel gespaard van ontginning.

Men beschreef in 1946 dat verschillende stroompjes in het Voltherbroek eindigden. Op hogere plekken waren dopheidevegetaties met gagelstruwelen in overgang naar blauwgrasland en een enkel vennetje aanwezig. In het noordwestelijk deel lagen enkele weilanden en graanvelden.

Er lagen smalle rechte slootjes, meestal dichtgegroeid en omzoomd door walletjes met Zwarte els en eik. Op de zeer natte plekken stond veelal Holpijp en Blaaszegge te samen met onder andere Pijptorkruid, Grote boterbloem, Waterdrieblad, Tweerijige zegge en Moeraszegge. Op plekken die plasdras stonden waren Moerasspirea, Dotterbloem, Kleine valeriaan en Gevlekte rietorchis aanwezig. In het circa 10 meter hoge elzenbos was de soortenrijkdom beperkt en groeiden Zwarte els, Vuilboom en wilgen (Meijer & Van Zeist, 1946).

Het blauwgrasland was een vlakte van Pijpenstrootje en zeggebladeren met hier en daar Moerasspirea, Blauwe knoop, Kale jonker, Engelwortel, Blonde zegge, Bevertjes, Vlozegge, Bleke zegge en Parnassia. Op de hogere terreindelen was een overgang van heischraalgrasland naar dotterbloemhooiland, blauwgrasland tot grote zeggenmoeras aanwezig. Kenmerkende soorten waren Dophei, Tandjesgras, Bevertjes, Veelbloemige veldbies, vleugeltjesbloem, en Stekelbrem (Meijer & Van Zeist, 1946).
In de westelijke randstrook van het Voltherbroek kwam naast Dophei en Gagel, IJslands mos, Blonde zegge, Pijpestrootje, Beenbreek, Kussentjesveenmos voor. In een vennetje groeide Moerashertshooi, Oeverkruid, Moerassmele, ondergedoken moerasscherm en een moslaag die geheel bestond uit Schorpioenmos (Meijer & van Zeist, 1946).

Daar waar in het Agelerbroek trilvenen en grote zeggemoerassen de boventoon voerden, was in het Voltherbroek een afwisseling aanwezig van natte heide, heischrale graslanden, blauwgraslanden en zwakgebufferde vennen. De blauwgraslanden waren extensief in beheer gezien de beschreven hoofdtoon van Pijpenstrootje. De beschrijving uit de jaren 40 geeft blijk van natte en gebufferde omstandigheden. Door de natte en gebufferde omstandigheden werden de kritische soorten niet door Pijpenstrootje overwoekerd. De relatief jonge alluviale bossen van destijds waren soortenarmer dan de meer open vegetaties en op de drogere terreindelen werd een hoogproductieve vegetatie van lianen en bramen beschreven. Treffend is de beschrijving van de rechte greppels, maar ook het plas-dras zijn van deze bossen.

Voor 1950 kwamen in het gebied ook bijzondere vlinders als Bosparelmoervlinder en Zilveren maan een soort van natte tot vochtige, schrale graslanden en bloemrijke hooi- of rietlanden, voor. Deze soorten zijn in de periode 1950-1960 verdwenen (www.NDFF.nl).

Achter de Voort

Bernink beschrijft Achter de Voort in 1918 als: [*een boschje met keileembodem, vochtig en daardoor vruchtbaar, nooit gepoot, maar door de natuur gezaaid. Er stonden onder Dennen en Eiken allerlei Twentsche heesters als Kardinaalshoedje (kardinaalsmuts), Geldersen roos, Wilgensoorten, Gagel en Berken in een bonte mengeling. Braamstruiken, Wilde roos, en Meidoorn vormden dichte hagen om ons den toegang te beletten. Doch zijn wij er in doorgedrongen en kunnen u de geheimen van het boschje ontsluieren* (Bernink 1918). Hij

noemde o.a. Grote keverorchis, Dalkruid, Gewone salomonszegel, Bosandoorn, Gulden boterbloem, Heelkruid en Eenbes. In 1973 beschreef Westhoff ook het voorkomen van Slanke sleutelbloem, Groot heksenkruid, Wegedoorn, Bosgierstgras, Boswederik, Schedegeelster en Viltroos (Westhoff et al., 1973). In 1999 worden er op diverse plekken vegetatieopnames gemaakt en systeemkenmerken beschreven. In de slenkvormige laagten werd Dotterbloem en in de randzones IJle zegge opgemerkt. Deze slenkzones bevatten het Vogelkers-Essenbos (Pruno-Fraxinetum), terwijl de aangrenzende drogere terreindelen als Eiken-Haagbeukenbos (Stellario-Carpinetum) kunnen worden aangemerkt. Veel van de soorten die Bernink en Westhoff beschrijven komen ook voor in de opnames uit 1999. In een smalle strook bos tussen twee grasstoken is het Elzenzegge-Elzenbroekbos (Carici-elongatae-Alentum ribetosum nigri) geclassificeerd. Hier stond op 23 april 1999 het water tot 2 centimeter boven maaiveld (Eysink & Horsthuis 1999). Tussen 1990 en 2000 zijn soorten als Kleine Valeriaan (een soort van het vochtige/natte en voedselarme milieu) licht en plaatselijk achteruitgegaan (Eysink 2000). Soorten als Dotterbloem, Schedegeelster en Slanke sleutelbloem zijn echter toegenomen (Eysink 2000). Deze analyse toont dat de achteruitgang plaatselijk is. Tijdens de veldbezoeken in 2016 en 2017 zijn ook waarnemingen gedaan van lokaal plekken met een hoog aandeel mannagras en braam ten teken van verruiging en afname van soorten. In de slenk is dat met name Mannagras en in het westelijke en noordwestelijke deel van het gebied komen grote delen voor met braam wat mogelijk een indicatie is van verruiging door toename van licht op- en voedingsstoffen in de bodem.

Huidige vegetatie en kenschets van habitattypen

De huidige vegetatie van het Ageler- en Voltherbroek bestaat uit Vochtige alluviale bossen, Zwakgebufferde vennen, Blauwgraslanden en Eiken-Haagbeuken bossen. Er zijn geen nieuwe habitattypen gevonden tijdens de veldverkenning. Deze vegetatietypen komen in diverse gradaties voor: van goed ontwikkelde, maar vaak soortenarme, vormen tot sterk gedegradeerde vormen. Naast bovenstaande habitattypen komen ook de vegetatietypen Droge heide, Vochtige heide, Pioniersvegetatie met snavelbies en Beuken-eikenbos met hulst voor. De staat van deze vegetatietypen is echter niet goed genoeg of het oppervlak is niet groot genoeg voor deze typen om te kwalificeren als habitattype in het PAS document.

In het gebied Achter de Voort kwalificeert het Eiken-Haagbeuken bos. Goed ontwikkelde stukken Eiken-Haagbeukenbos komen voor in mozaïek op iets drogere kopjes tussen het vochtige alluviale bos (dat vaak niet kwalificeert). Veel van deze bijzondere soorten uit 1918, 1973 en 1999 zijn tegenwoordig ook goed vertegenwoordigd in het bosgebied. Opvallend is wel het voorkomen van veel braam in het westelijke en noordelijke deel van het reservaat. Echter hiervoor geldt, niet elke braam een indicator voor stikstof of verdroging is. De Vroege roggebraam is een bewoner van humusrijke loofbossen en bosranden. Stompe haagbraam komt voor in hagen en bosranden op kalkvrije vruchtbare zandgrond en is vooral in Twente algemeen (http://rubus-nederland.nl/nl). Slanghumusbraam is een bewoner van bossen maar een minder uitgesproken bewoner van oude loofbossen. Het is een kenmerkende soort voor leemgronden (http://rubus-nederland.nl/nl). De Hazelaarbraam komt voor op zonnige tot half beschaduwde, min of meer open plaatsen op vaak omgewerkte, matig voedselrijke grond. Vermoedelijk bevatten

de Eiken Haagbeukenbossen en Vogelkers-Essenbossen in Achter de Voort enkele van deze braamsoorten.

Het boomsoortenbestand van het Eiken-Haagbeukenbos kent een sterke dominantie van zuur-strooisel producerende soorten zoals Eik en Den (Hommel *et al.*, 2007). Deze soorten produceren een dik (zuur) strooiselpakket (bladeren en takjes). Hazelaar komt echter ook veelvuldig voor en de pH analyse laat zien dat het strooiselpakket iets betere gebufferd is dan de minerale bodem eronder (Loeb & Smolders 2011). De betere buffering kan te maken hebben (zie ook paragraaf 3.4) met het functioneren van de zogenaamde nutriëntenpomp van Hazelaar (Neirynck et al., 2000). Het is onwaarschijnlijk dat eik voor de buffering zorg draagt vanwege het hoge gehalte aan looizuren in de bladeren (Kuiters & Sarink 1986). Tevens vindt er waarschijnlijk een versterkte uitloging van kationen plaats in het zandpakket (door laag organische stof gehalte en doorspoeling van relatief zuur regenwater).

De status van de voorkomende habitattypen wordt verder omschreven in hoofdstuk 5.

Vochtig alluviaal bos omvat bossen die groeien op beek- of rivierafzettingen (van het zogenoemde alluvium). Het type H91E0_C (Vochtige alluviale bossen -beekbegeleidende bossen) zijn vochtige bossen met een matig tot lichte voedselrijkdom, een GLG van ongeveer 50cm -mv en een GHG aan maaiveld (Waternood). Deze bossen worden gekarakteriseerd door een gebufferde bodem (door kwel of aanwezigheid bufferend materiaal) met een optimale pH van tussen 4,5-7,5 (Runhaar et al., 2009). In het Agelerbroek, het Voltherbroek en Achter de Voort betreffen het vooral natte bossen waarin Zwarte els op de voorgrond treedt (fig. 28). Door voeding met oppervlaktewater en grondwater zijn de standplaatsen relatief rijk aan basen en nutriënten. Op de natste plaatsen is sprake van het bostype Elzenzegge-elzenbroek. Hoewel het type niet strikt gebonden is aan kwel, komen goed ontwikkelde vormen ervan vooral voor op plekken die gevoed worden door grondwater (Beije et al., 2012).



Figuur 28. Vochtig alluviaal bos in Voltherbroek. Foto: H. Smeenge

Eiken haagbeuken bos (*Stellario-Carpinetum*) is een bostype dat wordt aangetroffen op bodems met sterke wisselingen in de vochttoestand gedurende het jaar: 's winters treden hoge grondwaterstanden op, terwijl 's zomers uitdroging plaatsvindt. Het betreft veelal slecht doorlatende klei- of leembodems die al dan niet zijn afgedekt door een laag lemig zand. De struiklaag is gewoonlijk goed ontwikkeld, vooral op plaatsen met een hakhoutverleden met Hazelaar en Gewone vlier en het bos heeft een rijke ondergroei van voorjaarssoorten zoals Bosanemoon, Gevlekte aronskelk, Eenbes, en Muskuskruid (fig. 29). Dit bostype is in AVAV gebonden aan kleiafzettingen en keileem en komt voor bij een pH variërend van 4,5 tot 7,5 (kernbereik). De bodem is licht tot matig voedselrijke bodem (kernbereik) en de GVG is 40 cm-mv terwijl de GLG mag wegzakken tot maximaal 70cm -mv (SynbioSys, Runhaar et al., 2009, Hommel et al., 2012). Het dieper wegzakken van de waterstanden is een kenmerkend verschil met de vochtige alluviale bossen.



Figuur 29. Eiken-Haagbeukenbos in Achter de Voort met een ondergroei van Eenbes, Bosanemoon, Slanke Sleutelbloem en Speenkruid. Foto: H. Smeenge

Blauwgraslanden komen op slechts enkele plekken voor in het Agelerbroek en Voltherbroek (fig. 30). Het habitattype betreft soortenrijke hooilanden op voedselarme, basenhoudende bodems die 's winters plasdras staan en 's zomers oppervlakkig uitdrogen (Beije et al., 2012). Kenmerkend voor dit habitattype is de voeding met gebufferd grondwater. Daarom is de optimale zuurgraad voor blauwgraslanden zwak tot matig zure condities met een pH van tussen 5,0 en 6,5. Blauwgraslanden zijn matig voedselarm tot licht voedselrijk en het kernbereik van de vochttoestand omvat de vochtklassen zeer nat en nat met een gemiddelde GVG tussen 10 cm boven tot 15 cm beneden maaiveld (Waternood, Runhaar et al., 2009). De GLG mag niet diep wegzakken wegens het beschikbaar blijven van gebufferd grondwater (kwel). De optimale GLG ligt tussen 71 en 50 cm beneden maaiveld. Aanrijking van basen (kalium, calcium, magnesium) zijn nodig voor de instandhouding van dit vegetatietype. Aanrijking wordt van nature gedaan door aanwezige bufferende lagen en/of de jaarlijkse invloed van gebufferd grondwater tijdens de winter en het voorjaar. Wegvallen van deze aanrijking door een te diep weggezakte grondwaterstanden (te lage GLG en GVG) of te kort durende aanrijking (te lage GVG) zijn zeer schadelijk voor dit habitattype en werken verzuring in de hand.



Figuur 30. Blauwgrasland in Voltherbroek. Aan de randen van het blauwgrasland staat Gagel. Foto: H. Smeenge

In het Agelerbroek komt ook het vegetatietype Zwakgebufferd ven voor (fig. 31). Het betreft hier een gegraven laagte waarin de basen-minnende associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid voorkomt, geflankeerd door een soortenarme associatie van het kleine zeggemoeras. Het water is voedselarm, een zwakgebufferd en is daarom zwak zuur. Het kernbereik voor de zuurgraad is voor dit type pH 5,5-7,5 (Runhaar et al., 2009, Arts et al., 2012). Het kernbereik voor de vochttoestand ligt tussen ondiep droogvallen tot diep water (Runhaar et al., 2009) Ondiep droogvallen vormt de optimale conditie. Zwak gebufferde vennen kenmerken zich door een relatief lage buffercapaciteit. In hydrologisch opzicht ontvangen zij weinig aangereikt grondwater en kenmerken zich ook niet door sterk gebufferde lagen in de ondergrond.



Figuur 31. Zwakgebufferd ven in Agelerbroek. Veenpluis staat op de rand. Richting het Elzenbroekbos wordt het voedselrijker en staat Riet. Foto: H. Smeenge

3.6 Doelgat

GLG

De vergelijking tussen de actuele GLG en de optimale GLG (het doelgat) voor de habitattypen wordt weergegeven in fig. 32a en b. Voor de achtergronden van de doelgatberekeningen wordt verwezen naar bijlage 1, 2 en 4. Uit de figuur blijkt dat de verschillen (het doelgat) op basis van vegetatie groot is en over het algemeen ligt tussen de 35 en 105 centimeter. Gemiddeld is het GLG-doelgat in het Agelerbroek hoog gezien de afwijking van 75 cm of meer. De grootte van het GLG-doelgat in het Voltherbroek is gemiddeld wat minder groot met een afwijking tussen 30cm en 110cm. Hier komen ook enkele locaties voor waar geen doelgat aanwezig is terwijl dat in het Agelerbroek bij slechts 1 boring voorkomt. Achter de Voort heeft minder grote doelgaten waarbij het GLG-doelgat grotendeels systeemeigen is door het geringe poriënvolume van de keileem. Het GLG-doelgat bedraagt tussen de 10 en 70 cm met één uitschieter naar 90cm. Dat er voor zowel het Voltherbroek als Achter de Voort kleinere doelgaten zijn dan het Agelerbroek wordt naast een verschil in grondwaterstanden ook veroorzaakt door een hogere bedekking van Vogelkers-Essenbos en Eiken-Haagbeukenbos (alleen in Achter de Voort) die een minder hoge grondwaterstand nodig hebben dan het Elzenzegge-Elzenbroek (wat in het Agelerbroek dominant is). De grootste doelgaten liggen langs de westzijde van het Agelerbroek en langs de Tilligterbeek. In het Voltherbroek heeft de Tilligterbeek en de sloot bij Wonderboer ook een groot effect op de doelgaten.

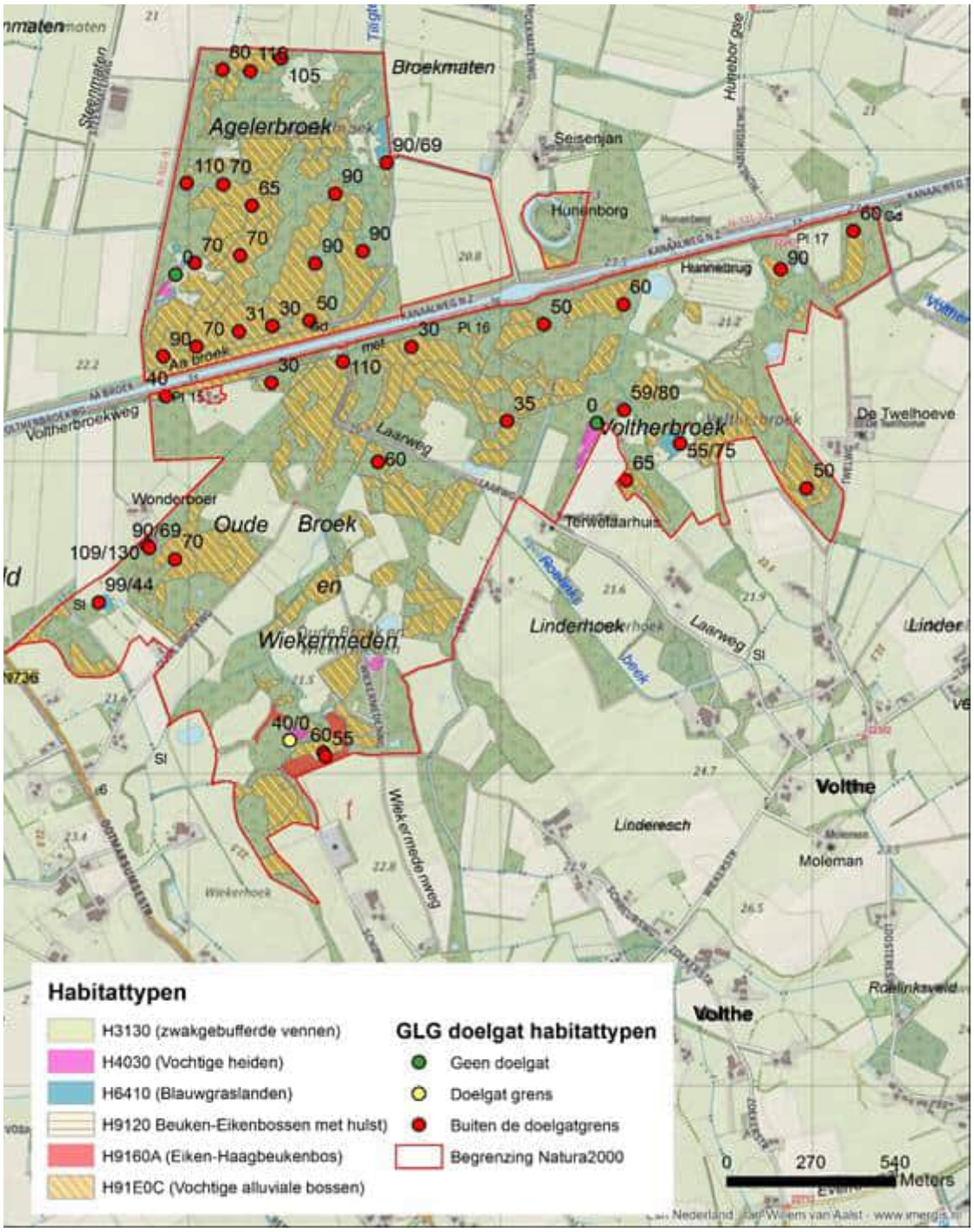
Het doelgat is daarnaast nog op een tweede manier vastgesteld, ter verificatie van bovenstaande beoordeling. Voor deze tweede manier is gekeken naar de afwijking tussen de hydrologische omstandigheden waarbij de diverse bodems zijn gevormd en de actuele gemiddeld laagste grondwaterstand. Het verdrogen van bijvoorbeeld veen leidt tot veranderende milieueigenschappen en leidt tot meer voedselrijke omstandigheden. De afwijking van de natuurlijke bodemcondities geeft extra informatie over de processen die

een rol spelen. Het blijkt dat de huidige grondwatercondities in de zomer en nazomer (actuele GLG) sterk afwijken van de hydrologische omstandigheden, waaronder de bodemtypen zijn gevormd (optimale GLG). Het doelgat dat met deze methode is berekend komt veelal overeen met het vegetatiedoelgat en ligt ook tussen de 40 en 140 centimeter (fig. 33).

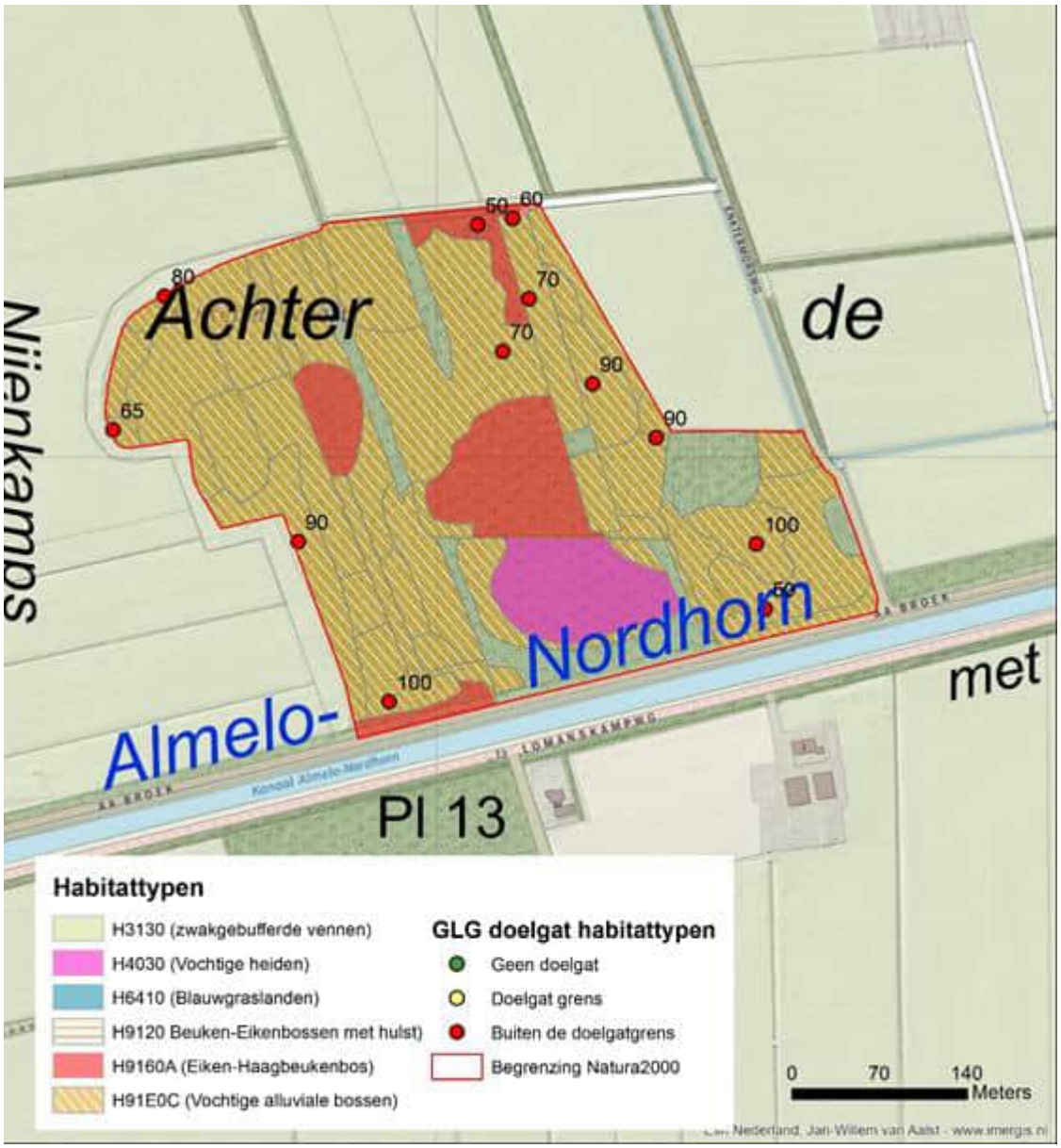
In enkele gevallen waar dit niet overeenkomt kan het voorkomen dat de bodems een hoger doelgat laten zien dan dat de vegetatie dat aangeeft. In die enkele gevallen betekent dit dat er zich een vegetatie heeft ontwikkeld van een droger habitattype op een bodem die vroeger veel natter was en waar vroeger een vele nattere vegetatie aanwezig was.

Op een enkele meting na zijn de patronen uit fig. 32a,b en 33 vergelijkbaar en geven het volgende beeld voor het gehele gebied:

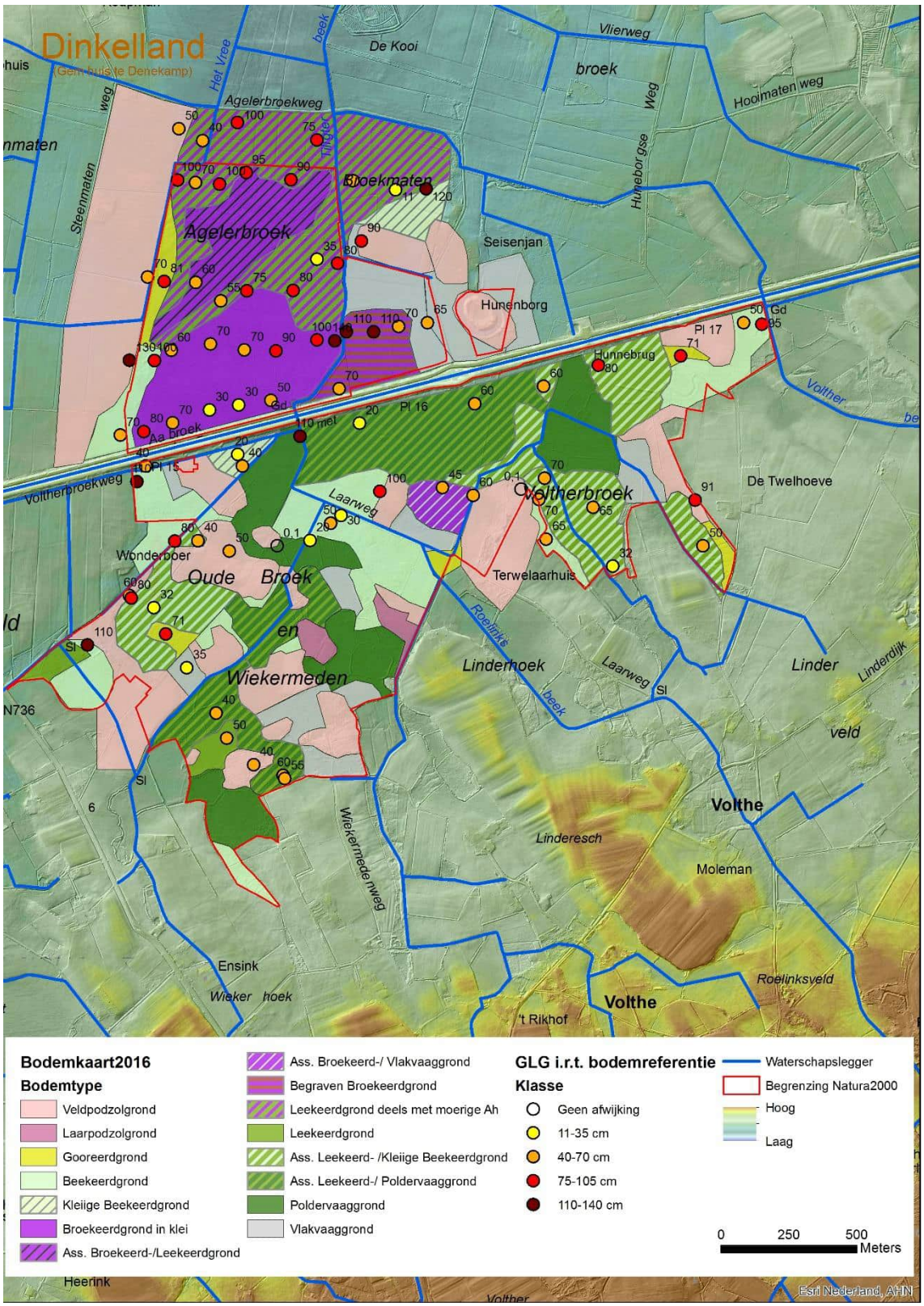
- het GLG-doelgat in het Agelerbroek is groot (gemiddeld ongeveer 75 cm);
- het GLG-doelgat in het Voltherbroek is groot maar lager dan het Agelerbroek (gemiddeld ongeveer 35 cm);
- Het GLG-doelgat nabij de diepe ontwateringssloten is hoog en vaak tussen 75-105 cm;
- er zijn geen waarnemingen voor het Eiken-Haagbeukenbos in het Voltherbroek. De zeer nabijgelegen boringen van het Vochtig alluviaal bos tonen een GLG van 120 en 140 cm onder maaiveld. Als we aannemen dat de grondwaterstand hetzelfde is hebben we te maken met een doelgat tussen de 50 en 70 centimeter. Het Eiken-Haagbeukenbos lift op het aangrenzende doelgat van Vochtig Alluviaal bos mee.
- het doelgat voor de GLG van het Eiken-Haagbeukenbos in Achter de Voort is, vanwege de keileemeigenschappen, systeemeigen. In de zomer zakt het grondwater weg waardoor de dunne zandlaag bovenop het keileem uitdroogt. Door het diep wegzakken van het grondwater wordt de lage GLG niet als knelpunt gezien maar als een systeemeigen feit. Het aanwezige elzenbroekbos (niet kwalificerend) heeft wel een aanzienlijk GLG-doelgat maar de vraag is hier duidelijk of er in dit systeem van (natuurlijk) diep wegzakkende grondwaterstanden wel kwalificerend vochtig alluviaal bos kan staan . Dit doelgat is ook gekoppeld aan de keileemeigenschappen en verklaart mogelijk waarom de vochtige alluviale bossen niet kwalificeren. Eerder moet men hier denken aan armere vogelkers essenbossen en eiken haagbeukenbossen. In de winter en het vroege voorjaar is het echter plaatselijk veel te nat voor Eiken Haagbeuken bos en zullen soorten van dit habitattype hier niet kunnen uitbreiden.



Figuur 32a. Doelgat tussen de actuele GLG op basis van bodemkundig onderzoek en de optimale GLG stand of GLG-range (bijvoorbeeld 0/25) voor de recente vegetatietypen, waarop de habitattypen zijn gebaseerd in Agelerbroek en Voltherbroek. Zie bijlage 4 voor de referentiewaarden.



Figuur 32b. Doelgat tussen de actuele GLG op basis van bodemkundig onderzoek en de optimale GLG stand of GLG-range (bijvoorbeeld 0/25) voor de recente vegetatietypen, waarop de habitattypen zijn gebaseerd. Zie bijlage 4 voor de referentiewaarden.

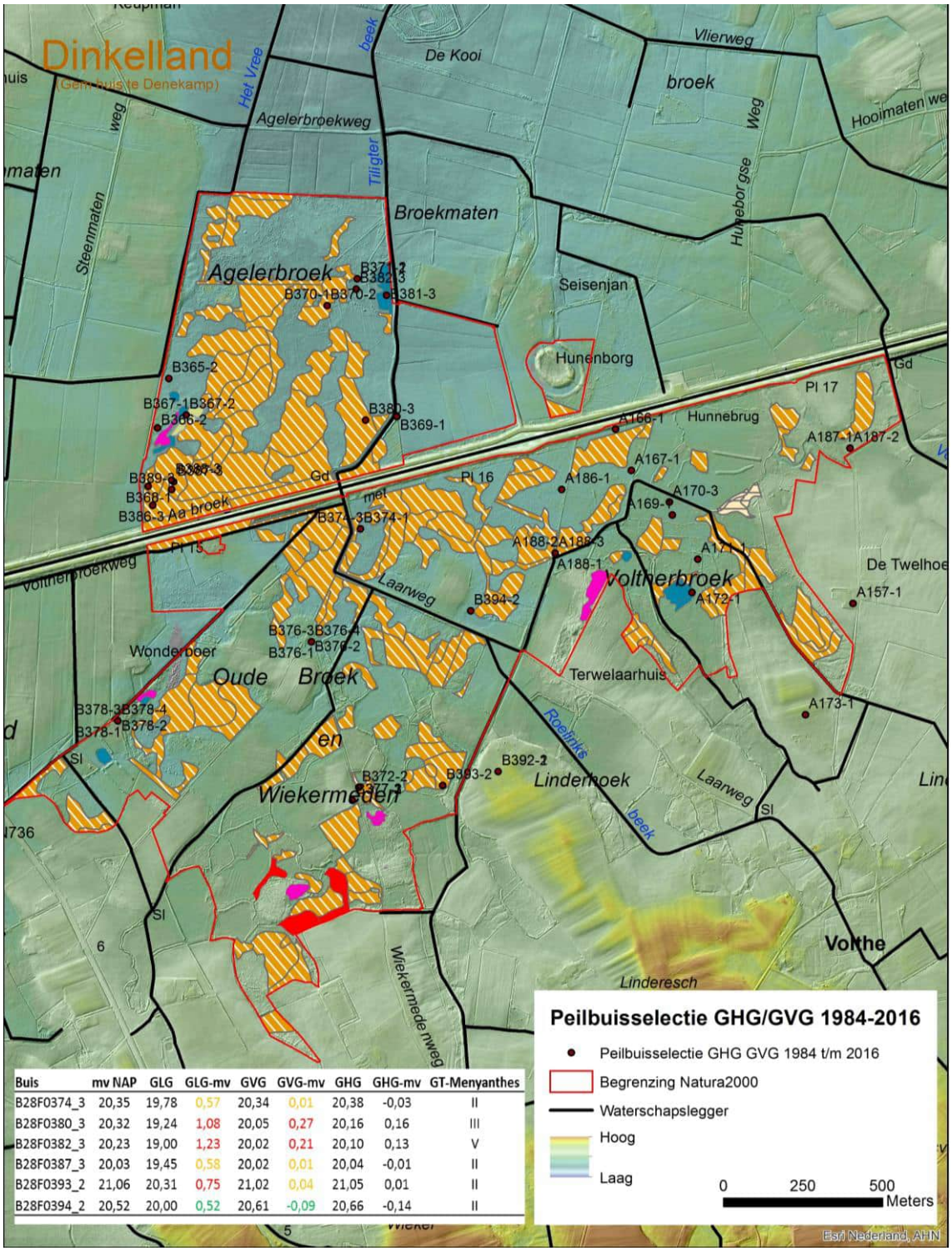


Figuur 33. Het verschil tussen de hydrologische referentiesituatie (GLG) en actuele hydrologische omstandigheden (GLG), waarbij het gemiddelde van de referentierange als waarde is gebruikt. Per locatie is naast de indeling in klassen het doelgat als waarde in centimeters weergegeven.

GVG Volther- en Agelerbroek

Het doelgat voor de GVG is van belang voor alle habitattypen maar in het bijzonder voor Blauwgrasland. Maatregelen voor Vochtig alluviaal bos en Blauwgrasland zullen daarnaast ook effect sorteren voor de overige habitattypen. Zoals in de methoden is besproken kan GVG niet worden ingeschat op basis van bodemkenmerken en zijn peilbuizen met de juiste filterdiepten nodig. Uit een analyse naar de GVG in de twee gebieden blijkt dat de actuele GVG in Het Agelerbroek en het Voltherbroek op bijna alle locaties met geschikte peilbuizen afwijkt van de optimale GVG (fig. 34). De getallen met een groene waarde vallen binnen de ecologische vereisten en dit is alleen te vinden in het centrale deel van het Agelerbroek (ten oosten (en wat betreft NAP lager gelegen!) van het blauwgrasland, fig.35) en in het centrale deel van het Agelerbroek (nabij vochtig alluviaal bos) en in het zuidoosten van het Agelerbroek (nabij grasland). De oranje vallen liggen op of net over de grens. De rode getallen liggen er geheel buiten.

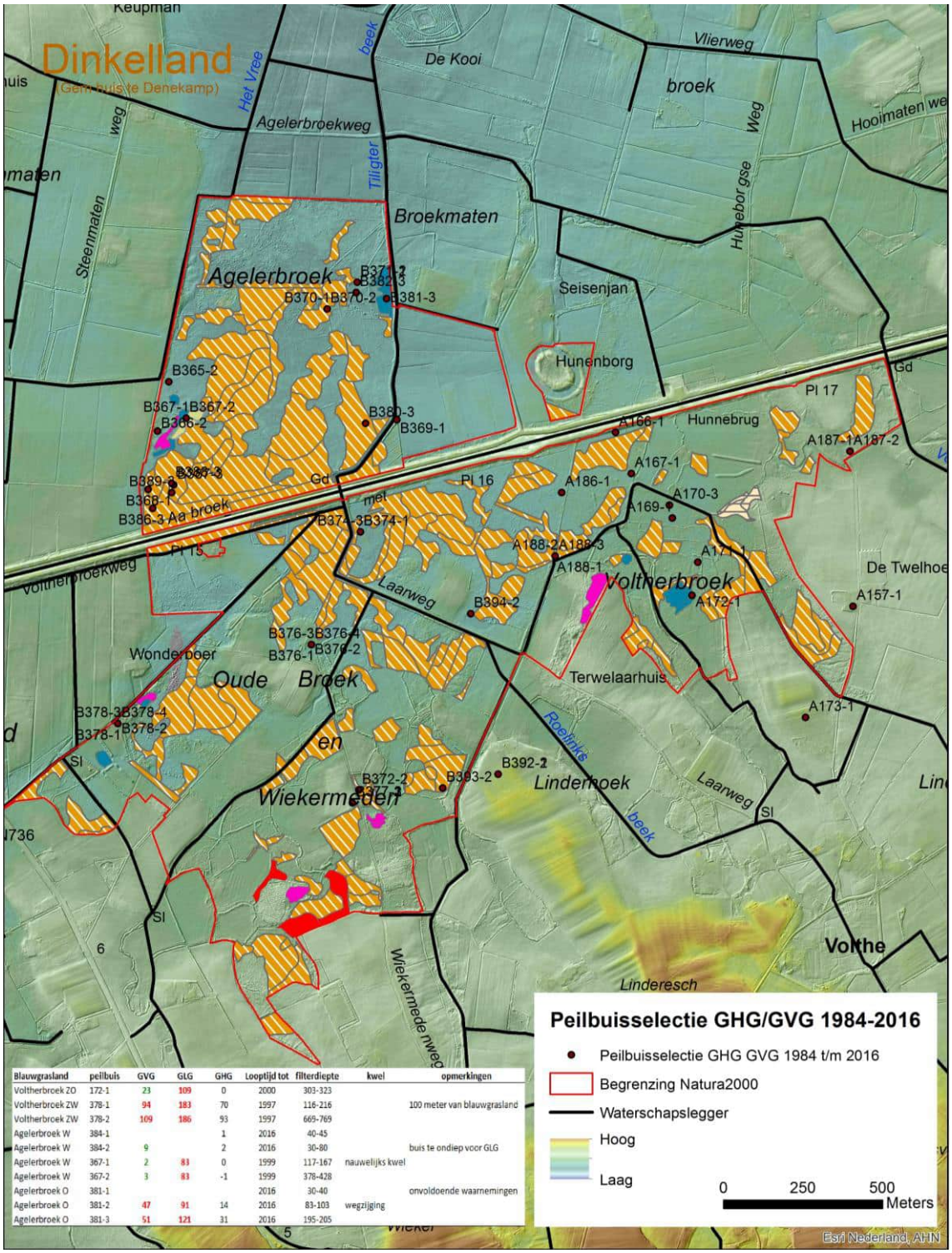
Als de actuele GVG standen worden vergeleken met de ecologische vereisten van het Vochtig alluviaal bos dan zijn de problemen het grootst bij de Tilligterbeek. Ze vallen geheel buiten de referentiewaarden (fig. 34).



Buis	mv NAP	GLG	GLG-mv	GVG	GVG-mv	GHG	GHG-mv	GT-Menyanthes
B28F0374_3	20,35	19,78	0,57	20,34	0,01	20,38	-0,03	II
B28F0380_3	20,32	19,24	1,08	20,05	0,27	20,16	0,16	III
B28F0382_3	20,23	19,00	1,23	20,02	0,21	20,10	0,13	V
B28F0387_3	20,03	19,45	0,58	20,02	0,01	20,04	-0,01	II
B28F0393_2	21,06	20,31	0,75	21,02	0,04	21,05	0,01	II
B28F0394_2	20,52	20,00	0,52	20,61	-0,09	20,66	-0,14	II

Figuur 34. GVG standen van goedgekeurde peilbuizen geclassificeerd naar de ecologische eisen van Vochtig alluviaal bos. De groene waarden (meters ten opzichte van maaiveld) vallen binnen de bandbreedtes. De gele liggen op of net buiten de grens van de bandbreedtes. De rode waarden zijn afwijkend en daarmee te droog.

Het blauwgrasland dat ver van de diepe ontwateringen ligt nabij oude Roelinksbeek is wat GVG betreft op orde (fig. 35) maar kent een groot doelgat wat betreft GLG. De na de ruilverkaveling niet gedempte sloot bij Wonderboer en Tilligterbeek hebben een stevig effect op de GVG.



Blauwgrasland	peilbuis	GVG	GLG	GHG	Looptijd tot	filterdiepte	kwel	opmerkingen
Voltherbroek ZO	172-1	23	109	0	2000	303-323		
Voltherbroek ZW	378-1	94	183	70	1997	116-216		100 meter van blauwgrasland
Voltherbroek ZW	378-2	109	186	93	1997	669-769		
Agelerbroek W	384-1			1	2016	40-45		
Agelerbroek W	384-2	9		2	2016	30-80		buis te ondiep voor GLG
Agelerbroek W	367-1	2	81	0	1999	117-167	nauwelijks kwel	
Agelerbroek W	367-2	3	81	-1	1999	378-428		
Agelerbroek O	381-1				2016	30-40		onvoldoende waarnemingen
Agelerbroek O	381-2	47	91	14	2016	83-103	wegzijging	
Agelerbroek O	381-3	51	121	31	2016	195-205		

Figuur 35. GVG standen van goedgekeurde peilbuizen geclassificeerd naar de ecologische eisen van blauwgrasland. De groene waarden (centimeters ten opzichte van maaiveld) vallen binnen de bandbreedtes. De gele liggen op of net buiten de grens van de bandbreedtes. De rode waarden zijn afwijkend en daarmee te droog.

Voor het Blauwgrasland ligt de GVG-referentie tussen de 18 en 7 centimeter onder maaiveld (SynBioSys) en 25 tot 0 centimeter onder maaiveld (Waternood). Meetreeksen van peilbuizen met een juiste filterstelling en juiste periode van opname voor analyse zijn

aanwezig voor de blauwgraslanden (peilbuis 172, 378, 384, 367, 381, bijlage 1, Tabel C). Voor GLG zijn filterdiepten vaak niet geschikt maar voor de GHG en GVG zijn de filterdieptes wel geschikt. De GVG blijkt deze tussen de 2 en 109 centimeter ten opzichte van het maaiveld te liggen. Alleen peilbuis 172, 381 en 367 voldoen aan de GVG-referentiewaarde van Waternood (zie bijlage 1, tabel C). Peilbuizen 378 en 381 liggen langs de diepe ruilverkavelingssloten en voldoen niet aan de GVG referentie.

De peilbuizen in Vochtig Alluviaal bos geven een GVG range tussen de +19 centimeter op maaiveld en 27 centimeter onder het maaiveld. Van de 6 locaties voldoen peilbuis 880 en 882 niet en hebben een afwijking van ongeveer 10 centimeter (zie bijlage 1, tabel B).

GVG Achter de Voort

De bodemkundige eigenschappen (keileem in de ondergrond) van Achter de Voort zorgen ervoor dat het dat diep wegzakken van de GLG niet of nauwelijks stuurbaar is. Beoordelen van maatregelen op GLG is daarmee ook weinig zinvol en men kan beter kijken naar GVG. Uitgaande van de peilbuisanalyse blijkt de GVG tussen de +12 en 19 centimeter - maaiveld te liggen (fig. 36). Hieruit kunnen we concluderen dat er voor zowel Vochtig Alluviaal bos als Eiken-haagbeukenbos ten aanzien van GVG geen doelgat is (zie ook bijlage 2).

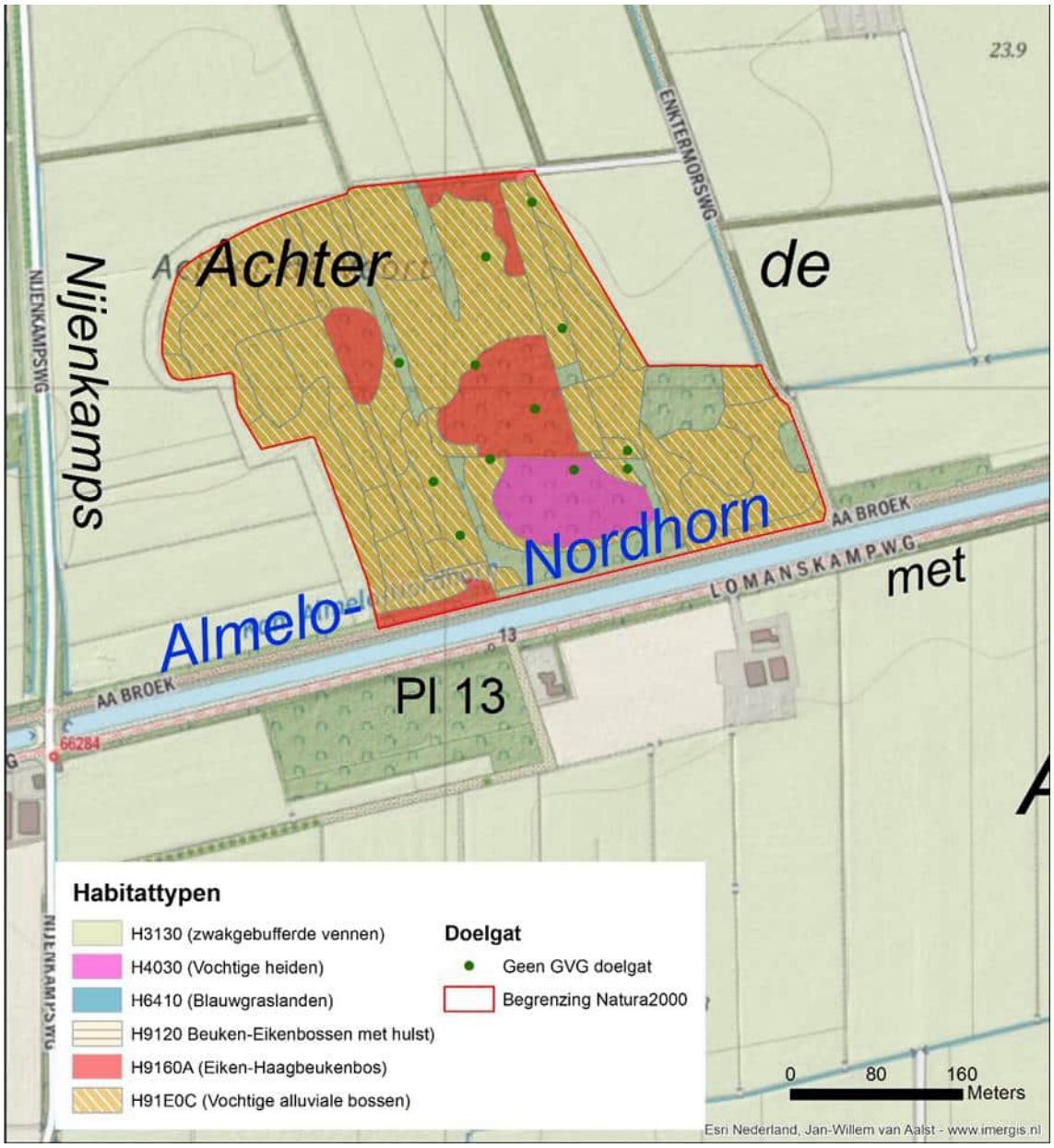


Fig. 36. De GVG-standen in Achter de Voort berekend uit de peilbuisgegeven. De GVG-standen passen allemaal binnen de range van de voorkomende habitattypen.

3.7 Synthese

Voor 6 representatieve raaien in Achter de Voort, Ageler- en Voltherbroek zijn de veldgegevens en data uit literatuur en referentiedatabases samengevoegd in zogenaamde dwarsprofielen. In deze dwarsprofielen wordt weergegeven:

- Hoogteprofiel van het maaiveld aan de hand van AHN ten opzichte van NAP (zwarte lijn);
- Aanwezigheid van sloten en beken en de diepte ervan ten opzichte van maaiveld (zwarte balken verticaal naar beneden);
- Aanwezigheid van slecht doorlatende lagen en de diepte ervan binnen de boordiepte (grijs en bruine balken);
- GHG (donker blauwe lijn);
- GLG (lichtblauwe lijn);
- GLG-referentie behorend bij het desbetreffende habitattype (lichtgroene band);
- Habitattypen en het voorkomen ervan langs de raai (gekleurde balken boven de figuur);
- Inundatiezones tijdens de winterverkenning (zwarte balken boven de raai);
- Grond en oppervlaktestroming van water (blauwe pijlen);
- Toponiemen van de diepste sloten en beken.

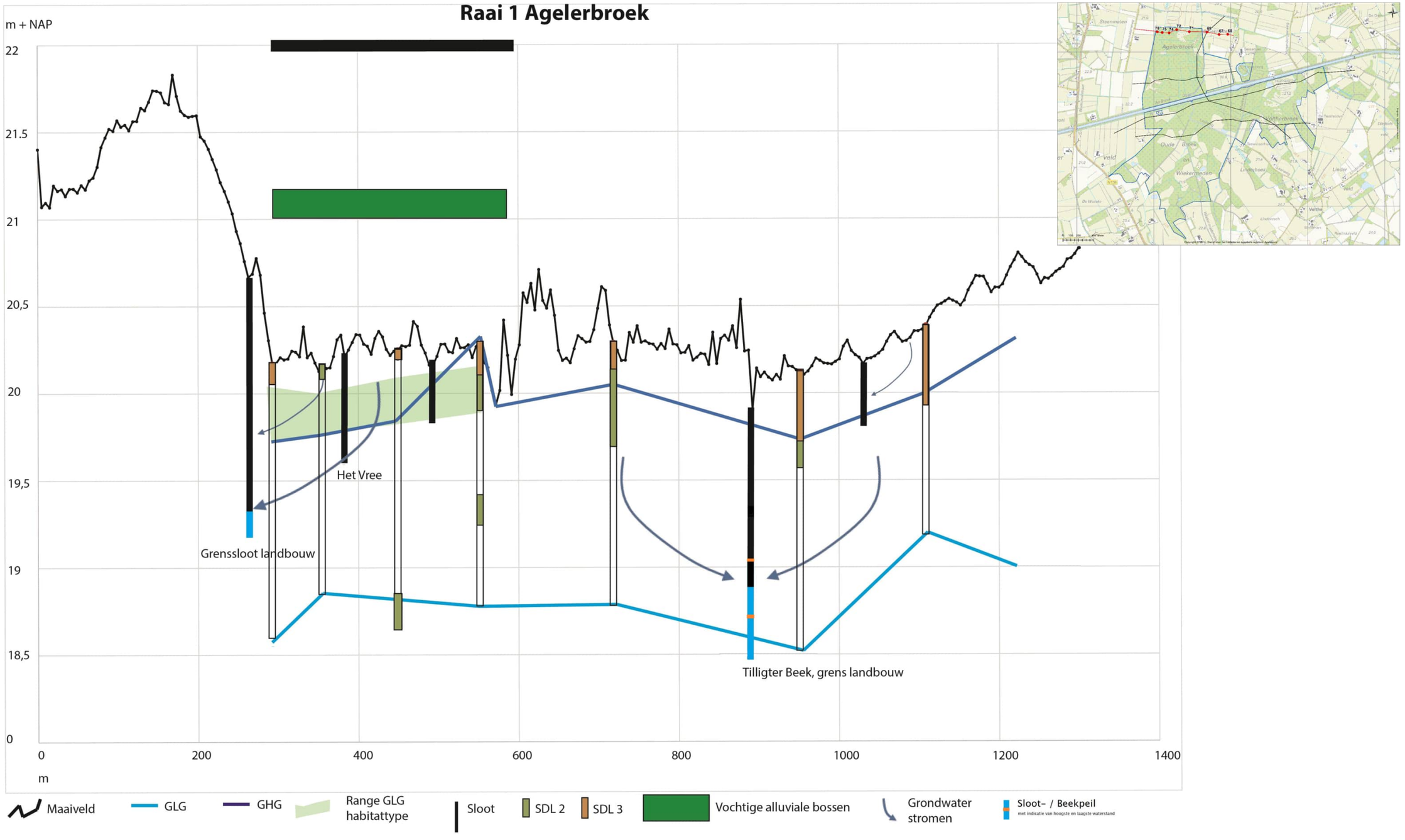
Raai 1 Agelerbroek

In de meest noordelijk raai in het Agelerbroek bereikt de gemiddelde hoogste grondwater stand (GHG) het maaiveld nergens (fig. 38). In de omgeving van het Vree wordt het grond- en neerslag water enige tijd vastgehouden. In droge perioden zorgen de diepe sloten en de Tilligterbeek voor enorme ontwatering en zakt het grondwater snel weg. Daarbij speelt lokaal ook dat de verdamping van de bossen dit effect versterkt zoals ook bekend is van naaldbos (Elbers et al., 1996). De lokale ondiepe ontwateringen hebben slechts een gering effect op de GHG, behalve het Vree, de ruilverkavelingssloot aan de westrand en de Tilligterbeek. Interne ontwatering is veelal (zie fig. 19b) niet aangesloten op de Tilligterbeek en alleen in het voorjaar onttrekken de lange, in de gradiënt van de hoogte liggende interne watergangen water uit het gebied. Deze recht en niet onderbroken sloten parallel aan de hoogtegradiënt, voeren versneld water af uit het gebied (zie ook bijlage 5, sloten in dekzandruggen). De gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) wordt daardoor met name beïnvloed door de diepe westelijke grenssloot, de diepe interne watergangen en Tilligterbeek. In 1946 kwamen hier grote zeggenmoerassen en jonge alluviale bossen voor (fig. 37).

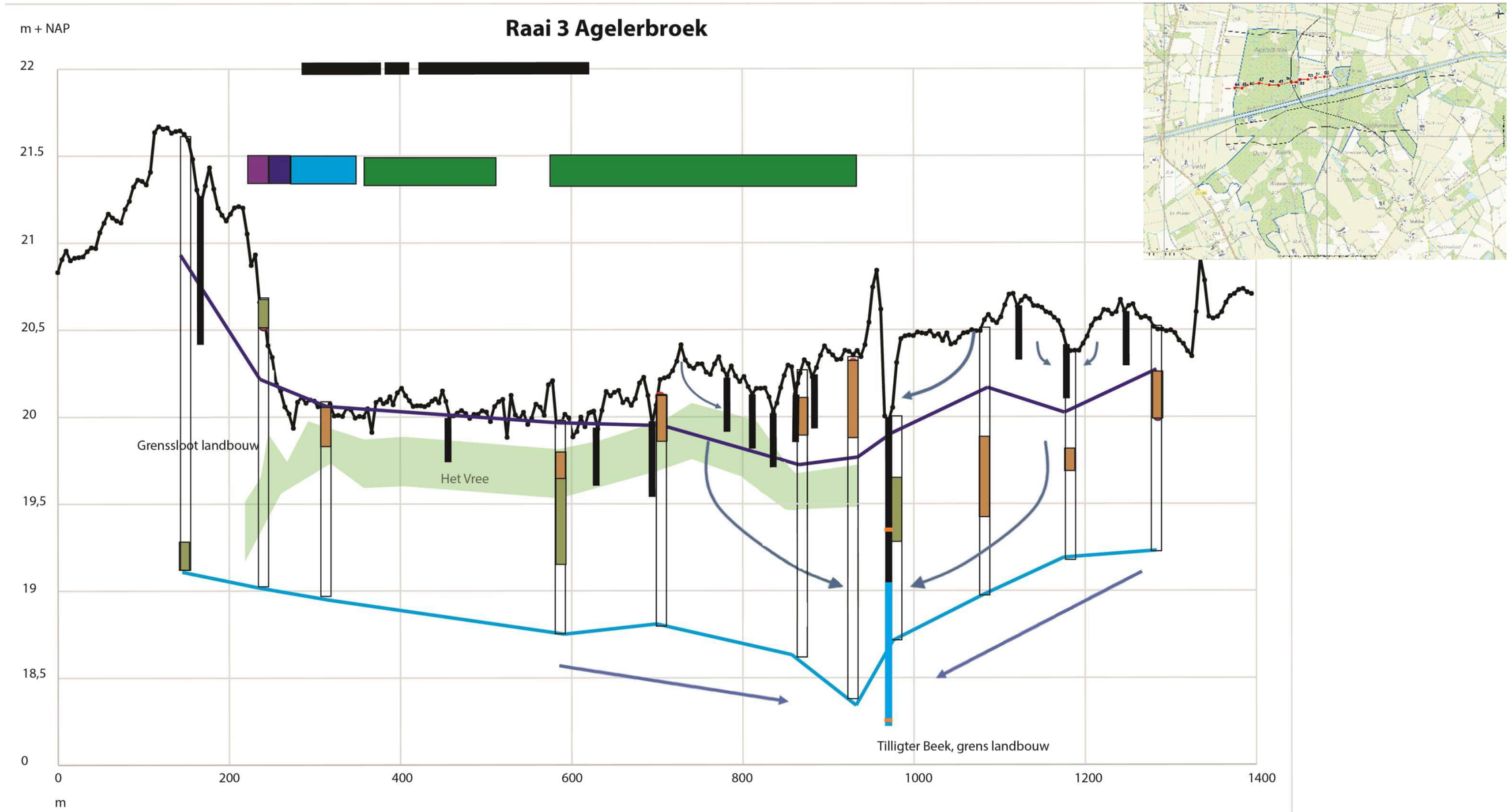


Figuur 37. Noordzijde Agelerbroek in 2016 met hoofdzakelijk rietgras, grote brandnetel en braam en 1946 gele lis en grote zeggen. Foto: H. Smeenge 2016 & Van Dijk, 1946.

Het peil van de Tilligterbeek ter hoogte van raai 1 zakt in de droge perioden in de zomer weg tot 18,7m +NAP (Sobek model). Ook de westelijke landbouwsloot heeft een laag zomerpeil (ongeveer 19,3 +NAP) waardoor het grondwater in de zomer aan de gehele noordzijde van het Agelerbroek diep onder maaiveld staat. Het Vree ligt dieper dan de slecht doorlatende lagen die er voor komen en draineert het gebied met de hoogtegradient mee. De ten oosten van het Vree gelegen sloot ligt nog in een slecht doorlatende laag en heeft minder invloed op de GLG.
Het doelgat van vochtige alluviale bossen is ter hoogte van raai 1 erg hoog (>100cm) en wordt met name veroorzaakt door de zeer lage GLG aan de gehele noordzijde. De locaties waar vroeger grote zeggenmoerassen kenden en ook waar vochtige alluviale bossen van hogere kwaliteit stonden zijn nu verdroogd en kennen momenteel een GLG van 120-140 - mv.



Figuur 38. Dwarsdoorsnede door Agelerbroek: raai 1. De doorsnede laat het maaiveldverloop zien met daarin de GHG (donkerblauwe lijn), GLG (lichtblauwe lijn), de boorprofielen met de zwaarte van de slecht doorlatende lagen (2 = matig slecht doorlatend en 3 = slecht doorlatend). Boven het maaiveld geven balken inundatiezones en aanwezigheid van habitattypen aan. De lichtgroene balk in de doorsnede is de optimale GLG range voor het aanwezige habitattype. Bij Vochtige alluviale bossen kan dit zowel Elzenzegge-Elzenbroek of Vogelkers-Essenbos zijn met hun eigen optimale ranges (zie bijlage 4). Het verschil tussen deze GLG range en de actuele GLG is het doelgat.



Figuur 39. Dwarsdoorsnede door Agelerbroek: raai 3. De doorsnede laat het maaiveldverloop zien met daarin de GHG (donkerblauwe lijn), GLG (lichtblauwe lijn), de boorprofielen met de zwaarte van de slecht doorlatende lagen (2 = matig slecht doorlatend en 3 = slecht doorlatend). Boven het maaiveld geven balken inundatiezones en aanwezigheid van habitattypen aan. De lichtgroene balk in de doorsnede is de optimale GLG range voor het aanwezige habitattype. Bij Vochtige alluviale bossen kan dit zowel Elzenzegge-Elzenbroek of Vogelkers-Essenbos zijn met hun eigen optimale ranges (zie bijlage 4). Het verschil tussen deze GLG range en de actuele GLG is het doelgat.

Raai 3 Agelerbroek

Halverwege het Agelerbroek zien we een GHG die in het reservaat minder diep wegzakt en leidt tot plas-dras en ondiepe (ca. 20 cm) plasvorming in de winter (fig. 39). Ter hoogte van de Tilligterbeek worden de laagste GLG standen gemeten.. De westelijke grenssloot vangt in natte situaties grondwaterwater af vanuit de hoge rug met het landbouwperceel maar staat in de zomer vaak droog ter hoogte van raai 3.

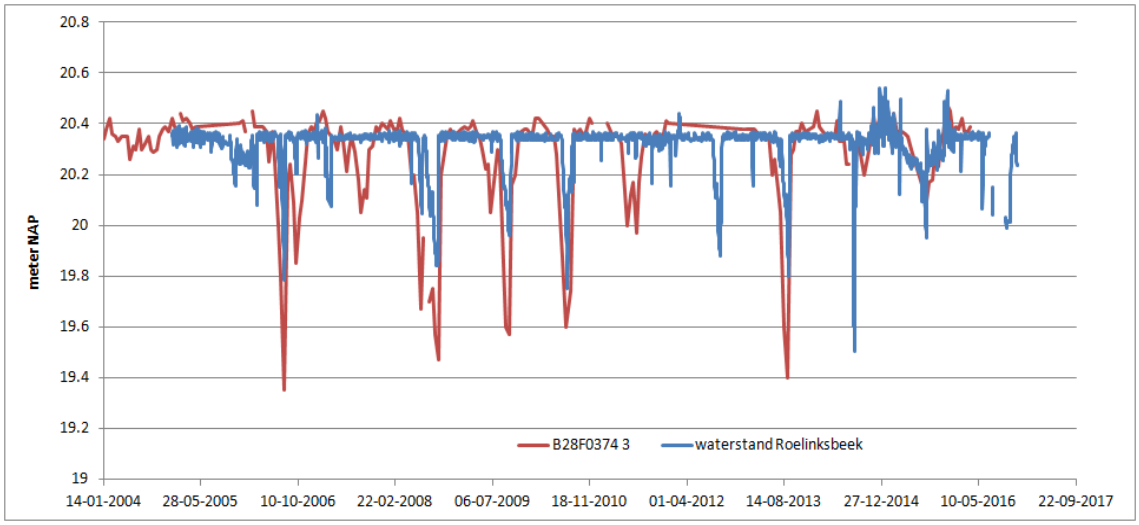
Het blauwgrasland ligt hier op beekeerdgrond en is in sterke mate afhankelijk van opbolling van grondwater in de hogere rug ten westen van dit grasland dat resulteert in kwel. Vroeg wegzakken van het grondwater in deze hoge rug resulteert in het afnemen van de kwel. De drooglegging in het Agelerbroek door diepe watergangen als de Tilligterbeek is in de zomer tussen de 145 en 130 centimeter en leidt dan samen met de verdamping van de vegetatie tot diepe grondwaterstanden. De verdroging heeft geleidt tot het verdwijnen van zeldzame vegetatie in het Agelerbroek (fig. 40)



Figuur 40. Trilveen in het New Forest, Engeland en situatie rechts in Agelerbroek waarbij het trilveen is verdwenen. Foto's: H. Smeenge.

Raai 5 Voltherbroek

In het Voltherbroek (raai 5, fig. 42) zien we een vergelijkbaar beeld met raai 3 in het Agelerbroek. De GHG wordt nauwelijks door de interne ondiepe ontwateringen beïnvloed, want deze voeren niet of nauwelijks water af door bladval etc. De Roelinksbeek heeft weinig effect op de omgeving door de opstuwing. Nabij de Roelinksbeek staat peilbuis PB B28F0374-3. Volgens de gegevens uit deze buis is de GLG ca 60 cm -mv (19,78 +NAP) en de GHG ca +3 cm +mv (20,38 NAP) (fig.41). Het peil van de Roelinksbeek is hier ongeveer 20,35 +NAP. Hieruit blijkt dat de Roelinksbeek niet drainerend werkt ter hoogte van Raai 5. In deze zone blijkt eerder een infiltratie van de Roelinksbeek.



Figuur 41. Peilen peilbuis nabij Roelinksbeek en waterstand (blauw) Roelinksbeek

Doordat deze raai vlakbij de stuw ligt zien we dichtbij de Roelinksbeek wel een sterk ontwaterend effect door het peilverschil. Dit betekent dat er wel wegzijging plaatsvindt naar de benedenstroomse kant van de stuw. Dit is het effect van de Tilligterbeek. Fig. 42 geeft met de GLG-lijn ter hoogte van de Roelinksbeek dan ook voornamelijk het peil van de Tilligterbeek weer en niet zozeer de invloed van de Roelinksbeek. De landbouwenclave heeft een eigen peil doordat er een kleine kade met eigen ontwatering is aangelegd (Foto's hieronder). Het peil van dit laag gelegen deel bij Scholten Meilink is ten tijde van deze studie niet bekend en dit wordt gezien als een kennislacune. De ontwatering ervan stroomt naar de Peiingsbeek en verdwijnt in de onderduikering die benedenstrooms van de stuw bij de Roelinksbeek uitstroomt. Dit eigen peilvak heeft een groot effect op de GXG's als we kijken naar de GLG schattingen van de bodemprofielen. Ook de Peijingsbeek heeft een duidelijk drainerend effect op het gebied en samen met de lage ligging van dit gebied resulteert dat in een lage GLG die naar het westen wegduikt.

Doordat de decennia lange ontwatering zijn op een aantal locaties Elzenbroekbos gedegradeerd tot Vogelkers-Essenbos. Omdat dit onder bepaalde omstandigheden ook als habitattype classificeert is het doelgat daar minder groot. Deze transecten maken inzichtelijk op welke plekken sprake is van een natuurlijk Vogelkers-Essenbos en gedegradeerde Elzenbroekbossen. Vooral de omgeving van de Voltherbeek is sterk verdroogd, mede gezien de sterk afwijkende referentiegrondwaterstanden van de bodemtypen. Rondom de Voltherbeek zien we licht divergerende GLG maar de exacte invloed van de beek is nader te bepalen aan de hand van de hydrologische modelstudie.



Foto's Voltherbroek. Links: Verschil tussen stuwpeil en eigen ontwatering in het laag gelegen deel van de noordwestelijke landbouwenclave (Scholten Meilink). Midden: de onderduikering van de Peiingsbeek in het laag gelegen deel. Rechts: niveauverschil tussen Roelinksbeek en Tilligterbeek/ Hollandsegraven. Foto: H. Smeenge.

Raai 6 Voltherbroek

Deze raai loopt op de grens van de dekzandruggen en vlakkere broekgronden en kruist naast alluviaal bos ook blauwgrasland. Door het ontbreken van leem in de dekzandruggen zien we een sterke opbolling van grondwater. Vermoedelijk vormt deze opbolling een belangrijke basis voor de basenaanvoer. De westelijke grenssloot heeft een sterk verdrogend effect op de laagste grondwaterstand (fig.43). De sloot is 150-160 centimeter diep en de waterdiepte wisselt sterk. In de zomer valt ze vrijwel geheel droog. De aanwezigheid van slecht-doorlatende lagen ondiep in de bodem (tussen 0-160 -mv, zie fig. 43) zorgt ervoor dat GLG niet in hoge mate wordt beïnvloed door ondiepe sloten en greppels die deze lagen niet doorsnijden.

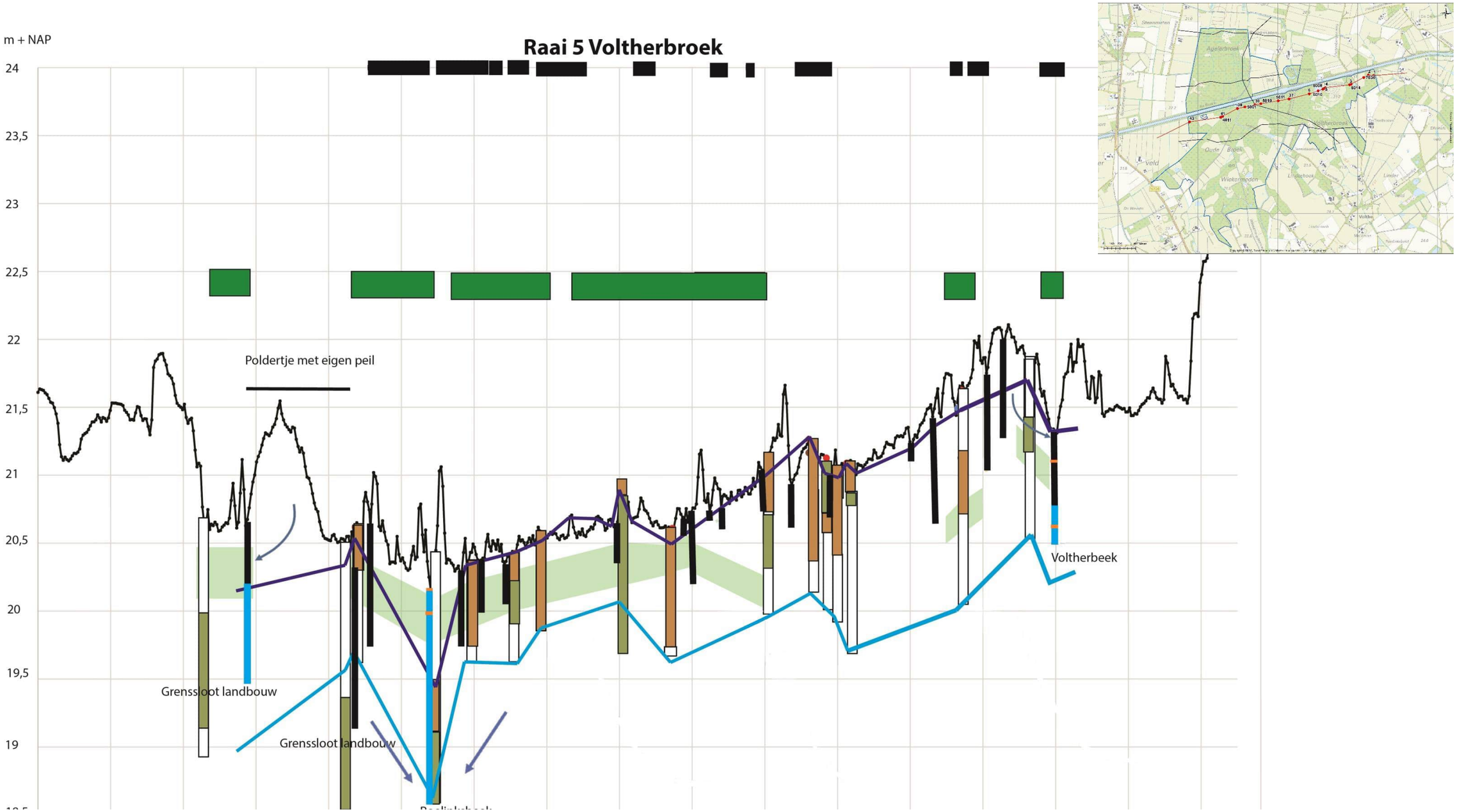
Door de bekading van de Roelinksbeek is de oppervlakkige afvoer van water gestremd en de stagnatie van water in laagten toegenomen. Het water in het lage deel van het Voltherbroek kan hier niet afwateren in de Roelinksbeek omdat de kade langs de Roelinksbeek dit verhindert. Hierdoor stagneert een deel van dit water en wordt er ook water (in de bossen) naar zuidelijke richting gedwongen waar het hoger in de Roelinksbeek kan stromen. Deze tegennatuurlijke waterstroming is kenmerkend voor dit deel van het gebied. Sporadisch komt inundatie voor ten tijde van hoge waterstanden (regenperioden in de winter).

De Roelinksbeek lijkt ter hoogte van raai 6 de GLG enigszins te beïnvloeden al is het GLG patroon erg grillig hier door de aanwezigheid van klei en leemlagen. De GLG ligt hier lager dan dat deze in raai 5 ligt. De daling van de GLG rondom de beek ter hoogte van raai 6 wordt waarschijnlijk mede veroorzaakt door het lage peil dat de Roelinksbeek hier kan hebben. Slechts een locatie (ten westen van de Roelinksbeek lijkt een hogere GLG te hebben maar dit kan ook worden gevormd door de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen in de top van deze bodem. Het beeld van de GLG in deze omgeving (wanneer we in een straal

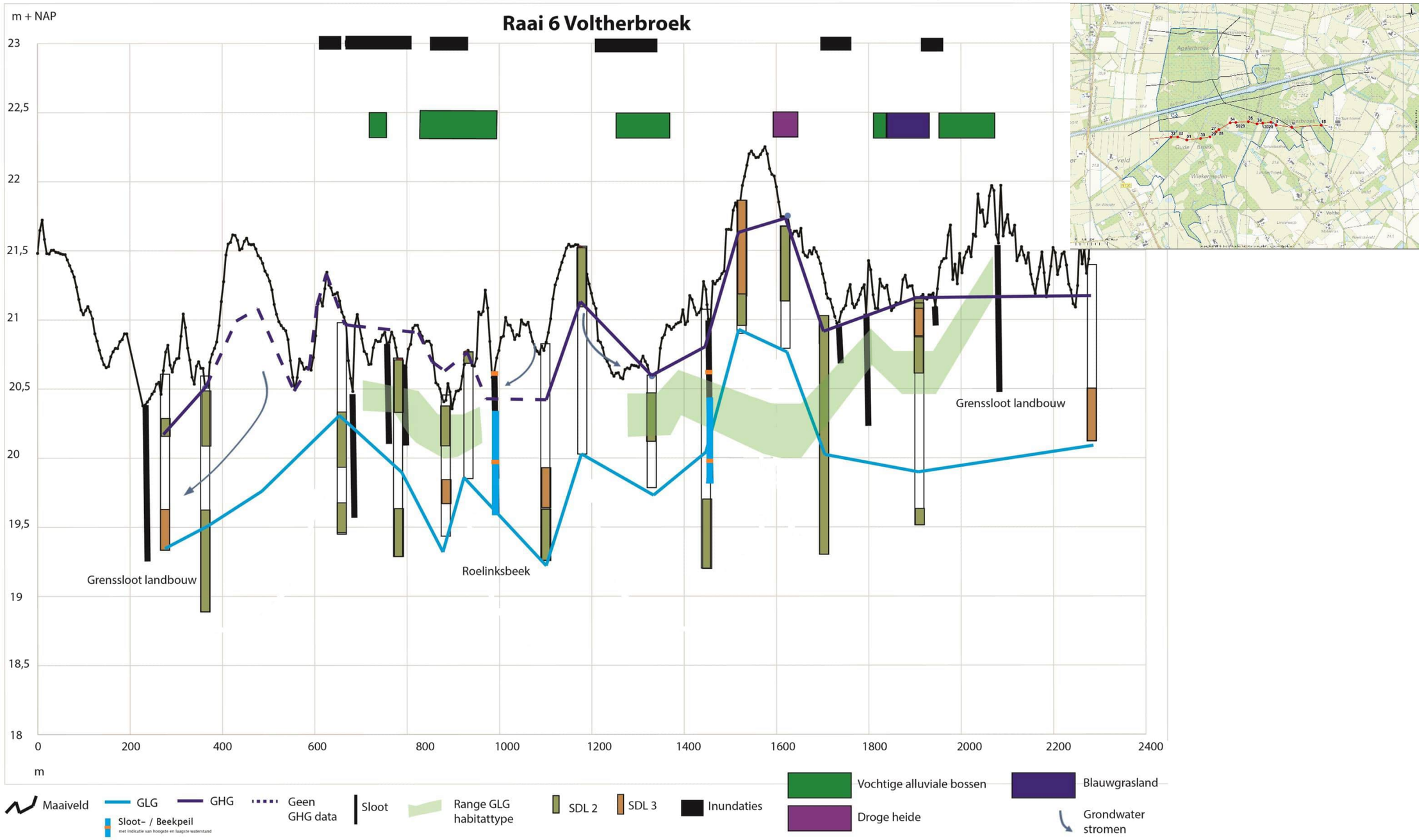
van 150m kijken west en oost van de beek) is een beeld van wegzakken van de GLG rondom de Roelinksbeek. Dit betekend dat voor het dichten van het GLG-doelgat, maatregelen voor de Roelinksbeek nodig zijn.

Raai 10 Agelerbroek en Voltherbroek

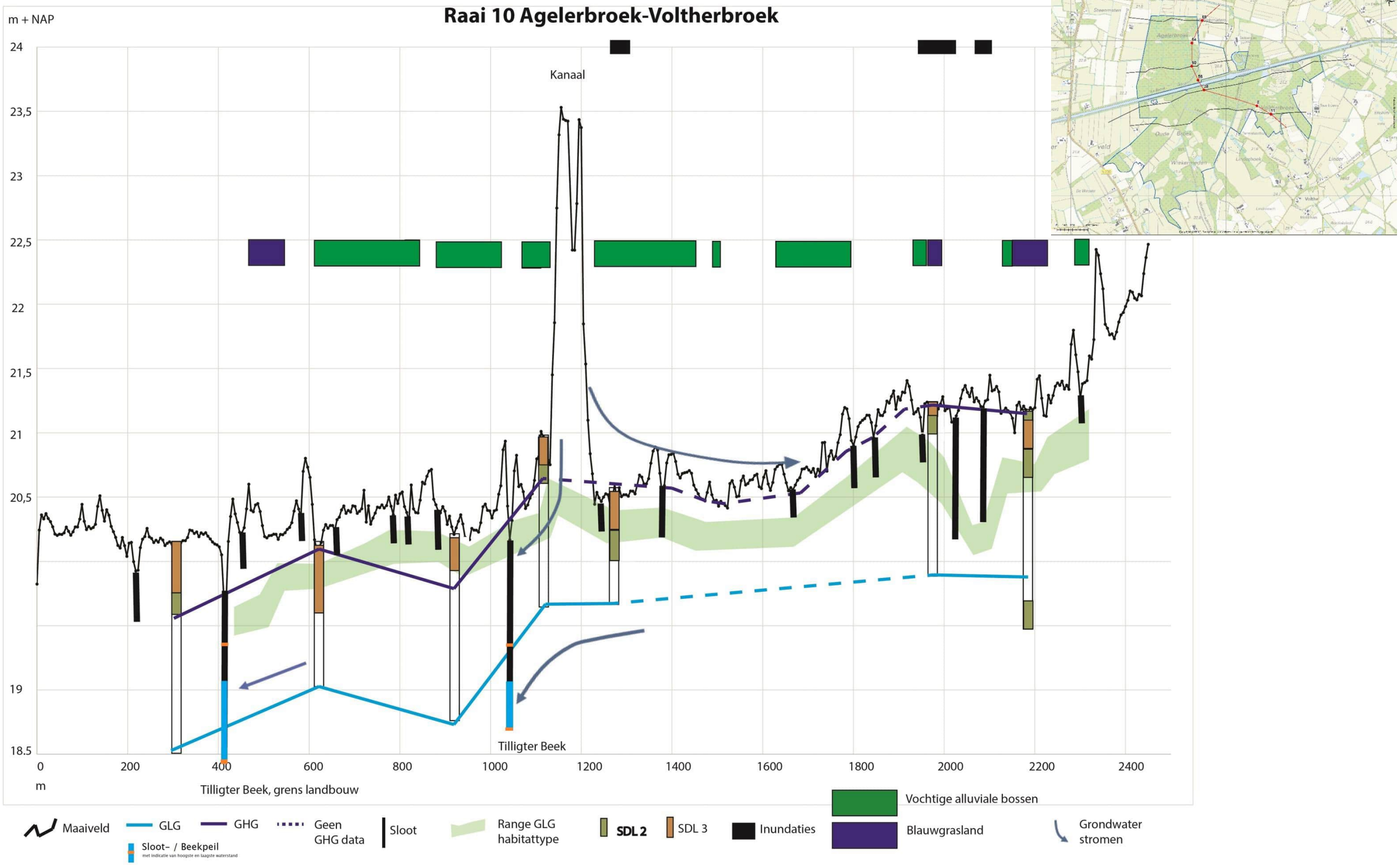
Het natuurlijke gradiënt heeft een verhang vanaf de Oldenzaalse stuwwal naar het noorden. In raai 10 komt dit duidelijk tot uiting (fig. 44). In het zuidoosten draineren de oude oostelijke loop van de Roelinksbeek uit 1899 en de sloten uit de periode 1959-1962, de zogenaamde A2-werken de omgeving van het blauwgrasland. Deze sloten staan ook op de huidige waterschapslegger.
Het Almelo-Norhornkanaal vormt de grens tussen het Voltherbroek rechts en Agelerbroek links. Het peil van het kanaal is NAP +21,35 m. Het Voltherbroek wordt in de winter door kanaalkwel gevoed. Tijdens het veldwerk werd stroomde de oostelijke greppel langs wandelpad richting Volthe over een lengte van ruim 500 meter naar het zuiden, stroomde over het wandelpad en vervolgens het elzenbroekbos in. Het aangrenzende bos daarentegen stond geheel droog. Het Agelerbroek wordt ter hoogte van deze raai geheel door de Tilligterbeek gedraineerd.



Figuur 42. Dwarsdoorsnede door Voltherbroek: raai 5. De doorsnede laat het maaiveldverloop zien met daarin de GHG (donkerblauwe lijn), GLG (lichtblauwe lijn), de boorprofielen met de zwaarte van de slecht doorlatende lagen (2 = matig slecht doorlatend en 3 = slecht doorlatend). Boven het maaiveld geven balken inundatiezones en aanwezigheid van habitattypen aan. De lichtgroene balk in de doorsnede is de optimale GLG range voor het aanwezige habitattype. Bij Vochtige alluviale bossen kan dit zowel Elzenzegge-Elzenbroek of Vogelkers-Essenbos zijn met hun eigen optimale ranges (zie bijlage 4). Het verschil tussen deze GLG range en de actuele GLG is het doelgat.



Figuur 43. Voltherbroek: raai 6. De doorsnede laat het maaiveldverloop zien met daarin de GHG (donkerblauwe lijn), GLG (lichtblauwe lijn), de boorprofielen met de zwaarte van de slecht doorlatende lagen (2 = matig slecht doorlatend en 3 = slecht doorlatend). Boven het maaiveld geven balken inundatiezones en aanwezigheid van habitattypen aan. De lichtgroene balk in de doorsnede is de optimale GLG range voor het aanwezige habitattype. Bij Vochtige alluviale bossen kan dit zowel Elzenzegge-Elzenbroek of Vogelkers-Essenbos zijn met hun eigen optimale ranges (zie bijlage 4). Het verschil tussen deze GLG range en de actuele GLG is het doelgat.



Figuur 44. Dwarsdoorsnede door Agerbroek en Voltherbroek: raai 10. De doorsnede laat het maaiveldverloop zien met daarin de GHG (donkerblauwe lijn), GLG (lichtblauwe lijn), de boorprofielen met de zwaarte van de slecht doorlatende lagen (2 = matig slecht doorlatend en 3 = slecht doorlatend). Boven het maaiveld geven balken inundatiezones en aanwezigheid van habitattypen aan. De lichtgroene balk in de doorsnede is de optimale GLG range voor het aanwezige habitattype. Bij Vochtige alluviale bossen kan dit zowel Elzenzegge-Elzenbroek of Vogelkers-Essenbos zijn met hun eigen optimale ranges (zie bijlage 4). Het verschil tussen deze GLG range en de actuele GLG is het doelgat.

Raai 15 Achter de Voort

De invloed van het keileempakket is in het gebied zichtbaar; de hoge weerstand van de aanwezige klei en leemlagen leiden tot oppervlakkige kwel onder het dekzand en grote schommelingen tussen GLG en GHG. In de zomerperioden kan het water diep wegzakken (100 tot 150 cm onder maaiveld). In de omgeving van het natuurgebied bevinden zich sloten en buisdrainage maar deze liggen niet diep. In Achter de Voort is hydrologisch gezien vooral sprake van een sterke dynamiek in grondwaterstanden (fig. 46). Deze dynamiek wordt mede sterk gereguleerd door neerslag en verdamping vanwege de afwezigheid van greppels. Tijdens het veldbezoek in de winter werden grote delen van het reservaat als plas-dras opgenomen. In de zomer stonden deze delen droog. Stromend water kwam alleen voor in de oostelijke slenk, waar het oppervlakte water van noord naar zuid stroomde (fig. 45).



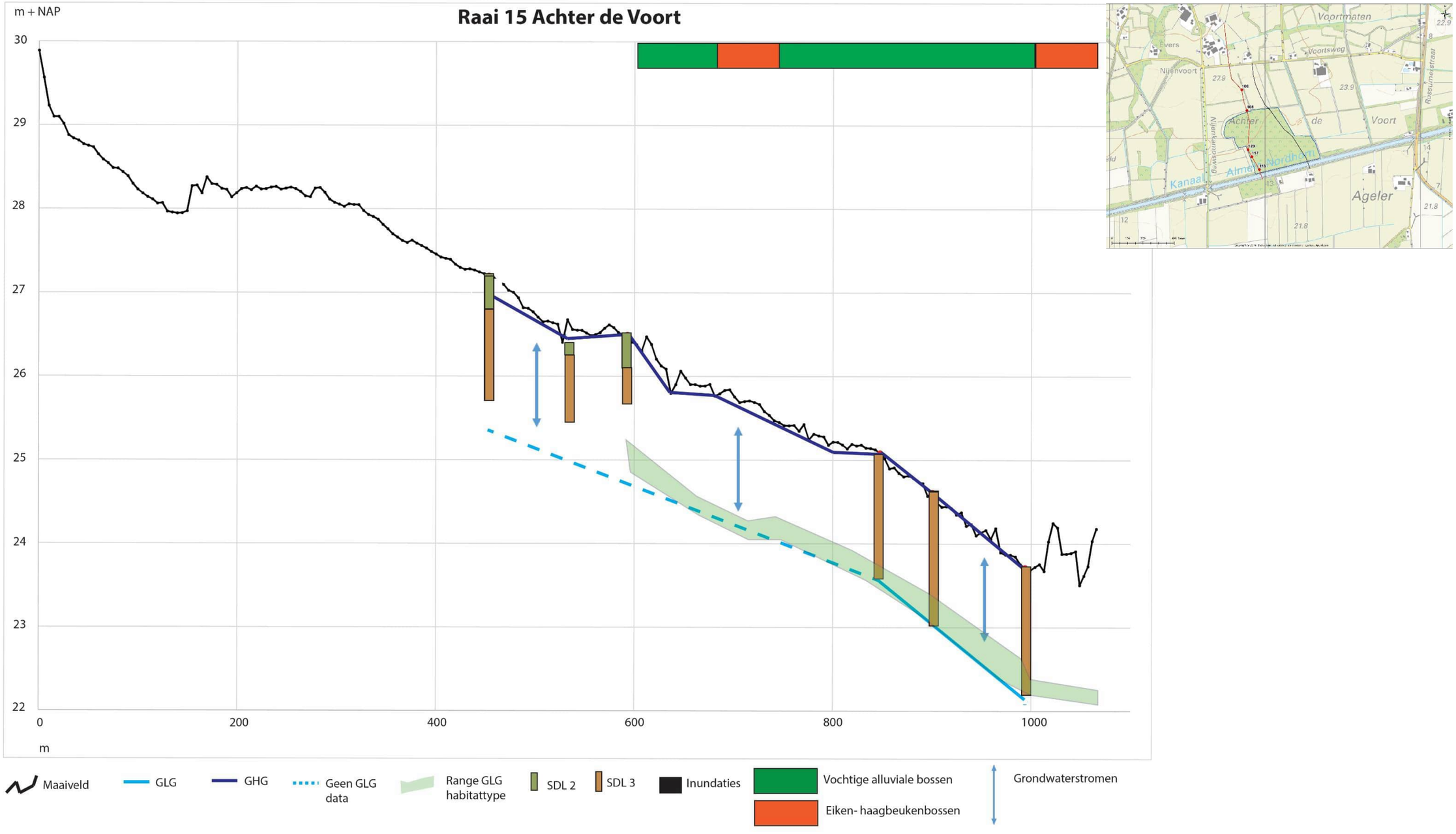
Figuur 45. Slenk met storingsvegetatie, gevoed met water vanuit de aangrenzende landbouwgronden in het noorden (rode pijlen). Foto: H. Smeenge.

Door de aanwezige ondiepe keileem kunnen voedingsstoffen niet diep in de bodem wegzakken en worden lateraal afgevoerd. Tot voor kort bevond zich aan de noordoostzijde van het gebied een ondiepe grenssloot, vergelijkbaar met de sloot op de foto figuur 47. Doordat de sloot in het noordoosten is gedempt (3e foto van links figuur 47) bestaat een risico op inspoeling van lateraal binnentredend landbouwwater (stromend over ondiepe keileemlaag in het zandpakket maar ook oppervlakkig over maaiveld, rode lijnen en blauwe lijnen figuur 47). Metingen geven aan dat dit water mogelijk rijk is aan nitraat (getuige ook de hoge sulfaat concentraties) (Lucassen & Roelofs 2016). Op de zandige overgang in de noordoosthoek van Achter de Voort groeien de voor dit gebied bijzonder doelsoorten van het Eiken Haagbeukenbos (2e foto van links figuur 47). In het laag gelegen deel (de slenk) stroomt ook water (oppervlakkig waarschijnlijk) vanuit het noorden toe en hier vertoond de vegetatie kenmerken van verruiging door mannagras (foto links figuur 47).

Een verhoging van de nutriëntgehalten in combinatie met meer droge omstandigheden leiden tot braamdominantie zoals deze aan de westzijde van het gebied zichtbaar zijn (fig. 48). In het voorjaar is er sprake van kwel en treedt duidelijk water vanuit de noordelijk aangrenzende landbouwpercelen uit in de slenk. Er is sprake van stromend water door de toestroom van lateraal grondwater. Dit uit zich in een dominante vegetatie van mannagras hetgeen indiceert dat het water inderdaad voedselrijk is. Het lijkt erop dat de nutriënten

nog niet in het zuidelijke deel zijn doorgedrongen. Dit deel staat 's winters plas dras tot blank, maar kent beperkt verruiging. Aangezien de GHG en GVG op orde lijken voor eiken haagbeukenbos is het mogelijk dat extra vernattingsmaatregelen leiden tot een afname van Eiken-haagbeukenbos ten gunste van Vogelkers Essenbos.

Het effect van de ontwatering in het noordelijk gelegen landbouwgebied heeft met dergelijk dunne zandpakketten een verwaarloosbaar effect op de GLG (zie bijlage 5) omdat deze ontwatering gedurende de zomerperiode ook droog staat. De ontwatering in de omgeving (enkele sloten aan de noordoost zijde en greppels aan de west zijde) speelt vermoedelijk ook *een geringe* rol van betekenis (zie analyse bijlage 5). Het verschil tussen GHG en GLG in Raai 15 (zie par. 3.7.) wijst op een situatie met weinig kwel of wegzijging. Het lijkt erop dat er weinig wisselwerking is met de watervoerende laag onder de keileemlagen.



Figuur 46. Dwarsdoorsnede door Achter de Voort: raai 15. De doorsnede laat het maaiveldverloop zien met daarin de GHG (donkerblauwe lijn), GLG (lichtblauwe lijn), de boorprofielen met de zwaarte van de slecht doorlatende lagen (2 = matig slecht doorlatend en 3 = slecht doorlatend). Boven het maaiveld geven balken inundatiezones en aanwezigheid van habitattypen aan. De lichtgroene balk in de doorsnede is de optimale GLG range voor het aanwezige habitattype. Bij Vochtige alluviale bossen kan dit zowel Elzenzegge-Elzenbroek of Vogelkers-Essenbos zijn met hun eigen optimale ranges (zie bijlage 4). Het verschil tussen deze GLG range en de actuele GLG is het doelgat.



Figuur 47. Systeemkenmerken aan de noordoostzijde van het reservaat. Zie tekst voor uitleg. De rode lijnen zijn indicatief voor voedselrijk water dat vanuit de aangrenzende landbouwgronden is aangetoond. De blauwe lijnen geven de stroming van zeer lokaal grondwater in het voorjaar aan. Foto's H. Smeenge



Figuur 48. Bramendominantie in de westhoek van het terrein. Bij het kanaal zien we een overgang van dotterbloemen naar gele lis met mannagras door enige stagnatie. Dit leidt niet tot ecologische problemen. Foto's H. Smeenge

3.8 Samenvatting systeemanalyse

Uit de systeemanalyse worden de volgende conclusies getrokken

Achter de Voort

- Achter de Voort kenmerkt zich door een dik keileem pakket en een sterke dynamiek in grondwaterstanden. De lage GLG is gebiedseigen en valt niet te beïnvloeden;
- De vegetatie vertoont kenmerken van vermesting, verdroging en verzuring met als gevolg een afname in kensoorten en een toename van de verbraming;
- Verzuring van de bodem wordt mogelijk veroorzaakt door de sterke wisselvochtigheid in combinatie met verzuring door zuur-strooisel producerende boomsoorten. Als gevolg is er uitloging van kationen door een neerwaartse en laterale doorspoeling van regenwater.
- De dominantie van eik resulteert in een dik strooiselpakket bestaande uit eikenblad. Dit werkt verzurend. Het strooiselpakket is echter licht gebufferd, waarschijnlijk door aanwezigheid van functionerende nutriëntenpomp;
- Het doelgat, gebaseerd op een optimale GLG voor vegetatie is in Achter de Voort gemiddeld 30 cm. Van een veel groter belang is de GVG, maar deze is voor Achter de Voort op orde. Er zijn daarom geen hydrologische maatregelen nodig (maar zie maatregelen). Het knelpunt is de toestroming van voedingsstoffen vanuit de omliggende landbouwgronden, specifiek vanuit het noorden en noordoosten.

Agelerbroek en Voltherbroek

- De bodemkaart laat een complex patroon in Ageler- en Voltherbroek zien met veen, klei en zand. Veen komt voor in het Agelerbroek. Het Voltherbroek kenmerkt zich door een dik pakket klei en leem afkomstig van overstromingen uit de IJzertijd en middeleeuwen (Smeenge in prep.);
- De GLG en GVG zijn in het Ageler- en Voltherbroek sterk gedaald na uitvoering van de ruilverkaveling en A2- werkzaamheden in de jaren 50;
- De overstromingsdynamiek vanuit het Dinkelsysteem is in het Agelerbroek en Voltherbroek na ruilverkaveling verdwenen;
- Door ontwatering is trilveen (Alkalisch laagveen) in het Agelerbroek tussen 1946 en 1958 verdwenen;
- Basen-minnende soorten zijn sterk afgenomen of verdwenen door ontwatering in eerste plaats (afname kwel). De verdamping en verdere verlaging GVG en GLG door opgroeiend Elzenbos, Eiken Haagbeukenbos en Grove den heeft het effect waarschijnlijk vergroot;
- De vegetatie vertoont over het algemeen sterke kenmerken van verdroging en verzuring (door verdroging, de afname van kwel in de bovengrond en de aanwezigheid van zuur strooiselsoorten);
- Westelijke grenssloot Voltherbroek (Sloot bij Wonderboer) is deels gedempt na multifunctionele ruilverkaveling 2002. Doordat de sloot over grote afstanden nog

diep in het landschap ligt is de verdroging aan de westzijde van het Voltherbroek deels aan deze sloot te wijten.

- Stagnatie van water in de winterperiode vindt plaats in met name de laag gelegen delen waar ook water toestroom is vanuit de Roelinksbeek. Deze is tijdelijk van aard maar kan resulteren in interne eutrofiering;
- Alle ontwateringen die *vanaf* de markedeling 1870 zijn aangebracht liggen laag in het landschap en sorteren daar grote ecologische effecten in veenmineralisatie en verminderde basenvoorziening in de wortelzone van habitattypen.
- Detailontwatering *voor* 1870 zijn momenteel maximaal 70 centimeter diep en liggen in de bovenstrooms gelegen beekdalen; De vegetaties in deze beekdalen waren tot 1946 in uitzonderlijke goede staat (zie betreffende kaarten en vegetatiebeschrijving).
- Het doelgat gebaseerd op optimale GLG voor vegetatie is groot: in het Agelerbroek is dat doelgat gemiddeld ongeveer 75cm, met uitschieters van >105cm, in het Voltherbroek is het doelgat gemiddeld 35cm;
- Diepe, recente wateren (bijvoorbeeld in het zuidelijk deel van het Voltherbroek en het laag gelegen deel bij Scholten Meilink in het westen van het Voltherbroek) hebben negatieve effect op instandhouding van de habitattypen.

4 Natura 2000-doelen

Voor het N2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek zijn de volgende doelen met betrekking tot oppervlak en kwaliteit opgesteld (tabel 3). De habitattypen blauwgrasland en vochtig alluviaal bos en de habitatsoort Kamsalamander hebben voor zowel oppervlak als kwaliteit een uitbreidingsdoel. Voor de habitattypen eiken haagbeukenbos en zwakgebufferde vennen geldt dat deze in stand moeten worden gehouden. Voor de Zeggekorfslak geldt dat het oppervlak van het leefgebied in stand moet worden gehouden en de kwaliteit moet verbeteren.

Tabel 3. N2000 doelen zoals gedocumenteerd in het PAS besluit (Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied 2013) Uitbreidingsdoel wordt weergegeven met >, instandhoudingsdoel wordt weergegeven met =.

Habitattype	Natura 2000-doel oppervlak	Natura 2000-doel kwaliteit
H6410 (blauwgraslanden)	>	>
H9160A (eiken haagbeukenbos)	=	=
H91E0C (vochtige alluviaal bos)	>	>
H3130 (zwakgebufferde vennen)	=	=
H1016 (zeggekorfslak)	=	>
H1166 (kamsalamander)	>	>

5 Actuele status van de habitattypen

5.1 Toestand van de habitattypen en habitatsoorten

Habitattypen

H3130: Zwak gebufferde vennen

Dit habitattype komt alleen voor in een gegraven poel in het westelijk deel van het Agelerbroek. Hier komt de basen-minnende associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid voor, geflankeerd door een soortenarme associatie van het kleine zeggemoeras namelijk de associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge. De vegetatie is stabiel en wordt jaarlijks gemaaid. Dit type ligt laag in de gradiënt waardoor grondwaterinvloed-indicerende soorten als Waterdrieblad voorkomen. In het Agelerbroek komt de associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, typische subassociatie (09A3-a) voor. Dit is de meest soortenarme associatie binnen de gemeenschap van de Zwarte zegge. Blauwe zegge domineert lokaal. Op enkele plekken komt de rompgemeenschap Zwarte zegge en Moerassstruisgras (09A-a) voor. Op eutrofere delen gaan de zwakgebufferde vennen over naar grote zegge gemeenschappen en komt Scherpe zegge voor. Het betreft de Associatie van Scherpe zegge, soortenarme subassociatie. Ook hogerop liggen al snel vegetaties welke kenmerkend zijn voor meer zuurdere omstandigheden.

Knelpunten zoals vermeld in de PAS gebiedsanalyse:
1-Verminderde buffercapaciteit als gevolg van verzurende atmosferische depositie
2-Mogelijk verzuring door verminderde toestroming van grondwater.
3-Atmosferische depositie draagt bij aan vermesting.
4-Mogelijk vermesting door aanvoer voedingsstoffen via grondwater.

Van deze knelpunten zijn 2 en 4 in deze studie onderzocht. Knelpunten 1 en 3 hebben betrekking op de atmosferische stikstofdepositie.

H6410: Blauwgrasland

Het blauwgrasland is overwegend een soortenarme subassociatie (Pranger & Tolman 2011, 2011). Deze vorm kenmerkt zich in het Voltherbroek en in het Agelerbroek door hoog aandeel Moerasstruisgras. Kenmerkende constante soorten zijn: Spaanse ruiter, Blauwe zegge, Pijpenstrootje, Biezenknoppen, Blauwe knoop en Tormentil. In veel gevallen komt Spaanse ruiter en Blonde zegge niet (meer) voor en domineren Blauwe zegge, Biezenknoppen en Pijpenstrootje. Daarom moet men spreken van het type 16A-a-RG, rompgemeenschap van het type Blauwe knoop- Blauwe zegge. De trend van vergrassing (met name Pijpenstrootje) lijkt te zijn toegenomen in de periode 2010-2016 (observaties tijdens veldwerk).

In het Agelerbroek komt het blauwgrasland voor in mozaïek met type 16A-f-RG (rompgemeenschap van Veldrus-Veenmos in het Biezenknoppen en Pijpenstrootje verbond), 19-e-RG (rompgemeenschap van Pijpenstrootje in de klasse der hoogveenbulten en natte heiden) en 16-a-RG (rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem). De aanwezigheid van veenmossen in lagere delen toont een zekere invloed van regenwater in deze vegetatie (Pranger & Tolman 2011). In het westelijk deel van het Agelerbroek komt blauwgrasland in versnipperde vorm voor op de gradiënt van

vochtige heide naar het zwak gebufferde ven. Hier zijn kenmerkende soorten voor de gehele gradiënt van vochtige heide naar veldrusschraalland en zwak gebufferd ven in de laatste 20 jaar verdwenen. Het betreft hier soorten als Veelstengelige waterbies en Holpijp. De toestand van het blauwgrasland in het noordoostelijke deel van het Agelerbroek is matig. Kenmerkende soorten als Blonde zegge, Vlozegge en Spaanse ruiter ontbreken. Aanwezig zijn soorten als Blauwe zegge, Blauwe knoop en Gevlekte orchis. De vergrassing door Pijpenstrootje en Hennegras zijn kenmerkend voor de verdroging (en mogelijk vermesting) van dit deel van het gebied.

In het Voltherbroek is een redelijk ontwikkeld smalle strook blauwgrasland te vinden in het noordwesten waar het op de flanken ligt van een korte gradiënt van vochtige heide naar elzenbroekbos. Tevens is dit habitat te vinden in een perceel in het zuidoosten. In het Voltherbroek zijn de Associatie 11A1-b (Associatie van Moeraswolsfklauw en Snavelbies, soortenarme subassociatie) en de Veldrus associatie (16A2-a, veldrus associatie, typische associatie) aanwezig en liggen tegen het blauwgrasland aan. De aanwezigheid van veel soorten van zwakgebufferde milieus (Moerasstruisgras, Bruine snavelbies, Gewone dophei en Kleine zonendauw) en de oppervlakten ervan op landschappelijk gezien lage delen geeft aan dat de verdroging leidt tot een afname van basenrijk grondwater in de wortelzone en een toename van regenwaterinvloeden (verzuring) (Pranger & Tolman 2011, 2011). Beenbreek en Klokjesgentianen hebben zich ook uitgebreid ten opzicht van de kartering in 2010. In 2003 was er goed ontwikkelde blauwgrasland aanwezig met Spaanse ruiter en Blauwe knoop. Deze soorten zijn ook in 2010 en in 2016 gevonden. Blonde zegge en Vlozegge zijn niet gevonden in 2016. De goed ontwikkelde blauwgraslanden zijn in areaal afgenomen ten gunste van gedegradeerde vormen ervan (Pranger & Tolman 2011).

De blauwgraslanden van het Agelerbroek en het Voltherbroek zijn matig tot redelijk ontwikkeld. De blauwgraslanden komen voor op Beekeerdgrond of kleiige beekeerd en hebben zich ontwikkeld onder invloed van kwel. De trend van een lichte verzuring (als gevolg van verdroging en de afname van kwel) heeft geresulteerd in een afname van kensoorten als Spaanse ruiter (Pranger & Tolman 2011, 2011) en deze trend zet zich verder voort. Moerasstruisgras en Gewone Waternavel nemen in aantal toe (zie Pranger & Tolman 2011) en zijn kenmerkend voor verzuring door afname van de invloed van grondwater.

Dit habitattype zit ook ruimtelijk in de knel op de gradiënt van hoog naar laag omdat opschuiven naar lager gelegen delen (daar waar grondwaterinvloeden hoger zouden moeten zijn) niet mogelijk is zonder dat het ten koste gaat van Elzenbroekbos.

Knelpunten zoals vermeld in de PAS gebiedsanalyse:
1-Verzuring als gevolg van verzurende atmosferische depositie, het wegvallen van kwel en het stoppen van overstroming met grondwater en/of beekwater.
2-Verdroging als gevolg van verlaging regionale drainagebasis en interne ontwatering, interne eutrofiering.
3-Vermesting door atmosferische depositie of inspoeling.
4-Versnippering. De geïsoleerde ligging en beperkte omvang van blauwgraslanden.

Knelpunten 1 en 2 hebben betrekking op de hydrologie en zijn onderdeel van deze studie. De vermesting (intern) of door inspoeling van landbouwwater (knelpunten 2 en 3) zijn ook

onderdeel van deze studie. Knelpunten 3 en 4 gaan deels over atmosferische stikstof depositie en de geïsoleerde ligging.

H9160A: Eiken Haagbeukenbos (hogere zandgronden)

Eiken haagbeukenbos, typische subassociatie (43C1d) komt voor in het zuidelijke deel van het Voltherbroek en in het centrale deel van Achter de Voort. Op deze locaties is het redelijk ontwikkeld. In de randen van een sloot in het Voltherbroek staat in de subassociatie ook Gewone dotterbloem hetgeen kwel indiceert. Goed ontwikkelde Vogelkers-Essenbossen (43B-2) hebben zich ten opzichte van 2003 iets uitgebreid (Pranger & Tolman 2011, 2011). Rompgemeenschappen van de klasse 43 komen veelvuldig voor in Achter de Voort maar ook in het zuidelijke deel van het Voltherbroek. Veelal betreft het hier de rompgemeenschappen Gewone braam -Dauwbraam (43-g-RG) en Grote Brandnetel (43B-c-RG). Het eiken-haagbeukenbos is over het algemeen van redelijk goede kwaliteit met kenmerkende soorten als Gewone Salomonszegel, Bosanemoon, Witte Klaverzuring, Muskuskruid en Groot Heksenkruid. Echter op veel plekken komen stikstof-minnende soorten als Braam en Brandnetel voor (fig.49). Bijzonder is het voorkomen van Eenbes, die overigens een negatieve trend vertoont (Oling et al., 2015). De trendmatige ontwikkeling van de kwaliteit is negatief (deelgebied Achter de Voort), die van oppervlakte is stabiel (Oling et al., 2015).



Figuur 49 Verbraming in een voormalig grasland en randen van het Eiken Haagbeukenbos in Achter de Voort. Foto: H. Smeenge

In het Voltherbroek concentreert het habitat zich in zijn beste staat rond enkele paden in het zuiden van het gebied (deels particulier eigendom). Verbraming van dit habitattype is in Achter de Voort en Voltherbroek een actuele negatieve ontwikkeling welke ook al eerder in de laatste vegetatiekartering is vastgesteld (Pranger & Tolman 2011, 2011). Deze trend lijkt zich te hebben doorgezet. De trendmatige ontwikkeling van de kwaliteit is negatief (deelgebied Achter de Voort), die van oppervlakte is stabiel. Verbraming wordt doorgaans veroorzaakt door een toename in lichtbeschikbaarheid (Bijlsma 2004). Ook de verzuring als

gevolg van stikstofdepositie, uitloging van de bodem en de effecten van zuur-strooisel producerende bomen dragen bij aan verbraming (Bijlsma 2004). Deze verbraming leidt tot een sterke achteruitgang van voorjaarsflora, typerend voor het Eiken-haagbeukenbos. Ondanks dat de zuurgraad van het strooisel in Achter de Voort iets beter gebufferd is dan de onderliggende minerale bodem wordt de aanwezigheid van veel boomsoorten die zuur, moeilijk afbreekbaar strooisel (bladeren en takjes) produceren als een knelpunt gezien (Oling et al., 2015). Dit strooisel accumuleert namelijk tot dikke pakketten en heeft een negatief effect op de bodemontwikkeling (de Waal & Bijlsma 2003, Hommel & de Waal 2004). De dikke strooiselpakketten hebben een negatieve effect op de basen-minnende soorten als Bosanemoon en Eenbes.

Als knelpunten voor dit habitattype worden in de PAS gebiedsanalyse onderscheiden:
1-Uitloging van basen als gevolg van verzurende atmosferische depositie en verdroging;
2-Verdroging door ontwatering i.c.m. interne eutrofiering;
3-Verzuring door ontwatering;
4-Verzuring door ophoping van zuur strooisel door het overheersen van eik in de boomlaag;
5-Onvoldoende lichtinval op de bodem voor de voorjaarsflora;
6-Onvoldoende dikke levende en dode bomen.

Knelpunten 2 en 3 zijn onderdeel van deze studie. Knelpunten 1,3 en 4 spelen in op verzuring, door depositie, verdroging of door de dominantie van eik. Deze knelpunten worden behandeld in de maatregelen. Knelpunten 5 en 6 hebben betrekking op beheer.

H91E0C Vochtige alluviale bossen. (beekbegeleidende bossen)

Het overgrote deel van het Alluviaal bos in het Voltherbroek wordt ingenomen door Grauwe wilgstruwelen (in het noordelijke deel) en Elzen broekbossen (associatie van Grauwe wilg 36A2 en Elzenzegge-Elzenbroek, typische subassociatie 39A2a). De bossen zijn van goede kwaliteit en lijken natter te zijn geworden tussen de eerste kartering 2003 en de laatste kartering 2010 (Pranger & Tolman 2011). Goede kwaliteit in de natte delen blijkt uit het voorkomen van basen-minnende soorten als Gewone dotterbloem en gulden Grote boterbloem. Deze soorten werden zowel in 2010 als in 2016 gevonden. Ook de aanwezigheid van bosbies, waterviolier en Gewone wateraardbei geven aan dat delen van een goede kwaliteit zijn. Naar het oosten toe zijn de bossen echter sterk verdroogd in 2016 en worden grote delen verdroogde elzenbroek bossen gevonden waarin Framboos en Gewone braam, Hennegras of Grote brandnetels domineren (rompgemeenschap Grote brandnetel 39A-d, rompgemeenschap Gewone braam, 39A-b en Elzenzegge-elzenbroek, subassociatie van framboos, 39A2-d). De oppervlakten van deze rompgemeenschappen is ook in de zuidkant groot (Pranger & Tolman 2011) en lijkt toegenomen te zijn ten opzichte van de kartering van 2010. In het Agelerbroek is de rompgemeenschap van Gewone braam (39A-b-RG) sterk vertegenwoordigd aan de westzijde en langs de Tilligterbeek (oostzijde). De associatie van Grauwe wilg 36A2 komt veelvuldig voor in het centrale deel.

Het habitattype is het best ontwikkeld in de zuidwestelijke hoek van het Agelerbroek en het noordwestelijke deel van het Voltherbroek. In deze delen komen goed ontwikkelde vegetaties voor met Elzenzegge, Moeraszegge, Grote Boterbloem, Oeverzegge en Stijve zegge. In grote lijnen komt deze verspreiding van het goed ontwikkelde alluviale bos

overeen met de verspreiding van de Zeggekorfslak (zie aldaar). Deze bossen vormen tevens leefgebied van een drietal bedreigde dagvlinders: Grote weerschijnvlinder, Kleine ijsvogelvlinder en Bont dikkopje. Over het algemeen kan worden gesteld dat in het overgrote deel van het Agelerbroek, het Voltherbroek en Achter de Voort verdroogde versies (bovengenoemde rompgemeenschappen) van de vochtige beekbegeleidende bossen voorkomen (fig. 50). Hierin domineren Braam en soms Hennegras. In zowel Achter de Voort, het Agelerbroek als het Voltherbroek is de verbraming (de woekering van Braam) een gezichtsbepalend aspect geworden. De trend van verdroging heeft zich al eerder ingezet getuige de beschrijving in de laatste vegetatiekartering (Pranger & Tolman 2011, 2011) maar een toename van de verbraming is ook tijdens de veldverkenning van deze studie gevonden. Elzenzegge is de kwalificerende soort die nog het best tegen deze verdroging bestand is en komt nog gedurende lange tijd na het inzetten van de verdroging voor tussen de Braam en Brandnetel. Soorten als Melkeppe, Kleine Valeriaan en Grote Boterbloem zijn grotendeels verdwenen.



Figuur 50. Verbraamd Elzenbroekbos in het Voltherbroek. Foto: H. Smeenge

De knelpunten die zijn geïdentificeerd in de PAS gebiedsanalyse zijn:

1-Uitloging van basen als gevolg van verzurende atmosferische depositie, het wegvallen van kwel door ontwatering en het stoppen van overstroming met (niet te voedselrijk) beekwater.
2-Verdroging door ontwatering i.c.m. interne vermesting.
3-Vermesting door aanvoer van vermest grondwater vanuit de landbouw.
4-Onvoldoende (kleinschalige) lichtinval op de bodem door beperkte leeftijdsvariatie.
5-Onvoldoende (dikke) dode bomen.
6-Onvoldoende rafelige bosranden.
7-Plaatselijk: schade aan het bodemsysteem door gebruik van zware machines voor hakhoutbeheer.

Knelpunten 1, 2 en 3 zijn onderdeel van deze studie. Knelpunten 4 t/m 7 hebben betrekking op bosbeheer.

Habitatsoorten

Zeggekorfslak

Waarnemingen van de Zeggekorfslak waren bekend (2008,2009) en voor Voltherbroek en Agelerbroek is een aanvullende, inventarisatie uitgevoerd. Resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 51. De soort is niet aangetroffen in Achter de Voort.

Kamsalamander

De Kamsalamander komt voor in de vele poelen in het Voltherbroek en in de ringsloot bij de Huneborg. Een update op deze verspreiding wordt hier niet gegeven. Onderzoek naar mogelijkheden voor uitbreiding van poelen is uitgevoerd door B-WARE (Lucassen & Roelofs 2016)



Figuur 51. Verspreiding Zeggekorfslak in Agelerbroek en Voltherbroek. Verkenning 2016. Foto: L van den Berg.

5.2 Kwaliteit van de habitattypenkaart

H3130: Zwak gebufferde vennen

Oppervlakte omvat 09A3-a (Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (typische subassociatie)) en 06B1 (Associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid). Beide kwalificeren voor het habitattype en het oppervlak correspondeert met de opnamen.

H6410: Blauwgrasland

Blauwgraslanden komen in het Voltherbroek op meerdere plekken voor. Met name in het oostelijke deel is de kwaliteit van de blauwgraslanden matig en dekt niet het gehele aangewezen oppervlak. Op andere locaties is er meer aanwezig. In het noordoosten van Agelerbroek komt het blauwgrasland in mozaïek voor.

H9160A: Eiken Haagbeukenbos (hogere zandgronden)
Met name in het gebied Achter de Voort komen redelijk goed ontwikkelde delen voor. Het voorkomen van dit habitattype is vaak in mozaïeken. Hier lijkt het habitattype licht overschat omdat er veel delen in het mozaïek niet kwalificeren (bijvoorbeeld door een overmatig bramendominantie). In het Voltherbroek komt het type voor in het zuidelijke deel waar het in overgang naar vochtiger Elzenbroek staat. Het aandeel Eiken Haagbeukenbos is hier kleiner dan het aangegeven areaal op de habitattypenkaart.

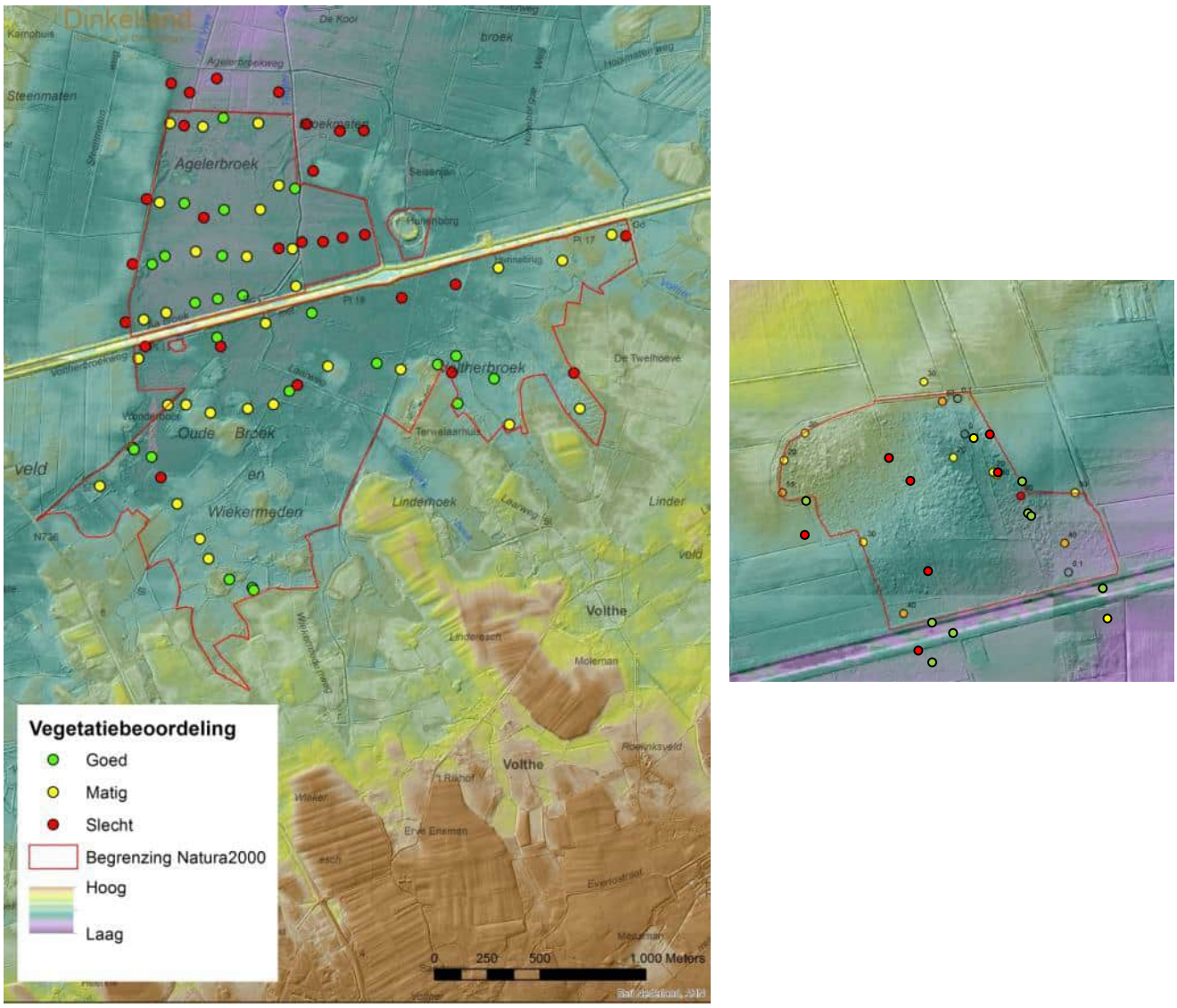
H91E0C Vochtige alluviale bossen. (beekbegeleidende bossen)
In de vegetatiekarteringen van Agelerbroek en Voltherbroek (Pranger & Tolman 2011a, 2011b) worden grotere arealen aan Zwarte elzen en Berkenbroekbossen omschreven dan op de habitattypenkaart uiteindelijk zijn goedgekeurd. De delen die niet kwalificeerden zijn vaak verdroogde typen met een te hoog percentage aan braam en framboos. De kwalificerende delen zijn van goede kwaliteit met soorten als Gulden boterbloem, en Gewone dotterbloem.

5.3 Samenvattend: vegetatie

Over het algemeen kan worden gezegd dat de habitattypen verdroogd zijn en in een enkel geval (blauwgrasland en eiken-haagbeukenbos) ook sporen vertonen van verzuring (Tabel 4). De negatieve trends zoals deze al eerder zijn vastgesteld tijdens de laatste vegetatie kartering (Pranger & Tolman 2011, 2011) hebben zich voortgezet. In figuur 52 is voor alle habitattypen de classificering van goed, matig en slecht voor de drie deelgebieden ruimtelijk weergegeven.

Tabel 4. N2000 doelen zoals gedocumenteerd in het PAS besluit (Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied 2013) en de beoordeling van de huidige kwaliteit en de trend van de afgelopen 10 jaar.

Habitattype	Natura 2000-doel oppervlak	Natura 2000-doel kwaliteit	Kwaliteit	Trend
H6410 (blauwgraslanden)	>	>	Verdroogd, verzuurd	-
H9160A (eiken haagbeukenbos)	=	=	Redelijk	-
H91E0C (vochtige alluviaal bos)	>	>	Verdroogd	-
H3130 (zwakgebufferde vennen)	=	=	Redelijk	=
H1016 (zeggekorfslak)	=	>	Goed	=?
H1166 (kamsalamander)	>	>	Goed	=



Figuur 52. Ruimtelijke weergave van habitatkwaliteit (goed, matig en slecht) voor de drie deelgebieden. Goed beoordeeld zijn de aanwezigheid van kenmerkende soorten, zonder aanwezigheid van verruiging. Matig bevatten wel kenmerkende soorten, maar ook verruiging van braam, framboos, hennegras of brandnetel. Slecht bevat alleen sterke verruiging van braam, framboos, hennegras, brandnetel of was als landbouwgrond in gebruik.

5.4 Knelpuntenanalyse

Achter de Voort

Knelpunt verdroging
Achter de Voort kent een sterke wisselvochtigheid. In de zomer zakt het grondwater weg waardoor de dunne zandlaag bovenop het keileem uitdroogt. In de winter en het vroege voorjaar is het echter plaatselijk veel te nat voor Eiken Haagbeuken bos en zullen soorten van dit habitattype hier niet kunnen uitbreiden. Intern zijn er weinig sloten en greppels waardoor sturing op hydrologie niet of nauwelijks binnen het N2000 gebied kan. Een sloot ten noordoosten van het gebied voert water af van hoger gelegen landbouwpercelen. Een aftakking ervan (oostelijk, tegen het bos aan) is gedempt. Gezien de resultaten van de analyse naar de GVG standen en blijkt dat de sloot weinig invloed heeft op de grondwaterstanden in het voorjaar. De sloten (ten noorden en noordoosten) en de greppels (ten westen) liggen binnen een afstand van 100-150meter van habitattypen (eiken haagbeukenbos) maar hebben gezien hun ondiepte en de ondiepe zandlagen nauwelijks effect (zie analyse Bijlage 5) op de GLG aangezien deze sloten droogvallen. Er zijn vanuit de geologische eigenschappen van het gebied (dunne zandlaag op keileem met sterke wisselvochtigheid) en nauwelijks aanwezige ontwateringen volgens de analyse geen mogelijkheden om de GLG te verhogen. Vanuit de fysisch-geografische kenmerken lijkt dit een natuurlijk doelgat. Vanuit de GHG en GVG analyse blijken er geen hydrologische knelpunten aanwezig.

Knelpunt verzuring
De droge bossen hebben een lage pH (3,3-3,8) en basenverzadiging (6-17 %) in de toplaag van de bodem. De verzuring kan worden veroorzaakt door vermesting (met als gevolg nitrificatie dat sterk verzurend is) en de sterke wisselvochtigheid (dat resulteert in oxidatieprocessen, vorming van humuszuren en uitloging van kationen). Het dunne zandpakket op de keileem is weinig gebufferd en het relatief zure regenwater kan er lateraal snel doorheen. Ondanks de aanwezigheid van gebufferd keileem op geringe diepte leidt dit niet tot een voldoende mate van ''opladen'' van het minerale zand. Hogere grondwaterstanden zouden hier een positief effect kunnen sorteren op de oplading van de minerale bodem maar (zie knelpunt hydrologie) de sterke wisselvochtigheid is vooral een gebiedseigen lokaal fenomeen, waarbij de fysische eigenschappen en mogelijk de verdamping door de bossen een rol spelen. Sturing op een hogere GVG en GHG lijkt nauwelijks mogelijk. Tevens zal de aanwezigheid van zuur-strooisel producerende bomen zoals eik leiden tot verzuring. Ondanks de lichte buffering van het strooisel (Loeb & Smolders 2011) zal de strooiselophoping resulteren in belemmering van de kieming van doelsoorten uit dit habitattype (Brunet & Oheimb 1998).

Knelpunt vermesting
Uit de analysen van de grondwaterbuizen van B-WARE blijkt dat aan de noordelijke randen van het natuurgebied (G1, G2, G3, zie bijlage 6) verhoogde sulfaat waarden en nitraat waarden aanwezig zijn. Dit zijn sterke aanwijzingen voor de inspoeling van verrijkt landbouwwater vanuit de hoger gelegen landbouwpercelen. Ook fosfor (op locatie G1) is daar verhoogd. De inspoeling van verrijkt landbouwwater is een serieus knelpunt voor de ontwikkeling van soortenrijke Eiken Haagbeukenbos, getuige ook de slechte ontwikkeling van de vegetatie (verbraming en hennegras ontwikkeling) in de slenk waar ook verhoogde

concentraties nutriënten gemeten worden. De bodem is in grote delen van het terrein bedekt met een dikke laag stikstofrijk strooisel.

Agelerbroek en Voltherbroek

Knelpunt verdroging

Door de aanleg van diepe ontwatering in het kader van de ruilverkaveling en de A2-werkzaamheden is de GLG en GVG sterk gedaald in het gehele gebied. Met name de diepe beken: Tilligterbeek, Peiingsbeek en de landbouwsloten rondom het gebied dieper dan 70cm werken sterk verdrogend op het systeem. Voltherbeek kan verdrogend werken (de GLG lijkt te divergeren in deze omgeving) maar een berekening met het hydrologisch model moet dit verder aantonen. Ook de deels afgedamde maar, na multifunctionele ruilverkaveling uit de jaren 90, nog niet gedempte westelijke grenssloot (sloot bij Wonderboer) van het Voltherbroek werkt nog lokaal sterk verdrogend. In het aangrenzende Oude broek (ter hoogte van erve Wonderboer) zien we in het alluviale bos grote oppervlakken met wortelstelten door veenoxidatie.

In het noordwesten van het Voltherbroek ligt een aantal percelen met een eigen waterpeil (laag gelegen deel Scholten Meilink, aangegeven in raai 5). Dit waterpeil wordt veroorzaakt door een sloot rond het laag gelegen deel die altijd water voert en lager ligt dan de sloot bij Wonderboer. Water wordt afgevoerd via de Peiingsbeek. Dit peil heeft een negatief effect op de GLG gezien de bodemkarakteristieken in de omgeving en daarmee ook GVG en resulteert in ongewenste verdroging van de omgeving. In het zuiden van het Voltherbroek is een diepe verbinding gegraven voor Kamsalamander (zie fig. 53). Deze draineert in de zomer.
De verdamping door plaatselijk aanwezig eiken-dennenbos vergroot het verdrogende effect op de nabijgelegen vegetatie (plaatselijk in Agelerbroek en Voltherbroek).

De dwarsdoorsneden en de berekeningen laten zien dat ondiepe sloten nauwelijks een effect sorteren op de GLG in de zomer. Deze ondiepe sloten liggen veelal boven de slecht doorlatende lagen en vallen meestal droog in de zomer (draineren niet). De Roelinksbeek is opgeleid en werkt ook niet verdrogend ter hoogte van het Almelo Nordhorn kanaal maar lijkt wel degelijk drainerend te werken in het zuidelijke deel (waar de GLG in het algemeen wegzakt rondom de Roelinksbeek). De bredere watergangen die parallel aan de hoogtegradiënt lopen zoals het Vree in het Agelerbroek, het Vree en een landbouwsloot ten ten noorden van het Agelerbroek en enkele sloten in het Agelerbroek, blijken effect te hebben op de GHG en zullen na aanpassing van hydrologie ook een negatief effect hebben op de GVG. Deze watergangen zijn recht, vaak ononderbroken en draineren door hun ligging in het landschap (de helling af).

Ondiepe watergangen die zandruggen doorsnijden en daarmee de opbolling van water in de flanken verhinderen (door drainage) hebben een negatief effect op het behoud en bevorderen van kwel in de winter en het voorjaar in de lager gelegen delen. Deze watergangen (zie fig. 19b) zijn bepaald aan de hand van de hoogtekaart en hebben een negatief effect op de instandhoudingsdoelen en eventueel uitbreidingsdoelen van de habitattypen en deze watergangen moeten worden verondiept of gedempt.

In het Agelerbroek is kwel aanwezig maar lang niet overal en is de GLG ook erg laag. In dit gebied zijn hydrologische maatregelen (intern) nodig. Een voorgestelde PAS maatregel op

de flanken, ten westen van het Agelerbroek, zijn het verleggen van de sloot aan de westzijde. Deze maatregel kan resulteren in een langere duur van opbolling van water in het dekzand en kan zorgen voor meer kwel. Dit is gunstig voor de habitattypen blauwgrasland, zwakgebufferde vennen en het vochtig alluviaal bos. Het verondiepen van het Vree hoort ook tot deze maatregel en zal zeker positief bijdragen aan de hydrologische situatie in het gebied. Het is van belang dat er geen additionele drainerende sloten worden gegraven in de hoger gelegen delen ten westen van het natuurgebied. Het is derhalve noodzakelijk te borgen dat er geen ontwatering bij komt (er mogen geen additionele sloten/greppels of drainage worden aangelegd of verdiept). Ten oosten en ten noorden worden percelen natter vanwege de lage ligging en is het ook van belang dat hier geen ontwatering bijkomt die resulteert in de drainage van het natuurgebied. De mogelijk negatieve effecten van de huidige ontwatering in deze percelen op de habitattypen zijn niet gekwantificeerd. Aan de hand van berekeningen met het vernieuwde hydrologisch model zal bepaald worden wat het effect is van deze sloten op de kwel en GLG binnen het natuurgebied. Aan de hand van de resultaten van deze exercitie zal worden bepaald of de percelen noodzakelijk worden geacht als hydrologische bufferzone. In het Voltherbroek is kwel nauwelijks aanwezig. Op enkele hoog gelegen essen (zuid-zuidwesten) en flanken nabij blauwgraslanden (zuidoosten) lijkt de GVG op orde voor de habitattypen maar moet voorkomen worden dat de ontwatering of drainage toeneemt. Het is in deze terreinen noodzakelijk te borgen dat er geen additionele ontwatering bijkomt of wordt uitgebreid (er mogen geen additionele sloten/greppels of drainage worden aangelegd of verdiept).

Knelpunt stagnatie water
Dit is een plaatselijk probleem en speelt met name in het Voltherbroek aan de westkant van de Roelinksbeek tussen het laag gelegen deel (Scholten Meilink), het Almelo Nordhorn kanaal en de Roelinksbeek. Stroomopwaarts van de stuw – ontstaan door het vasthouden van regenwater in de winter hoge waterstanden. Hierdoor ontstaat er een risico op eutrofiering onder invloed van stagnant water. Daarnaast wordt hier voedselrijk beekwater hoog opgestuwd met een risico van overstroming bij hoge afvoer en verruiging in ditzelfde gebied. Stagnatie moet zoveel mogelijk worden voorkomen en maatregelen zullen moeten worden genomen om doorstroom van gebiedseigen water en gebiedsvreemd (Roelinksbeek) water te bevorderen.

Knelpunt verzuring
Het grondwater is gebufferd en door het wegzaken van dit grondwater aan maaiveld en het minder lang aanwezig zijn van dit grondwater in de bovenste bodemlaag is er een omslag naar een dominantie van het zuurdere regenwater. Hierdoor verzuurt de bodem. Daarbij komt dat de verdroging ook verzuring in de hand werkt: door verdroging kan zuurstof makkelijk de bodem indringen, daar waar dat voorheen in de natte bodem niet goed kon. Dit zuurstof zorgt voor de afbraak van organische stoffen en hierbij ontstaat zuur (denk aan humuszuren). De verdroging werkt dus verzuring in de hand. Tenslotte resulteert ook de aanwezigheid van zuur-strooiselsoorten zoals Eik en Grove den in het gebied in de accumulatie van zuur strooisel en een verzuring van de toplaag van de bodem.



Figuur 53. Drainerende poel/verbinding tussen poelen tbv de kamsalamander. Foto: H.Smeenge.

Knelpunt vermesting
Het water van alle beken en sloten die water van buiten het natuurgebied voeren heeft een slechte kwaliteit en is te rijk voor de natuur. Voedingsstoffen zijn te hoog en ook sulfaat gehalten zijn te hoog waardoor menging van dit water in het natuurgebied kan leiden tot interne eutrofiering.

Uit het onderzoek naar de grondwaterkwaliteit (BWARE, 2016)blijkt dat alleen sulfaat en nitraat concentraties aan de westzijde van het Agelerbroek verhoogd zijn. Uit deze hoger gelegen percelen stroomt dus licht verrijkt landbouwwater naar het broek en het blauwgrasland. Aan de zuidzijde van het Voltherbroek zijn enkele locaties met een lichte verrijking in nitraat of ammonium (G6, G7, G8). De concentraties zijn niet erg hoog. Inspoeling vanuit de landbouw lijkt hier momenteel niet aanwezig maar mag in de toekomst wegens de kwetsbaarheid van de natuur niet toenemen.

6 Literatuur

Aggenbach, C., **2003**. Monitoring bosontwikkeling Achter de Voort. KWR. 57
Arts, G.H.P., E. Brouwer & N.A.C. Smits, **2012**. Herstelstrategie H3130: Zwakgebufferde vennen. Wageningen. 349-366
Beije, H.M., P.W.F.M. Hommel, R.W. de Waal & N.A.C. Smits, **2012**. Herstelstrategie H91E0C: Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen). Wageningen. 871-888
Beije, H.M., A.J.M. Jansen, Q.L. Slings & N.A.C. Smits, **2012**. Herstelstrategie H6410: Blauwgraslanden. Wageningen. 561-582
Bernink, J.B., **1918**. Ons Dinkelland.
Bijlsma, R.-J., **2004**. Verbraming: oorzaken en ecologische plaats. De Levende Natuur 105(4): 138-144.
Brunet, J. & G. Oheimb, **1998**. Colonization of secondary woodlands by Anemone nemorosa. Nordic Journal of Botany 18(3): 369-377.
Buijs, E., **2011**. Onderzoek bodemopbouw Achter de Voort. Buijs Hydro-Ecologisch Onderzoek en Advies. Heeten.
Croese, T.H.M. & A.J.M. Jansen, **1993**. Voltherbroek, vegetatie en ecohydrologie. KIWA. 229
de Bakker, H. & J. Schelling, **1989**. Systeem van de bodemclassificatie voor Nederland, Wageningen.
de Waal, R.W. & R.J. Bijlsma, **2003**. Bossen van de keileemgronden: betekenis van stagnerend grondwater voor de ontwikkeling van humusprofiel en vegetatie. Alterra-rapport (
Elbers, J., A. Dolman, E. Moors & W. Snijders, **1996**. Hydrologie en waterhuishouding van bosgebieden in Nederland; fase 2: meetopzet en eerste resultaten. SC-DLO.
Eysink, F., **2000**. Verslag van de voorjaarsbloeiers in het object Achter de Voort in 3.6 loofbos op leemzand. Staatsbosbeheer, Flevoland - Overijssel, District Twente Vechtstreek.
Eysink, F. & M.A.P. Horsthuis, **1999**. Achter de Voort. PKN Excursieverslagen 1999: 9-13.
Hommel, P.W.F.M. & R.W. de Waal, **2004**. Bodem, humus en vegetatie onder verschillende loofboomsoorten op de stuwwal bij Doorwerth. Alterra. Wageningen.
Hommel, P.W.F.M., R.W. de Waal, B. de; Muys, J. den Ouden & T. Spek, **2007**. Terug naar het lindewoud : strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. Zeist, KNVV Uitgeverij.
Hommel, P.W.F.M., H.P.J. Huiskes, J. den Ouden, H. Siebel, N.A.C. Smits & H.F. Van Dobben, **2012**. Herstelstrategie H9160A: Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden). Wageningen. 803-814
Jansen, P.C., **1981**. Verwerking, interpretatie en toepassingsmogelijkheden van grondwaterstandsgegevens met behulp van overschrijdingsduurlijnen. ICW Wageningen.
Kuiters, A. & H. Sarink, **1986**. Leaching of phenolic compounds from leaf and needle litter of several deciduous and coniferous trees. Soil Biology and Biochemistry 18(5): 475-480.
Loeb, R. & S. A.J.P, **2011**. Quick-scan bodemchemie Voltherbroek, Agelerbroek en Achter de Voort Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 81
Loeb, R. & F. Smolders, **2011**. Quick-scan bodemchemie Voltherbroek, Agelerbroek en Achter de Voort. onderzoelcentrum B-WARE. Nijmegen. 49
Lucassen, E.C.H.E., J. van de Crommenacker, R. Peters & J.G.M. Roelofs, **2002**. Anti-verdrogingsmaatregelen en vegetatieherstel in Elzenbroekbossen. Het belang van een natuurlijk waterregime. Natuurhistorisch maandblad 91: 37-41.
Lucassen, E.C.H.E.T., **2004**. Biogeochemical constraints for restoration of sulphate-rich fens (black alder forests). Aquatic Ecology and Environmental Biology. Nijmegen, Catholic University of Nijmegen: 150.
Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs, **2016**. Uitwerking onderzoeksvragen gerelateerd aan bodemonderzoek, grondwaterkwaliteit en inschatting interne eutrofiëring. Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 164
Neirynck, J., S. Mirtcheva, G. Sioen & N. Lust, **2000**. Impact of Tilia platyphyllos Scop., Fraxinus excelsior L., Acer pseudoplatanus L., Quercus robur L. and Fagus sylvatica L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of a loamy topsoil. Forest Ecology and Management 133(3): 275-286.

Oling, A.J., A.P. van den Berg, R.N.P. Neefjes, C.J.S. Aggenbach, R. van Dongen, M. Spek, . . . A. Moning, **2015**. Gebiedsanalyse Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). 105
Paulissen, M., R. Nijboer & P. Verdonschot, **2007**. Grondwater in perspectief; een overzicht van hydrochemische watertypen in Nederland. Alterra.
Pranger, D.P. & M.E. Tolman, **2011**. Vegetatie- en plantensoorten kartering Agelerbroek. EGG consult, Pranger en Tolman. Groningen. 180
Pranger, D.P. & M.E. Tolman, **2011**. Vegetatie- en plantensoortenkartering Voltherbroek 2010. EGG consult, Pranger & Tolman ecologen. Groningen. 191
Runhaar, H. & S. Hennekens, **2015**. Hydrologische randvoorwaarden natuur: gebruikershandleiding (waternoodapplicatie versie 3). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens, **2009**. Ecologische vereisten habitattypen. 45
Runhaar, J., E. Lucassen, A. Smolders, R. Verdonschot & P. Hommel, **2013**. Herstel broekbossen. Bosschap. Den Haag. 135
Schokker, J., F. De Lang, H. Weerts, C. Den Otter & S. Passchier, **2003**. Formatie van Boxtel. TNO-NITG Lithostratigrafische nomenclator ondiepe ondergrond Nederland (online) Available from: www nitg tno nl/nomenclatorShallow/nl/overig/boxtel/index html.
Smeenge, H., in prep. Historisch-ecologisch landschapsonderzoek in het Nationaal Landschap Noordoost-Twente; Proefschrift in voorbereiding. Groningen, Rijksuniveristeit Groningen.
Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers, **2010**. How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. Biogeochemistry 98(1-3): 1-7.
Smolders, A.J.P., J.G.M. Roelofs & C. denHartog, **1995**. Internal eutrophication of aquatic ecosystems: Mechanisms and possible remedies. Acta Botanica Gallica 142(6): 707-717.
Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied, **2013**. Gebiedsanalyse Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek. Zwolle. 98
Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied, **2014**. Beheerplan N2000 gebied Achter de Voort Agelerbroek en Voltherbroek. Ministerie van Economische Zaken. Zwolle. 196
ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, **1995**. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften, Deel A: Bodem. Wageningen. 222
van der Hammen, T. & T.A. Wijmstra, **1971**. The upper Quaternary of the Dinkel valley (Twente, Eastern Overijssel, The Netherlands). Maastricht, Uitgevers Maatschappij Ernest van Aelst.
van der Toorn, L., **2013**. Bufferzone Agelerbroek - West. Arcadis. 96
van Huissteden, J., **1990**. Tundra rivers of the last glacial: sedimentation and geomorphological processes during the Middle Pleniglacial in Twente, eastern Netherlands; Dynamics of vegetation and environment during the Middle Pleniglacial in the Dinkel Valley (The Netherlands); The Dinkel Valley in the Middle Pleniglacial: dynamics of a tundra river system. Rijks Geologische Dienst.
Van Wirdum, G., **1991**. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Amsterdam, Geert van Wirdum.
Westhoff, V., P.A. Bakker, E.G. van Leeuwen, E.E. van der Voo & I.S. Zonneveld, **1973**. Wilde planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden, deel 3 de hogere zandgronden., ereniging voor behoud van
natuurmonumenten in Nederland.
Wind, G.P. & B.H. Steeghs, **1964**. Kattezand. Landbouwkundig tijdschrift 76: 150-156.

7 Bijlagen

Bijlage 1 Peilbuisanalyse en validatie van GLG-schattingen in het bodemprofiel

Tijdens de analyse viel het op dat er behoorlijk veel peilbuizen aanwezig zijn. Helaas zijn diverse buizen verouderd, bevatten ze incomplete meetreeksen of zijn de filters te ondiep geplaatst om de gemiddelde hoogste-, laagste-, en voorjaarsgrondwaterstanden te kunnen bepalen. Op basis van reductiekenmerken is het mogelijk om een veldschatting van de GLG te maken, indien de bodem ijzerhoudend is. Een bijkomend voordeel was dat er in de zomer/nazomer is geboord, waardoor de lage grondwaterstanden ook in de boorgaten zijn aangetroffen. Het voordeel van een GLG-bepaling in de boorgaten is het verkrijgen van een fijnmazig ruimtelijk beeld, waardoor effecten van sloten vaak goed in het beeld tot uiting komen. Het nadeel kan zijn dat verschillende karteerders verschillende schattingen maken of historische grondwaterstanden een achterhaald beeld laten zien. Vanuit de zorgvuldigheid zijn daarom de veldschattingen vergeleken met de peilbuizen die voldoende lange meetreeksen en juiste filterstelling hebben.

We beginnen met het beschrijving van de peilbuisanalyse. Alle peilbuizen uit het TNO-Dinoloket zijn in het programma Menyanthes (KRW) ingeladen. Op diverse locaties komen diverse filterdieptes voor. Deze zijn weergegeven met verschillende symbolen over elkaar (fig. 1).
Het blijkt dat diverse filters zeer ondiep staan (40, 80 of 120 centimeter ten opzichte van het maaiveld). De laagst gemeten standen in deze peilbuizen blijken soms het restwater onderin het filter van deze te ondiepe peilbuis weer te geven. In de tijdstijghoogtegrafiek zien we dan metingen, waarbij de maximale diepte overeenkomt met het filterdiepte. Desondanks kunnen de ondiepe filters wel worden gebruikt bij de bepaling van de gemiddelde hoogste- of voorjaarsgrondwaterstanden als de meetreeks voldoende consistent is en recente informatie bevat. Indien er geen controle plaatsvindt op de filterdiepte blijkt dat de grondwatertrappen (GT's) te hoog uitkomen.
Het viel op dat voor diverse buizen geen waarden in de nazomer/herfst beschikbaar zijn (niet opgenomen), waardoor de GT bepaling door Menyanthes relatief hoog uitvalt, want de meest droge periode zit onvoldoende in de meetreeks. De meetreeksen, die incompleet waren zijn allemaal in de bijgevoegde tabel beschreven.
Om tot bruikbare peilbuizen te komen is een selectie gemaakt op basis van de volgende criteria:

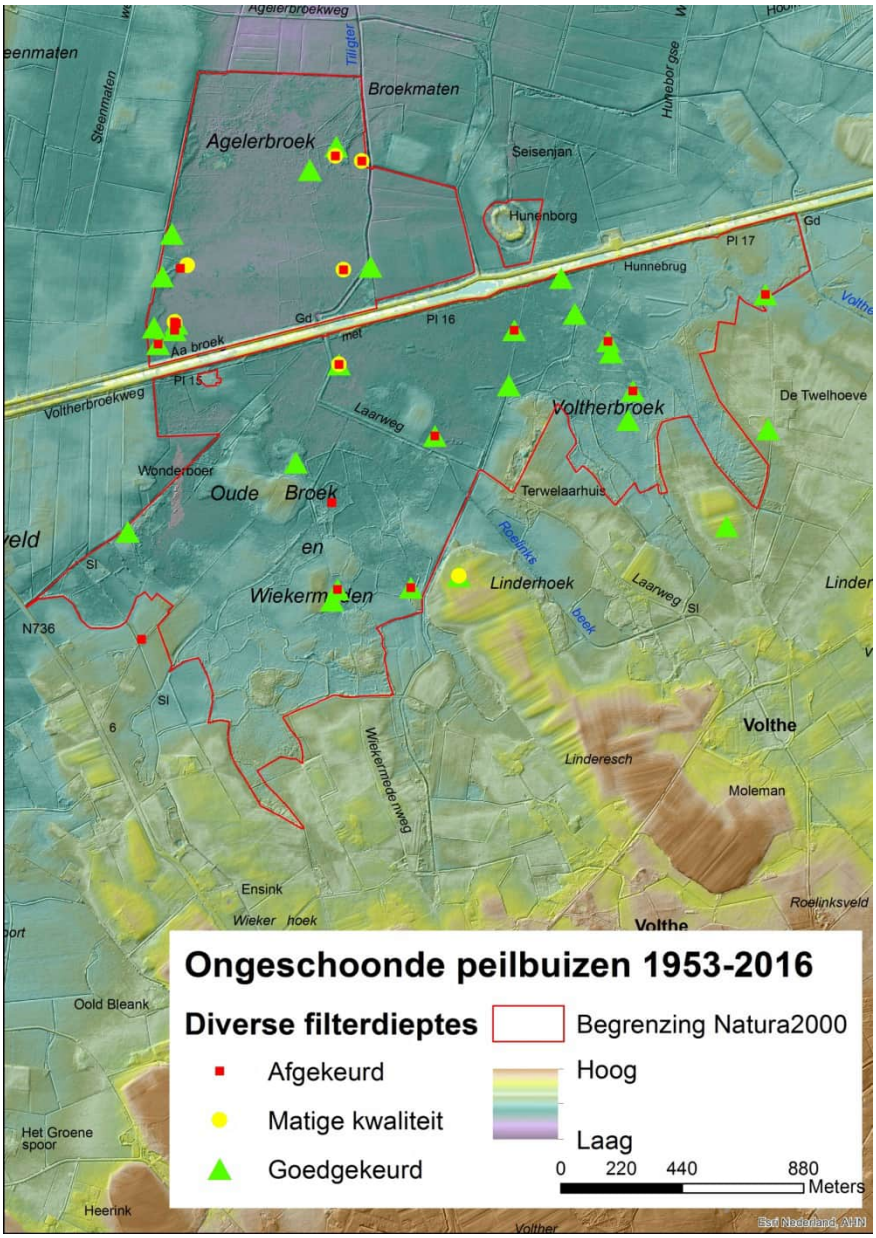
- De peilbuis moet voldoende diep staan (>GLG-schatting in het bodemprofiel)
- De peilbuis moet regelmatig en in alle seizoenen zijn opgenomen
- De peilbuis moet over langere periode zijn opgenomen
- De peilgegevens moeten in ieder geval de periode na de laatste ruilverkaveling (1993) bevatten.

De selectie van de beschikbare peilbuizen is weergegeven in onderstaande tabel A, inclusief reden voor afwijzing als dit van toepassing is.

Tabel A: Peilbuisbeoordeling Volther- en Agelerbroek

X	Y	Buis	GT_Menyanthes	Meetreeks	filterdiepte_	Beoordeling	Te ondiepte filters	Opm
260520	489350	A170-2	II	1994-2000	0,19-0,69	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op 69 cm.
260610	489170	A172-2	III	1994-2016	0,18-0,68	Afgekeurd	Ja	Diverse GLG waarnemingen onderin filter
260610	489170	A172-3	III	1994-2016	0,81-1,31	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op 68 cm.
260180	489390	A186-3	III	1994-2000	0,8-1,3	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op 130 cm.
261090	489520	A187-3	II	1986-2000	15,66-16,66	Afgekeurd		Zeer diep filter. Vanaf 1992 grote verandering en nadien constant vast peil. Mogelijk kapotte peilbuis.
258830	488270	B334_1		1952-1993	2,18-2,68	Afgekeurd		Afgekeurd door Menyanthes, te weinig metingen
259540	488450	B372-1	III	1983-2000	1,41-1,91	Afgekeurd		Vanaf 1993 ontbreken nazomer GLG standen. Anders GT V.
259519	488765	B373-1	II	1983-1993	1,25-1,74	Afgekeurd		Nazomers 1983, 1990, 1992, 1993 zijn incompleet of ontbreken
259519	488765	B373-2	I	1994-2016	0,13-0,63	Afgekeurd	ja	GLG overstijgt filterdiepte op 60 cm en meetreeks is zeer incompleet
259519	488765	B373-3	III	1994-2016	1,21-1,71	Afgekeurd		Vanaf 2005 missen zomer en nazomer standen. GLG onderschat. Anders GT V.
259545	489266	B374-2	II	1994-2016	0,15-0,65	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op 60 cm en meetreeks is zeer incompleet in 1994, 96, 97, 99, 20, 08
259561	489609	B380-2	III	1993-2016	0,73-0,93	Afgekeurd	ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte eindigt op 93 cm
259628	490003	B381-2	III	1993-2016	0,83-1,03	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte eindigt op 103 cm. Zeer incomplete reeks
259532	490022	B382-2	II	1993-2016	0,47-0,97	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte eindigt op 97 cm en nazomer ontbreekt in 93, 95, 96, 97,99,20, 02, 05, 06, 07, 08, 09, 2010-2016 zeer onvolledig.
258970	489614	B384-1	I	1993-2016	0,4-0,45	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte slechts 45 cm onder maaiveld
258970	489614	B384-2	II	1993-2016	0,3-0,8	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Naast te ondiep filter ontbreken GLG perioden in 2006- 08, 09, 10, 11, 13, 14, 15, 16.
258890	489340	B386-2	II	1993-1999	0,59-0,79	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte slechts 79 cm onder maaiveld.
258956	489414	B387-1	I	1993-2016	0,3-0,4	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op 40 cm onder maaiveld!
258956	489414	B387-2	II	1993-2016	0,5-0,7	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op 70 cm onder maaiveld!
258950	489420	B388-1	I	1993-1999	0,28-0,38	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op slechts 38 cm onder maaiveld.
258950	489420	B388-2	II	1993-1999	0,61-0,81	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op slechts 81 cm onder maaiveld.
258950	489390	B389-1	I	1993-1999	0,23-0,33	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op slechts 33 cm onder maaiveld.
258950	489390	B389-2	II	1993-1999	0,48-1,68	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte op slechts 68 cm onder maaiveld.
258950	489390	B390-1	I	1993-2016	0,27-0,37	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte slechts op 37 cm onder maaiveld.
258950	489390	B390-2	I	1993-2000	0,27-0,37	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte slechts op 40 cm onder maaiveld.
259805	488457	B393-1	II	1994-2016	0,35-0,85	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte slechts op 80 cm onder maaiveld.
259893	489007	B394-1	I	1994-2016	0,15-1,65	Afgekeurd	Ja	GLG overstijgt filterdiepte. Filterdiepte slechts op 65 cm onder maaiveld.

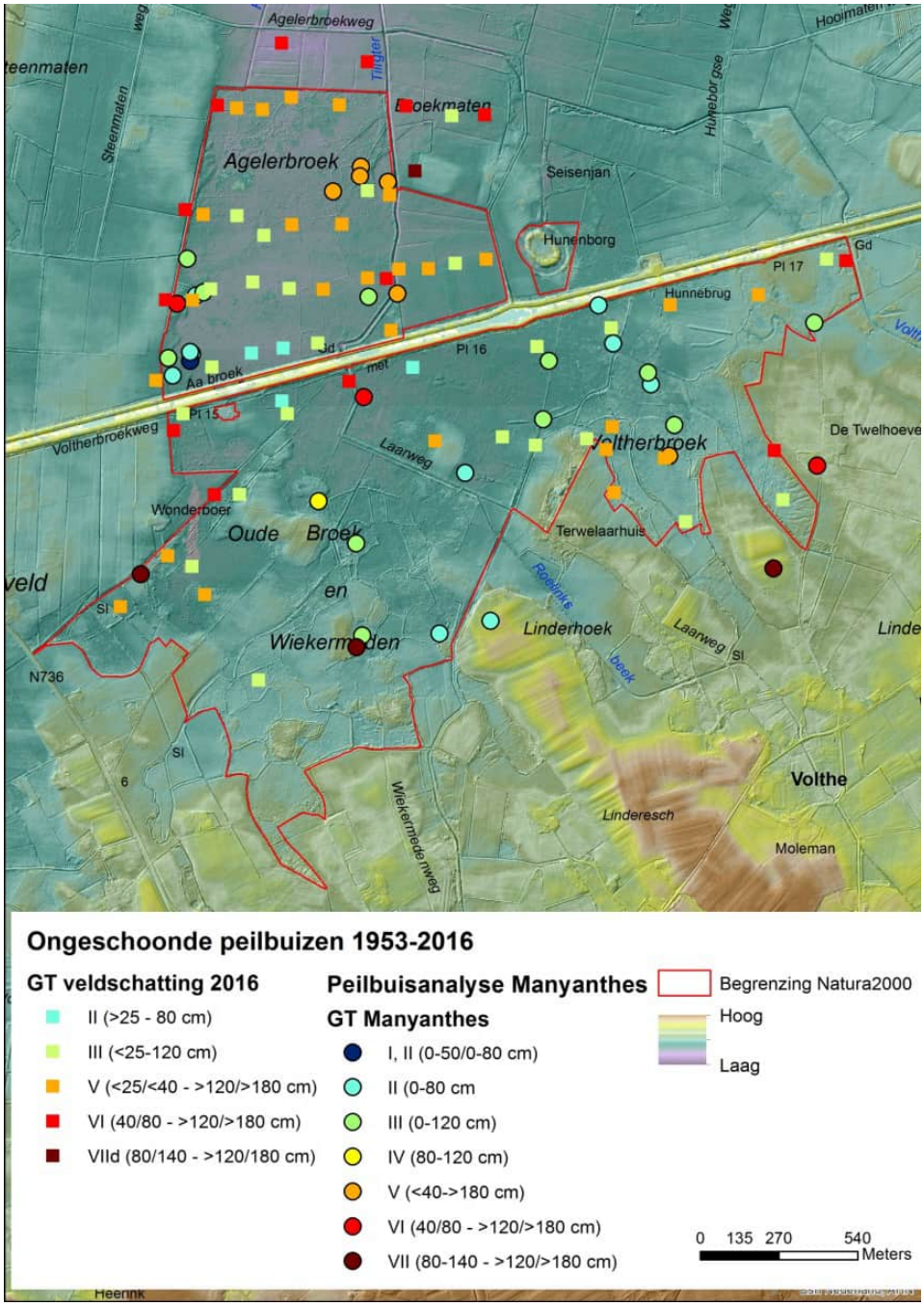
X	Y	Buis	GT_Menyanthes	Meetreeks	filterdiepte_	Beoordeling	Te ondiepte filters	Opm
261100	489031	A157-1	VI	1984-2016	2,42-3,42	Goedgekeurd		
260350	489580	A166-1	II	1983-1993	1,36-1,56	Goedgekeurd		
260400	489450	A167-1	II	1983-1993	1,22-1,42	Goedgekeurd		
260530	489310	A169-1	II	1983-1993	1,41-1,61	Goedgekeurd		
260520	489350	A170-3	III	1994-2000	0,93-1,44	Goedgekeurd		
260610	489170	A171-1	III	1983-1993	1,54-1,74	Goedgekeurd		
260592	489065	A172-1	V	1983-1987	3,03-3,23	Goedgekeurd		Weinig GLG metingen in 1983, 86, 87
260950	488680	A173-1	VII	1983-1991	2,86-3,06	Goedgekeurd		
260180	489390	A186-1	III	1983-1993	1,93-2,13	Goedgekeurd		
261090	489520	A187-1	VI	1986-2000	0,91-1,91	Goedgekeurd		
261090	489520	A187-2	III	1986-2000	7,43-8,43	Goedgekeurd		Diep filter, laat kweldruk zien t.o.v. ondiep filter, maar bereikt maaiveld niet. Ondieper filter 1 heeft GT VI.
260160	489190	A188-1	VI	1986-1993	0,55-1,55	Goedgekeurd		
260160	489190	A188-2	III	1986-1993	6,12-7,12	Goedgekeurd		Zeer diep filter. Kweldruk naar ondiep filter, maar sterk dalende trend.
260160	489190	A188-3	III	1986-1993	14,15-15,15	Goedgekeurd		Zeer diep filter. Kweldruk naar ondiep filter, maar sterk dalende trend.
258940	489740	B365-2	III	1985-1993	3,63-4,13	Goedgekeurd		
258905	489585	B366-2	VI	1984-1989	4,23-4,73	Goedgekeurd		
258875	489400	B368-1	III	1984-1999	1,06-1,56	Goedgekeurd		
259660	489620	B369-1	V	1984-1999	1,41-1,91	Goedgekeurd		
259440	489970	B370-1	VI	1984-1999	1,39-1,89	Goedgekeurd		
259440	489970	B370-2	V	1984-1999	4,56-5,06	Goedgekeurd		
259535	490055	B371-1	III	1984-1999	1,15-1,65	Goedgekeurd		
259535	490055	B371-2	V	1984-1999	3,66-4,16	Goedgekeurd		
259540	488450	B372-2	III	1983-2000	1,26-1,76	Goedgekeurd		
259545	489266	B374-3	II	1994-2016	0,92-1,42	Goedgekeurd		
259390	488910	B376-1	VI	1986-1992	1,16-2,16	Goedgekeurd		
259390	488910	B376-2	VI	1986-1992	7,89-8,89	Goedgekeurd		
259390	488910	B376-3	IV	1986-1992	12,43-13,43	Goedgekeurd		Diep filter, niet representatief voor maaiveld, zie daarvoor ondiepe buis 1
259390	488910	B376-4	IV	1986-1992	26,74-27,74	Goedgekeurd		Diep filter, niet representatief voor maaiveld, zie daarvoor ondiepe buis 1
259520	488410	B377-1	VI	1986-1997	1,51-2,51	Goedgekeurd		
259520	488410	B377-2	VI	1986-1997	3,25-4,25	Goedgekeurd		
259520	488410	B377-3	VII	1986-1997	6,96-7,96	Goedgekeurd		Diep filter, vanaf 1992 veel minder fluctuatie
488660	488660	B378-1	VI	1986-1997	1,16-2,16	Goedgekeurd		1996, incompleet
258780	488660	B378-2	VII	1986-1997	6,69-7,69	Goedgekeurd		
258780	488660	B378-3	VII	1986-1997	9,88-10,88	Goedgekeurd		
258780	488660	B378-4	VII	1986-1997	14,04-15,04	Goedgekeurd		
258890	489340	B386-3	II	1993-1999	1,92-2,12	Goedgekeurd		
258956	489414	B387-3	II	1993-2016	1,9-2,1	Goedgekeurd		
258950	489390	B389-3	I, II	1993-1999	1,68-1,88	Goedgekeurd		Weinig metingen, GLG op basis van tijdstijggegevens bijgesteld
259980	488500	B392-2	II	1994-2016	1,05-1,55	Goedgekeurd		Neigt naar GT III
259805	488457	B393-2	II	1994-2016	1,05-1,55	Goedgekeurd		
259893	489007	B394-2	II	1994-2016	0,97-1,47	Goedgekeurd		Weinig waarnemingen in 1996, 2011, 2013, geen data in 2015, 2016
258995	489625	B367-1	III	1984-1999	1,17-1,67	Matige kwaliteit		Incomplete reeks tussen 1993-1996, daardoor mogelijk scheef beeld GT
258995	489625	B367-2	III	1984-1999	3,78-4,28	Matige kwaliteit		Incomplete reeks tussen 1993-1996, daardoor mogelijk scheef beeld GT
259545	489266	B374-1	VI	1983-1993	1,43-1,68	Matige kwaliteit		GLG zit er wel redelijk in, reeks wel behoorlijk incompleet
259561	489609	B380-3	III	1993-2016	1,78-1,98	Matige kwaliteit		GLG 2014 periode Sept, Okt, Nov ontbreekt, reeks 2011, 2012 mist. GTIII onzeker. Neigt naar V.
259628	490003	B381-3	V	1993-2016	1,85-2,05	Matige kwaliteit		Vanaf 2008 zeer incomplete reeks.
259532	490022	B382-3	V	1993-2016	1,52-2,02	Matige kwaliteit		GLG Aug, Sept, Okt, Nov ontbreekt in 1993, 2008, 09, 13, 14, 15, 16
258950	489420	B388-3	II	1993-1999	1,83-2,03	Matige kwaliteit		GLG 1993, 1998 ontbreken of incompleet.
259980	488500	B392-1	II	1993-2000	0,48-0,98	Matige kwaliteit		Weinig waarnemingen en nazomerperiode is onvolledig voor 1998-1999, neigt naar GT III



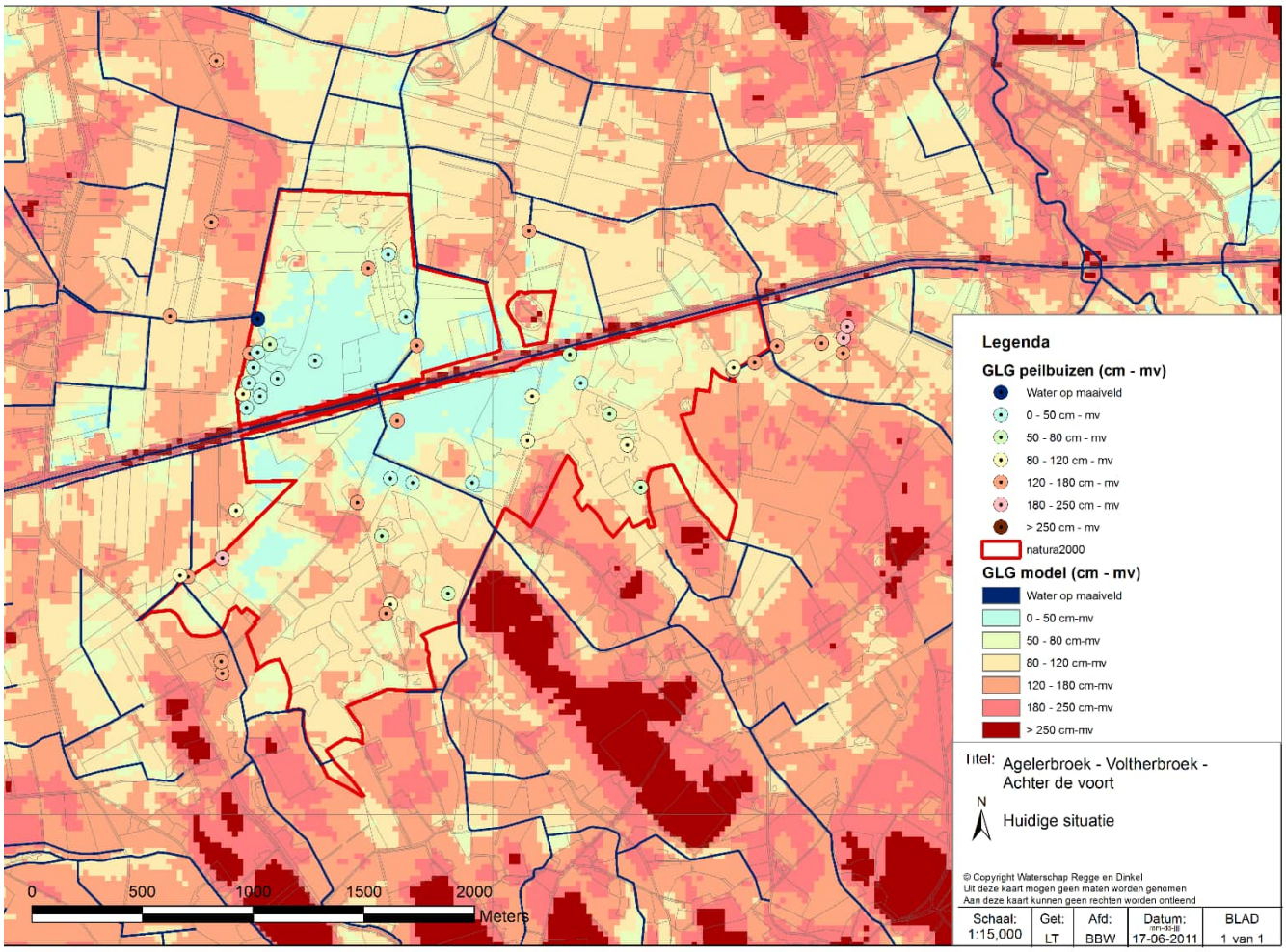
Figuur 1: Peilbuizen uit het TNO-Dinoloket met de kwaliteitsbeoordeling, gebaseerd op filterdiepte en meetreeks. Indien zowel goedkeurde als afgekeurde buiten op een locatie voorkomen heeft dat te maken met meerdere filterstellingen.

Kalibratie

Als de ongeschoonde peilbuisdata naar een grondwatertrap wordt vertaald en wordt vergeleken met de veldschattingen zien we dat de peilbuizen wat hogere grondwatertrappen laten zien. Dit ligt deels aan de periode van de meetreeksen en de hiervoor besproken filterstelling en volledigheid van de meetreeks. Dit beeld komt overeen met de GGOR-modelresultaten, waarbij de GLG veel hoger blijkt ingeschat dan in het veld is beoordeeld (fig. 2, fig. 3).

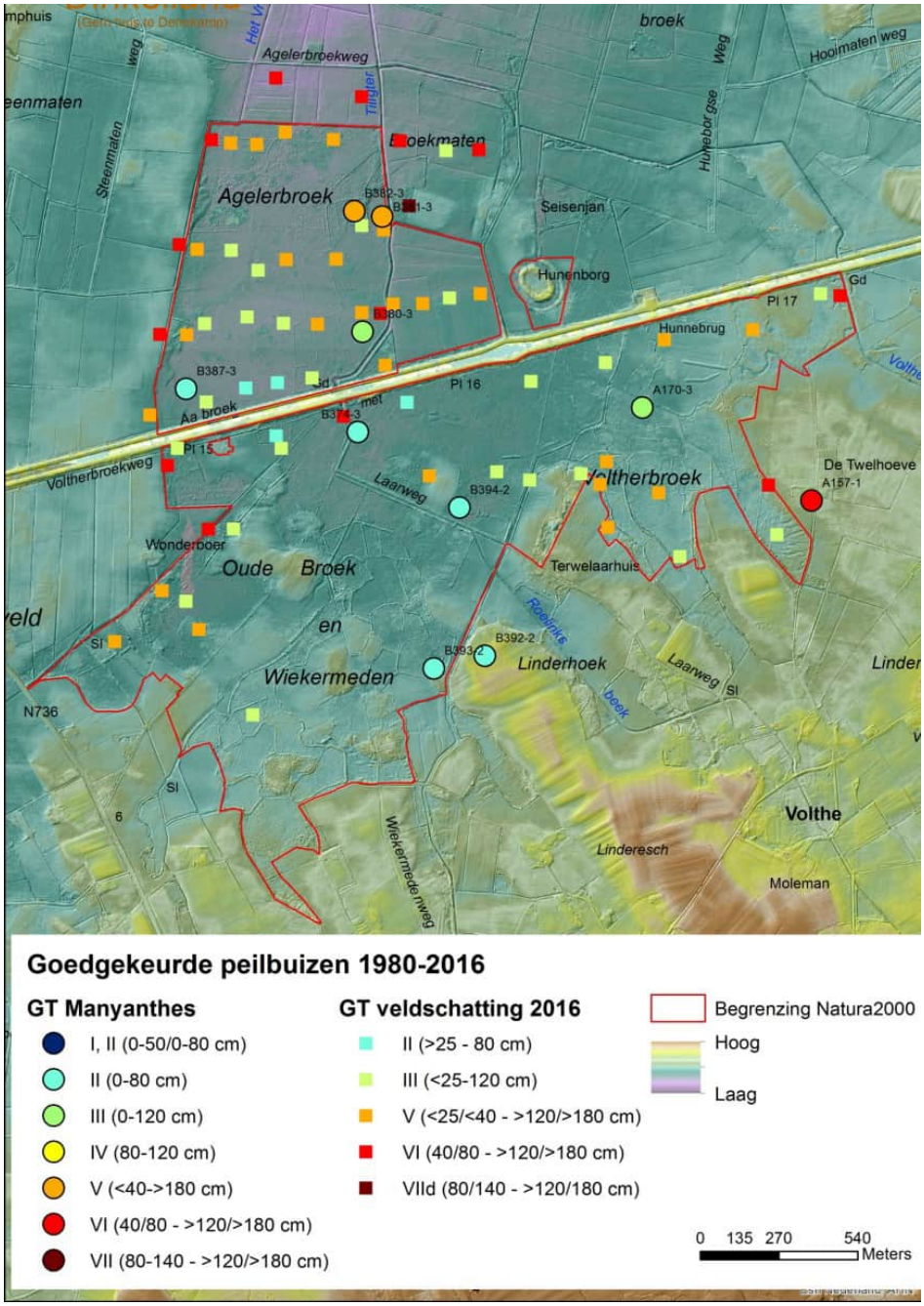


Figuur 2. Ongeschoonde peilbuizen en met door Menyanthes geproduceerde grondwatertrappen (GT) en de veldschattingen uit 2016.

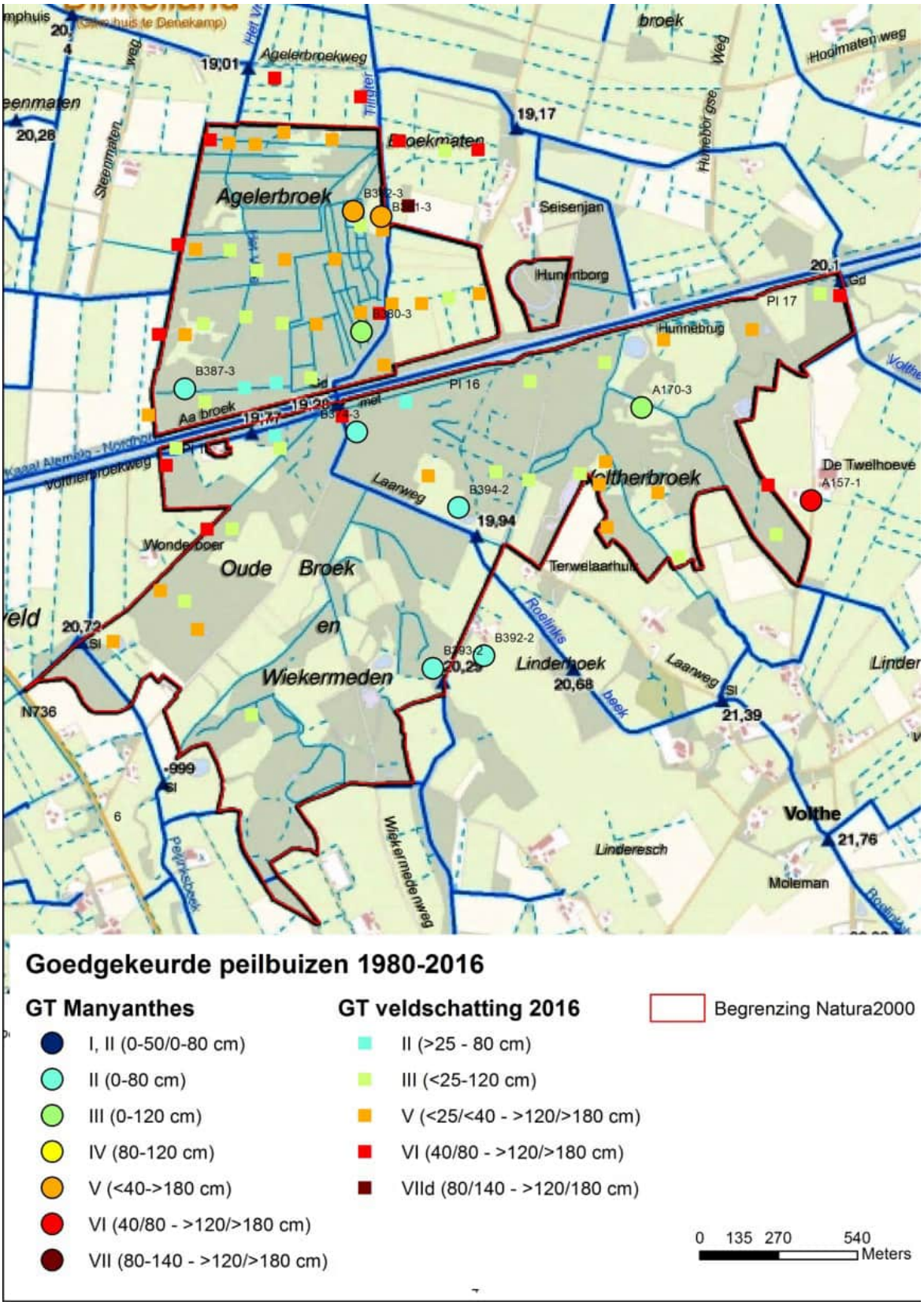


Figuur 3. Weergave van de huidige GLG op basis van het GGOR-model.

Indien we de peilbuizen gebruiken die een juiste filterdiepte hebben en qua meetreeks doorlopen tot in 2016 dan lijkt er een verassend goede overeenkomst met de veldschattingen. Lokale reliëfverschillen leveren soms kleine afwijkingen vooral tussen een GT III en V, waarbij de GLG dieper of ondieper dan 120 cm ten opzichte van maaiveld ligt. Een groot verschil zien we bij de onderduikering van de Roelinksbeek, waarbij de peilbuis het stagnante gebied ten oosten van de Laarweg laat zien. De boring toont de invloed van de Tilligterbeek beneden de stuw door het lagere peil aan de noordzijde van deze stuw (fig.4 & 5).



Figuur 4: Selectie van correcte peilbuizen met meetreeks die doorloopt tot 2016 en vergelijking met de veldschatting.



Figuur 5. Goedgekeurde peilbuizen met juiste diepte filter en doorlooptijd van metingen, gepresenteerd op het ontwateringssysteem.

Conclusie

Het GGOR-model bevat een onderschatting van de GLG en vermoedelijk ook op de effecten op peilverhoging door het dempen van sloten. De hoeveelheid velddata geeft een duidelijk ruimtelijk beeld over de laagste grondwaterstanden en daarmee doelgat voor habitattypen. De veldschattingen komen in sterke mate overeen met de peilbuizen, die een juiste filterstelling en recente meetreeks bevatten. We zien dat vooral de Tilligterbeek, het Vree en de bermsloot aan de noordzijde van het Agelerbroek een sterk ontwaterend effect hebben (tabel B).

Door het ontbreken van peilbuizen op diverse cruciale plekken biedt de gecontroleerde velddata aanvullende inzichten in de ruimtelijke mate van verdroging. De westelijke grenssloot in het Voltherbroek (bij Wonderboer) heeft een sterk drainerend effect op het Oude Broek, net als de Voltherbeek in het oosten van dit gebied. De oostelijke tak van de Roelinksbeek (Gemeente Archief Weerselo) draineert ook sterk. Daarentegen lijkt de gestuwde Roelinksbeek een gering effect op het Voltherbroek te hebben (fig. 6).

Tabel B: GLG, GVG en GHG waarden in meters van goedgekeurde buizen binnen het Vochtig Alluviaal bos. In rood is weergegeven welke waarden niet voldoen aan de referentiewaarden (Waternood) en in groen is weergegeven welke wel voldoen. Oranje geeft aan welke bijna voldoen.

Buis	mv NAP	GLG	GLG-mv	GVG	GVG-mv	GHG	GHG-mv	Looptijd	GT-Menyanthes
B28F0374_3	20,35	19,78	0,57	20,34	0,01	20,38	-0,03	1994-2016	II
B28F0380_3	20,32	19,24	1,08	20,05	0,27	20,16	0,16	1993-2016	III
B28F0382_3	20,23	19,00	1,23	20,02	0,21	20,10	0,13	1993-2016	V
B28F0387_3	20,03	19,45	0,58	20,02	0,01	20,04	-0,01	1993-2016	II
B28F0393_2	21,06	20,31	0,75	21,02	0,04	21,05	0,01	1994-2016	II
B28F0394_2	20,52	20,00	0,52	20,61	-0,09	20,66	-0,14	1994-2016	II

Tabel C: GVG, GHG en GLG van goedgekeurde buizen in Blauwgrasland. In rood is weergegeven welke waarden niet voldoen aan de referentiewaarden (Waternood) en in groen is weergegeven welke wel voldoen.

Blauwgrasland	peilbuis	GLG	GVG	GHG	Looptijd tot	GT-Menyanthes	opmerkingen
Voltherbroek ZO	172-1	99	11	3	2009	III	va. 2009 incompleet.
Voltherbroek ZW	378-1	183	94	70	1997	VI	100 meter van blauwgrasland
Voltherbroek ZW	378-2	186	109	93	1997	VII	
Agelerbroek W	384-1			1	2016	--	buis te ondiep voor GLG
Agelerbroek W	384-2		9	2	2016	--	buis te ondiep voor GLG
Agelerbroek W	367-1	83	2	0	1999	III	
Agelerbroek W	367-2	83	3	-1	1999	III	
Agelerbroek O	381-1				2016	--	onvoldoende waarnemingen
Agelerbroek O	381-2	91	47	14	2016	--	buis te ondiep voor GLG
Agelerbroek O	381-3	121	51	31	2016	V	

Bijlage 2 Peilbuisanalyse en validatie van GLG-schattingen in het bodemprofiel Achter de Voort

De beschikbare peilbuizen voor Achter de Voort zijn in het programma Menyanthes geïmporteerd (Tabel 1). De velddata van Joop Vrielink geeft blijk van een grondwatertrapschatting tussen de III en V, waarbij III het meeste voorkomt. De diverse meetreeksen van de buizen zijn daarom geselecteerd op een filterdiepte vanaf 150 centimeter onder maaiveld, om droogval te vermijden. De peilbuisdata geeft een aantal reeksen met onvolledige zomerdata en/of een te korte meetreeks voor nadere analyse. Deze afgekeurde reeksen zijn daarom niet meegenomen in de analyse (fig. 1 en tabel 1). Via Menyanthes zijn van de goedgekeurde peilbuizen de GXG's automatisch berekend.

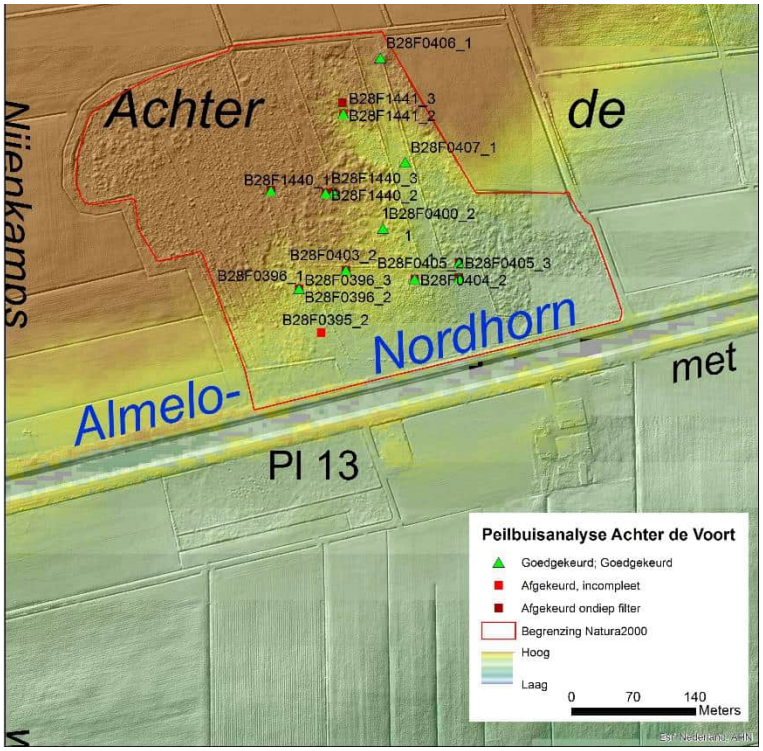


Fig. 1. Peilbuisselectie op basis van filterdiepte, constante meetreeks en duur van de reeks.

Tabel 1: peilbuisdata uit Achter de Voort

Nr	Buis	X_coordinaat	Y_Coordinaat	SURF_LEV	MLGL	MGL	MSGL	GVG	MHGL	GT	Beoordeling
1	B28F0395_1	257013	488863	23,75	22,94	23,57	23,75	0,00	23,76	III	Afgekeurd ondiep filter
2	B28F0395_2	257013	488863	23,75	22,60	23,36	23,74	0,01	23,75	III	incompleet
3	B28F0396_1	256988	488913	24,16	23,62	23,98	24,12	0,04	24,12	II	Afgekeurd ondiep filter
4	B28F0396_2	256988	488913	24,16	23,13	23,81	24,14	0,02	24,15	III	goedgekeurd
5	B28F0396_3	256988	488913	24,16	22,99	23,80	24,18	-0,02	24,19	III	goedgekeurd
6	B28F0397_1	256956	489024	25,01	24,37	24,75	24,90	0,11	24,93	II	Afgekeurd ondiep filter
7	B28F0397_2	256956	489024	25,01	24,03	24,69	24,96	0,05	24,98	III	goedgekeurd
8	B28F0398_1	257027	489022	24,77	24,20	24,53	24,69	0,08	24,74	II	Afgekeurd ondiep filter
9	B28F0398_2	257027	489022	24,77	23,78	24,38	24,67	0,10	24,73	III	goedgekeurd
10	B28F0399_1	257037	489123	24,52	24,04	24,39	24,49	0,03	24,50	I	Afgekeurd ondiep filter
11	B28F0399_2	257037	489123	24,52	23,82	24,33	24,49	0,03	24,50	II	goedgekeurd
12	B28F0400_1	257037	489123	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Afgekeurd ondiep filter
13	B28F0400_2	257083	488981	24,08	22,89	23,55	23,89	0,19	23,95	III	goedgekeurd
14	B28F0401_1	257169	488942	23,39	22,85	23,22	23,33	0,06	23,35	II	Afgekeurd ondiep filter
15	B28F0401_2	257169	488942	23,39	22,20	22,96	23,31	0,08	23,34	III	goedgekeurd
16	B28F0403_1	257041	488934	24,09	23,57	23,89	24,08	0,01	24,10	II	Afgekeurd ondiep filter
17	B28F0403_2	257041	488934	24,09	22,93	23,68	24,07	0,02	24,11	III	goedgekeurd
18	B28F0404_1	257119	488924	23,80	23,02	23,45	23,68	0,12	23,78	II	Afgekeurd ondiep filter
19	B28F0404_2	257119	488924	23,80	22,57	23,29	23,65	0,15	23,75	V	goedgekeurd
20	B28F0405_1	257169	488925	23,26	22,49	23,04	23,24	0,02	23,24	II	Afgekeurd ondiep filter
21	B28F0405_2	257169	488925	23,26	22,15	22,92	23,23	0,03	23,25	III	goedgekeurd
22	B28F0405_3	257169	488925	23,26	21,74	22,77	23,25	0,01	23,27	V	goedgekeurd
23	B28F0406_1	257080	489174	24,78	23,83	24,48	24,77	0,01	24,79	III	goedgekeurd
24	B28F0407_1	257108	489056	23,86	23,09	23,68	23,89	-0,03	23,91	II	goedgekeurd
25	B28F1440_1	257018	489021	24,77	23,81	24,39	24,66	0,11	24,73	III	Afgekeurd ondiep filter
26	B28F1440_2	257018	489021	24,77	23,40	24,32	24,66	0,11	24,73	V	Goedgekeurd
27	B28F1440_3	257018	489021	24,77	23,33	24,32	24,68	0,09	24,73	V	Goedgekeurd
28	B28F1441_1	257038	489111	24,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Afgekeurd, incompleet
29	B28F1441_2	257038	489111	24,44	23,66	24,33	24,49	-0,05	24,50	II	Goedgekeurd
30	B28F1441_3	257038	489111	24,44	23,70	24,40	24,56	-0,12	24,58	II	Goedgekeurd

Vervolgens zijn de GXG's van de goedgekeurde peilbuizen vergeleken met de bodemschattingen (fig. 2). De gegevens geven blijk van een afwisselend beeld, waarbij de GT II de locatie van een slenk weergeven.

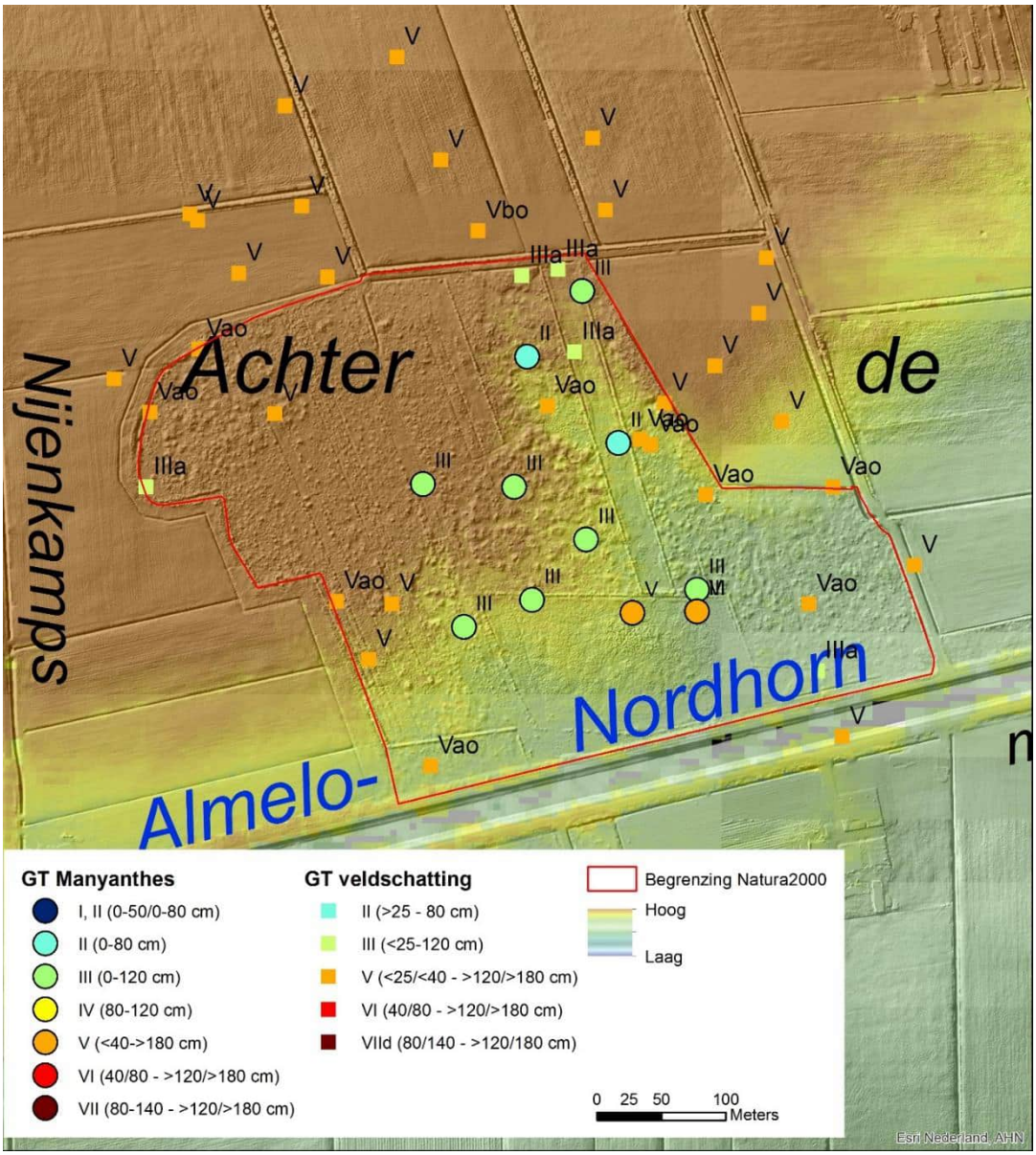


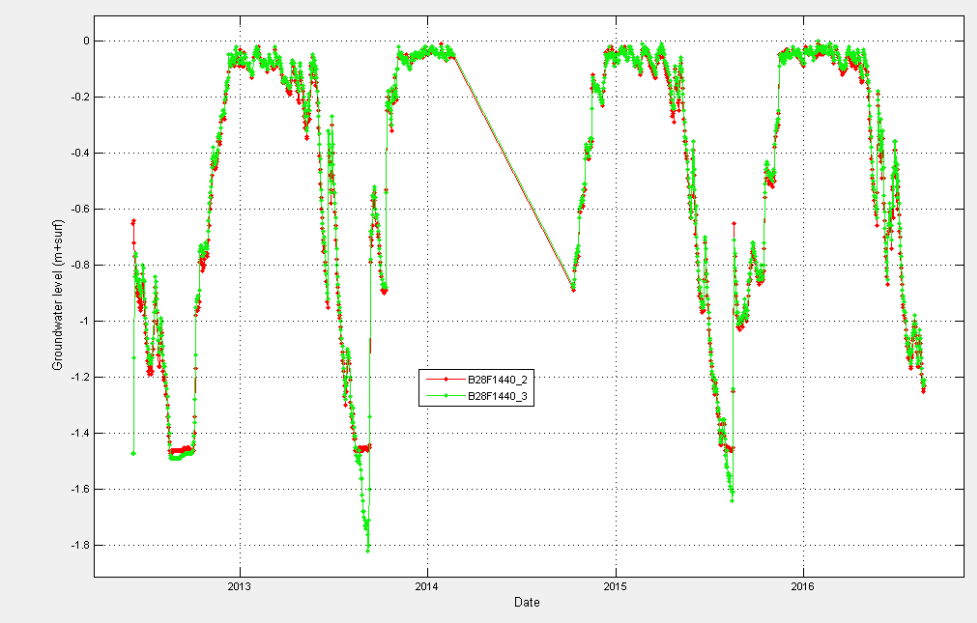
Fig. 2. Goedgekeurde peilbuizen met de berekende grondwatertrappen en grondwatertrappen gebaseerd op de veldschatting van Joop Vrielink. Een grondwatertrap III heeft een GLG binnen 120 centimeter. Bij een GT V varieert dat afhankelijk van de subklasse tussen de 120 en 180 of dieper dan 180 centimeter. Het valt op de slenk en het centrale gedeelte van het gebied een relatief hoge grondwatertrap heeft voor keileemgronden.

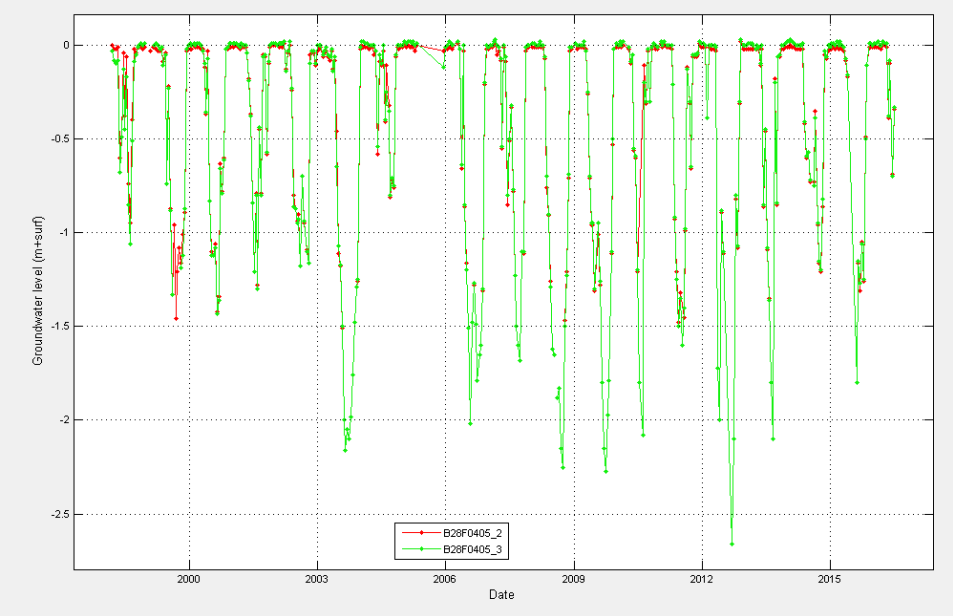
Uit de grondwatertrappen, die uit de peilbuisgegevens zijn geanalyseerd geven over het geheel genomen geen duidelijke aanwijzingen voor kwel. Echter als de stijghoogtes tussen de filterdieptes worden vergeleken geven de filters voor peilbuis B28F0396 enige kwel en peilbuis B28F1441 aanwijzingen voor kwel (tabel 2 en bijbehorende figuren).

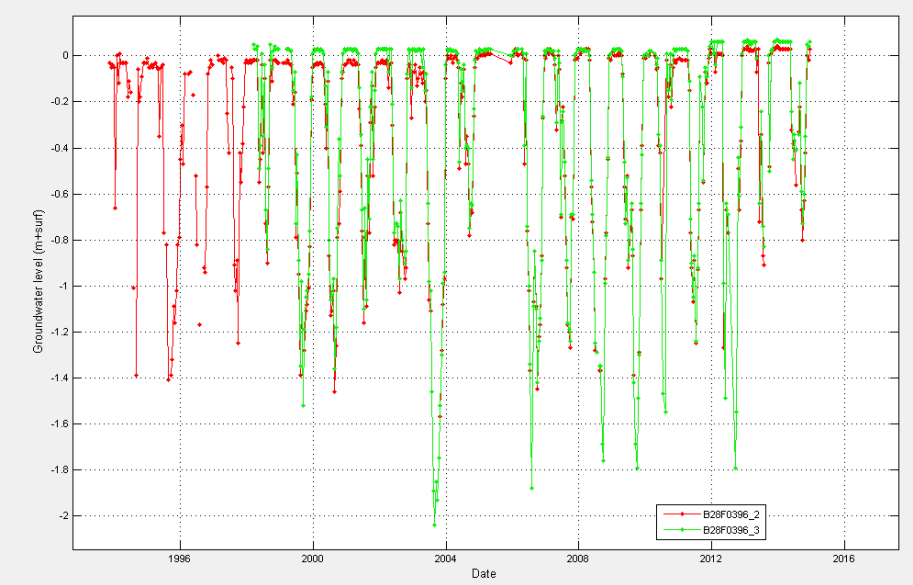
We kunnen hieruit afleiden dat de peilbuizen en boringen met een GT-V infiltratie laten zien. De locaties met een GT-III geven geen duidelijke aanwijzingen voor kwel. Mogeljik kwelgevoede bodems zijn aanwezig waar GT-II aanwezig zijn en wijzen op enige kwelvoeding in het winterseizoen.

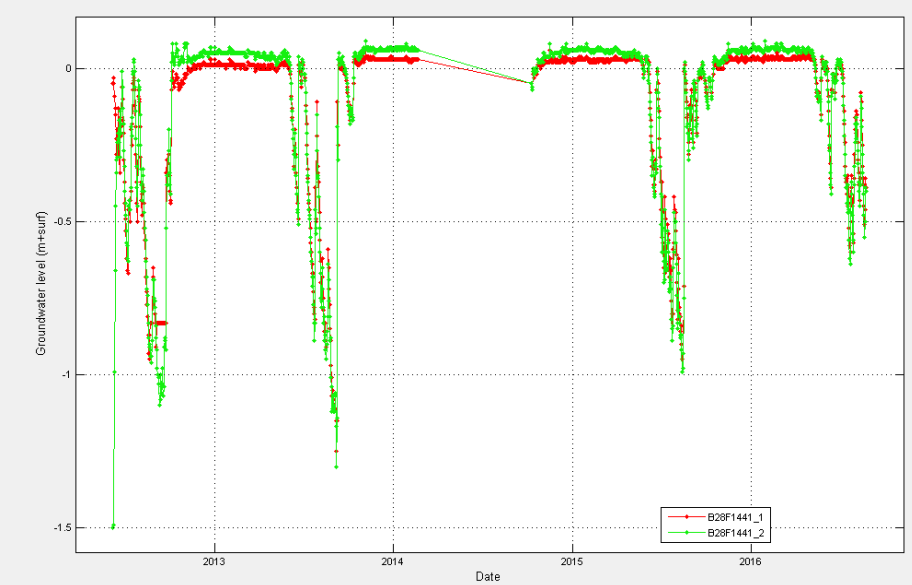
Tabel 2 De peilbuisdata met juiste filterstelling en complete meetreeks, waarbij kwel of wegzijging te bepalen valt

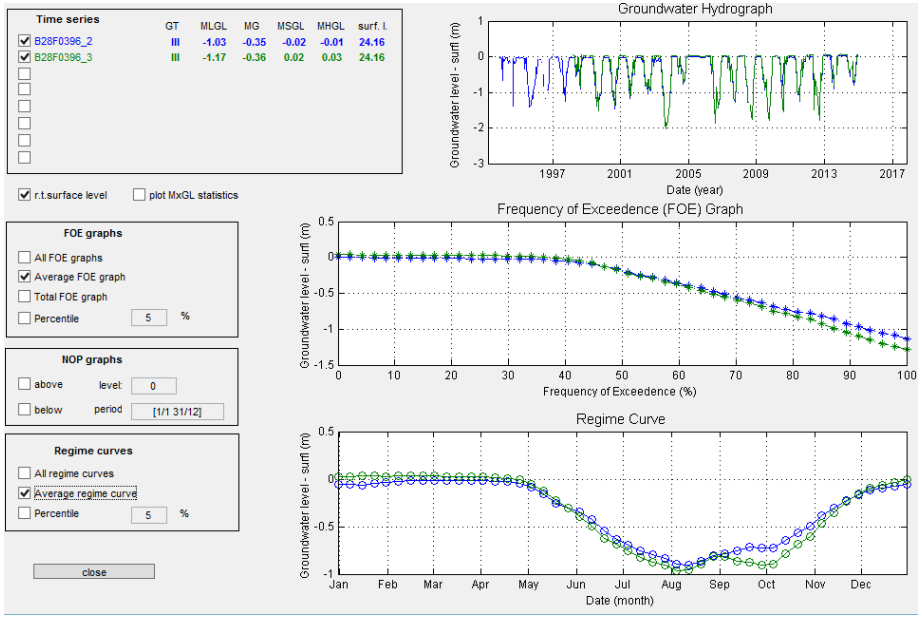
Achter de Voort	XCOORD	YCOORD	NAP	filter-mv	GLG-NAP	GLG-mv	GVG-NAP	GVG-mv	GHG-NAP	GHG-mv	GT	Kwel/Wegzijging
B28F0396_2	256988	488913	24,16	1,09-1,59	23,13	1,03	24,14	0,02	24,15	0,01	III	Neutraal, wisselvochtig
B28F0396_3	256988	488913	24,16	4,49-4,99	22,99	1,17	24,18	-0,02	24,19	-0,03	III	Neutraal, mogelijk enige kwel
B28F0405_2	257169	488925	23,26	1,11-1,61	22,15	1,11	23,23	0,03	23,25	0,01	III	Neutraal, wisselvochtig
B28F0405_3	257169	488925	23,26	4,4-4,9	21,74	1,52	23,25	0,01	23,27	-0,01	V	Grote stijghoogteverschillen, 's zomers infiltratie
B28F1440_2	257018	489021	24,77	1,14-1,64	23,4	1,37	24,66	0,11	24,73	0,04	V	Neutraal, wisselvochtig
B28F1440_3	257018	489021	24,77	3,98-4,58	23,33	1,44	24,68	0,09	24,73	0,04	V	Neutraal, wisselvochtig
B28F1441_2	257038	489111	24,44	3,21-3,71	23,66	0,78	24,49	-0,05	24,5	-0,06	II	Enige kwel, vochtig
B28F1441_3	257038	489111	24,44	25,54-26,6	23,7	0,74	24,56	-0,12	24,58	-0,14	II	Enige kwel, vochtig

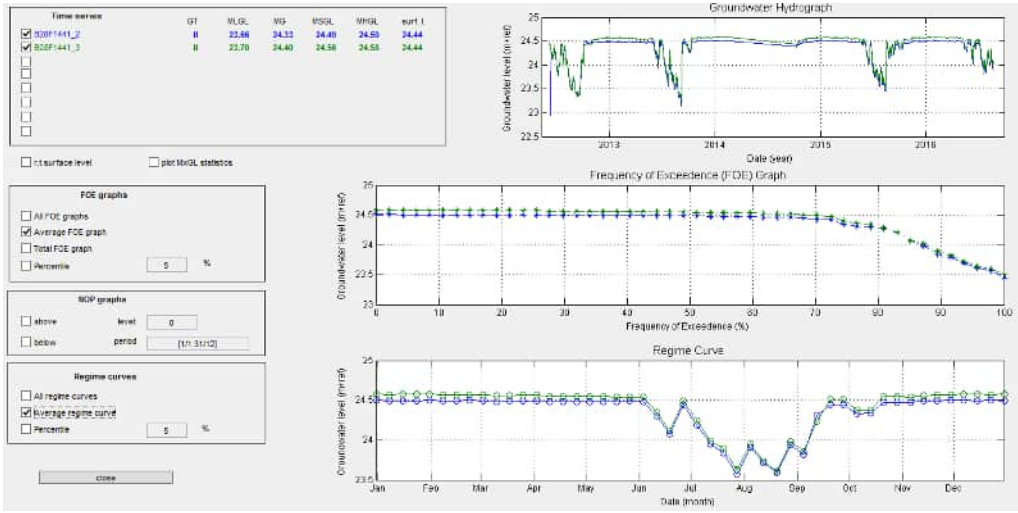




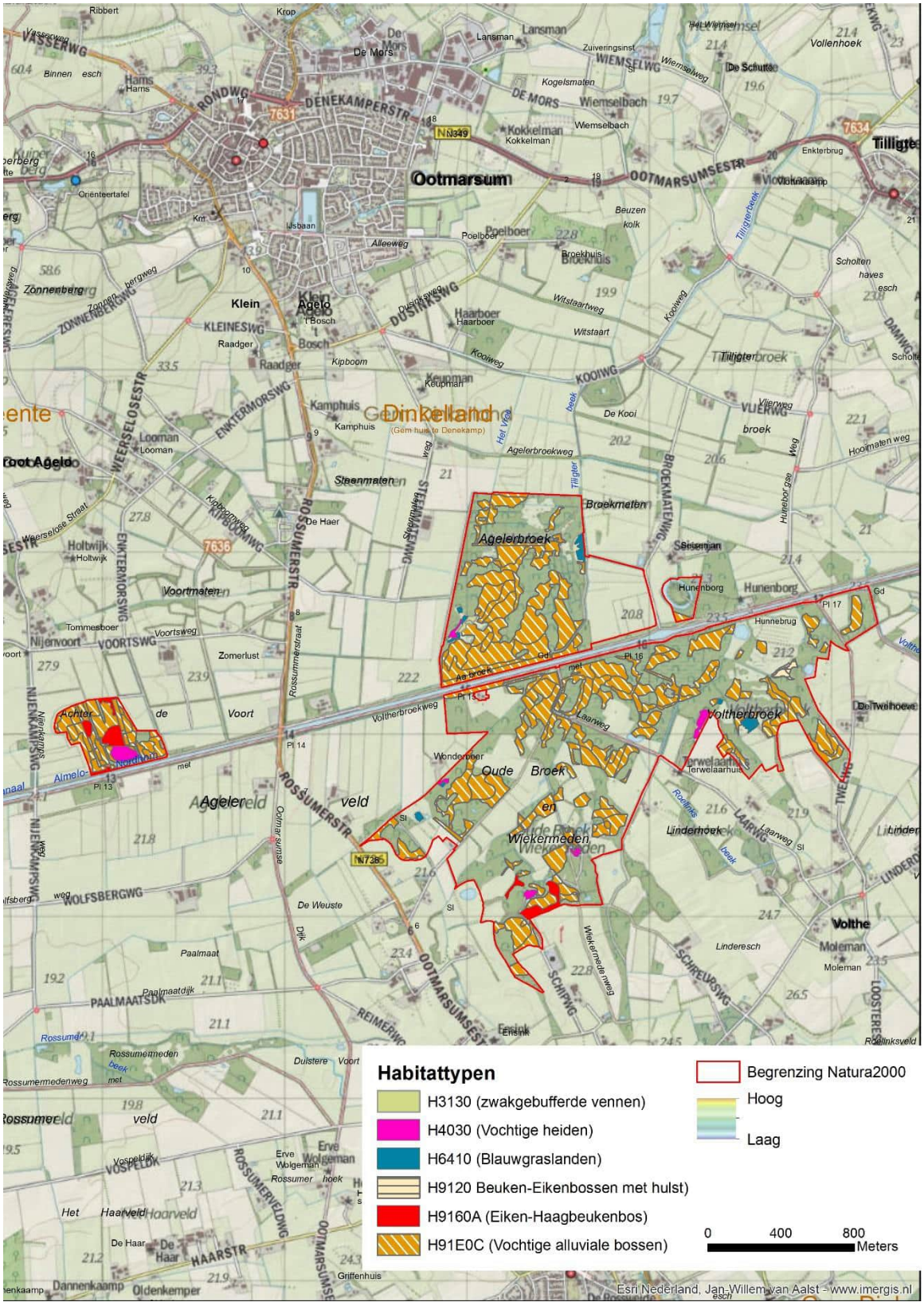

Groundwater level (m+surf)
Date
B28F0396_2
B28F0396_3

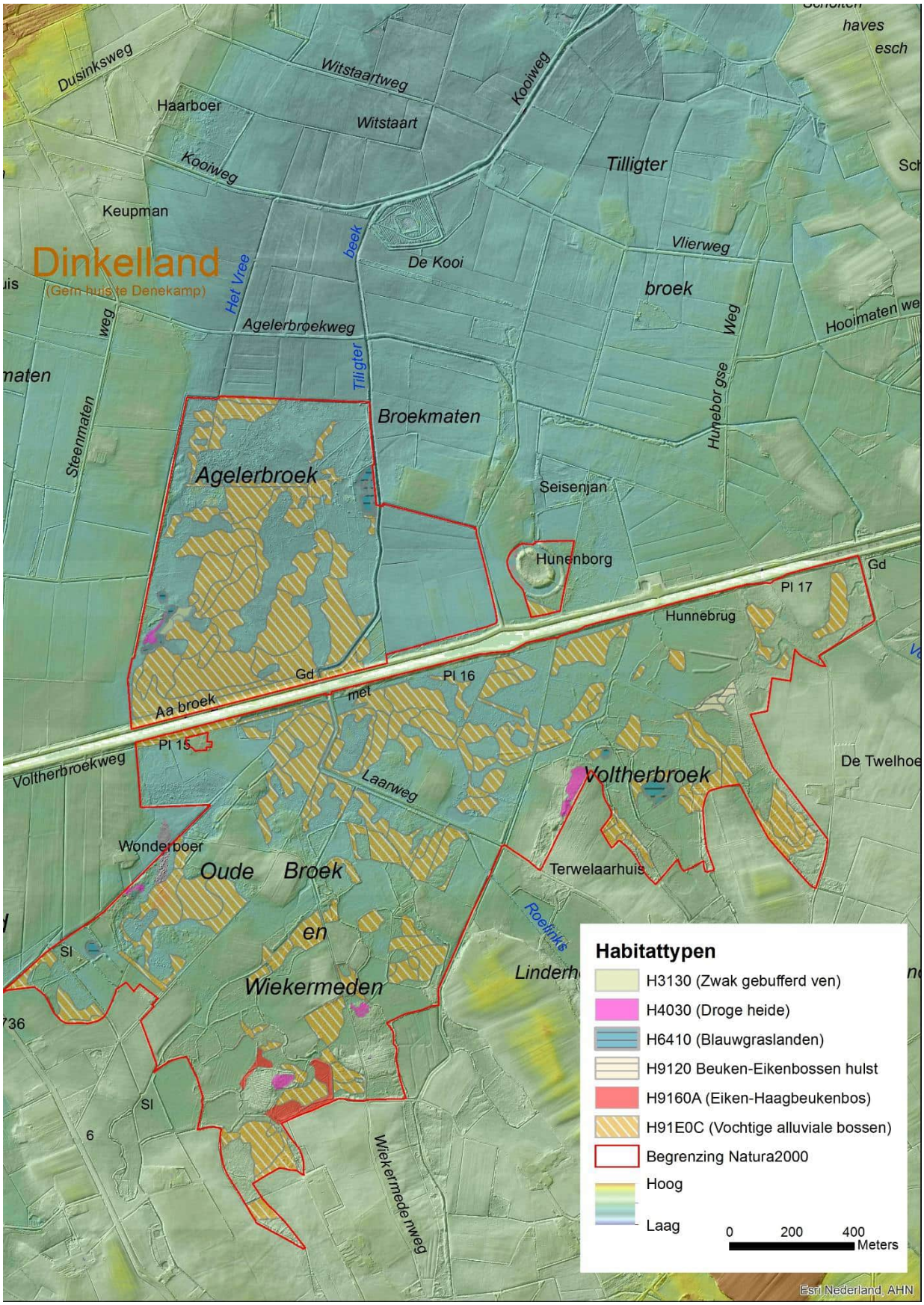

Groundwater level (m+surf)
Date
B28F1441_1
B28F1441_2


Time series
GT MLGL MG MSGL MHGL surf. l.
B28F0396_2 III -1.03 -0.35 -0.02 -0.01 24.16
B28F0396_3 III -1.17 -0.36 0.02 0.03 24.16
r.t.surface level
plot MxGL statistics
FOE graphs
All FOE graphs
Average FOE graph
Total FOE graph
Percentile 5 %
NOP graphs
above level 0
below period [1/1 31/12]
Regime curves
All regime curves
Average regime curve
Percentile 5 %
close
Groundwater Hydrograph
Groundwater level - surf (m)
Date (year)
Frequency of Exceedence (FOE) Graph
Groundwater level - surf (m)
Frequency of Exceedence (%)
Regime Curve
Groundwater level - surf (m)
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
Date (month)


Groundwater Hydrograph
Frequency of Exceedence (FOE) Graph
Regime Curve
Frequency of Exceedence (%)
Date (year)
Date (month)

Bijlage 3 Habitattypenkaart




Dinkelland
(Gem huis te Denekamp)
Dusinksweg
Witstaartweg
Kooiweg
Haarboer
Witstaart
Tilligter
Keupman
De Kooi
Vlierweg
broek
Het Vree
beek
Agelerbroekweg
Tilligter
Broekmaten
Agelerbroek
Steenmaten
Hunnebor gse Weg
Hooimaten we
Seisenjan
Hunenborg
Gd
Pl 17
Hunnebrug
Gd
Pl 16
met
Aa broek
Pl 15
Voltherbroekweg
Laarweg
Voltherbroek
De Twelhoe
Wonderboer
Oude Broek
en
Wiekermeden
Terwelaarhuis
Roelinks
Linderh
Sl
Sl
6
Wiekermedeweg
Habitattypen
H3130 (Zwak gebufferd ven)
H4030 (Droge heide)
H6410 (Blauwgraslanden)
H9120 Beuken-Eikenbossen hulst
H9160A (Eiken-Haagbeukenbos)
H91E0C (Vochtige alluviale bossen)
Begrenzing Natura2000
Hoog
Laag
0
200
400
Meters
Esri Nederland, AHN

Hydrologische randvoorwaarden habitattypen op basis van Waternood en Synbiosys

			SynBioSys (cm-mv)		Waternood (cm-mv)		
Code	**Plantengemeenschap**	**Habitattype**	**GVG**	**GLG**	**GVG**	**GLG**	**Opmerkingen**
6Aa1	Associatie van Biesvaren en Waterlobelia	Zwakgebufferde vennen	-36 - -30	-27 - -15	<-45	<15	
9Ba1	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge	Overgangs- en trilveen	-4 - 3	24 - 39	-10 - 5	<15	
9Ba2	Associatie van Vetblad en Vlozegge	Kalkmoerassen	3-14	48 - 66	-10 - 5	<50	
11Aa1	Associatie van Bruine snavelbies en Moeraswolfsklauw	Pioniervegetaties met snavelbiezen	-10 - 5	43-84	-5 - 25	>20	
11Aa2	Associatie van Gewone dophei (veenmosrijke vorm)	Vochtige heiden	-1 - 12	78-114	-5 - 15	<30	Meest kritische vorm van natte heide qua waterstand
11Aa2	Associatie van Gewone dophei (typische vorm)	Vochtige heiden	-4 - 26	86 - 145	8 - 35	Geen data	
16Aa1	Blauwgrasland	Blauwgraslanden	7 - 18	50 - 71	0 - 25	Geen data	
16Ab1	Veldrus-associatie	Blauwgraslanden	17 - 26	56 - 71	5 - 25	Geen data	
19Aa1	Associatie van Liggend walstro en Schapengras	Heischrale graslanden (droog)	38 - 53	122 - 167	>50	Geen data	
19Aa2	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras	Heischrale graslanden (nat)	15 - 34	80 - 122	15 - 35	Geen data	
39Aa2	Elzenzegge-Elzenbroek	Vochtige alluviale bossen	31 - 50	81 - 112	-10 - 15	<50	
43Aa5	Vogelkers-Essenbos	Vochtige alluviale bossen	69 - 80	125 - 140	25 - 60	>60	
43Ab1	Eiken-Haagbeukenbos	Eiken-Haagbeukenbossen	78 - 87	142 - 154	>40	>70	

Bij > of < is er geen maximale diepte of hoogte weergegeven waarop het grondwater mag wegzakken/stijgen.

Bodemkundige GLG beoordeling in relatie tot de bodemkundige GLG-referentie en het daaruit berekende doelgat

Voltherbroek

Nr	X-coordinaat	Y-coordinaat	Habitattype	Vegetatietype	GLG	GLG referentie	Doelgat GLG
2	261131	489739	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	110	>-50	60
3	260898	489617	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	150	-140 tot -125	+10/+25
6	260393	489504	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	120	-140 tot -125	+20/+5
7	260309	489124	Droge heide	Associatie van Struikhei en Stekelbrem	100	-200 tot -162	+100/+62
8	260396	489165	Blauwgrasland	Typisch blauwgrasland	130	-71/-50	59/80
10	260402	488940	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	125	-140 tot -125	+15/0
11	260575	489058	Blauwgrasland	Typisch blauwgrasland	125	-71/-50	55/75
14	260981	488915	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	110	-140 tot -125	+30/+15
16	258710	488549	Blauwgrasland	Veldrus-associatie	170	-71/-56	99/114
17	258865	488732	Blauwgrasland	Typisch blauwgrasland	180	-71/-50	109/130
18	258872	488723	Blauwgrasland	Typisch blauwgrasland	140	-71/-50	69/90
19	258955	488687	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	120	>-50	70
24	259323	488107	Droge heide	Associatie van Struikhei en Stekelbrem	160	-200 tot -162	40/+2
25	259432	488068	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers Essenbos	120	-140 tot -125	+20/+5
26	259438	488056	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers Essenbos	115	-140 tot -125	+25/+10
27	259607	488999	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	110	>-50	60
35	260020	489130	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	85	>-50	35
37	260138	489440	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	100	>-50	50
38	259713	489368	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	80	>-50	30
39	259494	489320	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	160	>-50	110
40	259264	489253	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	80	>-50	30
42	258925	489210	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	100	-140 tot -125	+40/+25
Agelerbroek							
45	258957	489599	Droge heide	Associatie van Struikhei en Stekelbrem	160	-200 tot -162	+40/+2
46	259019	489637	Zwak gebufferd ven	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge	110	>40	70
47	259164	489660	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	120	>-50	70
49	259405	489635	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	140	>-50	90
50	259557	489675	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	150	-140 tot -125	10/25
57	259387	489452	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	100	>-50	50
59	258993	489892	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	160	>-50	110
60	259110	489888	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	120	>-50	70
61	259202	489820	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	115	>-50	65
63	259469	489858	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	140	>-50	90
65	259633	489958	Blauwgrasland	Typisch Blauwgrasland	140	-71/-50	69/90
72	259295	490293	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	155	>-50	105
74	259197	490251	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	160	>-50	110
75	259108	490256	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	130	>-50	80
79	259268	489435	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	80	>-50	30
80	259160	489417	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	80	>-50	31
81	259024	489369	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	120	>-50	70
82	258918	489337	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	140	>-50	90
Achter de Voort							
85	257176	489016	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	150	-140 tot -125	10/25
91	257125	489059	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	140	>-50	90
94	257256	488931	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	160	-140 tot -125	20/35
95	257263	488879	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	110	-140 tot -125	+30/+15
99	257061	489191	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	110	>-50	60
100	257074	489127	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	120	>-50	70
101	257053	489085	Eiken-Haagbeukenbos	Eiken-Haagbeukenbos	140	-154 tot -142	+14/+2
105	257033	489186	Eiken-Haagbeukenbos	Eiken-Haagbeukenbos	120	-154 tot -142	+34/+22
110	256782	489129	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	140	-140 tot -125	0/25
116	256741	489022	Vochtig alluviaal bos	Elzenbroek	115	>-50	65
118	256962	488805	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	160	-140 tot -125	20/35
120	256889	488933	Vochtig alluviaal bos	Vogelkers-Essenbos	150	-140 tot -125	10/25

Legenda

- data uit Waternood
- data uit synbiosys
- Geen doelgat
- Doelgat

Bijlage 5

Geohydrologische bijlage AVAV

Deze bijlage verantwoordt de bijdragen van C. Maas. In principe worden de vragen behandeld die hem in de loop van het onderzoek gesteld zijn, maar er wordt ook weleens dieper ingegaan op geohydrologische achtergronden, met name in de Aanhangsels bij vraag 1 a.

1a. Vraag: Wat is het effect op de GLG en de GVG bij het dempen van alle diepe ruilverkavelingssloten? 2
Aanhangsel 1: Geohydrologische aspecten van een beek in een vrij afwaterend gebied 5
Aanhangsel 2: Interactie tussen beken 14
Aanhangsel 3: Vaststellen van modelparameters in Raai 1 en Raai 3 16
Aanhangsel 4: Invloed van beken op de GHG 19

1b. Vraag b: Wat is het effect op de GLG en de GVG van het dempen van alle ondiepe drainage en alle diepe ruilverkavelingssloten? 20

2. Vraag: Maakt het iets uit voor de GLG en GVG of je een beek verondiept of opstuwt? 21

3. Vraag: Heeft het omleiden van de sloot ten westen van Agelerbroek (verder naar het westen, dus dempen op de huidige locatie) effect op de GLG in het natuurgebied? 22

4. Vraag: Wat is er te zeggen van het drainerende effect van het kanaal bij deelgebied Achter de Voort? 23

5. Vraag: Wat zou het effect zijn van het dempen van de randsloten aan de noord- en oostkant van Achter de Voort, gegeven dat we te maken hebben met een dunne laag zand op een dikke laag keileem? Aan welke knoppen kun je draaien om de GLG en de GVG te verhogen? 24

6. Vraag: Wat is het uitstralende effect van interne maatregelen op de omgeving? 27

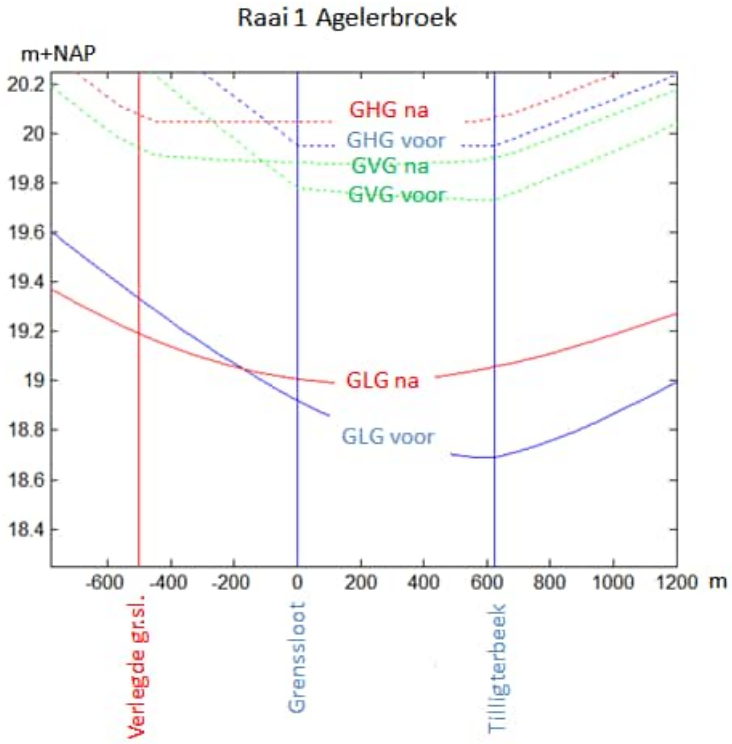
Vraag 1a: Wat is het effect op de GLG en de GVG bij het dempen van alle diepe ruilverkavelingssloten?

Antwoord:
Effect op de ***GLG***
We hebben een formule afgeleid waarmee het effect van het dempen van sloten op de GLG berekend kan worden, mits de juiste numerieke waarden van de "model" parameters bekend zijn (Zie aanhangsels 1 en 3 bij vraag 1a). Voor de raaien 1 en 3 van het Agelerbroek lukt het redelijk om daar een slag naar te slaan, dankzij het feit dat deze raaien dwars op de watergangen staan. Bij de andere raaien lukt het niet; voor die watergangen moet het effect van dempen geschat worden door extrapolatie van de resultaten voor raaien 1 en 3.

Raai 1 Agelerbroek

Uit het verloop van de GHG en het gegeven peil van de Grenssloot en de Tilligterbeek vallen met de nodige slagen om de arm de volgende parameterwaarden te schatten: $kD = 200\,\mathrm{m2/d}$, $W_{\mathrm{sloot}} = 0{,}85\,\mathrm{d/m}$, $W_{\mathrm{beek}} = 1{,}7\,\mathrm{d/m}$ (Zie aanhangsel 3 bij vraag 1a) De enige andere geohydrologische parameter is de freatische bergingscoëfficiënt, die op grond van ervaring te schatten is op $S = 0{,}12$. Verder zijn de hellingen van de omgeving van belang. Die zijn afgelezen uit het AHN.

Met deze gegevens is de *huidige* GLG te berekenen. Hij blijkt redelijk overeen te stemmen met de metingen: bij de Tilligeterbeek ligt de GHG volgens waarnemingen op 18,60 m +NAP, bij de huidige Grenssloot ligt hij op can +18,75 m _NAP.

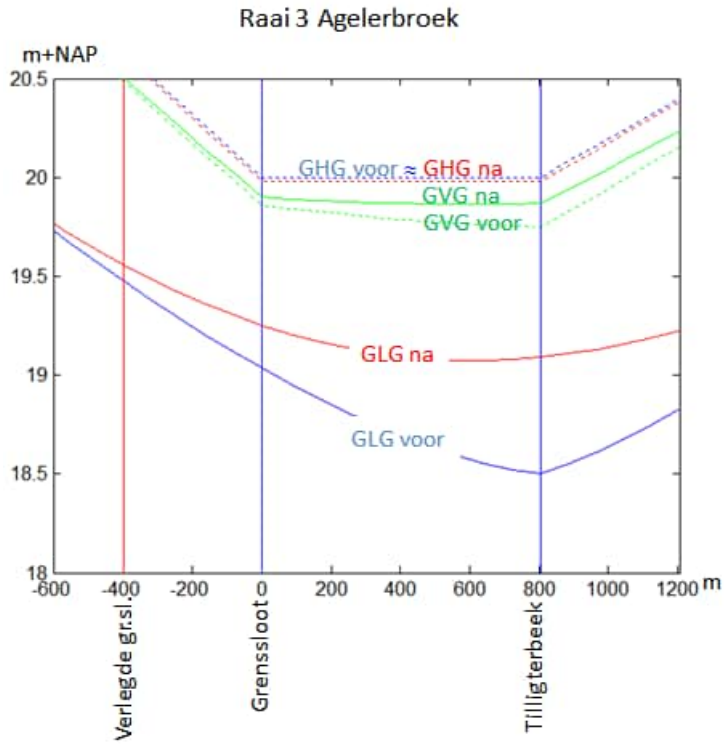


Om de GLG ná de inrichtingsmaatregelen te berekenen moet de GHG na de maatregelen bekend zijn. Gelet op alle onzekerheden komt het voor dit doel niet zo nauw; we hebben hem tussen de waterlopen op basis van de metingen geschat op 0,20m-MV. (Afgaande op Menyanthes ligt hij wat hoger.) Na verleggen van de Grenssloot en het verwijderen van de Tilligterbeek vinden we de nieuwe

GLG, "GLG-na". In het plaatje zijn de posities van de beek en de sloot vóór de ingrepen met verticale blauwe lijnen aangegeven; de positie van de sloot ná de ingreep is met een verticale rode lijn aangeduid. Ter plaatse van de beek is de GLG (volgens deze som) een kleine 40 cm gestegen. Het effect van het verleggen van de sloot is niet afzonderlijk af te lezen, maar het draagt niet veel bij aan de verhoging van de GLG. Het gezamenlijke effect strekt zich behoorlijk naar rechts uit.

Raai 3 Agelerbroek

Langs deze raai zijn de parameters $kD = 200\,\mathrm{m^2/d}$, $W_{\mathrm{sloot}} = 0{,}85\,\mathrm{m/d}$, $W_{\mathrm{beek}} = 1{,}8\,\mathrm{m/d}$ (maar kD en W_{sloot} zijn overgenomen van raai 1). (Zie aanhangsel 3 bij vraag 1a.)



Omdat de huidige GHG al zo dicht onder het maaiveld ligt hebben we voor de toekomstige GHG hetzelfde verloop aangehouden. De gemeten opbolling onder de westelijke dekzandrug aan de linkerkant is boven een weerstandslaag; voor de berekening van de GLG zijn we ervan uit gegaan dat hij onder de weerstandslaag niet terug te vinden is. Het verleggen van de sloot doet minder dan in raai 1, doordat hij al vrij vroeg in het groeiseizoen stopt met draineren (volgens de berekening na twee maanden vanaf het begin van het groeiseizoen). De maximale stijging van de GLG is ca 0,6 m. Dat het meer is dan in Raai 1 komt (denken we) doordat we in Raai 1 hebben aangenomen dat de GHG in de in dekzandrug zal dalen.

De overige raaien bieden jammer genoeg niet veel houvast om parameterwaarden vast te stellen, doordat ze niet dwars op de beken staan. Het resultaat voor raai 5 biedt wel enig houvast om in te schatten wat het effect voor de andere beken zal zijn. Daarbij gelden de volgende indicatoren:

. Een bredere/smallere beek (dan de Tilligterbeek tpv Raai 5) leidt tot een groter/kleiner effect;

. Een groter/kleiner verschil tussen beekpeil en GHG (dan bij de Tilligterbeek tpv Raai 5) leidt tot een kleiner/groter effect;

. Een sterker hellende/minder sterk hellende omgeving leidt tot een groter/kleiner effect.

GHG

Om de gedachten te bepalen: als er geen ondiepe weerstandslaag is moet men denken aan een invloed op de GHG van 20 à 30 cm en een reikwijdte van 100 à 200 m uit de slootkant. Nabij de sloten is de amplitude driemaal zo groot. Toelichting: zie Aanhangsel 4 bij vraag 1a.

Als er wel een ondiepe weerstandslaag is moet men denken aan een invloed op de GHG van 5 à 10 cm met een reikwijdte van ca 10 m uit de slootkant.

(Dit zijn geen algemene richtlijnen; het hangt mede af van het doorlaatvermogen dat in andere gebieden anders kan/zal zijn.)

GVG

De GVG wordt via een rekenregel afgeleid uit de GHG en de GLG:

- $GVG \approx GHG+15$ (Gt I, II, IV)
- $GVG \approx GHG+25$ (Gt III, V, VI en VII)
- $GVG \approx 0,85 \times GHG+0,2 \times GLG+5$ (Runhaar)

Deze regels zijn ontleend aan het Grondwaterzakboekje van Bram Bot, te bestellen op www.grondwaterzakboekje.nl. Let op: hier zijn de GxG-waarden positief gerekend... (en in cm).

Om het effect op de GVG te bepalen is het dus nodig om naast de GLG de GHG te bepalen.

Aanvulling op vraag 1a, mei 2017

In de PAS-analyse en in de LESA wordt aangegeven dat de diepe beken (bijv. de Tilligterbeek) verondiept moeten worden. In hoevere zijn de resultaten van de voorgaande berekeningen dan nog toepasbaar?

Antwoord:

De som is eenvoudig aan te passen voor elk willekeurige peilverandering.

Aanhangsel 1 bij vraag 1a: Geohydrologische aspecten van een beek in een vrij afwaterend gebied

Invloedslengte van een beek in de periode waarin het stuwpeil gehandhaafd kan worden: Mazure

Om de ruimtelijk invloed van een beek op de grondwaterstand in een afwateringsgebied met een beheerst peil te bepalen wordt vaak gebruik gemaakt van de vuistregel

$$\ell = 2 \text{ à } 3\ \lambda \tag{1}$$

waarin λ de zogenaamde spreidingslengte is, die weer afhangt van het doorlaatvermogen van de watervoerende laag die door de watergang wordt aangesneden en de zogenaamde *drainageweerstand* c_d , die een maat is voor de wisselwerking tussen grondwater en oppervlaktewater. Er geldt

$$\lambda = \sqrt{kDc_d} \tag{2}$$

De waarde van c_d wordt vaak geschat op basis van een andere vuistegel, die zegt:

$$c_d \text{ (in dagen)} \approx \text{slootafstand (in m)} \tag{3}$$

Dit is een praktijkregel waarvoor geen goede onderbouwing bestaat, maar die voor veel gevallen wel een bruikbare orde van grootte oplevert. Regel (1) is te herleiden tot de formule van Mazure, die beschrijft hoe het peil van een buitenwater zich voortplant in een polder met sloten die een beheerst peil hebben:

$$h(x) = h_0 \exp(-\frac{x}{\lambda}) \tag{4}$$

waarin x de afstand tot de rand van de polder is. In dit geval is ook weer $\lambda = \sqrt{kDc}$, maar c heeft bij Mazure een andere betekenis. (Mazure werkte aan de drooglegging van de Wieringermeer, waar de watervoerende laag afgedekt wordt door een weerstandbiedende laag met sloten.) Niettemin is (4) ook te gebruiken in het geval van een beek in een freatische watervoerende laag die gedraineerd wordt door een min of meer regelmatig netwerk van sloten. In dat geval moet de c -waarde van Mazure geïnterpreteerd worden als de zogenaamde *voedingsweerstand* c_v , die op een subtiele manier afwijkt van de drainageweerstand c_d , maar die daarmee in de praktijk wel gelijk te stellen is, omdat de numerieke waarden van deze parameters vaak toch niet erg nauwkeurig vast te stellen zijn. Toegepast op beken is in (4) h_0 het beekpeil, gerekend ten opzichte van het peil in het overige afwateringsstelsel. h_0 mag nul zijn; dan wijkt het beekpeil niet af van het peil in de overige watergangen. Dat neemt niet weg dat nog steeds de invloed van de beek ruimtelijk doorwerkt over een afstand 2à3 λ . Voor wat de ruimtelijke werking van een beek betreft moet dus een onderscheid gemaakt worden tussen de invloedslengte en het peil, ongeveer zoals men bij een toon een onderscheid moet maken tussen de golflengte en de luidheid.

In het geval van de natuurgebieden in Dinkelland zijn blijkens de achtergronddocumenten de bufferzones in eerste instantie gedimensioneerd met formule (3). Het is goed om te beseffen dat die formule voor winterse omstandigheden geldt.

Wat als in het voorjaar de kleinere afwateringsmiddelen droogvallen? Edelman

In vrij afwaterende gebieden vallen de kleinere afwaterende middelen al vroeg in het groeiseizoen droog, terwijl de beken vaak nog lang in het groeiseizoen water voeren en de omgeving draineren. In die situatie breidt de invloedssfeer van de beken zich gestadig uit, en wordt hij dus groter dan 2à3 λ . Zolang er een stuwpeil gehandhaafd kan worden kan de uitbreiding van de ruimtelijke invloed van een beek beschreven worden met de formule van Edelman:

$$h(x,t) = \frac{1}{2} h_0 \mathrm{erf}\,(x\sqrt{\frac{S}{4kDt}}) \tag{5}$$

waarin h_0 gerekend is ten opzichte van de GVG. In tegenstelling tot de formule van Mazure is dit een tijdsafhankelijke uitdrukking. Doordat de kleinere afwateringsmiddelen zijn drooggevallen komt er geen c meer in deze formule voor, maar er verschijnt een nieuwe parameter: de freatische bergingscoëfficiënt, die aangeeft hoeveel m^3 water er onder invloed van de zwaartekracht kan uitlekken uit een m^3 grond die aanvankelijk geheel met water verzadigd is. Het is dus een verhoudingsgetal, dat voor zandgrond in de praktijk varieert tussen 0,10 en 0,16. De functie erf is de errorfunctie, die beschikbaar is in bijvoorbeeld Excel. Hij is nauw verwant aan de functie erfc, die ook wel bekend staat als foutenintegraal; dat is de integraal van de normale verdeling, waarvan de standaardafwijking gegeven wordt door

$$\sigma = \sqrt{\frac{2kDt}{S}} \tag{6}$$

De invloedslengte van de beek neemt dus toe met de tijd. Net als bij de formule van Mazure is het een beetje arbitrair om te bepalen waar de uiterste grens ligt, maar met een beroep op de statistiek lijkt het redelijk om daarvoor 2 σ te kiezen, dus

$$\ell = 2\,\sigma = 2\sqrt{\frac{2kDt}{S}} \tag{7}$$

waarin de tijd t gerekend moet worden vanaf het begin van het groeiseizoen. Als we het netjes willen doen moeten we er rekening mee houden dat er aan het begin van het groeiseizoen al de winterse verlaging bestaat, maar naarmate de tijd verstrijkt neemt de fout die we maken door die te verwaarlozen af.

Veel beken voeren het hele jaar water of vallen pas aan het eind van het groeiseizoen droog. In dat geval is t ongeveer een half jaar. Kiezen we S =0,15 dan is aan het eind van het groeiseizoen

$$\boxed{\ell \approx 100\sqrt{kD}} \tag{8}$$

Let op: de dimensies kloppen niet, of beter: ze zijn niet meer te zien doordat we concrete getallen ingevuld hebben. Bij gebruik van deze vuistregel is het belangrijk om kD in m^2/d uit te drukken.

Maar er is toch ook verdamping? Andere formule van Edelman

Zo simpel als we het nu voorgesteld hebben is het niet, want in het groeiseizoen daalt de grondwaterspiegel ook door verdamping; alleen bij de beek blijft hij op peil. Edelman behandelde in zijn proefschrift een aantal gevallen, waarvan alleen (5) geschiedenis gemaakt heeft. Als we aannemen dat het verdampings*overschot* E gedurende het groeiseizoen constant is (wat zo gek nog niet is, want gemiddeld gesproken daalt de grondwaterspiegel met vrijwel uniforme snelheid), dan

$$h(x,t) = h_0 \mathrm{erfc}(x\sqrt{\frac{S}{4kDt}}) - \frac{Et}{S}\left\{1 - 4i^2\mathrm{erfc}(x\sqrt{\frac{S}{4kDt}})\right\} \tag{9}$$

Dit is in een wat omgewerkte vorm een andere formule uit het proefschrift van Edelman. De functie i^2erfc is de tweemaal geïntegreerde errorfunctie, die in de wiskundige literatuur bekend is. Als er geen verdampingsoverschot is ($E = 0$) gaat (9) over in (5), zoals het hoort. Op grote afstand naderen de functies erfc en i^2erfc tot nul, zodat $h(x,t) = -\frac{Et}{S}$, wat ook is zoals het hoort.

> Het is zaak om over de tekens na te denken. Als we $h(x,t)$ opvatten als de grondwaterstand en de GVG als referentie kiezen, dan moet er een negatief getal uitkomen. We moeten h_0 dus negatief kiezen. En E positief.

De term met i^2erfc heeft in principe invloed op de invloedslengte ℓ waarvoor we vuistregel (8) hebben afgeleid, maar numeriek vingeroefeningen laten zien dat het niet nodig is om daarop een correctie door te voeren. (Bevat (1) niet een factor 2à3?)

Wanneer valt de beek droog?

of beter: wanneer stopt de beek met draineren? Op dat moment kan hij nog wel water bevatten, maar het stroomt niet meer af, en het beekpeil zakt verder mee met het grondwaterpeil. De beek stopt met draineren als de $dh/dx = 0$ op $x = 0.$ Dit levert een vergelijking op waaruit t is op te lossen. De som vereist aardig wat schijfwerk, maar het resultaat is bemerkenswaardig:

De beek stopt met afvoeren als de grondwaterstand op grote afstand tot $h_0/2$ *gedaald is.*

dwz:

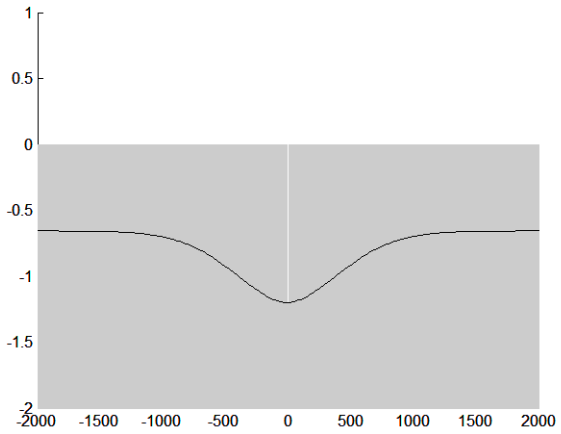
$$t_d = \frac{h_0 S}{2E} \tag{10}$$

(Volgens afspraak is h_0 een negatief getal, maar het is wel duidelijk wat hier bedoeld wordt. Het zou vreemd staan om in (10) een min-teken in te voeren.) Merk op dat in deze uitdrukking zelfs de kD - waarde niet meer voorkomt... *Een beek valt in de loop van het groeiseizoen droog als*

$$h_0 < \frac{2E}{S}\frac{365}{2} \tag{11}$$

E/S is een breuk waarvan de waarde in Nederland van plek tot plek niet erg wild zal variëren. Zeg gemiddeld in het groeiseizoen is E =0,001m/d en $S = 0.15$, dan valt een beek droog als het beekpeil

ondieper is dan 2,40 m ten opzichte van de grondwaterstand op het moment dat de kleine ontwateringsmiddelen droogvallen; zeg de GVG. Op het moment dat de beek stopt met draineren heeft hij in het grondwatervlak een kuil getrokken, bijvoorbeeld:



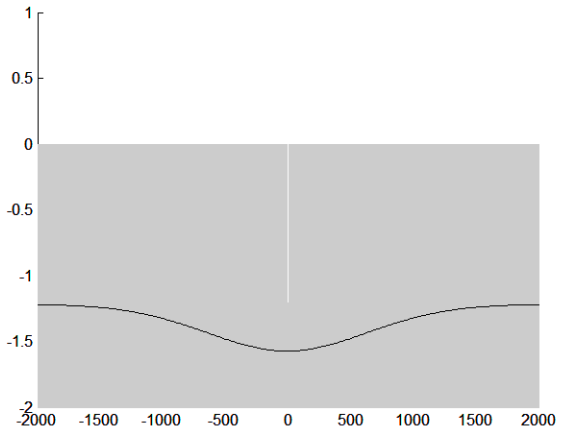
(Dit is zomaar een voorbeeld, h_0 =1,20 m, S =0,15 , kD =200 m^2/d, E =0,001 m/d. De beek stopt met afvoeren na 90 dagen.)

Hoe gaat het nadat een beek is drooggevallen?

Als de beek stopt met afvoeren vervult hij geen rol meer in het systeem. Terwijl de grondwaterspiegel verder daalt (aannemende dat de beek droog valt voordat het groeiseizoen om is) wordt de kuil geleidelijk opgevuld door zijdelings toestromend grondwater. Dit proces is niet zo moeilijk te begrijpen, maar het is lastig in een formule uit te drukken en het uiteindelijke resultaat is tamelijk onhandelbaar (wat wil zeggen dat er lastig getallen uit te krijgen zijn). Des te eenvoudiger gaat het numeriek, want op het moment dat de beek stopt met draineren verloopt het grondwatervlak "smooth". Wegens onze voorkeur voor analytische methoden hebben we het echter anders aangepakt. Bruggeman 112.01 beschrijft hoe een willekeurige verlopende beginsituatie $f(x)$ van een freatisch grondwatervlak ($-\infty < x < \infty$) verstrijkt:

$$h(x,\tau) = \sqrt{\frac{S}{4kD\tau}} \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi) \exp\left\{-\frac{(x-\xi)^2 S}{4kD\tau}\right\} d\xi \qquad (12)$$

We hebben in deze uitdrukking de tijd t vervangen door τ , omdat de klok opnieuw begint te lopen op het moment dat de beek stopt met afvoeren. Voor ingewijden: het komt erop neer dat het grondwatervlak zoals dat zich op $\tau = 0$ voordoet geconvolueerd moet worden met de respons van het grondwater op een plotselinge verstoring, die ook wel functie van Green genoemd wordt. In het wiskundeprogramma Matlab is deze bewerking betrekkelijk eenvoudig uit te voeren met de functie conv. Welke methode men ook prefereert, hier is een voorbeeld van een beek die in de loop van het groeiseiszoen stopt met afvoeren, waarna de kuil in het grondwatervlak begint te verstrijken:



(Dit is hetzelfde voorbeeld als zojuist, maar nu na een half jaar. Laten we vuistregel (8) eens toetsen: $\ell \approx 100\sqrt{kD} = 100\sqrt{200} = 1442$ m. Klopt aardig, ook al is er verdamping in het spel.) Onder de beek is de grondwaterstand 0,36 m lager dan op grote afstand. Dit is bij benadering de grootste invloed die de beek heeft op de GLG; hij neemt af tot vrijwel 0 op afstand ℓ.

Complicaties

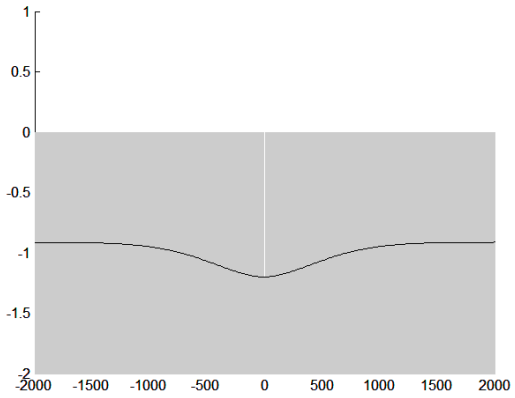
1. Intreeweerstand

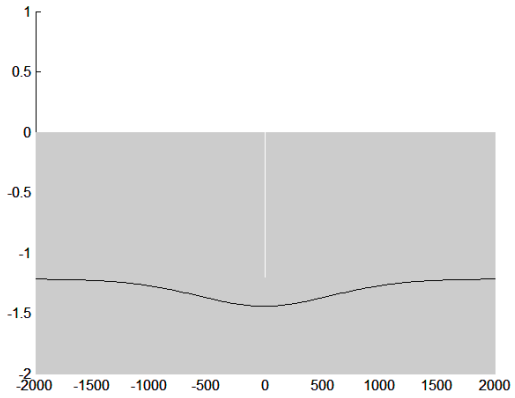
De bodem van een drainerende beek zal in het algemeen goed doorlatend zijn. Toch bezitten beken een intreeweerstand, die veroorzaakt wordt doordat de grondwaterstroombanen, die op enige afstand van de beek horizontaal lopen, nabij de beek omhoog moeten buigen. Dat kost energie, zelfs als de beek erg breed is. Praktisch gesproken komt een beekweerstand tot uiting in een peilverschil tussen de grondwaterstand die niet te ver van de beek gemeten is, en het beekpeil. We definiëren de weerstand W als de verhouding tussen dat peilverschil (m) en de drainageflux (m^2/d). De eenheid van W is dus d/m. Het is het mooiste als een numerieke waarde van de beekweerstand uit veldwaarnemingen is af te leiden, maar als dat niet lukt is hij te schatten met de formule

$$W = -\frac{1}{2\pi\sqrt{k_h k_v}} \ln\left|1 - \exp\left\{\frac{\pi B}{D}\sqrt{\frac{k_v}{k_h}}\right\}\right| \qquad (13)$$

Hierin is D de dikte van de watervoerende laag, en k_h en k_v zijn de horizontale resp. verticale doorlatendheid van het materiaal waaruit de watervoerende laag is opgebouwd. Voor de numerieke waarde van de horizontale doorlatendheid k_h bestaan vaak wel aanwijzingen, maar de waarde van k_v is meestal slecht bekend. In de literatuur treft men wel waarden van k_v aan die een factor 10 kleiner zijn dan die van k_h, maar die komen uit proeven aan gestoken grondmonsters. Het verschil tussen k_h en k_v wordt veroorzaakt doordat grondmonsters gewoonlijk een fijne gelaagdheid vertonen. In werkelijkheid zijn watervoerende lagen ook op een grovere schaal gelaagd opgebouwd, met veel grotere contrasten tussen de lagen. Onze ervaring is dat k_v effectief wel tot een factor 100 kleiner kan zijn dan k_h. Wat de grootte-orde van W betreft moet men denken aan 1 d/m. *Het gevolg van de aanwezigheid van een intreeweerstand is dat de beek langer water voert en een minder diepe kuil in het grondwatervlak maakt*. Een intreeweerstand maakt de formules erg veel gecompliceerder, en

het tijdstip waarop de beek stopt met draineren, dat voor het geval zonder weerstand zo simpel oogde (zie(10)), moet nu iteratief gevonden worden uit een lastige transcendente vergelijking, met de voorwaarde dat het grondwaterpeil ter plaatse van de beek gelijk is aan het beekpeil. Hier is een voorbeeld met dezelfde getallen als eerder, maar nu met een beekweerstand $W = 1$, wat een heel normale grootte is:

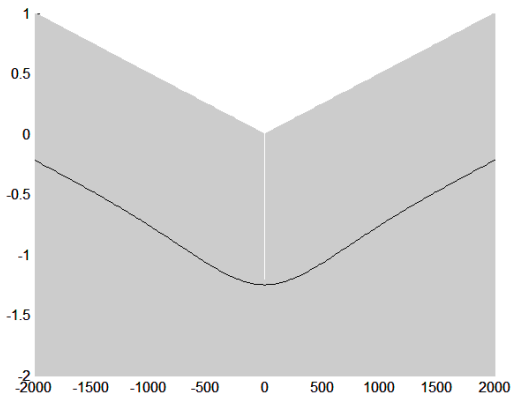


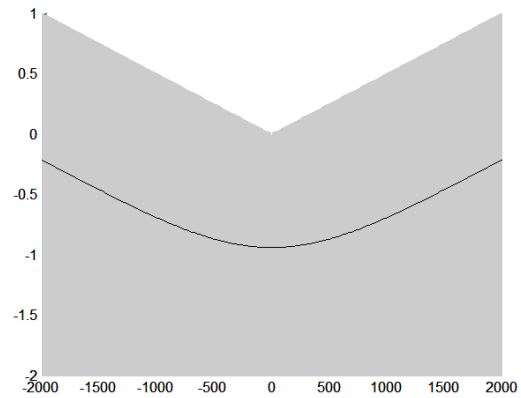


Het tijdstip waarop de beek stopt met draineren is toegenomen van 3 tot 4,5 maanden. Vuistregel (10) blijkt nog steeds op te gaan. De grootste invloed op de GLG is afgenomen van 0,36 m in het geval zonder intreeweerstand tot 0,26 cm in het geval met intreeweerstand. Relatief gezien is het verschil groot, maar ten opzichte van een GLG van ca 1,20 $-$ GVG is 0,10 m niet veel, en dat verschil neemt min of meer gelijkmatig af over de afstand ℓ. Dit suggereert dat een onnauwkeurigheid in de schatting van de numerieke waarde van W niet fataal hoeft te zijn als men bijvoorbeeld het effect van het dempen van een beek moet kwantificeren.

Complicatie 2: Laterale toestroming van grondwater

We zijn tot nu toe stilzwijgend van een vlak maaiveld uitgegaan. Voor gegraven sloten zal dit vaak redelijk opgaan, maar beken liggen gewoonlijk in een dal, waarin het grondwatervlak in de richting van de beek helt. Er stroomt dus extra grondwater naar de beek toe, en dat zal ervoor zorgen dat een beek langer blijft draineren dan (10) aangeeft. De kuil die de beek in het grondwater maakt wordt daardoor nog minder diep, en hij verstrijkt nog sterker. Hier is een voorbeeld met weer dezelfde getallen als eerder, de weerstand inbegrepen, maar met aan weerszijden een maaiveld helling van 1:2000:





In dit voorbeeld blijkt de beek na een halfjaar nog (net) te draineren, dankzij de (toch vrij beperkte) laterale toestroming (linker plaatje). *Laterale toestroming zorgt ervoor dat een beek veel langer blijft draineren.*
Om in dit geval de invloed van de beek op de GLG te bepalen moet hij gedempt worden (rechter plaatje). In ons voorbeeld is de grondwaterstand na een half jaar gedaald tot 0,94 m op de plek van de gedempte beek, tegenover ca 1,20 toen de beek nog draineerde. Het is nu wat lastiger in te zien, maar vuistregel (8) blijft aardig opgaan.

Matlab-codes

De functie **Beek.m** geeft de verlaging op positie x op tijdstip t ten gevolge van een beek met intreeweerstand W . De beek ligt op $x=0$. Op t =0 is er geen verlaging. Dit is dus Edelman met intreeweerstand. Het uitgeprocenteerde deel van deze code bevat de analytische oplossing. Het bleek numeriek stabieler te zijn om met de Laplace-getransformeerde oplossing te werken.

```
function phi=Beek(x,t,kD,S,W,h)
if nargin==0
    x=linspace(-500,500,1000);
    t=10; h=1; kD=100; S=.12; W=1;
end

if W<eps W=eps; end %voorkom delen door nul
if t<eps t=eps; end %voorkom delen door nul

a=1/2/kD/W*sqrt(kD/S);

% ksi=abs(x)*sqrt(S/kD);
%
% % Grondwaterstand phi(x,t);
% B=erfc(ksi/2/sqrt(t));
% D=exp(a^2*t+a*ksi).*erfc(ksi/2/sqrt(t)+a*sqrt(t));
% phi=-h.*(B-D);
% index = find(isnan(phi));
% phi(index)=0;
% index=find(isinf(phi));
% phi(index)=0;
% if nargin==0
%     close; plot(x,phi,'m'); set(gcf,'Color',[1 1 1]); box on
% end
%
% Bovenstaande gaat niet goed voor kleine W (en voor t=0); ook niet na het
% afvangen van NaN en Inf. Ik ga over op Stehfest:

gew =...
[1/12;-385/12;1279;-46871/3;505465/6;-473915/2;1127735/3;-1020215/3;...
328125/2;-65625/2];
nStehfest = 10; % aantal gewichten

x1=x(find(x<0));
phi_1=0;
for i = 1:nStehfest
     p = i*log(2)/t;
     functie = -h*a./p./(sqrt(p)+a).*exp(x1*sqrt(p*S/kD));
     phi_1= phi_1 + 1/i*gew(i)*p*functie;
end
```

```
x2=x(find(x>0));
phi_2=0;
for i = 1:nStehfest
     p = i*log(2)/t;
     functie = -h*a./p./(sqrt(p)+a).*exp(-x2*sqrt(p*S/kD));
     phi_2= phi_2 + 1/i*gew(i)*p*functie;
end
phi = [phi_1 phi_2];
if nargin==0
    hold on; plot(x,phi,':b'); set(gcf,'Color',[1 1 1]); box on
end
```

Het uitgeprocente deel van deze code bevat de analytische oplossing (die met wat goede wil wel te ontcijferen is). Het bleek numeriek stabieler te zijn om met de Laplace-getransformeerde oplossing te werken.

De functie **Verdamping.m** geeft de verlaging van de grondwaterspiegel op positie x op tijdstip t ten gevolge van een verdampings*overschot* E . Op x =0 blijft de grondwaterstand gehandhaafd op nul. Om het effect van een beek met intreeweerstand en verdampingsoverschot te berekenen kunnen de uitkomsten van Beek.m en Verdamping.m gesuperponeerd worden. Stelt men daarbij W =0, dan verkrijgt men de uitkomst van (9).

```
function phi = Verdamping(x,t,kD,S,W,E)
% Verlaging tgv verdamping voor t<td
if nargin==0
    x=linspace(-1000,1000,2000);
    t=50; kD=100; S=.12; W=0; E=1/1000;
end

if W<eps W=eps; end %voorkom delen door nul
if t<eps t=eps; end %voorkom delen door nul

a=1/2/kD/W*sqrt(kD/S);
ksi=abs(x)*sqrt(S/kD);

% Grondwaterstand phi(x,t);
A=1/sqrt(pi*t)*exp(-ksi.^2/4/t);
B=erfc(ksi/2/sqrt(t));
D=exp(a^2*t+a*ksi).*erfc(ksi/2/sqrt(t)+a*sqrt(t));
if isnan(D) D=0; end
phi=...
    E/S*(1/a^2+ksi/a+t+1/2*ksi.^2).*B-...
    E/S/a^2*D-E*t/S*(2/a+ksi).*A-E*t/S;
if nargin==0
    close; plot(x,phi,'m');plot(x,phi,'.b'); set(gcf,'Color',[1 1 1]); box
on
end
```

De functie **Knik.m** geeft de grondwaterstand op positie x op tijdstip t voor een hellend maaiveld (cq. hellend verloop van de GHG) met een knik op $x=0$. Op $t=0$ ligt een beek met intreeweerstand W en beekpeil voortdurend aan maaiveld. De hellingshoeken zijn α $(x<0)$ en β $(x>0)$. Deze functie kan in superpositie gebruikt worden met de functies Beek en Verdamping.

```
function phi = Knik(x,t,kD,S,W,alpha,beta)
% Verlaging tgv knik in het maaiveld voor t<td
if nargin==0
    x=linspace(-500,500,1000);
    t=100; kD=100; S=.12; W=10; alpha=0*1/1000; beta=1/1000;
```

```
end

if W<eps W=eps; end %voorkom delen door nul
if t<eps t=eps; end %voorkom delen door nul

a=1/2/kD/W*sqrt(kD/S);

% x_links=x(find(x<0));
% x_rechts=x(find(x>=0));
% gamma=[tan(alpha)*x_links./x_links tan(beta)*x_rechts./x_rechts];
%
% ksi=abs(x)*sqrt(S/kD);
%
% % Grondwaterstand phi(x,t);
% B=erfc(ksi/2/sqrt(t));
% D=exp(a^2*t+a*ksi).*erfc(ksi/2/sqrt(t)+a*sqrt(t));
% phi=kD*W.*(tan(alpha)+tan(beta)).*(B-D)+abs(x).*tan(gamma);
% index = find(isnan(phi)); phi(index)=0;
% index = find(isinf(phi)); phi(index)=0;
% if nargin==0
%     hold on; plot(x,phi,'m');plot(x,phi,'.b'); set(gcf,'Color',[1 1 1]);
box on
% end
%
% if nargin==0
%     hold on; plot(x,phi,'m');plot(x,phi,'.b'); set(gcf,'Color',[1 1 1]);
box on
% end

% Bovenstaande gaat soms fout, zelfs na het afvangen van Nan en Inf. Ik ga
% over op Stehfest.
gew =...
[1/12;-385/12;1279;-46871/3;505465/6;-473915/2;1127735/3;-1020215/3;...
328125/2;-65625/2];
nStehfest = 10; % aantal gewichten

x1=x(find(x<0));
phi_1=0;
for i = 1:nStehfest
     p = i*log(2)/t;
     functie =
kD*W*(tan(alpha)+tan(beta))*a./p./(sqrt(p)+a)*exp(x1*sqrt(p*S/kD));
     phi_1= phi_1 + 1/i*gew(i)*p*functie;
end
phi_1=phi_1-x1*tan(alpha);

x2=x(find(x>0));
phi_2=0;
for i = 1:nStehfest
     p = i*log(2)/t;
     functie = kD*W*(tan(alpha)+tan(beta))*a./p./(sqrt(p)+a)*exp(-
x2*sqrt(p*S/kD));
     phi_2= phi_2 + 1/i*gew(i)*p*functie;
end
phi_2=phi_2+x2*tan(beta);

phi=[phi_1 phi_2];
if nargin==0
    close; plot(x,phi,'b');set(gcf,'Color',[1 1 1]); box on
end
```

Het uitgeprocente deel van deze code bevat weer de analytische oplossing (die met wat goede wil wel te ontcijferen is). Het bleek numeriek stabieler te zijn om met de Laplace-getransformeerde oplossing te werken.

Aanhangsel 2 bij vraag 1a: Interactie tussen beken

In de gebieden Agelerbroek en Voltherbroek variëren de doorlaatvermogens kD waarschijnlijk tussen 100 en 300 m^2/d. Uit de vuistregel $\ell \approx 100\sqrt{kD}$ volgt een invloedslengte van de beken van 1 à 1,7 km. De onderlinge afstand tussen de beken en andere diepe waterlopen is veel kleiner, dus de invloedslengten van naburige beken en waterlopen overlappen elkaar. Dit is een extra complicatie, want het betekent dat ze elkaars moment van droogvallen (stoppen met draineren) vervroegen. We zouden onze voorkeur voor analytische methoden te ver doorvoeren als we voor deze situatie formules zouden willen afleiden. We kiezen voor een half-analytische, half-numerieke aanpak: discreet in de ruimte en continu in de tijd. Voor de fase tot aan het droogvallen is de volgende redelijk compact ogende uitdrukking af te leiden:

$$\mathbf{h}(t) = \exp(\mathbf{A}t)\mathbf{h}_0 + \{\mathbf{I} - \exp(\mathbf{A}t)\}(\mathbf{A}^{-2}\boldsymbol{\rho} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}) + \mathbf{A}^{-1}\boldsymbol{\rho}t \tag{14}$$

Zoals bij numerieke methoden gebruikelijk is, is de x-as onderverdeeld in lijnstukjes en knooppunten. $\mathbf{h}(t)$ is een vector die het ruimtelijke verloop van de grondwaterstand op tijdstip t aangeeft, maar dan alleen in discrete knooppunten. $\mathbf{h}_0$ bevat het verloop van de grondwaterstand op t =0. Als er geen beken zouden zijn en geen verdampingsoverschot, dan zou (14) reduceren tot

$$\mathbf{h}(t) = \exp(\mathbf{A}t)\mathbf{h}_0 \tag{15}$$

Dit is een alternatieve formulering van (12) uit Aanhangsel 1, maar nu met een gediscretiseerde x-as. Hij beschrijft dus het verstrijken van een willekeurig beginverloop van de grondwaterstand $\mathbf{h}_0$. De vierkante matrix $\mathbf{A}$ legt het verband tussen de grondwaterstanden in naburige knooppunten. Hij ziet er als volgt uit:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & & & & & & \\ 1 & -2 & 1 & & & & & \\ & 1 & -2 & 1 & & & & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & & & \\ & & & 1 & -2 & 1 & & \\ & & & & 1 & -2 & 1 & \\ & & & & & 1 & -1 & \end{bmatrix} \frac{kD}{Sdx^2} \tag{16}$$

waarin S de freatische bergingscoëffinciënt is, en dx de afstand tussen de knooppunten. $\exp(\mathbf{A}t)$ is een *matrixfunctie*: hij bevat een matrix als argument. Deze functie is standaard beschikbaar in wiskundige software.

Wij hebben wél te maken met beken en een verdampingsoverchot. Die zitten verscholen in de vector $\mathbf{b}$, die de volgende elementen heeft:

$$b_i = \frac{E}{S} - \frac{p_i}{W_i dx S} \tag{17}$$

W_i is de intreeweerstand van de beek in knooppunt i. In principe kan er dus in elk knooppunt een beek liggen, maar als er geen beek ligt is de intreeweerstand W_i oneindig groot, dus in de praktijk

wijkt de tweede term in (17) maar op een paar x-punten van nul af. Verder komen in deze uitdrukking weer de knooppuntsafstand dx en de freatische bergingscoëfficiënt S voor. Als er beken zijn moeten de overeenkomstige elementen van $\mathbf{A}$ aangepast worden: als er in x_i een beek ligt dan wordt

$$A_{ii} = -(2 + \frac{dx}{W_i}) \tag{18}$$

in plaats van $A_{ii} = -2$.

De vector $\boldsymbol{\rho}$ in (14) bevat de randvoorwaarden. Het is een vector die uitsluitend nullen bevat, behalve de eerste en laatste elementen, die gegeven worden door

$$\rho_1 = \rho_{end} = \frac{kD}{dx^2}\frac{E}{S} \tag{19}$$

Deze term zorgt ervoor dat op grote afstand van de beken de grondwaterstand gelijkmatig in de tijd daalt met snelheid E/S.

Verantwoording:
Ons vertrekpunt is de differentiaalvergelijking voor een semi-spannings-aquifer:

$$kD\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{p-h}{c(x)} = S\frac{\partial h}{\partial t} + E \tag{20}$$

met randvoorwaarden $$h(x_1) = h(x_{end}) = -\frac{Et}{S} \tag{21}$$

en beginvoorwaarde $$h(x,0) = h_0(x) \tag{22}$$

p is het peil boven een scheidende laag die weerstand c heeft. We zullen straks c oneindig groot kiezen, behalve op de plaatsen van de beken. Overal elders is de lek nul. We gaan over op de differentiebenadering, die er na enig omschrijven als volgt uitziet:

$$\frac{kD}{Sdx^2}(h_{i-1} - 2h_i + h_{i+1}) - \frac{h_i}{Sc_i} = \frac{dh_i}{dt} - \frac{p_i}{Sc_i} + \frac{E}{S} + \frac{kD}{Sdx^2}r_i t \tag{23}$$

De laatste term komt van de randvoorwaarden: $r_1 = r_{end} = 1$ en $r_i = 0$ voor de overige elementen. Om aan te sluiten op eerdere notaties definiëren we $c_i = W_i dx$, waarin W_i (d/m) de beekweerstand is van de beek in knooppunt i. In matrixnotatie luidt (23)

$$\mathbf{Ah} = \frac{d\mathbf{h}}{dt} + \mathbf{b} + \boldsymbol{\rho}t \tag{24}$$

waarin $\mathbf{A}$, $\mathbf{b}$ en $\boldsymbol{\rho}$ de betekenis hebben die we hierboven al hebben uitgelegd. Dit is een "gewone" inhomogene differentiaalvergelijking. De oplossing van het homogene deel is

$$\mathbf{h}_h(t) = \exp(\mathbf{A}t)\mathbf{c} \tag{25}$$

waarin $\mathbf{c}$ een vooralsnog onbekende vector is. Een particuliere oplossing is

$$\mathbf{h}_p(t) = \mathbf{A}^{-1}\boldsymbol{\rho}t + \mathbf{A}^{-2}\boldsymbol{\rho} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b} \tag{26}$$

(Check: (26) voldoet aan (24)). De algemene oplossing is

$$\mathbf{h}(t) = \mathbf{h}_h(t) + \mathbf{h}_p(t) = \exp(\mathbf{A}t)\mathbf{c} + \mathbf{A}^{-1}\boldsymbol{\rho}t + \mathbf{A}^{-2}\boldsymbol{\rho} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b} \tag{27}$$

De onbekende **c** is op te lossen uit de beginvoorwaarde: $\mathbf{h}(0) = \mathbf{h}_0$. Dit levert

$$\mathbf{c} = -\mathbf{A}^{-2} - \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b} \tag{28}$$

zodat inderdaad

$$\mathbf{h}(t) = \exp(\mathbf{A}t)\mathbf{h}_0 + \{\mathbf{I} - \exp(\mathbf{A}t)\}(\mathbf{A}^{-2}\boldsymbol{\rho} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}) + \mathbf{A}^{-1}\boldsymbol{\rho}t \tag{29}$$

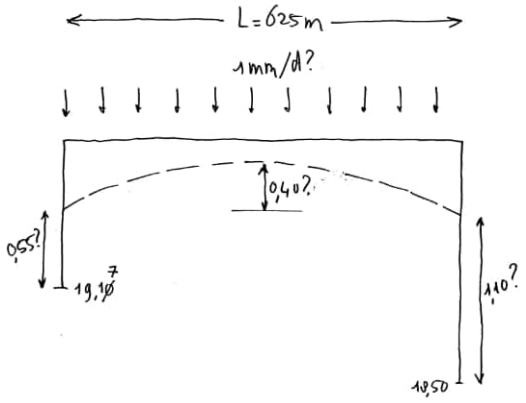
De berekeningen tbv het Agelerbroek zijn uitgevoerd met tijdstappen van 1 dag. Het droogvallen van beken is gesimuleerd door een beek uit matrix $\mathbf{A}$ te verwijderen op het moment dat de grondwaterstand gelijk is aan het beekpeil. Nadat alle beken drooggevallen zijn komen we vanzelf uit op (15), waarmee de rest van het groeiseizoen is doorgerekend. (Het kan natuurlijk ook voorkomen dat één of meer beken niet droogvallen.)

Aanhangsel 3 bij vraag 1: Vaststellen van modelparameters in Raai 1 en Raai 3 op basis van metingen

Om te kunnen rekenen zijn de kD -waarde en de beekweerstanden nodig.

Raai 1
Links de Grenssloot, rechts de Tilligterbeek. De diepten van de peilen zijn opgemeten uit de tekeningen van de raaien.

Schematisatie van de metingen



Bepaling van de modelparameters kD, W_1, W_2

Eerst kD:

$$kD\frac{d^2\varphi}{dx^2} = -N \rightarrow \varphi = -\frac{1}{2}\frac{Nx^2}{kD} + c_1 x + c_2 \rightarrow c_2 = \varphi(0) = 19,72$$

$$\varphi(L) - \varphi(0) = 19,60 - 19,72 = -0,12 = -\frac{1}{2}\frac{NL^2}{kD} + c_1 L \rightarrow c_1 = \frac{NL}{2kD} - \frac{0,12}{L}$$

$$\Big\} \varphi = -\frac{Nx^2}{2kD} + \frac{NLx}{2kD} - 0,12\frac{x}{L} + 19,72$$

Het maximum ligt vrijwel in het midden, dus

$$\varphi_{\max} = 19,72 + 0,40 = 20,12 \approx -\frac{NL^2}{4kD} + \frac{NL^2}{2kD} - 0,12\frac{L}{2L} + 19,72 = \frac{NL^2}{4kD} + 19,60 \text{ of}$$

$$20,12 - 19,60 = 0,52 \approx \frac{NL^2}{4kD} \rightarrow kD \approx \frac{NL^2}{4 \times 0,52} = \frac{0,001 \times 650^2}{4 \times 0,52} = 203$$

dus $\underline{kD \approx 200\,\mathrm{m^2/d}}$, maar het zou ook 300 of 400 kunnen zijn, afhankelijk van hoe men N inschat.
kD =200 m^2/d stemt overeen met het grondwatermodel van het waterschap.

Nu de weerstanden:

Als $\varphi_{\max}$ in het midden ligt, dan is de flux naar de sloot en de beek $\frac{1}{2}NL$. Maar de weerstand is gedefinieerd voor tweezijdig toestroming! We moeten dus rekenen met NL.

Links is $NL = \frac{0,55}{W_l} \rightarrow W_l = \frac{0,55}{NL} = \frac{0,55}{.001 \times 650} = \underline{W_l = 0,85\,\mathrm{d/m}}$; het zou ook minder kunnen zijn, maar kDW moet constant blijven.

Rechts is de sprong twee keer zo groot bij vrijwel dezelfde flux, dus $W_r = 1,7\,\mathrm{d/m}$, met dezelfde aantekening. (Dit is dus de intreeweerstand van de Tilligterbeek in Raai 1.)

Voor Raai 3 vinden we op vergelijkbare wijze voor de Tilligterbeek $W = 1,8\ \mathrm{d/m}$. Over de weerstand van de Grenssloot viel op basis van de waarnemingen weinig te zeggen. Hij doet er sowieso weinig toe omdat hij in deze raai al vroeg droogvalt. We hebben de weerstand van Raai 1 aangehouden.

De GHG vóór en ná een ingreep zijn over de raai gemiddeld genomen; voor het berekenen van de GLG heeft meer detail in de GHG geen betekenis. GHG-vóór is geschat uit de metingen; we hebben een gemiddelde genomen over de meetraai; dat maakt voor het berekenen van de GLG nauwelijks uit. GLG-vóór is berekend op basis van de parameters die op de vorige pagina vermeld zijn, zonder verdere aanpassingen. Ten opzichte van de metingen lijkt het een fractie aan de hoge kant, maar we zijn niet ontevreden. Het zou kunnen dat de GHG buiten het Agelerbroek wat lager genomen moet worden; dat scheelt waarschijnlijk iets (maar voor zover de meetraai zich buiten het natuurgebied uitstrekt is niet te zien dat de GHG lager moet). De hellingen buiten het Agelerbroek zijn geschat op basis van het AHN.

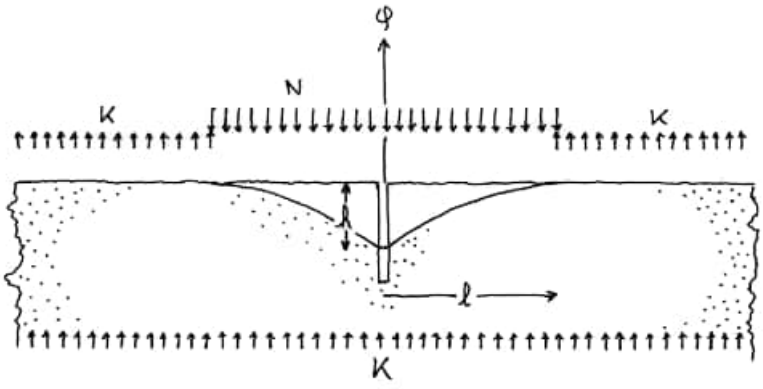
GHG-na is een aanname. De GLG-na is weinig gevoelig voor een kleine variatie van de GHG-na.

Het model loopt veel verder naar links en rechts door dan de plaatjes laten zien. De uitkomsten daar hebben echter niet zoveel betekenis; het doorlopen is vooral bedoeld om op de randen van het Agelerbroek de goede voorwaarden te krijgen.

Overige raaien
De overige raaien lopen niet zo mooi dwars op de te dempen beken, waardoor het lastig is om de waarden van de modelparameters af te leiden uit de huidig GHG en GLG. Raai 5, Voltherbroek, loopt loopt voor een groot deel langs de Peijlingsbeek (waar deze langs het kanaal loopt).

Aanhangsel 4 bij vraag 1a: Invloed van beken op de GHG

In natte natuurgebieden zal 's winters het grondwater tussen de dekzandkopjes meestal om en nabij het maaiveld staan, behalve in de nabijheid van de beken:



De "trog" die een beek of een sloot in het grondwatervlak trekt wordt gevormd door twee halve parabolen die voldoen aan de formule van Hooghoudt, volgens welke de maximale opbolling gelijk is aan

$$h = \frac{N\ell^2}{2kD} \tag{30}$$

De invloedslengte wordt dus gegeven door

$$\boxed{\ell = \sqrt{\frac{2kDh}{N}}} \tag{31}$$

Als er sprake is van een intreeweerstand (en dat is haast altijd het geval) dan moet voor h niet de diepte van het beekpeil genomen worden, maar de diepte van de grondwaterstand nabij de sloot.

Als er sprake is van een kwelflux K uit een diepere laag, dan moet N vermeerderd worden met K. De invloedslengte van de beek wordt daar kleiner van.

1b. Vraag: Wat is het effect op de GLG en de GVG van het dempen van alle ondiepe drainage en alle diepe ruilverkavelingssloten?

Antwoord:
Als het om de ondiepe sloten in de raaien over het Agelerbroek gaat (dat zijn de zwarte balken in de raaien 1 en 3 met uitzondering van de Grenssloot en de Tilligterbeek) zal het effect op de grondwaterstand erg klein zijn. Gelet op alle onzekerheden bij het bepalen van het effect van de diepe ruilverkavelingssloten zouden we het verwaarlozen, waarna alleen het effect van het dempen van de diepe sloten overblijft, zoals hiervoor beschreven. Er moet na dempen van de ondiepe sloten natuurlijk wel meer water oppervlakkig afgevoerd worden, wat tot inundaties kan leiden. In zulke gevallen stijgt de GHG (wellicht tot het inundatiepeil; dat heeft te maken met de manier waarop de GHG gedefinieerd is) en dat werkt door in de formule voor de GVG.

Als het om buisdrainage gaat in landbouwenclaves is het een ander verhaal. Een gebied met buisdrainage trekt een kuil in het GHG-vlak; wellicht van een cm of 70 diep, die naar buiten toe uitstraalt op een manier die op de verlaging door diepe watergangen lijkt, maar dan op diepe watergangen die al aan het begin van het zomerhalfjaar stoppen met afvoeren. Er stroomt nog wel een poos grondwater naar de kuil toe, maar naarmate de kuil verstrijkt neemt die stroom af, en uiteindelijk is het effect van buisdrainage in een landbouwenclave op de GLG gering. Als de drains eruit gaan stijgt de GHG tot het niveau van de omgeving. In de omgeving van de enclave lijkt het effect op de GHG en de GVG op dat van het dempen van diepe watergangen, maar voor de GLG zal het weinig uitmaken. Dus: gunstig voor het herstellen van de GVG, niet zo belangrijk voor de GLG.

2. Vraag: Maakt het iets uit voor de GLG en GVG of je een beek verondiept of opstuwt?

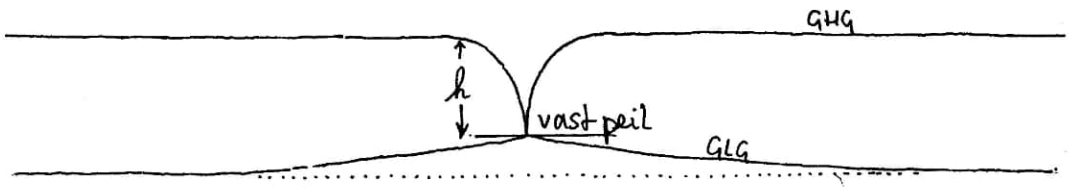
Antwoord:
Het verschil dat we zien, is dat bij verondiepen het verhang gelijk wordt aan het verhang van de bodem. Bij stuwen ontstaan stuwpanden met een stuwpeil dat maar weinig verhang vertoont (of een trapsgewijs verhang). Bij verondiepen is dus stroomopwaarts van de stuw waarschijnlijk een hogere waterstand en dus een hogere grondwaterstand te realiseren, maar dat zal vooral in de GHG-situatie en de GVG-situatie aantikken; we denken niet dat het verschil is tussen verondiepen en opstuwen voor de GLG veel kleiner zal zijn. Een gestuwde beek is nog geschikt voor afvoerpieken; een gedempte beek veel minder, maar dat kan gecompenseerd worden door verbreding.

3. Vraag: Heeft het omleiden van de sloot ten westen van Agelerbroek (verder naar het westen, dus dempen op de huidige locatie) effect op de GLG in het natuurgebied (PAS-maatregel M1q)?

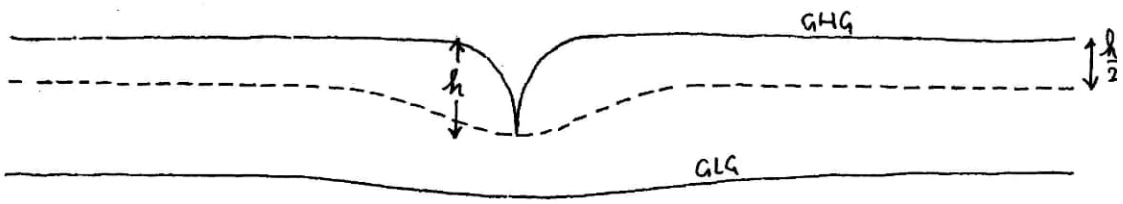
Antwoord:
Het antwoord is impliciet al af te leiden uit de plaatjes in het antwoord op vraag 1a.
Het effect is dus klein, maar er valt wel iets over te zeggen. We beginnen met het theoretische geval dat de sloot heel goed communiceert met de watervoerende laag en dat er in de wijde omgeving geen andere belangrijke watergangen zijn; alleen greppels en kleine slootjes.

Wat redelijk is in te schatten is de invloedslengte van de sloot. In de *winter* reikt de verlagende werking volgens schatting in het Achtergronddocument (§ 2.3.4) ongeveer tot een afstand van 150m (halfzijdig). Dit getal volgt uit de algemeen gehanteerde vuistregel: invloedslengte = 2à3 $\times\sqrt{kDc}$ (de opsteller van het Achtergronddocument kiest voor $3\times\sqrt{kDc}$.) Als in het voorjaar de greppels en kleinere sloten droogvallen breidt deze invloedslengte zich geleidelijk uit om aan het einde van het groeiseizoen uit te komen op ca $100\sqrt{kD}$, wat bij een kD -waarde van 200m^2/d neerkomt op ca 1,5 km. In werkelijkheid lopen er binnen die afstand andere belangrijke watervoerende sloten en beken, maar dat laten we voor dit gedachte-experiment buiten beschouwing.

We bezien eerst het geval dat de sloot niet droogvalt en het peil het hele jaar door beheerst is. Dit is een puur theoretisch geval, dat dient als een soort referentie. Aan het einde van het groeiseizoen zal bij afwezigheid van andere diepe sloten de GLG op grote afstand misschien zo'n 1,20 m beneden de wintergrondwaterstand kunnen liggen, maar het exacte getal doet er niet zo toe. De figuur hieronder geeft het verloop van de grondwaterstand in de winter (laten we die GHG noemen) en aan het einde van het groeizoen weer.



De horizontale stippellijn geeft de GLG als er geen sloot zou zijn, dus de afstand tussen de lijn "GLG" en de horizontale stippellijn geeft het effect van de sloot op de GLG weer. Doordat de sloot water aanvoert is het effect verhogend. Als de sloot geen aanvoer van water kent om het peil vast te houden ziet het er als volgt uit:



Het is wel een aardig weetje dat de sloot theoretisch stopt met draineren op het moment dat de grondwaterstand op grote afstand tot halverwege het slootpeil (gerekend t.o.v. de GHG) gezakt is.

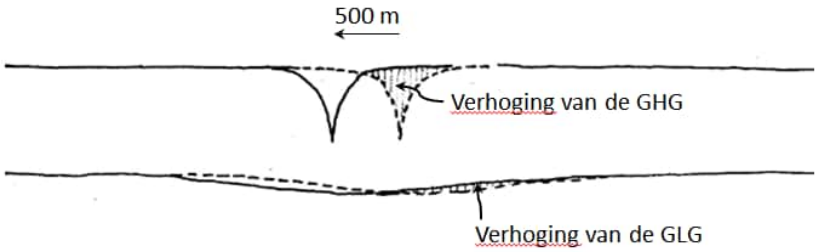
> Dit weetje levert een handige vuistregel op om te schatten hoe lang het duurt (vanaf het einde van de winter) voordat de sloot stopt met draineren:

$$T = \frac{\frac{1}{2}h}{GHG - GLG}\frac{365}{2}$$

Maar: geen inteerweerstand; met een intreeweerstand duurt het langer. En geen andere belangrijke sloten in de buurt. En geen kwel.

We hebben het verloop dat de grondwaterspiegel op dat moment aanneemt met een streepjeslijn aangegeven. De sloot draineert dus al niet meer terwijl op enige afstand het grondwaterpeil nog fors hoger staat dan het slootpeil... Op dat moment loopt de grondwaterspiegel onder de sloot horizontaal (geen knik), dus de sloot trekt dan allang geen scherpe voor meer in het grondwatervlak; het is meer een kuil geworden. Daarna zakt het peil in de sloot mee met de grondwaterspiegel. Hij geeft dan dus de grondwaterstand aan, net als een peilbuis. Intussen verstrijkt de kuil door zijdelingse toestroming van grondwater.

Nu het effect van het verplaatsen van de sloot op de GLG.
Het effect is te vinden door de oude en de nieuwe sloot in één plaatje te tekenen (over elkaar heen) en de verschillen te arceren.



(De stippellijn geeft het verloop van het grondwatervlak vóór de verplaatsing; de getrokken lijn is voor na de verplaatsing.) Doordat de afstand tussen de sloten klein is ten opzichte van $100\sqrt{kD}$ is het effect van het verplaatsen op de GLG klein. Het effect zal groter zijn naarmate de nieuwe sloot verder van de oude af komt te liggen. Het mooist is natuurlijk als hij buiten de invloedssfeer van de oude sloot terecht komt. Verder zal het effect groter zijn naarmate de grondwaterkuil onder de huidige sloot aan het einde van de zomer minder sterk verstreken is. Afgaande op de raaien is de verstrijking in het geval van de grenssloot van Agelerbroek aan het einde van de zomer behoorlijk ver gevorderd.

In werkelijkheid heeft de sloot een intreeweerstand. Het effect daarvan is dat hij minder interactie heeft met de watervoerende laag. De kuil die de sloot in het grondwatervlak trekt is dus minder diep. De sloot valt later droog, dus de kuil heeft ook minder tijd om te verstrijken, maar het eerste effect blijkt sterk te overheersen. Bij aanwezigheid van weerstand is er dus minder invloed op de GLG.

In werkelijkheid liggen er in de invloedssfeer van de sloot andere watergangen, die de invloed van de sloot op de GLG beperken, zodat de kuil minder diep is.

Opmerking: Het verleggen van de sloot heeft wél een gunstige invloed op de voorjaarsgrondwaterstand. Niet alleen wordt die hoger, maar hij zakt ook minder snel weg.

4. Vraag: Wat is er te zeggen van het drainerende effect van het kanaal bij deelgebied Achter de Voort (M2g)?

Antwoord
Afgaande op het grondwatermodel van het waterschap heeft de afdekkende slecht doorlatende laag een hoge weerstand, wellicht $c \approx 4000$ d. Alleen al op grond daarvan is er weinig invloed van het kanaal op de freatische grondwaterstand te verwachten. Het doorlaatvermogen wordt geschat op $kD \approx 200$ m^2/d. Volgens de vuistregel ℓ =2à3 $\sqrt{kDc}$ komt de invloedslengte op 1800 à 2600 m.

Er zijn heel wat peilbuizen die allemaal binnen deze afstand staan. De meeste hebben twee ondiepe filters (de diepste op MV-1,5m). Ze laten 's winters lichte kwel tot lichte infiltratie zien, dus geen duidelijk drainerende invloed van het kanaal, hoewel het kanaalpeil een meter of 2 diep staat. Kan het zijn dat het kanaal 's winters op grotere diepte wel invloed heeft? Er zijn twee buizen met filters op MV-5m. Die laten geen tot lichte kwel zien, dus ook geen duidelijke drainerende invloed. Er is één diepere buis met een filter op MV-26 m. Dat laat ca 10 cm kweldruk zien, dus ook geen drainerende invloed. Kortom: als de bodemconstanten van het grondwatermodel kloppen moet de intreeweerstand van het kanaal 's winters heel hoog zijn. De buis die het dichtst bij het kanaal staat, staat daar toch nog 80 m vandaan. Wie weet kloppen de bodemconstanten totaal niet, en is er in een smalle strook toch invloed?

Hoe zit het 's zomers? Volgens onze eigen vuistregel moet de invloed zich dan uitstrekken over 100 $\sqrt{kD}$ =1400 m. (We weten niet zeker of hij opgaat in deze situatie met klei bovenin het profiel; daar moeten we nog over nadenken. Het geeft wel te denken dat de zomerse invloed minder ver zou reiken dan de winterse.) Het is lastig te zeggen hoe diep de freatische grondwaterstand 's zomers daalt, want vrijwel alle freatische filters vallen droog. De meeste diepere filters lijkt niet droog te vallen. In de diepere filters zien we geen overtuigende relatie met de afstand tot het kanaal, maar als we twee buizen weglaten zou men er wel een zekere relatie in kunnen zien. Het hangt dus af van de toevallig beschikbaarheid van buizen.

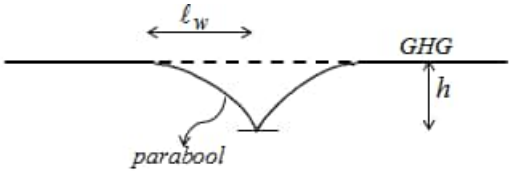
Dus: 's winters hoogstwaarschijnlijk geen drainerende invloed, 's zomers mogelijk wel maar niet waarschijnlijk. Het lijkt erop dat het kanaal een hoge intreeweerstand heeft. Het zou onderzocht kunnen worden met een peilbuis dichtbij het kanaal waarvan het filter door de leemlaag reikt.

5. Vraag: Wat zou het effect zijn van het dempen van de randsloten aan de noord- en oostkant van Achter de Voort, gegeven dat we te maken hebben met een dunne laag zand op een dikke laag keileem? Aan welke knoppen kun je draaien om de GLG en de GVG te verhogen?

Antwoord:
Doordat de zandlaag zo dun en de onderliggende keileem zo ondoorlatend is schermen de randsloten het natuurgebied vrijwel af van de omgeving. Het is dus vooral het peil in de randsloten dat de invloed van de omgeving op het natuurgebied bepaalt. We beschouwen de invloed van de randsloten op de GHG en de GLG in het natuurgebied.

GHG

In de winter, als de sloten water voeren, staat in het natuurgebied het grondwater tot aan het maaiveld. Een randsloot zorgt voor een paraboolvormige "verlagingstrog" van de vorm:



Bij een randslootdiepte ($-$ mv) h en een doorlaatvermogen kD van de zandlaag wordt de halve breedte ℓ_w van de trog gegeven door

$$\ell_{\text{winter}} = \sqrt{\frac{2kDh}{N}}$$

waarin N de gemiddelde grondwateraanvulling is. De top van de parabool ligt op deze afstand.

NB1: Als het slootpeil in de keileem ligt moet voor h de dikte van de zandlaag genomen worden.
NB2: We gaan ervan uit dat de trog niet volstroomt met oppervlaktewater uit het natuurgebied.

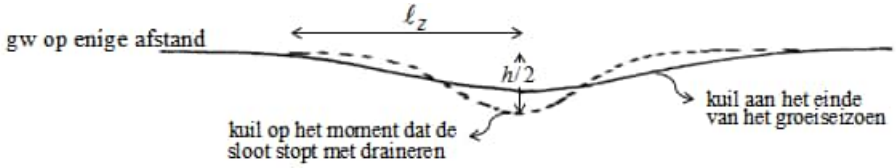
Voorbeeld:
zanddikte D = 0,5 m, doorlatendheid k =10m/d (matig fijn zand, zwak lemig, op basis van boorbeschrijvingen uit DINO), slootdiepte h = 0,5 m, aanvulling N =0,002m/d = $\rightarrow$ ℓ = 50 m

> Feitelijk moet rekening gehouden worden met het feit dat de dikte D van de verzadigde zandlaag afhangt van de grondwaterstand, dus dat D nabij de sloot kleiner is dan op afstand ℓ, maar omdat de waarde van de parameters sowieso maar globaal zijn in te schatten nemen we dat voor lief en blijven we de formule gebruiken.

De grondwaterstand komt in deze periode min of meer overeen met de GHG. Men zou dus kunnen zeggen dat tpv de sloot $\Delta GHG = h$ (of D, als het slootpeil in de keileem ligt), want als de sloot er niet was zou het grondwater daar ook tot aan het maaiveld reiken.

GLG

Als in het voorjaar de grondwaterspiegel begint te dalen komt er een moment waarop de sloot stopt met het draineren van grondwater. Op dat moment verloopt de grondwaterspiegel ongeveer zo (stippellijn):



Vorm van de kuil die de sloot in de grondwaterspiegel veroorzaakt

Let op: het slootpeil is op dat moment nog steeds h m onder maaiveld, maar de grondwaterspiegel is intussen gedaald. De stippellijn is getekend ten opzichte van het grondwaterpeil op enige afstand, buiten de invloedssfeer van de sloot. Het plaatje geeft dus de niet de grondwaterspiegel weer ten opzichte van het maaiveld, maar laat zien hoe de sloot het grondwatervlak vervormt. Het blijkt dat de sloot niet meer een scherpe trog in het grondwatervlak trekt, zoals in de winter; het is meer een kuil geworden. *Het valt aan te tonen dat de diepte van de kuil op dat moment gelijk is aan* $h/2$. Als de grondwaterspiegel verder daalt verstrijkt de kuil, *dus* $h/2$ *is tevens een bovengrens van de invloed die de sloot heeft op de GLG*. (Let op: de getrokken kuil ligt in werkelijkheid dieper dan de gestippelde, want de grondwaterspiegel blijft dalen. De getrokken lijn is weer getekend ten opzichte van het grondwaterpeil buiten de invloedssfeer van de sloot om aan te geven hoe de sloot het grondwatervlak vervormt.)

In het bovenstaande voorbeeld is tpv de sloot de invloed op de GLG dus *kleiner dan* 0,25 m, en volgens een vuistregel neemt die invloed af tot nul op een afstand

$$\ell_{zomer} \approx 100\sqrt{kD}$$

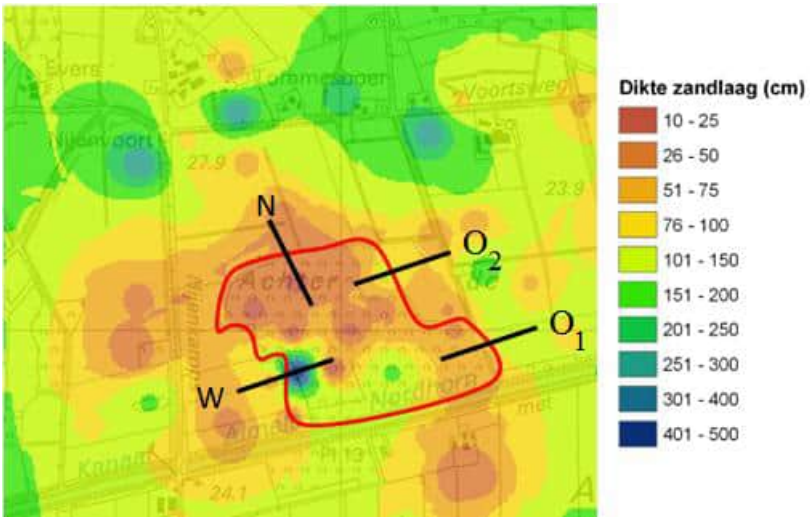
Hoeveel kleiner de invloed op de GLG tpv de sloot is hangt af van hoe lang de sloot blijft draineren. Als hij daarmee pas aan het einde van het groeiseizoen stopt is het precies 0,25 m, maar als het al halverwege het groeiseizoen is zal het eerder iets van 0,125 m zijn.

> Disclaimer: deze vuistregel is afgeleid voor het geval dat de watervoerende laag niet droogvalt. In de gegeven situatie (Achter de Voort) geeft hij een overschatting c.q. een zware overschatting van de zomerse invloedslengte.

Voorbeeld met dezelfde waarden van k en D :
ℓ_{zomer} =124 m.

*

Enkele toepassingen:



Deze afbeelding (zonder de raaien) komt uit "Notitie keileemanalyse nav werksessie HSmeenge".

	N	O_1	O_2	W
D (zand)	0,25m	0,5m	1,0m	2,5m
h (slootdiepte)	0,8m	1,25m	0,3m	0,3m
ℓ_{winter}	≈25m	≈50m	≈55m	≈87m
ℓ_{zomer}	≪ 158m	≪ 224m	<316m	≈500m
ΔGHG	0,25m	0,5m	0,3m	0,3m
ΔGLG	<0,13m	<0,25m	<0,15m	<0,15m

k = 10m/d (matig fijn zand, zwak lemig)
N=0,002m/d
≈ betekent "ongeveer"
≪ betekent "veel kleiner dan"

Let erop dat de aangegeven waarden van ΔGHG en ΔGLG ter plaatse van de sloot gelden. Ze nemen af tot nul op afstand ℓ_{winter} (in de winter) en ℓ_{zomer} (in de zomer)

NB1: Als de sloot dieper is dan de zanddikte, dan moet in de formules voor h de zanddikte genomen worden.
NB2: ℓ_{zomer} is waarschijnlijk overschat, cq zwaar overschat, omdat de zandlaag al vroeg in het groeiseizoen droogvalt, waarna de invloed van de sloot zich niet verder verspreiden kan.

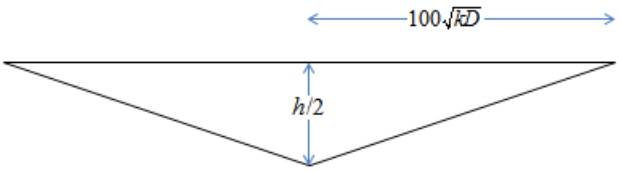
*

Aan welke knoppen zou men kunnen draaien om de GHG en de GVG te verhogen?
Aangezien alleen langs de rand van het gebied invloed heeft zijn er geen externe maatregelen te bedenken om de GLG en de GVG te verhogen. Intern zijn er ook weinig mogelijkheden, behalve oppervlakkig water langer vasthouden (wat wellicht ongewenst is). Is het misschien nog niet zo slecht gesteld met de hydrologische randvoorwaarden van dit gebied?

6. Vraag: Wat is het uitstralende effect van interne maatregelen op de omgeving?

Antwoord:
Als het niet lukt om de effecten van het dempen van de beken en de interne ontwateringsmiddelen nauwkeurig aan te geven, dan geeft dat ons de vrijheid om vuistregels te bedenken:

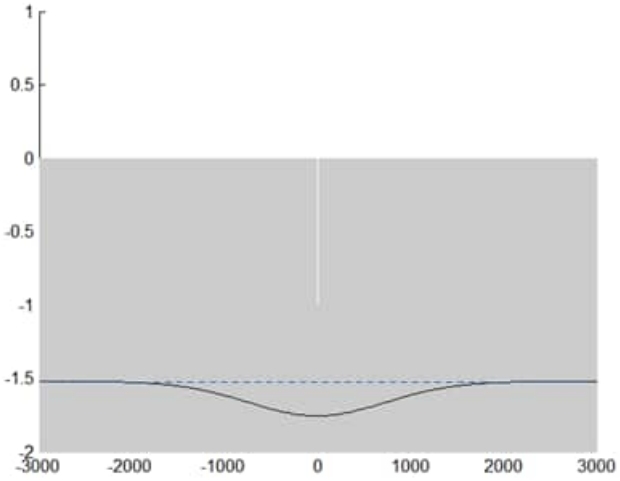
GLG
Het dempen van kleinere afwateringsmiddelen zal op de GLG buiten het N2000-gebied niet zo'n groot effect hebben. Het gaat vooral over de diepe watergangen. Hier ons mijn voorstel:



Hierin is h de diepte van het beekpeil beneden de GHG of in gedraineerde gebieden beneden het niveau van de drains. kD is het doorlaatvermogen van de laag die door de beek gedraineerd wordt. In AVAV is $kD \approx 200\,\mathrm{m^2/d}$. Het grondwatermodel zegt $300\,\mathrm{m^2/d}$. We kiezen een tussenweg en schat $100\sqrt{kD} \approx 1{,}5\,\mathrm{km}$. [1]

Verklaring:
Voor de Tilligterbeek vonden we een stijging van de GLG van 40 à 60 cm, dat is ruwweg de helft van het beekpeil. Bij de andere beken zal het ook in die orde liggen, maar de gegevens ontbreken om het nauwkeurig te zeggen. Om het uitstralende effect te schatten gaan we uit van de helft.

In een vrij afwaterend gebied is de verlaging aan het einde van het zomerhalfjaar niet de wig die we kennen van sloten die een polder ontwateren. Het heeft meer van een kuil:



[1] Dit klopt aardig met het grondwatermodel, p23 van de gebundelde powerpointsheets waarvan de eerste de titel "Maatregelenscenario's" heeft.

(Dit is zomaar een voorbeeld. De stippellijn geeft het de GLG na dempen). Deze vorm komt doordat de beek te eniger tijd stopt met draineren; op dat moment loopt de grondwaterstand tpv de beek horizontaal (dat volgt uit de wet van Darcy) en daarna zakt de grondwaterspiegel nog verder, terwijl de kuil verstrijkt. Een schuine rechte lijn is een aardige benadering: bij de beek heeft hij (volgens onze aanname) een amplitude $h/2$ en hij strekt zich uit over een afstand $100\sqrt{kD}$. (Die vuistregel hebben we al eens gepresenteerd.)

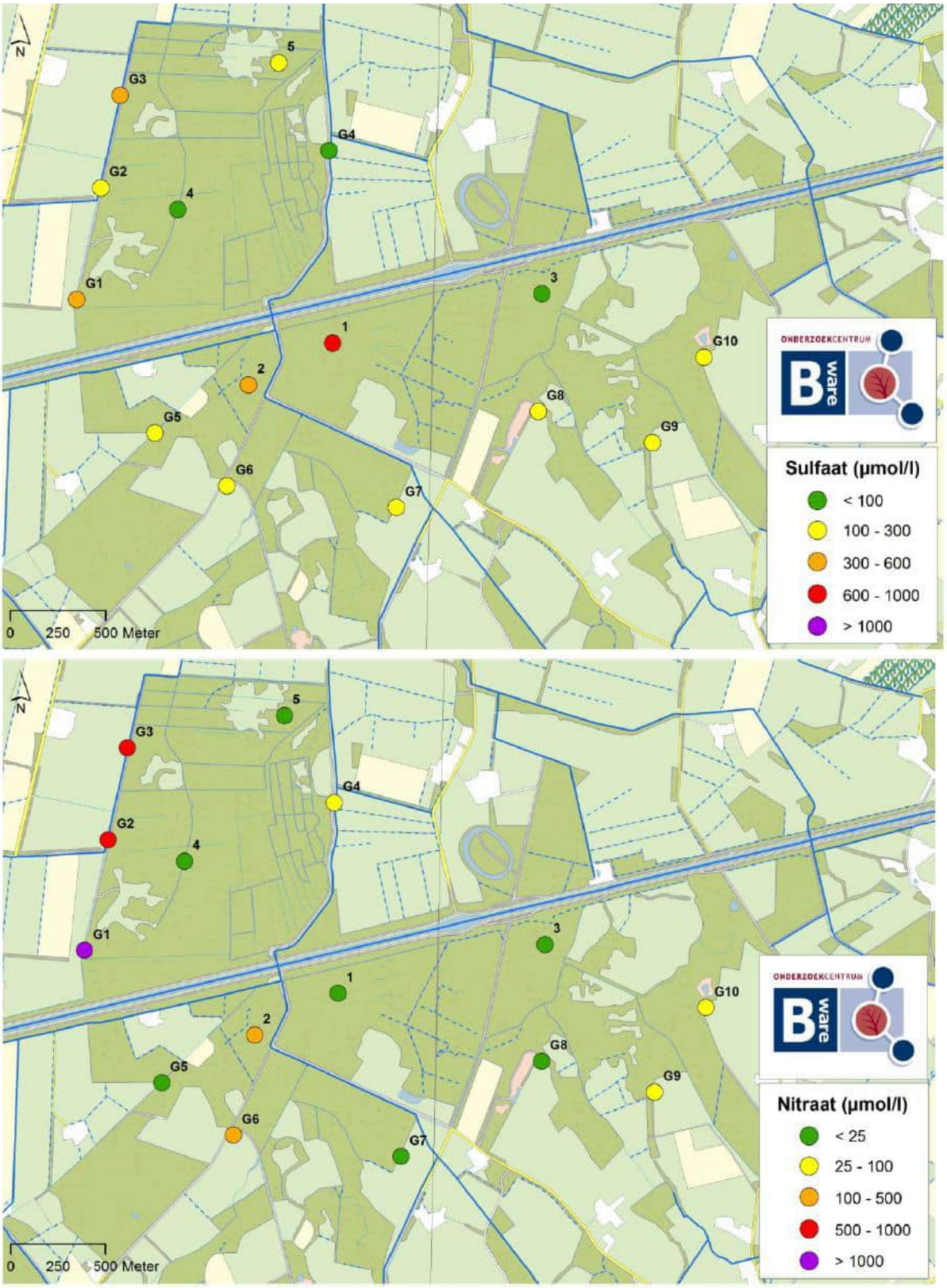
GVG

Ten tijde van de GVG wordt het verloop van de grondwaterspiegel nog geregeerd door lokale systemen, die een veel kleiner bereik hebben. Een bekende vuistregel voor het bereik is 2à3 $\sqrt{kDc}$, waarin c de zogenaamde drainageweerstand is. Een vuistregel zegt: drainageweerstand (in dagen) = slootafstand (in m). Het varieert nogal, maar laat het eens 100 m zijn, dan komt de invloedslengte uit op 200 à 300 m Als de GHG in het natuurgebied 3 dm omhoog gegaan is, dan moet op de grens met de helft daarvan gerekend worden. Volgens de theorie verloopt de invloed volgens een negatieve e-macht, dus

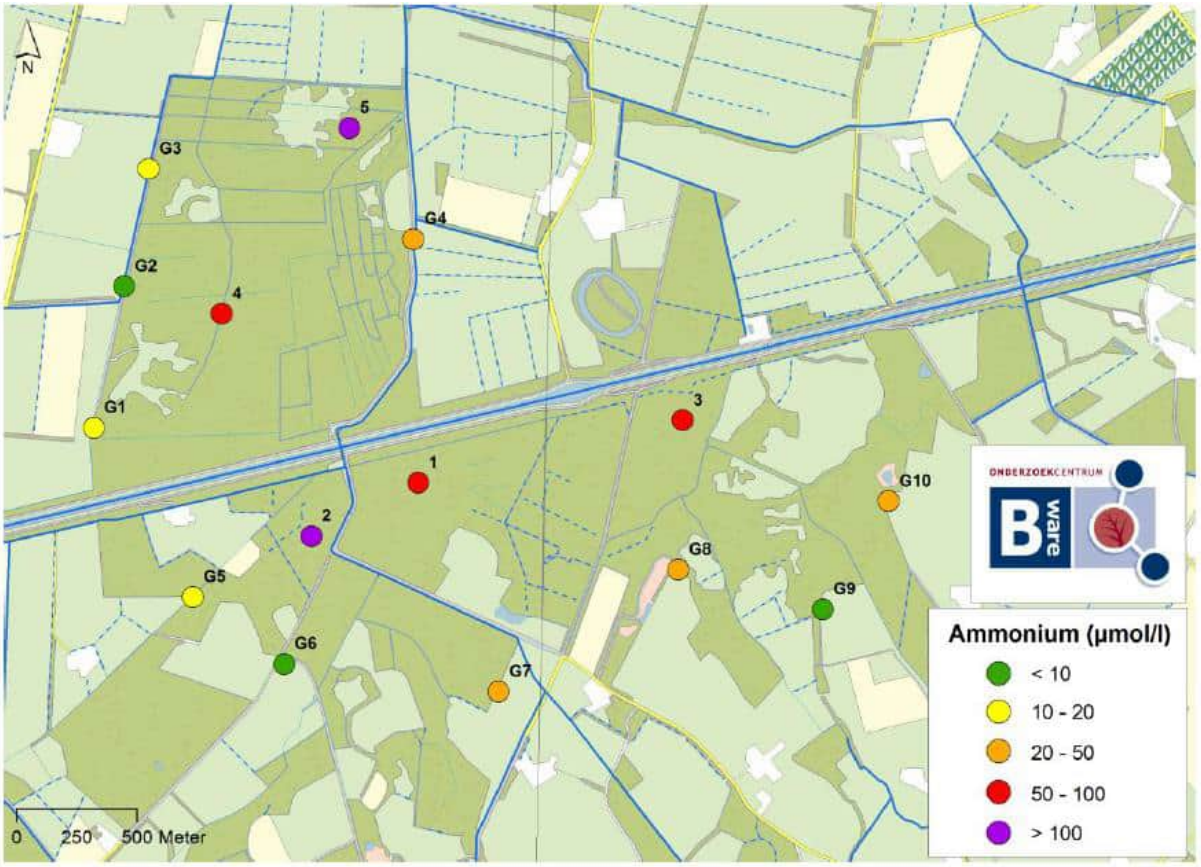
$$\Delta GHG(x) = \frac{1}{2} h \exp(-\frac{x}{\sqrt{kDc}})$$

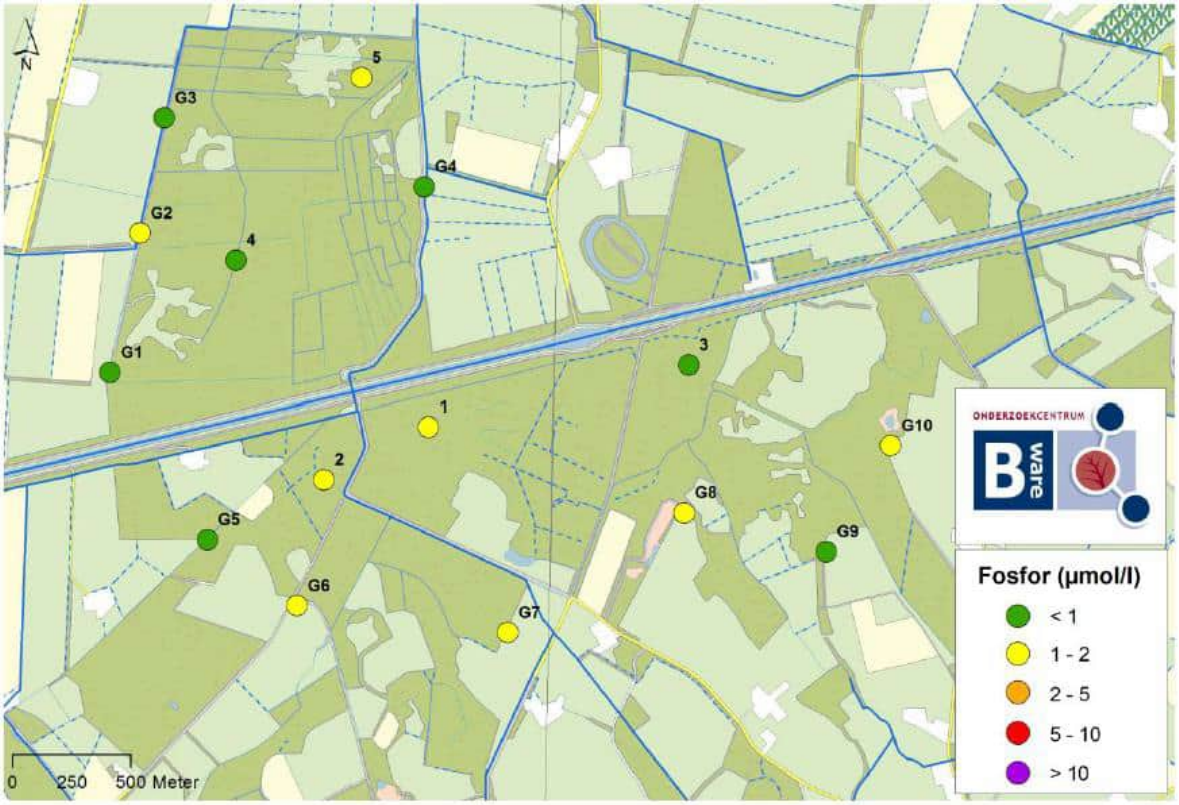
In gebieden met buisdrainage zal c kleiner zijn, bijvoorbeeld 50 dagen, maar die gebieden zullen vermoedelijk tamelijk incidenteel voorkomen. Er zijn allerlei bedenkingen tegen in te brengen, maar daarvoor is het een vuistregel.

Bijlage 6 Figuren Bodemchemie rapportage B-WARE

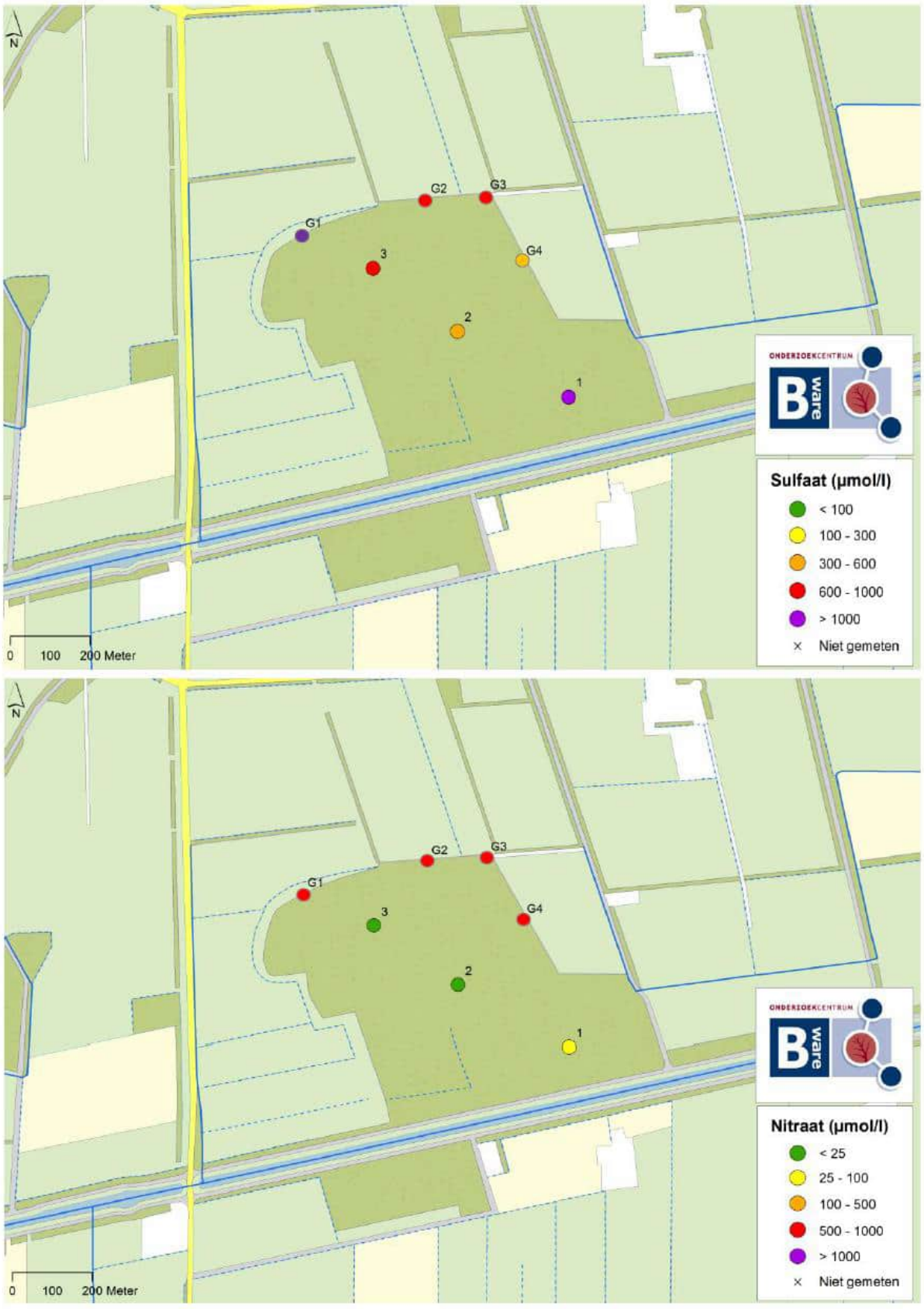


Concentraties sulfaat (boven) en nitraat (onder) in het grondwater Agelerbroek en Voltherbroek zoals gemeten door B-WARE in 2016 (zie rapportage B-WARE). Concentraties in µmol/L

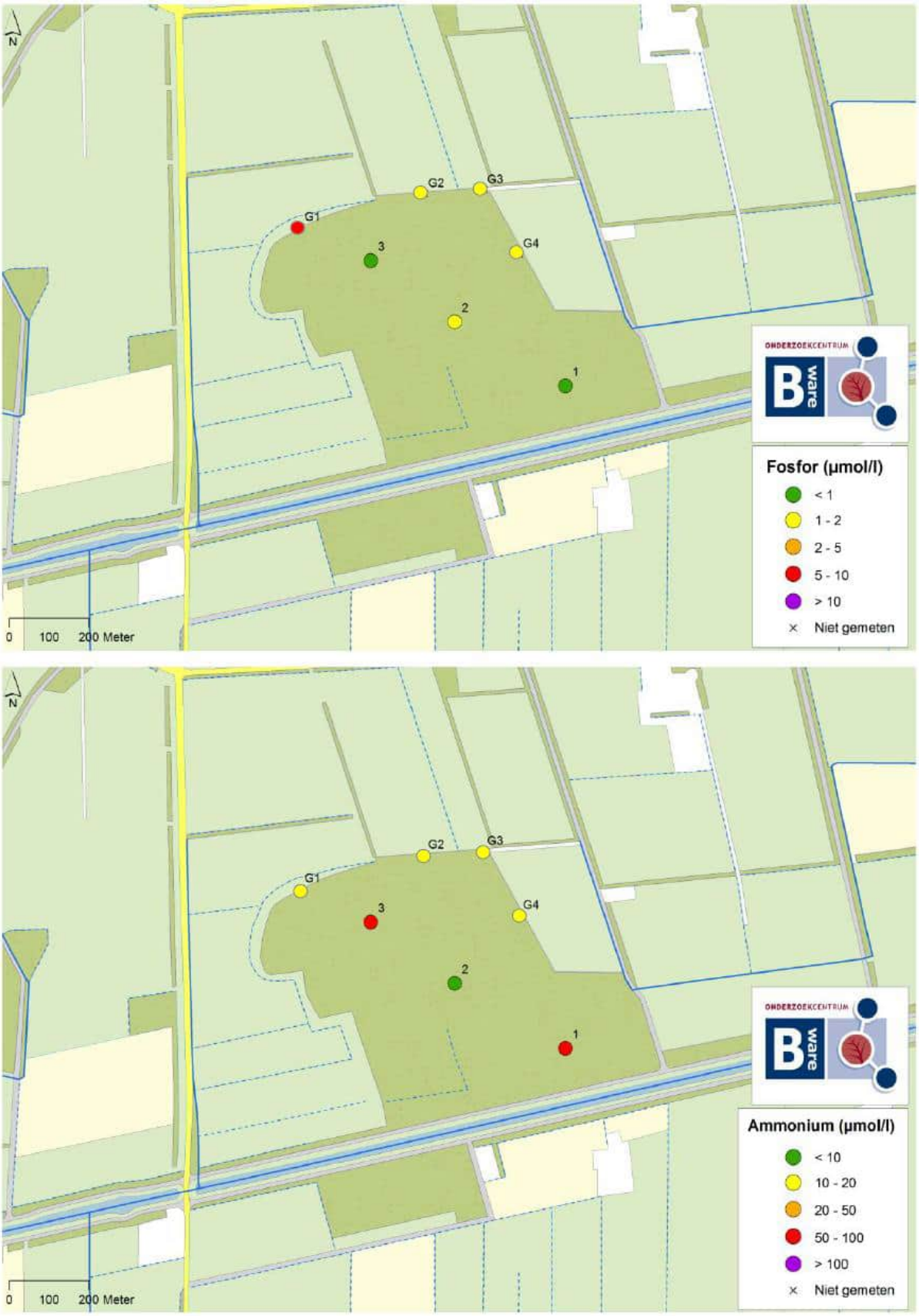




Concentraties ammonium (boven) en fosfor (onder) in het grondwater Agelerbroek en Voltherbroek zoals gemeten door B-WARE in 2016 (zie rapportage B-WARE). Concentraties in µmol/L



Concentraties sulfaat (boven) en nitraat (onder) in het grondwater Achter de Voort zoals gemeten door B-WARE in 2016 (zie rapportage B-WARE). Concentraties in µmol/L



Concentraties fosfor (boven) en ammonium (onder) in het grondwater Achter de Voort zoals gemeten door B-WARE in 2016 (zie rapportage B-WARE). Concentraties in µmol/L

Bijlage 7 notitie wateroverlast omgeving

Kort verslag bezoek vochtige en natte plekken rondom N2000 gebied Agelerbroek en Voltherbroek

---

L van den Berg (unie van bosgroepen) en G Tuten (vertrouwenspersoon) hebben op 23 augustus 2016 gesprekken gevoerd met betrokkenen en verschillende huizen en percelen met natschade bezocht. Doel van deze dag was het vastleggen van de problematiek en verzamelen van mogelijk bruikbare gegevens voor verdere evaluatie van de 'nulsituatie'.
Er zijn twee rondes gemaakt, een ronde langs de bedrijven en percelen/bossen van de oude Broekweg en een ronde langs bedrijven en percelen/bossen rond de Twelweg. Tijdens de gesprekken zijn punten van wateroverlast, de huidige situatie en de potentiele PAS maatregelen besproken. Onderstaande geeft een beknopte opsomming van de ter tafel gekomen punten.

Voormiddag: Oude Broekweg. Aanwezig: Mv. A. Masselink, Dhr. T. Leus, Dhr. H. Steggink. Besproken: percelen/woningen van Dhr. W. Grose, Dhr. P. Roesthuis, Dhr. G. Krabbe.

- Na de uitvoering van de ruilverkavelingsmaatregelen zijn er in het zuidwestelijke deel van het Voltherbroek ernstige zorgen over het grondwaterpeil. Algemeen gevoel is dat het grondwater omhoog is gekomen met als gevolg natte kelders, kruipruimten en vochtige muren. Dit geldt bijvoorbeeld voor de woning van Dhr. T. Leus, waar water in de kruipruimte staat, de woning van Mv. A Masselink waar schimmels in de kelder groeien en vochtige muren zijn en percelen en woningen van Dhr. P. Roesthuis en W Grose die het water niet of nauwelijks kan afvoeren met als gevolg het voorkomen van schimmels, pissenbedden en vochtige muren. Een aannemer heeft hier aangegeven dat het vochtprobleem dusdanig is dat alleen sealen van de gehele kelder bij Mvr. A. Masselink het probleem met de huidige waterstanden kan verhelpen.
- Sinds 2005 hebben de bezorgde bewoners peilbuizen geplaatst onder begeleiding van het waterschap. Het gaat om 5 peilbuislocaties. Peilbuis 1t/m 4 bevatten 1 filter. Op locatie 5 zijn 3 meetpunten (filterdiepten). De peilbuizen zijn allen bezocht en de ruwe data (handgeschreven peilen vanaf 2005, elke 14 dagen) zijn bekeken. De peilbuizen kunnen nuttig zijn om de grondwaterstijging nauwkeurig vast te stellen na de ruilverkaveling. Daartoe zijn ook ijkpunten zoals grondwaterpeilmetingen van voor de ruilverkaveling nodig. Deze zijn mogelijk aanwezig. Tijdens het veldbezoek zijn 2 provinciale peilbuizen bezocht in de nabijheid van de 5 peilbuislocaties. De peilbuizen kunnen alleen goed worden benut als deze ook zijn ingemeten t.o.v. NAP.
- In het kader van de ruilverkaveling is destijds een stuw omhoog gebracht waardoor volgens bewoners zowel het peil van de Peijingsbeek als de Roelingsbeek omhoog is gekomen. En er is een retentiebekken aangelegd gekoppeld aan een stuwpassage die vaak verstopt zit, wordt vaak onderhouden door T Leus. Volgens hun ook noodzakelijk.
- Bewoners suggereren het herstel van de oorspronkelijke beekdal van de Peijingsbeek en het terugbrengen van de oude situatie die volgens hen niet zo nat was. Sommige habitattypen die nu als Broekbos staan aangegeven zijn volgens hen heide geweest.
- Boseigenaren (dhr. H. Griep, Dhr. J. Smellink, Dhr. G. Arendsen) van de bossen in deze omgeving hebben klachten over de mogelijkheden van onderhoud van hun bosperceel i.v.m. vernatting en het doodgaan van eiken.

Namiddag

Twelweg. Aanwezig: Dhr. J. Hartman, Dhr. W. Damhuis en Dhr. H. Groote Punt. Besproken: percelen van Dhr. E. Scholte-Linde, Dhr. H. Oude Nijhuis.

- Dhr. W. Damhuis en Dhr. J. Hartman geven aan dat de sloot ter hoogte van het SBB bos aan de Twelweg, oorspronkelijk de Twelweg onderduikert en parallel aan de Beekmedenweg afwatert. Deze afwatering is over een lengte van 25 m dichtgemaakt waardoor de sloot parallel aan de Beekmedenweg droog staat en het water tegen de Twelweg omhoog komt daar wateroverlast veroorzaakt en uiteindelijk afwatert in zuidelijke richting.
- De oude Voltherbeek is bezocht, deze loopt meanderend, droog door het bos maar is afgesneden en niet in gebruik. Bewoners vragen waarom en of dit niet onderdeel van het herstelplan kan zijn.
- Op de kruising Volthermedeweg en Twelweg zijn percelen bekeken. Ook hier zitten duikers onder de weg maar staan droog vanwege de eerdere omleiding van de Voltherbeek. Omwonende twijfelen aan het nut van enkele bufferzones zoals deze momenteel op de kaart staan (PAS maatregelen). De bufferzones liggen aan de zuidkant van een diepe sloot, voedingsstoffen zullen niet zomaar het bos in stromen.

Voltherbroek noordoost

1. 261198 - 489733 tot 120 leemarm dekzand

Begraven beekeerd

On	2cm	AC	40 - 45	Cr1	150 - 160 pH 6
Fa	0.5 cm	Cg fossiel	45 - 85 pH 4	Cr2	160
Ah	0 - 10 cm pH 3.5	Cg	85 - 100 pH 5.5	fluvioperiglaciaal materiaal met houtresten	
Cu	10 - 30	Cgr	100 - 120		
Ahb	30 - 40 pH 3.5	Cer	120 - 155	leemarm dekzand met fluvioperiglaciaal materiaal	

GtG: 50cm GLG: 155

Conclusie: sterk verdroogd profiel.

2 261131 - 489739 Beekeerd pitrus, bramen, heinegras, zwarte bes

Ah 0-5cm pH 5

Cg 5-75 Zwak lemig dekzand pH 4 (15cm) 70cm = pH 5

Cgr 75 - 110 Zwak lemig dekzand, fluvio-peri. mat. grindig tot 4 mm 90cm = 5.5

Cr 110 - 160 Zwak lemig dek zand, sporadisch houtresten pH 5.5

EGV: 22 msm

GtG = 0, GLG = 110

~~Grasveld, zie boringen Ko van Huisstede~~

3 260898 489617 Gooreerd / Beekeerd (fossiele rest / stobbefossiel)

Ruwe smele, gewone vogelkers, Hogere delen cratalis, Lonicera, bramen, hulst, krimco pH: 5

Ln	3-2cm	Zwak lemig dekzand		Cg	70 - 95 Zwak lemig, fluvioperiglaciaal / 3 mm.
Faz	2-0		pH 4	Cgr	95 - 110 pH: 5.5
Ahg	0-20		pH 4	Cer	110 - 150 Zwak lemig dekzand
ACg	20-50		pH 4,5	Cr	150 - 200 pH: 6
Cge	50-70		pH 5		

EGV 23 msm GtG = 0, GLG = 150

Grasveld, zie boringen Ko van Huisstede

4 260595 - 489582 kleiige beekeerk kPZg23

1Apg 0-20cm Zware zavel → pH 5
1ACg 20-30 Lichte zavel → pH 6.5
1ACg 30-40 kleiig zand
2Cg1 40-50 Zwak lemig zand – sterk lemig zand ~~Leemlaag~~ => gebandeerd → pH 5
2Cg2 50-80 Zwak lemig zand 7cm → pH 5.5
2Cgr 80-110 Zwak lemig → pH 6.5
2Cer 110-140 organisch zand (houtresten) zwak-sterk lemig gebandeerd
2Cr 140-160 Zolem pH → 6

EGV: 6.5 mS/m GHG = 30, GLG = 140

Pitrus, witte klaver, smalle weegbree, kruipende boterbloem, moerasstruisgras, ruige zegge, egelboterbloem, pinksterbloem

8. kolkgat1: 260565 - 489545 + Bosanemoon
• kolkgat 2: 260578 - 489523 + Gele dovenetel!
• Beloeiingsperceel rondom peil (west) => kleiden 10cm!
260540 - 489558 ↳ zware zave 1, ook hoofd aanleg peil.

5. Gegraven gat in de wal => perceels ontsluiting ~~260563 - 489562~~
tussen punt 4 en peil beloeiingsperceel in.
260564 - 489563

Aa 0-30 zwak lemig zand
Ahbg 30-33 Sterk lemig zand
Cg fossiel 33-43 Zeer sterk lemig zand
Cg 43-50 Zwak lemig (zwakke Gley)
Cg 50-60 Zwak lemig (actieve Gley)
Halverwege talud ~~teveel~~ per in de wal
~~GHG = 1cm, GLG~~ =

wal beloeiingsperceel ↑

6 260393 - 489504 Beekeerdgrond

Framboos, smalle stekelkoren, ruime smele, kamperfoelie

Ah 1,5 - 0,5 cm
Faz 0,5 - 0 cm pH 4
Ah 0 - 5 pH 4.5
Bg 5 - 40 pH 4
} zeer sterk lemig zand

Cgr 40 - 80 Fluvioperiglaciaal leemarm + leembrokken zeer sterk lemig zand / Grint → pH 5
Cer 80 - 120 Fluviopeiglaciaal leemarm pH 6
Cr 120 - 160 " " pH 6

EGV: 22 mSm GHG = 15 cm, GLG = 120

Regenwater stagneert op leemlaag Cgr.

7 260309 - 489124 Dopheide, Struikheide. Verkit tot 60 cm

Veldpodzol

Ah 0 - 4 pH 4
Bhs 4 - 10
BCgc 10-25 stenen tot 1cm doorsnede pH 3.5
Bg BCg 25 - 30
Cg 30 - 75 pH 4
Ce 75 - 85 pH 4.5
Cer 85 - 100 pH 4.5
CR 100 - 140 pH 4.5

EGV: 1.2 mSm GHG = +/- mV GLG: 100

8 260396 - 489165 Beekeerd Veldrus, Tormentil, Grote wederik, Zeegroene zegge.

1 Ahg 0 - 10 Zwarte zavel (pH 4.5) Blauwe zegge, hartlerstaart, bitterzoetnapjes, Pijpenstrootje
1 ACg 10 - 20 Lichte zavel (pH 4.5)
2 Cg 20 - 40 Zwak lemig zand met leem. Leemband met zeggeveen (pH 5)
2 Cgr 40 - 75 Zwak lemig dekzand fluvioperiglaciaal (grintjes 3 mm) (pH 5)
2 Cer 75 - 130 Zwak lemig dekzand met sterk lemige banden (pH 5.5
2 Cr 130 - 160 Zwak lemig pH 5.5.
2 EGV: 8.8 mSm GHG = +/- mV GLG 130

9 260375 - 488g0 (87) Agrarisch grasland Beekeerd

Ap 0-30 bouwvoor pH 5.5

Cg1 30-35 zwak lemig pH 5.5

Cg2 35-50 gelaagd zwak/sterk lemig zand.

Cg3 50-75 zwak lemig met fluvio periglaciaal } pH 5.5

Cgr 75-100 pH 5.5 } zwak lemig

Cer 100-130 met houtresten pH 5.5

Cr 130-2.00 gebandeerd met organische afzettingen en sterk lemig zand pH 5.5

EGV: 35.5 GHG = 40 GLG = 130

- Sloot tussen landbouw & habitattype e60380-488942
  gaan diep, gierwolleen & bacterievlies

10 260402 - 488940 Beekeerdgrond rabattenbos (oudlieep 3m)

Ah 0-5 (mull) } pH 4.5 klimop, Lösanddorn, robertskruid

Ah/C 5-30 } zwak lemig zand → pH 5 lamperfarie, oxalis hazelaar

Cg1 30-45 (fossiel ?) sterk lemig zand pH 5.5 Loswedrijf groot heksenkruid

Cgz 45-70 (actief) } pH 6

Cgr1 70-85 (fossiel) } zwak lemig zand pH 6

Cgr2 85-125 (actief) } pH 6.5

Cr1 125-130

Cr2 130-160 Sterk lemig zand met bezinkingslaag pH 6.5

EGV: 85.6 GHG = 40 GLG = 125

kwel komt vanaf hier.

- Diepe beek tussen 2 grote wallen Oby e60523-488952
  Bij na droog, stagnant, gierwolken

→ spaanse ruiter!

11 260575 - 489058 Blauwgrasland kleige beekeerd.

1 Ah 0-5 Sterk lemig zand → pH 4

1 AC$_{g1}$ 5-25 Zware zavel → pH 4.5

1 C$_{g2}$ 25-45 Actieve roest pH 5

2 C$_g$ 45-50 Sterk lemig zand pH 5

2 C$_{gr}$ 50-80 Zwak lemig " Oud dekzand

2 C$_{er}$ 80-110 "

2 C$_{er}$ 110-125 fluvioperiglaciaal pH 6

2 C$_{r1}$ 125-150 Grind

2 C$_{r2}$ 150-160 Sterk lemig zand met organische componenten

EGV: 4.8 mS/m GHG = nv, GLG = 125 ↓ pH 5.3

12 260648 - 488840 plaggen-extensief grasland

0

1 Ahpg 0-3 Zware zavel pH 5

1 C$_{gc}$ 3-90 Gleyverschijnselen! Lichte zavel pH 5

1 C$_g$ 40-60 Lichte zavel pH 5.3

2 C$_{gr}$ 60-70 Zwak lemig zand

2 C$_{gr2}$ 70-120 fluvioperiglaciaal - Zwak lemig pH 6

2 C$_r$ 120-460 pH 7

EGV 31 mS/m GHG = 20 GLG = 120

13 260774 - 488884 Zandpad over de es. Vlakvaaggrond gedieppploegd, was veldpadzeil

Aa 0-50 (Elders aangevoerd) } leemarm dekzand

Aah/Bhs/C$_g$ 50-75 gedieppploegd

Ce 75-150

Cer 150-200 } zwak lemig dekzand

Cr 200-250

Weinig functionele ontwatering, nutteloze buffer?

Kleiige beekeerd

14 260981 - 488915 Moeraswalsbro, pitrus, elzenzegge, braam, holpijp

Dominant!

1 Ahg 0-30 pH5 Lichte zavel, aalbes,

1 Cg 20-30 pH5 lichte zavel

2 Cg1 30-45 kleiig zand, banden lichte zavel

2 Cg2 45-50 pH3.5 fluvioperiglaciaal / grindig

2 Cg3 50-60 leemarm gemengd met fluvioperi

2 Cgn 60-80 pH3.5 Zwak lemig

2 Cer 80-110 Zwak lemig

2 Cr 110-120 pH3.5 Zwak lemig

Greppel westkant ± droog altijd stand droog. → grens landschap habitattype

EGV: 27 mSm GHG: nvt GLG: 110

15 260952 - 489084 Fraai haarmos, pijpestrootje, braam, hulst

Sterk verdroogde Gooizand

Fa 5-0 → pH 3

1 Ah 0-10 → pH 4

1 AEe 10-50 pH 4.5

1 Ce 50-60 zwak lemig pH 5

1 Cg1(fossiel) 60-100 pH 5

1 Cg2 (fossiel) 100-110 → ortlaan pH 5

1 Cg3 110-115

1 Ce 115-130 pH 4.5

2 Cer. 130-165 Zwarte zavel

3 Cer 165-170 } zwak lemig

3 Cr 170-200 } pH 5

Weinig ontwatering, 2 dakpannetjes diepte, waarschijnlijk veel grondwater? Hunteloze buffer

GHG 60 GLG: 170

31 25g233 - 488896 witbolgrasland, timotheegras, akkerdistel, paardenbloem, ridderzuring, kruipende boterbloem, smalle weegbree, witte klaver

~~Veldpodzol~~ ~~Enkeerdgrond~~

Onthoofde veldpodzol

Ap	0-30	zwak lemig zand	pH 4.5
B/Cu	30-50		pH 5
Cg1	50-110		pH 5
Cgr	110-125		pH 5
Cg2	125-150	zwak lemig	
Cgr	150-170	dekzand, fluvioperi bijmenging	pH 5
Cr	170-200		pH 5

GHG: 60 GLG: oorspronkelijk 1.10 en nu ~~1.60~~ 170

EGV 2.4 mSm (1.35m)

32 25g032 - 488g33 ~~Hennegras~~ Schouwpad (opgehoogd) langs de richtersandsgraaf

maaiveld Schouwpad Hennegras, blauw glidkruid, framboos, brandnetel

tot bodem sloot: 150 akkerdistel, basandoorn, engelwortel, biezenkroppen.

GAAT DOOR LEEMLAAG HEEN !!! boos doener

was een broekeerd intransitie naar beekeerd met 45 cm opgebrachte grond

1Aap	0-45		
1Ahb1	45-49	Mooiig (sterk veraard)	pH 5
1Ahb2	49-60	Sterk lemig zand	pH 5
1Cgr1	60-80	fossiele GLG	pH 6
1Cg	80-100	zwak lemig dekzand	pH 5.5
1Cgr2	100-115		pH 6.5
Ger	115-140	Zeer sterk lemig zand	(stagnerende leemlaag) pH 6.5
Cr	140-200	leemarm fluvioperi: ongesorteerd grof materiaal	pH 7

EGV boorgat: 78.6 EGV sloot: 30

GLG: 140 GHG: 60cm (onder de oude Ah)

hoogste

33 259118 - 488g 34 Oeverzegge, moeraszegge, pitrus, braam,
Op de gradient → stuwwal Gele zegge, witbol, pijpenstrootje, gele lis
EGV: 29 kwel? Zachte berk, eik

Beekeerd
1Ah 0-5 ~~Leem~~ pH 4
1Cgc 5-35 Lichte zavel pH 5
2Cg1 35-60 Sterk lemig zand
2Cg2 40-60 Zwak lemig zand pH 5.5
3Cg 60-90 fluvio peri leemarm pH 6
3Cer 90-100 Sterk lemig zand met hout → pH 7
3Cr1 100-160 Gebandeerd sterk lemig zand (5cm) met fluvio peri leemarm
3Cr2 160-180 leemarm fluvio peri pH 6.5
~~Gt~~ GHG: MV GLG: 100

34 259789 - 489116 Extensief grasland pitrus, biezenknopper,
EGV: 24.4 witbol, kruipende boterbloem, rode klaver, smalle weegbree, pinksterbloem, veldzuring, veldrus
extra foto fossiele Gley
Ah/Cg fossiel 0-30 Zwak lemig dekzand pH 4.5
Cg1 30-45 Zwak lemig dekzand pH 5
Cg2 45-85 ~~dek~~ leemarm dekzand gemengd fluvio peri pH 5
Cgr 85-95 Sterk lemig dekzand gemengd fluvio peri
Cer 95-120 Zeer sterk lemig zand + houtresten (schijnspiegel) pH 5
Cgr 120-160 gebandeerd sterk lemig zand met leemarm zand. pH 5
Cr 160-280 " circa 5cm dikke Leem Lanoden " pH 5.5
GHG: 40 GLG 1.60 → vroeger 1.20 (nog steeds sons/nieuwe gley)
Bovenste 60cm verdroogd. Daardoor nieuwe Gley zone vanaf 60-80
Conclusie: GLG zakt zeker diep uit dat max 1.60. Nieuwe ontwikkeling

Habitattype.

35) 260020 - 489130 Gele zegge, Gele lis, Elleenzegge, Grote wederik,
EGV: 32 mS/m Moerasspirea, bitterzoet, framboos, moerasvaren
Broekeerd vWz Mooie worteleilandstructuur: ~~fossielvoren~~, kamperfelie, thuja mos

~~AAA~~ AHg 0-15 Zwak lemig
~~AHgc~~ 15-20 Sterk lemig
Cg1 20-45 Sterk lemig
Cg2 45-60 Zwak lemig ~~veldboomgras, bosaardbei, framboos~~
Cgr 60-85 Zwak lemig
Cr 85 / Kanten niet dieper bodem, Bos materiaal
GLG Zat op

Ah1 0-15 Zwak lemig pH 4.5
Ahgc 15-20 Sterk lemig pH 5
Cg1 20-45 Sterk lemig pH 5
Cg2 45-60 Zwak lemig pH 5.5
Cg3 60-70 Leemarm fluvio peri pH 6
Cer 70-85 Zwak lemig
Cr 85- Kanten niet dieper, water verzadigd pH 6
GLG oorspronkelijk 60 en recenterlijk gedaald naar 85
Ook overgang GT 2-3. Was GT 2.

36) 260133 - 489102 Schouwpad, Braam, Groot heksenkruid, rietgras
maaiveld - sloot bodem: 1.40 Veldbeemdgras, prunus padus, hazelaar
Sloot ligt OP leem laag, draineert het bovenste pakket.
IN het bos: framboos ijzen laag!
Was broekeerd → transitie naar beekeerd + 35 cm opgebrachte grond.
1 Aa 0-35. Zwak lemig zand
1 Ah/Cg 35-85 recente gley door sloot, vanwege schouwpad gewoeld. Zwak lemig pH 5
1 Cgr1 85-100 ~~leemarm fluvio peri~~ Zwak lemig pH 5.5
1 Cgr2 100-120 fluvio peri leemarm pH 6.5
1 Cr 120-130 " "
~~Bos - laat glaciaal zeggeveen met detritus, zandige ondergrond~~

36 Vervolg)
2 Cr* 130-155 glaciale detritus afzetting met zandige bijmenging pH 6.5
3 Cr 155-160 Lichte zavel met detritus bijmenging
4 Cr 160-200 Laat glaciaal zeggeveen met detritus & zandige bijmenging
5 Cr 200-250 fluvio peri zwak lemig
EGV boorgat: 50, EGV sloot: 44 mSm
GHG: 40, GLG: 120

Diepe boorsloten (water af op corige slot) 260163-489241

37) 260138-489440 Brandnetel elzenbroek. brandnetel, pitrus, gele lis
Koopveengrond (kleigrond met moerige eerd laag) ruw beemdgras
1 Ahcg 0-30 Lichte klei gebandeerd met zware zavel pH 5 2x tor + onder
1 Cg 30-70 " " pH 5.5
1 Cgr 70-85 Zware zavel pH 5.5
2 Cgr 85-100 Zwak lemig dekzand houtresten + fijnige fluvio peri pH 6.5
2 Cr 100-160 " "
EGV: 60 mSm GHG: 10cm GLG: 100

38) 259713-489368 habitattype Elzenzegge, gele zegge, oeverzegge, liesgras, kruipwilg
Kleiige beekeerd (wasbroekeerd) braam, wolfspoot, pitrus
1 Ahg 0-20 Lichte klei pH 5
2 Cg 20-50 Sterk lemig zand pH 5
2 Cgr 50-80 Zwak lemig zand pH 5.5
2 Cr 80-120 " " + houtresten pH 6.5
GHG = nv GLG: 80 EGV: 22

259485-489343

38) ~~259485-489343~~ beheerpad kruispunt Roelingsbeek bij stuw
Rietgras, brandnetel, kleefkruid, hagenwinde, Oeverzegge
Verrommeld profiel door aanleg kanaal

39) 259494-489320 dijkje hagest Roelingsbeek (bos staat onder water)
Sloot ± 160 → snijdt door Bosbies, brandnetel, kleefkruid, heagwinde, pitrus,
~~Afwateringsgeul~~ kenlaag zevenblad. kleiige Broekeerdgrond, begraven.
Aa 0-75 kleiig zand
Ahb 75-110 ~~Veenlaag~~ Zware zavel → moerige klei met hout 5.5
Cgr 110-160 Sterk lemig zand met banden van zwak lemig 6 ex
↳ hieronder fenol-zand!
Wegzijging richting Tilligterbeek
EGV boorgat: ~~54~~ EGV sloot: 51
GHG 75, GLG >160

40) 259264-489253 Riet, holpijp, bitterzoet, pitrus, kalfspoot
kleiige beekeerd Moerasspirea
Ahg 0-5 Moerig (geheel vergraven) pH: 5
Cg_1 5-40 Sterk lemig zand met banden van zwak lemig zand pH 5.5
Cg_2 40-60 Zwak lemig zand + angesorteerde bijmenging "
Cgr 60-80 ~~"Zwak~~ "
Cr 80-110 " pH 5.5
EGV = 30 GHG = 80 mv GLG = 80
EGV maaiveld (plas): 24

41) 259282 - 489210 Cultuurland boerderij noordwest zijde

1Ap 0-35 mogelijk iets opgehoogd – zwak lemig zand pH 5

1Cgr1 35-80 zwak lemig dekzand pH 5.5

1Cgr2 80-100 zwak lemig dekzand + fluvio peri pH 7

1Cr 100-120 ~~zeer compact + sterk lemig zand, banden~~ zwak lemig pH 7

2Cr 120-170 zeer compact + gebandeerd zwak/sterk lemig zand pH 7

3Cr 170-200 Venige klei/laag glaciaal veen pH 6.5

4Cr 200-230 Zand

GHG 20 GLG: 100 EGV: 64

Sloot richter ambtsgrens: Zuidoever (natuurgebied) tot mv 130 tot sloot bodem

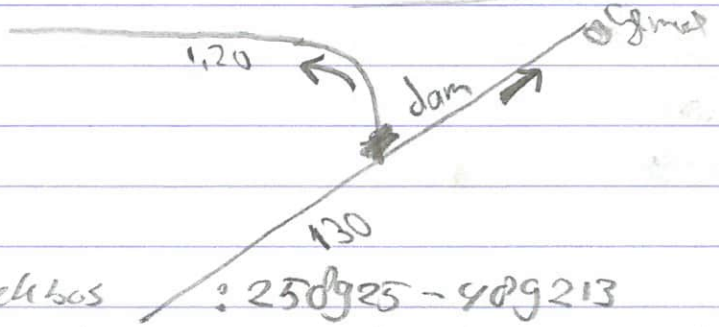
259301 - 489209 Noordoever (landbouw) tot mv 150 " "

Lokale ontwatering landbouw perceel mv tot sloot bodem: 120

259275 - 489233

Afwatering lokale ontwatering

↳ 259196 - 489276



beekbodem

Peingsbeek ↑ 1m tov mv broekbos : 258925 - 489213

beek ligt op leem, draineert dus vooral het bovenste pakket

42) 258g25 - 48g210 Framboos, braam, brede stekelvaren
Beekeerdgrond

1 Ln 5.5 - 5
1 Fq2 5 - 0 pH 4
1 Ah 0 - 5 (8% organische stof, zwak lemig pH 4
1 Cg 5 - 50 Zwak lem. " " pH 5
1 Cgr 50 - 70 " " " pH 6.5
1 Cer 70 - 100 " " " + fluvio peri bijmenging pH 7
2 Cr1 100 - 120 Zeer sterk lemig zand pH 7
2 Cr2 120 - 160 Zwak lemig zand met banden van zeer sterk lemig zand pH 6.5

GHG: 40 GLG: 100 EGV = 26

---

43) 258892 148g152 Pyrethoetje, Kamperfoeli bosrand, veenbosrand, Sdgvl
Fv P-5 Bodem: fossiele beekeerdgrond.
Fq2 5-0 pH 4,0
1 Ah 0-3 pH 4,0 mineraal
1 Cg 3-60 pH 4,0 zwaklemig met sterklemige banden
1 Cgr 60-90 pH 4,5 zwaklemig zand
2 Cer 90-150 pH 5 (120) zeersterk lemig zand sdg in spoegel
3 Cgr 150-170 pH 5 zwaklemig fluvio peri
3 Cr 170 pH 4,5 zwaklemig fluvio periglaciaal

EGV 12,5
GHG 50
GLG 150 - 170

25-7-2016

44 258865 - 489600 Cultuurgrasland op dekzandrug
Veldpodzol

A/E 0-25 Zwak lemig zand pH: 4.5
B/Cu 25-60 " " pH 4.5
BC 60-70 " "
Cu 70-130 " " pH: 4.5
Cg (weinig) 130-150 " "
Cer1 150-240 " " pH: 4.5
Cer2 240-250 + 125 µm + lemige bijmenging (schijnspiegel) pH: 4.5
Cr 250-260 "

GLG = 250 GHG = 70 EGV = 19.2 mS/m (160 cm) pH bodemwater = 4.5

45 258957 - 489599 Heide. Adelaarsvaren, kleine zonnedauw, tormentil, pijpenstrootje, trekrus, pitrus, gagel, berk, moerasandijvie
Beekeerd
Ah 0-5 Sterk lemig zand 100 µm, overstromingsmateriaal Dinkel pH 4
ACg 5-10 " " pH 4
Cg1 10-60 Zwak lemig 250 µm pH 4
Cg2 60-90 recente gley, waarbij sterk grondwater invloed, nu niet @125 µm zwak lemig pH 4.5
Cgr 90-155 " " pH 4
Cer 155-160 Fluvio peri, zwak lemig, fijnzandige bijmenging pH 4.5
Cr 160-200 " pH 4.5

GLG = 160, GHG 40 EGV = 5 mS/m
Niet plaggen! kleilaag .5 dan weg

Sloot tussen landbouw & natuur nu landbouw → tot sloot bodem: 135 Geen vuile
258888 - 489602

46 25g019 - 489637 Veldrus, zwarte zegge, riet, veenpluis, waterscheerbij
Brocheerd Grote wederik, pitrus

Ahg 0-20 organische klei, geheel veraard, wortelresten pH 4.5-5
Cg 20-30 zwak lemig zand 18a nm " pH 5
Cgr1 30-60 " " pH 5.5
Cgr2 60-80 Fluvio peri, dekzand bijmenging & wortelresten pH 5.5
Cer 80-110 " "
Cr 110-140 " " pH 5.5
GLG = 110 GHG = mv EGV: 26 mSm

47 25g164 - 489660 pitrus, gele lis, wolfspoot, riet, elzenzegge, manna gras, framboos
Brocheerd

1 Ahg 0-30 geheel veraard organische klei pH 4.5
1 ACg 30-35 Zware zavel pH 5
1 Cg 35-70 Zandzavel met organische bezinking
1 Cgr 70-110 Kleiig zand pH 5.5
2 Cer 110-120 fluvio peri met dekzand bijmenging, zwak lemig " pH 6.5
2 Cr 120-160
GLG = 120, GHG = 90 mv EGV 103 mSm
kwel is weg

48 25g289 - 489639 Liesgras, waterviolier, watermunt, bitterzoet, riet, elzenzegge
Brocheerd pitrus, wolfspoot, manna gras, moeraswalstro, moerasgedoen.

1 Ah1 0-10 geoxideerd doorworteld veen pH 6.5 Stevige
1 Ah2 10-20 grotendeels geoxideerd veen met zeggeresten pH 4.5
2 ACg 20-30 Zware zavel + organische bezinking pH 4.5
3 Cg 30-80 Sterk lemig zand met hout/wortelresten pH 4.5
3 Cgr 80-100 Zwak lemig zand pH 6.5
3 Cer 100-120 fluvio peri zwak lemig met dekzand bijmenging pH 7
3 Cr 120-200 Zwak lemig zand met diverse 5cm dikke leembanden (fijn zandig, organisch leem) pH 7
GLG = 120, GHG = boven mv EGV = 138 mSm

49 259405 - 489635 framboos, braam, zomereik, brede stekelvaren, hennegras, elzenzegge.
Sterk verdroogde broekbeek
1Ah 0-10 geheel veraard veen, losse samenhangend humus pH 3.5 → pH 4
2Cg 10-35 kruimelige zware zavel
3Cg 35-120 Zwak lemig zand, Graf dekzand ≥50 µm, met fluvio peri bijmenging → pH 5.5
3Cgr 120-140 " pH 5
3Cr 140-160 " pH 6
Cr 160-270 Fijn zandige detritus afzetting, oordinaal systeem, gebandeerd pH 6.5
GLG: 140 nat GHG = 25 EGV = 11
goats

50 259557 - 489675 framboos, brede stekelvaren, eik, braam, lijsterbes
Sterk verdroogde broekbeek
Faz 4-0 strooisel pH 3
Ah 0-5 geheel veraard los kruimelig materiaal pH 3.5
ACg 5-25 Zware zavel pH 4
Cg 25-80 Zwak lemig dekzand dunne leembandjes pH 4.5
Cgr1 80-110 Fluvio peri + dekzand zwak lemig pH 5
Cgr2 110-140 Actieve gleylaag door verdroging " pH 5
Cr 140-160 Fluvio peri ± zwak lemig dekzand pH 6
Cr 160-170 Fluvio peri met banden van organische fijn zandige detritus afz. → pH 6.5
GLG 150, GHG 40 EGV = 12 mSm

51 259622 - 489672 hennegras, framboos, smalle stekelvaren, rietgras, eik, hop
Beekeerd (was broekeerd)
Faz 4-0 pH 4
1Ah 0-5 0m = 8% sterk veraard pH 4
1Cg 5-45 Zware zavel pH 5
2Cg 45-85 Zwak lemig dekzand pH 5
2Cgr1 85-140 " " pH 5
2Cgr2 140-200 ~~peri~~ fluvio peri zwak lemig pH 5
2C 200-220 Fluvio peri banden van organische fijn zandige detritus afzettingen pH 6
GLG 200, GHG=6 EGV = 7.6

slagt door ↑ leemlaag!

Sloot tussen natuur en landbouw sloot bodem => nu landbouw 475 259636-489702

52 259665 - 489705 Cultuurgrasland begraven broekeerd
Aapg 0-70 opgebrachte grond zwak lemig met leembrokjes van sterk lemig zand ↓ pH5
Ahb 70-100 moerige lichte zavel pH6
Cer1 100-140 Zwak lemig fluvio peri met dekzand pH 6.5
Cer2 140-160 Fluvio peri met banden van fijnzandige organische dekkleiafzettingen ↑ pH6.5
Cr 160-200 Fluvio peri met dekzand pH 6.5
! Natheid in de winter door stagnatie op moerige laag!
° GLG 160, GHG 40 EGV = 30 mS/m
↳ schijnspiegelwerking, lichte reductie boven Ahb

53 259766 - 489706 Cultuurgrasland begraven broekeerd
Aap 0-70 Zwak lemig pH5
Ahb 70-110 zware zavel met humus moerasresten zeggeIGIS pH6
Ce 110-120 Fluvio peri en dekzand met leembanden van sterk lemig zand
Cer 120-160 Fluvio peri zwak lemig met houtresten pH 6.5
Cr 160-200 " " pH 6.5
GLG = 160 GHG = 40 EGV = 102 mS/m
↳ stagnatie op kleilaag (Ahb)

54 259858 - 489725 Cultuurgrasland begraven broekeerd
Aap 0-60 Zwak zavelige zwak lemig dekzand met brokken zware zavel pH5
Ahb 60-70 zware zavel met moerig materiaal pH6
Cgr 70-80 Zwak lemig zand
Cr 80-120 " " pH 7
Cr 120-160 " " pH 7
GLG = 120, GHG = 40 EGV = 48 mS/m
stagnatie op Ahb

55) 259964 - 489739 cultuurgrasland kruipende boterbloem, veldzuring
Beekeerd reukgras

Aap 0-25 Zwak lemig zand pH 4.5 - 5
Ah/Cg 25-50 Zware zavel pH 5.5
Cg 50-80 Zwak lemig zand
Cgr 80-125 Fluvio peri met dekzand zwak lemig pH 5.5
Cr 125-170 Fluvio peri met dekzand zwak lemig pH 5.5
GLG = 125 GHG = 25 EGV ~ 13 mSm

56) 259638 - 489495 framboos, reuzenzwenkgras, brede stekelvaren
kleiige Laarkeerd. kpzg bosandoorn, hennepnetel, tweestijlige meidoorn
elzenzegge

Faz 4-0 Strooisel pH 4
1Ah 0-20 Zware zavel pH 4
1Cg 20-30 Lichte zavel pH 5
2Cg 30-85 Fluvio peri Zwak lemig pH 5
2Cgr 85-130 " " pH 7 - 6.5
2Cr 130-160 " "
GLG = 130 GHG = 30 EGV 35

57) 259387 - 489452 bosbies, smalle stekelvaren, riet, kweekgras
Broekeerdgrond

Ahy 0-40 sterk kleiig zeggeveen, zware zavel pH 4.5
~~40-50 Sterk kleiig dekzand~~
Ah2 40-50 Zware zavel, organische bezinking pH 5
Cg 50-70 Zwak lemig dekzand pH 5.5
Cer 70-100 Detritus veen met zandlinten pH 5.5
~~GLG = GHG = cp mv EGV~~
4Cr 100-120 Intact zeggeveen pH 6
5Cr 120-150 Zwak lemig fluvio peri met sterk lemige organische banden pH 7
GLG = 100, GHG = mv EGV = 41 mSm

58) ~~258951 - 489902~~ 258932 - 489908 Cultuurgrasland

EGV = 5.5 Veldpodzol

Ap 0-25 " " Zwak lemig pH 5

Bh 25-50 " " " " pH 4.5

BCu 50-75 Dekzand 250 um " " pH 5

Ce1 75-125 " " " " pH 4.5

Ce2 125-160 Gebandeerd met fluvio eolisch materiaal 125 um (schijnspiegel) pH 4

Cer 160-190 " " pH 5

Cr 190-220 fluvio peri met dekzand, Zwak lemig pH 5

GLG = 190, GHG 60

Sloot tussen landbouw & natuur, slootbodem - mv landbouw: 1.70

258939 - 489906

59) 258993 - 489892 Eikenbokenbos, fraai haarmos, uilboom, ligstek-05

~~Fa~~ Gooreerd smalle stekeluaren

Faz 2-0 Strooisel pH 3.5

Ah 0-5 dekzand 180 um Zwak lemig pH 4

~~Ek~~C 5-30 " " " " pH 4.5

Cg 30-45 " " " " pH 5

Cgr 45-75 " " " " pH 4.5

Ce 75-125 " " " " pH 4.5

~~Cer 125-160~~ Cer1 125-140 " " " " pH 4.5

~~Cr 160-200~~ Cer2 140-160 Fluvio peri met dekzand Zwak lemig

Cr 160-200 " " " pH 4.5

GLG = 160, GHG = 40 EGV = 19.6

60). 259110 - 489888 Liesgras, moerasandoorn, bitterzoet, elzenzegge, holpijp, Broekveed transitie beekeed pitrus, gele lis, rietgras, watermunt

Ahg 0-15 Geheel verbrand, moerige lichte klei zavel pH 5

ACg 15-30 zware lichte zavel pH 5

Cg1 30-45 zware lichte zavel pH 5

Cg2 45-60 kleiig zand

Cg3 60-90 zwak lemig zand, dekzand pH 6 (pH sprong in dekzand)

Cor 90-120 fluvio peri met dekzand bijmenging

~~GLG = GHG =~~ EGV =

Cr 120-130 " " pH 6.5

GLG: 120, GHG = 90 mV, EGV = 44 mSm

61) 259202 - 489820 framboos, braam, brede stekelvaren, hennegras kleiige beekveed kpzg

~~A~~ Faz 1-0 pH 4

1 Aha 0-10 Geheel verbrand org mat met loodzand door warm activiteit ↳ kruimelig geworden lichte zavel pH 3.5

2 Ahg 10-35 lichte klei zavel pH 4

3Cg 35-85 zwak lemig zand pH 5

3Cgr 85-90 " " pH 6.5

3Cg (recent) 90-105 fluvio peri, zwak lemig " pH 6.5

3Cr 105-115 "

~~GHG~~, Cr 115-120 " " pH 6.5

GLG = 115, GHG = 25 EGV = 88 mSm

62) 259298 - 489857 watermunt, gele lis, elzenzegge, ijle zegge, holpijp
EGV: 52.4 Broekveen wolfspoot, manna gras, rietgras,
1Ahg 0-30 ~~Zwarte zavel~~ lichte klei pH 4.5
1Cg 30-45 ~~Grijze~~ Zwarte zavel pH 5
2Cg 45-75 Zwak lemig dekzand pH 5,5
2Cgr 75-115 " " "
2Cer 115-125 " " pH 6.5
2Cr 125-160 Gebandeerd ~~Sterk~~ Brokkelig (5cm dik) sterk lemig zand pH 6.5
GHG = 9p mv GLG = 125

63) 259469 - 489858 Reuzenzwenkgras, groot hoksenkruid, framboos, elzenzaagje
Beekveen kamperfoelie, pitrus,
Ahg 0-10 ~~Zwarte zavel~~ lichte klei pH 3.5
AhCg 10-30 " " pH 4
Cg 30-50 ~~Grijze~~ Zwarte zavel pH 4.5
2Cg 50-75 " " pH 5
2Cgr 75-120 " " pH 5.5
3Cer 120-140 ~~Zwarte zavel~~ lichte klei met houtresten ϕ 125 mm pH 6.5
4Cr 140-160 Fluvio peri Leemarm pH 7
GLG = 140, GHG = 40 EGV = 63

64) 259557 - 489973 hennegras, rietgras, scherpe zegge, gele lis, oeverzegge
kleiige beekveen
1Ah 10-15 ~~Zwarte zavel~~ lichte klei pH 4.5
1Cg 15-20 Zandhiaat, mogelijk verspoeld, ~~Grijze~~ Zwarte zavel
1 ~~Ahz 20~~ Ahg 20-30 ~~Zwarte zavel~~ lichte klei
1Cg 30-50 Zwarte zavel pH 5
2Cg 50-70 Zwak lemig zand pH 5
3Cg 70-100 Grof grindig fluvio peri, leem arm pH 5
3Cer 100-110 Zwak lemig dekzand
3Cr 110-160 " " pH 6.5

EGV = 19,6 mSm GLG = 110 GHG = ± mv kwel, weggevallen.

65)

259633 - 489958 Blauwgrasland, blauwe knoop, biezenknopper, knoopkruid, kleine beekereprijs, kale jonker, moerasspirea, rolklaver, bruine klauwe zegge, lidrus

Ahg 0-10 ~~Zwarte zand~~ Lichte klei pH 4.5

AhCg 10-30 Zware zavel met banden lichte klei pH 5

Cg1 30-50 Sterk lemig ~~zand~~ dekzand 180 um pH 5

Cg2 50-80 Leemarm dekzand 250 um pH 5

Cgr 80-110 ~~Zwak lemig dekzand met fluvio peri bijmenging~~

Cer 110-140 "Fluvio peri met zwak lemig dekzand bijmenging pH 6.5

Cr 140-160 Dekzand zwak lemig 250 um pH 6.5

EGV = 14 GLG = 140 GHG = stagnant neerslag lens, GHG 40

Sloot tussen landbouw & natuur: slootbodem - landbouw mv = 1.60 m

259670 - 489996

66) 259720 - 490041 Cultuurgrasland

Begraven veldpodzol

Aa 0-40 Lichte zavel - aangeveerd conderlders pH 4.5

Ae/Bhs 40-60 Zwak lemig dekzand pH 4

Cg1 60-75 "

Ce 75-90 leemarm dekzand pH 5

Cg2 90 ~~150~~ 155 Zwak lemig dekzand pH 5.5

Cgr ~~140 155 210~~ 155-210 Zwak lemig zand met peri. fluvi bijmenging

Cr 210-250 Zwak lemig dekzand pH ~~5.5~~ 6

GLG = 210, GHG 80, EGV = 45

67) 259846 - 490230 Cultuurgrasland
Poldervaaggrond - gerommeld → geëlieerd!
Aapg 0-45 Matige zware zavel pH 5
Ah/Cg 45-80 gemengd sterk met zwak lemig zand pH 5
Cgr 80-120 Graf ongesorteerd fluvio peri leemarm zwaklemig pH 5.5
Cr 120-160 zwak lemig dekzand pH 6.5
EGV = 19 GLG = 120 GHG 40 → water stagneert

68) 259959 - 490233 Cultuurgrasland (bij huizen)
kleiige beekeerdgrond.
Ap 0-10 kleiig zand pH 4.5
Cgc 10-45 ijzerconcreties, kleiig zand pH 4
Cg1 45-80 zwak lemig zand pH 4.5
Ce 80-90 " " "
Cgz(recent) 90-135 " " pH 5
Cer 135-180 " " pH 5
Cr 180-200 " " pH 5
EGV = 7.4 GLG = 180, GHG 50

69) 259689 - 490263 Cultuurgrasland
Poldervaaggrond
1Apg 0-20 Lichte klei pH 4.5
1Adgc 20-40 Concreties, lichte klei pH 5
1Cg1 40-55 Lichte zavel pH 5
2Ce 55-75 Zwak lemig zand pH 5
2Cg2 75-120 Fluvic peri + dekzand bij menging pH 5
2Cgr 120-160 Zwak lemig dekzand pH 5.5
2Cr 160-180 " " pH 6.5
GLG = 160, GHG = 55 EGV = 46

70). 259557 - 490414 Cultuurgrasland.
Poldervaaggrond

pApKg gedlepwald 0-55 Lichte klei pH 4.5
2Cg 55-85 Zwak lemig dekzand pH 5
2Cgr, 85-120 " " ~~pH 5~~
2Ccr 120-140 " " pH 5
2Cgr$_2$ 140-180 " " pH ~~5~~ 5
2Cr 180-200 " " pH 5
GLG = 180 GHG = 55 EGV 3 mSm

~~70~~

Sloot tussen Landbouw/natuur: scootbodem - nw landbouw = dcon
259468 - 490320

71 259460 - 490267 ruigte; hennegras, brandnetel, moerasandoorn
Beheerd rietgras
1Ah 0-8 Lichte klei pH 5
1Cg 8-15 Zwarte zavel
1Cgc 15-60 Gebanderde Lichte klei met kleiig zand (banden 5cm) pH 4.5
2Cg$_1$ 60-85 Zwak lemig dekzand 180 cm
2Cg$_2$ 85-95 Grindig Fluvio peri, veel stenen pH 4.5
2Cgr 95-110 Zwak lemig dekzand
2Ccr 110-140 " " pH 5
3Ccr 140-150 Zwak lemig glaciaal detritus veen
4Cr 150-180 detritus veen met peri fluvio schorkering pH 5
GLG = 150, GHG 25 EGV = 11 mSm

72). 259295 - 490293 Elzenzegge, waterviolier, gele lis, grote weegbree, hennegras, moeraswalstro, watermunt, egelboterbloem, gele waterkers wolfspoot, watertorkruid, moerasvergeet-m-n

Staat droog!

Beekeerd → was broekeerd.

Ah1 0-2 moerig, gehecht veraard pH 4.5

Ah2 2-20 lichte klei pH 4.5

Cg1 20-40 lichte zavel pH 4.5

Cg2 40-60 Gebandeerd (1cm dik) met 1cm zwak lemig dekzand.

Cgr 60-90 Zwak lemig dekzand

Cgr 90-105 Sterk lemig zand met detritusveen pH 5

Cg 105-120 Zwak lemig dekzand pH 5

Cr 120 - ~~160~~ 155 " " "

Cr ~~155~~ 155 - ~~200~~ " " pH 5.5

GLG = ~~+60~~ 155, GHG = op maaiveld, EGV = 26 mS/m

Conclusie: stagnerend regenwater

Waterviolier door verbrandt organisch stof => extra CO_2 past bij transitie beekeerd - broekeerd

Bodemeenheid	**Beschrijving**
KX =	Keileemgrond. Keileem beginnend binnen 40 cm - maaiveld
tZn23 =	Gooreerdgrond in fijn, sterk lemig zand
tZg21 =	Beekeerdgrond in fijn, zwak lemig zand
tZg23 =	Beekeerdgrond in fijn sterk lemig zand
Hn21 =	Veldpodzolgrond in fijn zwak lemig zand
....x =	Keileem beginnend tussen 40 en 80 cm - maaiveld

Achter de Voort
profielbeschrijvingen
Opname juli 2016
Op genomen door J.Vrielink

84) Boornr: 2 Bodemeenheid: tZn23x/vlakvaaggrond Gt V GHG 0 GLG >150 X 257235 Y 489073

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Ce	0	75	4	155	20	verwerkt + keileembrokjes
2Ce	75	150	-			zware keileem

85) Boornr: 3 Bodemeenheid: tZg23x//beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG ca 150 X 257176 Y 489016

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	12	5	150	28	zeer rulle bovengrond
1Cg	12	65	-	180	28	+ veel grind
2Cg	65	120	-			matig zware keileem
2Cgr	120	150	-			matig zware keileem
						groeiplaats eenbes!

86) Boornr: 4 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG> 150 X 257223 Y 489200

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Apg	0	30	4			matig zware keileem
1Cg	30	150	-			matig zware keileem

87) Boornr:5 Bodemeenheid: verstoord Gt V/V* GHG 20 GLG150 X 257217 Y489157

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	70	7	170		diep verwerkt, zand, keileem, grind
2Cg	70	150	-			matig zware keileem

88) Boornr:6 Bodemeenheid KX/beekeerdgrond Gt V GHG 10 GLG >150 X 257183 Y 489116

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	35	6	165	14	verwerkt, roestig + grind
1Cg	35	150	-			zware keileem

89) Boornr:7 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V/V* GHG 20 GLG >150 X 257144 Y 489087

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ah	0	18	6	175	14	keizand
1Cg	18	150	-			matig zware keileem + wat grind

90) Boornr: 8 Bodemeenheid:KX/beekeerdgrond Gt V GHG 15 GLG >150 X 257133 Y489055

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	15	6	165	25	+ grind
1Cg	15	115	-			matig zware keileem, zeer veel roest
1Cgr	115	150	-			matig zware keileem
1Cr	150		-			gereduceerde keileem

91) Boornr: 9 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt III GHG 0 GLG 140 X 257125 Y 489059

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	11	4	170	35	keileem
1Cg	11	75	-			matig zware keileem
1Cgr	75	105	-			matig zware keileem
1Cr	105	120	-			gereduceerde keileem

92) Boornr : 10 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V/V* GHG 25 GLG >150 X 257338 Y 488961

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	18	5	150	17	
1Cg	18	32	-	165	28	keizand + grind
2Cg	32	135	-			gelaagde keileem
1Cgr	135	150	-			gelaagde keileem

93) Boornr : 11 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG 150 X 257275 Y 489022

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	12	4			keileem
1Cg	12	110	-			matig zware keileem
1Cgr	110	150	-			matig zware keileem
1Cr	150	>	-			gereduceerd

94) Boornr : 12 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG 160 X 257286 Y 488931

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	14	4			matig zware keileem
1Cg	14	120	-			matig zware keileem
1Cgr	120	150	-			matig zware keileem

95) Boornr : 13 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt III GHG 0 GLG 110 X 257263 Y 488879

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	12	4			keileem
1Cg	12	80	-			matig zware keileem met veel roest
1Cgr	80	110	-			matig zware keileem
1Cr	110	150	-			gereduceerde keileem

96) Boornr : 14 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG >150 X 257282 Y 488828

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	10	4			keileem + grind
1Cg	10	130	-			matig zware keileem
1Cgr	130	150	-			

97) Boornr : 16 Bodemeenheid: tZg21/beekeerdgrond Gt V/V* GHG 20 GLG >150 X 257088 Y 489293

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	40	6	165	15	verwerkt
1Cg	40	60	-	165	15	sterk verkit, zeer roestig
2Cg	60	150	-	180	20	verspoelde keileem

98) Boornr : 17 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 10 GLG >150 X 257098 Y 489237

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Apg	0	20	4	175	27	keileem
1A/Cg	20	60	2	175	35	verwerkte keileem
1Cg	60	150	-			zware keileem

99) Boornr : 18 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond GtIII GHG 0 GLG 110 X257061 Y 489191

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ah	0	10	8			keileem + grind
1Cg	10	80	-			zandige keileem
1Cgr	80	110	-			zandige keileem
1Cr	110	150	-			gereduceerd

100) Boornr : 20 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt III/V GHG 0 GLG 120/130 X 257074 Y489127

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	8	3			keileem
1Cg1	8	60	-			zware keileem + extreem veel roest
1Cg2	60	90	-			zware keileem
1Cgr	90	130	-			zware keileem
1Cr	130	150	-			gereduceerd

101) Boornr : 21 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG 140 X 257053 Y 489085

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ah	0	10	7			keileem
1Cg	10	80	-			matig zware, gelaagde keileem
1Cgr	80	140	-			matig zware, gelaagde keileem
1Cr	140	150	-			gereduceerde keileem

102) Boornr : 23 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 15/20 GLG >150 X 256936 Y 489356

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	35	5	175	24	licht verwekt, grind + keileem
1Cg	35	120	-			zware keileem met veel roest

103) Boornr: 24 Bodemeenheid: Hn21x/veldpodzol Gt V* GHG 30 GLG >150 X 256970 Y 489276

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ap	0	35	5	175	14	
1A/Be	35	55	4	175	14	verwerkt
1Be	55	78	1	175	14	sterk verkit
1Cg	78	150	-			matig zware keileem

104) Boornr: 25 Bodemeenheid: Hn21x/veldpodzol Gt V* GHG 30 GLG 150 X 256999 Y 489221

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/B	0	50	5	170	15	licht verwekt
1BCg	50	80	4	170	10	
2Cg	80	140	-			matig zware keileem
2Cr	140	150				gereduceerd

105) Boornr: 26 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V/III GHG 10 GLG 120 X 257033 Y 489186

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ap	0	14	8	165	14	keizand
1Cg	14	75	-	165	14/25	gelaagd keizand
2Cg	75	85	-			matig zware keileem
2Cgr	85	120	-			matig zware keileem
2Cr	120	150	-			gereduceerde keileem

106Boornr : 32 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V/V* GHG 20 GLG >150 X 256849 Y 489318

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	40	3	175	25	zand met veel keileem
1Cg	40	150	-			matig zware keileem

107) Boornr: 33 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V/V* GHG 20 GLG >120 X256862 Y 489240

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Apg	0	32	5	170	16	licht verwerkt
1A/Cg	32	40	2	160	22	zand + keileem
2Cg	40	120	-			zware keileem

108) Boornr: 34 Bodemeenheid: Kx/beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG >150 X 256882 Y 489185

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	40	4	165	20	licht verwerkt
2Cg1	40	80	-			zware keileem
2Cg2	80	120	-	170	12	keizand

109) Boornr: 35 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0-5 GLG >150 X 256841 Y 489079

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	10	8			zware keileem
1Cg1	10	90	-			zware keileem , zeer veel roest
1Cg2	90	150	-	170	12	keizand

110) Boornr: 36 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0 GLG 140 X 256782 Y 489129

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1Ahg	0	14	7			vrij zware keileem
1Cg1	14	90	-			zware keileem met veel roest
1Cg2	90	120	-			matig zware keileem
1Cgr	120	145	-			matig zware keileem
1Cr	145	150	-			gereduceerd

111) Boornr: 38 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V GHG 0-10 GLG>150 X 256813 Y 489188

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	40	5	165	22	zand met keileembrokken
2Cg1	40	90	-			zware keileem
2Cg2	90	110	-			lichte zandig keileem
2Cgr	110	150	-			matig zware keileem

112) Boornr: 39 Bodemeenheid: tZg23x/beekeerdgrond Gt V/V* GHG 15-20 GLG >150 X 256781 Y 489229

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	45	5	170	18	zand met keileembrokken
2Cg	45	75	-	170	20	keizand
2Cg2	75	150	-			zware keileem

113) Boornr: 40 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt V/V* GHG 20 GLG>15 X 256775 Y 489234

horizont	begin	eind	os %	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	60	3	170	18	zand met keileembrokken
2Cg	60	150	-			matig zware keileem

114) Boornr: 42 Bodemeenheid: tZg21x/beekeerdgrond Gt: V GHG 5 GLG >120 X 256716 Y 489106

horizont	begin	eind	os *	M50	leem %	opmerkingen
1Apg	0	30	5	165	17	vrij homogeen
1Cg	30	70	-	175	12	zeer roestig keizand
2Cg	70	120	-			matig zware keileem

115) Boornr: 43 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt: V GHG 0 GLG 140-150 X 256744 Y 489080

horizont	begin	eind	os *	M50	leem %	opmerkingen
1Ap	0	8	3	150	14	licht heterogeen
1Cg	8	25	-	150	8	fijn keizand, zeer licht grijs
2Cg	25	90	-			matig zware keileem, zeer roestig
1Cgr	90	140	-			zandige keileem, gelaagd
1Cr	140	150	-			gereduceerd

116) Boornr: 45 Bodemeenheid: tZg21x/beekeerdgrond Gt: III GHG 0 GLG 115 X 256741 Y 489022

horizont	begin	eind	os *	M50	leem %	opmerkingen
1Ah	0	12	9	155	13	
1Ce	12	20	-	155	13	zeer licht grijs
1Cg	20	75	-	165	13	zeer roestig!
2Cg	75	95	-			zware keileem
2Cgr	95	112	-			zware keileem
2Cr	112	150	-			gereduceerde zware keileem

117) Boornr: 47 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt: V GHG 0 GLG >120 X256914 Y 488888

horizont	begin	eind	os *	M50	leem %	opmerkingen
1A/Cg	0	35	4	175	30	keileem + wat zand
1Cg	35	120	-			matig zware keileem

118) Boornr: 49 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt: V GHG 5 GLG 160 X 256962 Y 488805

horizont	begin	eind	os *	M50	leem %	opmerkingen
1Ah	0	8	6			matig zware keileem
1ACe	8	14	2			matig zware keileem
1Cg1	14	75	-			matig zware keileem
1Cg2	75	150	-			lichte zandige keileem

119) Boornr: 50 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt: V GHG 0 GLG >120 X 256932 Y 488931

horizont	begin	eind	os *	M50	leem %	opmerkingen
1ACg	0	10	2			matig zware keileem
1Cg	10	120	-			matig zware keileem,vrij veel roest

120) Boornr: 189 Bodemeenheid: KX/beekeerdgrond Gt: III GHG 0 GLG 150 X 256889 Y 488933

horizont	begin	eind	os *	M50	leem %	opmerkingen
1Ah	0	14	3			matig zware keileem
1Cg	14	95	-			zeer roestig
1Cgr	95	145	-			matig zware keileem
1Cr	145	150	-			gereduceerde matig zware keileem