



Deelonderzoeken in en nabij het natuurgebied Geelbroek (fase 3)

Effectiviteit buisdrainage, onderlinge samenhang van grondwaterstanden gemeten in ondiepe peilfilters en vergelijking historische en huidige grondwatertrap

H.R.J. Vroon en H.Th.L. Massop



ALTERRA
WAGENINGEN UR

Deelonderzoeken in en nabij het natuurgebied Geelbroek (fase 3)

Effectiviteit buisdrainage, onderlinge samenhang van grondwaterstanden gemeten in ondiepe peilfilters en vergelijking historische en huidige grondwatertrap

H.R.J. Vroon en H.Th.L. Massop

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door de Dienst Landelijk Gebied namens de provincie Drenthe t.a.v. SSC Regio Noord (projectnummer 5241374-01).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, oktober 2015

Alterra-rapport 2669
ISSN 1566-7197

Vroon, H.R.J., H.Th.L Massop, 2015. *Deelonderzoeken in en nabij het natuurgebied Geelbroek (fase 3); Effectiviteit buisdrainage, onderlinge samenhang van grondwaterstanden gemeten in ondiepe peilfilters en vergelijking historische en huidige grondwatertrap*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2669. 104 blz.; 27 fig.; 10 tab.; 33 ref.

Bij de herinrichting van Geelbroek als natuurgebied wordt de waterhuishoudkundige inrichting van het gebied aangepast, voornamelijk door het te vernatten. Dit gebeurt door het laten dempen en dichtgroeien van sloten waardoor de afvoer van water wordt vertraagd en er meer water in het gebied wordt vastgehouden. In deze studie zijn drie deelonderzoeken m.b.t. Geelbroek uitgewerkt.

In het eerste deelonderzoek is – voor een door de opdrachtgever aangegeven strook aangrenzende agrarisch gebied – een geschiktheidsbeoordeling voor normale buisdrainage uitgevoerd voor zowel weidebouw als akkerbouw. Voor de voorlopige beoordeling van de geschiktheid is o.a. gebruikgemaakt van informatie uit bodemkundig/hydrologisch onderzoek over o.m. de Gt, de doorlatendheid en de aard van het materiaal. De geschiktheid van natte gronden kan veelal duurzaam worden verbeterd door de aanleg van buisdrainage. Echter, door de ondiepe ligging van de keileem en andere storende lagen in een groot deel van het onderzochte gebied, resteren slechts weinig gronden waar het zandpakket voldoende dik is om goed te kunnen draineren.

Voor het tweede deelonderzoek is bij zes bestaande peilbuislocaties een extra filter bijgeplaatst om te onderzoeken of in de reeds bestaande ondiepste filter de freatische grondwaterstand wordt gemeten.

Uit de statistische analyse blijkt dat de grondwaterstanden in de nieuwe ondiep geplaatste filters significant verschillen van de bestaande peilfilters, echter de gemeten verschillen zijn voor de meeste buizen gering. Voor twee van de zes peilbuislocaties wordt geadviseerd het nieuw geplaatste filter te handhaven ten koste van de bestaande ondiepe filters; de overige vier kunnen worden verwijderd.

Als derde deelonderzoek is de Gt-kaart uit het bodemkundig/hydrologisch onderzoek opgeschaald naar schaal 1 : 50.000 voor vergelijking met de historische Gt-kaart schaal 1 : 50.000 van de Bodemkaart.

Uit de vergelijking blijkt dat zowel vernatting als verdroging is opgetreden sinds de jaren tachtig.

Verdroging is veelal te wijten aan de toepassing van buisdrainage. Als mogelijke oorzaken van vernatting zijn te noemen: verwijderen van zaksloten, verhoging van winterpeil in de Ruimsloot, mogelijk uitstraling van het vernatte natuurgebied en daling van het maaiveld door oxidatie van het veen.

Trefwoorden: buisdrainage, geschiktheid weidebouw, geschiktheid akkerbouw, freatische grondwaterstand, opschaling, vernatting, stijghoogte

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2015 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2669 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Ebbing Kiestra

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	11
	1.1 Achtergronden	11
	1.2 Doel van het onderzoek	13
	1.3 Werkwijze	13
2	Methode	15
	2.1 Geschiktheidsbeoordeling van gronden voor drainage	15
	2.1.1 Gebiedsbegrenzing	15
	2.1.2 Grondwaterstand	17
	2.1.3 Doorlatendheid profiel	18
	2.1.4 Doorlatendheid profiel	19
	2.2 Onderlinge samenhang van de twee ondiepste filters op zes peilbuislocaties	23
	2.3 Vergelijk historische Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) met de actuele Gt-kaart van een deel van het gebied Geelbroek uit 2014	24
3	Resultaten	28
	3.1 Geschiktheidsbeoordeling van gronden voor drainage	28
	3.2 Onderzoek samenhang van de twee ondiepste filters op zes peilbuislocaties	30
	3.3 Resultaten van de vergelijking van de Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) van Geelbroek met de Gt-kaart van een deel van het gebied Geelbroek uit 2014	35
4	Conclusies	48
	Literatuur	50

Bijlage 1	Enige relevante informatie per bodem- / Gt-vlak en toegekende effectiviteit voor weidebouw en akkerbouw	53
Bijlage 2	Geschiktheidsbeoordeling weidebouw, arealen in procenten en m²	58
Bijlage 3	Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw, arealen in procenten en m²	63
Bijlage 4	Ruimtelijke weergave geschiktheidsbeoordeling voor weidebouw en akkerbouw	68
Bijlage 5	Buisdrainage opgave boeren	71
Bijlage 6	Gemeten freatische grondwaterstanden / stijghoogten en correlaties tussen de waterstanden in de twee ondiepste filters op buislocatie GB007, GB008, GB011 en GB012	73
Bijlage 7	Veranderingen die de grondwaterstand kunnen beïnvloeden in het verleden in en rond Geelbroek	78

Woord vooraf

In opdracht van de Dienst Landelijk Gebied (DLG, thans Prolander) Regio Noord in de provincie Drenthe heeft Alterra van oktober 2013 tot en met maart 2015 een bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd in de omgeving van Geelbroek. Het onderzoek omvatte het vastleggen van de huidige bodemgesteldheid (fase 1, Vroon en Kiestra, 2014) en het inrichten en uitbreiden van het monitoringsmeetnet van peilbuizen (fase 2). Tijdens het onderzoek zijn door DLG enkele aanvullende vragen gesteld die tot aanvullende deelopdrachten hebben geleid. De aanvullende vragen hebben betrekking op de volgende onderwerpen:

- Kwalitatieve beoordeling of drainage, waarbij ervan uit is gegaan dat het drainagemateriaal duurzaam meegaat en optimaal zal blijven functioneren, een duurzaam positief effect, matig of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG voor een strook landbouwgronden, grenzend aan het natuurgebied Geelbroek.
- Onderzoek naar de samenhang van de twee ondiepste peilfilters op zes peilbuislocaties.
- Vergelijken van de Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) met de recente Gt-kaart van een deel van het gebied Geelbroek uit 2014.

De resultaten van de beoordeling of buisdrainage een duurzaam positief effect of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG voor een strook landbouwgronden, grenzend aan het natuurgebied Geelbroek is reeds gepresenteerd aan belanghebbenden. Dit geldt ook voor de resultaten van het onderzoek naar de samenhang van de twee ondiepste peilfilters op zes peilbuislocaties. Daar de onderzoeksvragen relatief beperkt van omvang waren en alle drie betrekking hebben op Geelbroek, is ervoor gekozen deze integraal in één rapport op te nemen en niet in drie afzonderlijke rapporten.

R. Hofstra van Prolander heeft een inventarisatie uitgevoerd naar de ingrepen in de waterhuishouding in het verleden in en rond Geelbroek. Dit onderzoek is uitgevoerd om verschillen in Gt's tussen de jaren tachtig en heden te kunnen verklaren. De inventarisatie is vastgelegd in een rapportage die integraal als Bijlage 7 is opgenomen in dit rapport.

Het hydrologisch/bodemkundig onderzoek is uitgevoerd door H.R.J. Vroon en H.Th.L. Massop, waarbij eerstgenoemde tevens projectleider was. De organisatorische leiding van het project was in handen van J.P. Okx. Het rapport is wetenschappelijk gereviewed door dr. ir. J.G. Wesseling.

Samenvatting

Bij de herinrichting van Geelbroek als natuurgebied wordt de waterhuishoudkundige inrichting van het gebied aangepast, voornamelijk door vernatting. Dit gebeurt door het laten dempen en dichtgroeien van sloten, waardoor de afvoer van water wordt vertraagd en er meer water in het gebied wordt vastgehouden.

In deze studie zijn de resultaten samengevat van drie vervolgvragen m.b.t. Geelbroek, nl.:

- Kwalitatieve beoordeling of buisdrainage, waarbij ervan uit is gegaan dat het drainagemateriaal duurzaam meegaat en optimaal zal blijven functioneren, een duurzaam positief effect, matig of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG voor een strook landbouwgronden, grenzend aan natuurgebied Geelbroek.
- Onderzoek naar de samenhang van de twee ondiepe peilfilters op zes peilbuislocaties.
- Vergelijken van de Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) met de recente Gt-kaart van een deel van het gebied Geelbroek uit 2014.

Voor een gebied rond het natuurgebied en rond de gebieden met een berekende verhoging van de freatische grondwaterstand van groter of gelijk aan 5 cm, is door de opdrachtgever een zone van 100 m getrokken. Voor de relevante landbouwpercelen binnen deze zones, totaal 137,4 ha, is de effectiviteit van buisdrainage beoordeeld voor zowel weidebouw als akkerbouw. Dit betreft een voorlopige kwalitatieve beoordeling. Voor de bepaling van de effectiviteit van buisdrainage is gebruikgemaakt van gegevens uit het bodemkundig/hydrologisch onderzoek, te weten de toekomstige GHG, doorlatendheid en profielopbouw, en aangevuld met literatuurgegevens. Op basis van deze informatie is per combinatie van bodem- en Gt-vlak, totaal 132 vlakken, de effectiviteit van buisdrainage voorlopig geschat. In de toekomstige situatie is de ontwatering optimaal voor weidebouw op 25,8 ha, en voor akkerbouw – vanwege hogere eisen – op 11,0 ha. Voor weidebouw is op 27,1 ha de effectiviteit voor buisdrainage matig tot goed, voor akkerbouw 41,3 ha. Voor het grootste areaal, respectievelijk 56,0 ha voor weidebouw en 56,6 ha voor akkerbouw, ligt de keileem zo ondiep dat drainage weinig of geen effect heeft. Deze gronden liggen vooral aan de oostzijde van het gebied, maar ook aan de westzijde komen aanzienlijke arealen voor. Als vervolg op de voorlopige kwalitatieve geschiktheidsbeoordeling is een doorlatendheidsonderzoek voorzien voor het opstellen van een definitief drainageadvies. Hierbij wordt beoordeeld of de bodem daadwerkelijk geschikt is voor drainage en hoe er gedraineerd zou moeten worden. Dit onderzoek wordt alleen uitgevoerd op die percelen waarvoor de opdrachtgever met de boer overeenstemming bereikt over het toepassen van duurzame buisdrainage als compenserende maatregel. Op dit moment zijn deze gesprekken nog niet gevoerd, daarom maken de resultaten geen onderdeel uit van dit rapport.

Bij zes bestaande peilbuislocaties is een extra filter bijgeplaatst om te onderzoeken of de freatische grondwaterstand wordt gemeten in het bestaande ondiepe filter. Met een statistische analyse is per locatie onderzocht of de gemeten grondwaterstanden in de twee ondiepe filters significant van elkaar verschillen en wat het eventuele verband is tussen de gemeten grondwaterstanden in beide filters. Uit de analyse blijkt dat de grondwaterstanden in de nieuwe ondiep geplaatste filters significant verschillen van de bestaande peilfilters, hetgeen zou kunnen betekenen dat de gemeten grondwaterstanden in de al langer bestaande filters niet als freatische grondwaterstand mogen worden geïnterpreteerd, dat de recentelijk geplaatste filters moeten blijven staan en dat de historische meetreeks niet gebruikt kan worden voor onderzoek naar de freatische grondwaterstand in relatief natte situaties. De gemeten verschillen in relatie tot mogelijke meetfouten, spreiding van de verschillen, zijn echter voor de meeste buizen gering. De correlaties tussen de beide ondiepe filters zijn groot, waardoor de historische grondwaterstanden goed kunnen worden geschat. Voor vier filters voldoet een lineaire relatie tussen de gemeten grondwaterstanden, voor de twee andere een tweedegraads resp. een vierdegraads polynoom. Voor twee van de zes peilbuislocaties, resp. GB006 en GB012, wordt geadviseerd het nieuw geplaatste filter te handhaven ten koste van de bestaande ondiepe filters. De overige vier kunnen worden verwijderd.

Om het effect van de al genomen waterhuishoudkundige maatregelen in het onderzoeksgebied in beeld te krijgen, is de Gt-kaart 1 : 10 000, die de huidige situatie in 2014 weergeeft, vergeleken met de historische Gt-kaart van de Bodem/Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000). Hiervoor is de Gt-kaart 1 : 10.000 opgeschaald naar schaal 1 : 50 000. Omdat boorpuntinformatie uit de jaren tachtig niet meer beschikbaar is, zijn beide kaarten vervolgens vergeleken door eventuele veranderingen in Gt-klassen af te leiden. Om verschillen in de Gt te kunnen duiden, zijn door Prolander de veranderingen in de waterhuishouding aangeleverd. Prolander heeft op basis van een schriftelijke en/of telefonische enquête van boeren, Staatsbosbeheer en het waterschap de waterhuishoudkundige ingrepen opgevraagd en vastgelegd in een document. Op de opgeschaalde Gt-kaart beslaan Gt III, V* en VI samen ca. twee derde van het areaal. Gt I en VII komen nauwelijks voor. Het grootste areaal Gt II ligt in het natuurgebied, terwijl in het landbouwgebied Gt V*, VI en in mindere mate Gt III domineren. Op de Bodemkaart 1 : 50 000 overheersen Gt V en V* en ontbreekt Gt VI vrijwel geheel. In het natuurgebied is Gt II dominant tegenover Gt III, V en V* in het landbouwgebied. Als we kijken naar de veranderingen, dan is 37% van het gebied natter geworden tegen 35% droger. Bij ca. 54% van het onderzochte natuurgebied heeft een vernatting plaatsgevonden, hier heeft een verschuiving plaatsgevonden van Gt III naar Gt II. In het landbouwgebied zijn gedeelten droger geworden, ca. 39%, maar ook zijn gedeelten natter geworden, ca. 33,9%.

De veranderingen van de Gt's zijn – indien mogelijk – vervolgens aan de hand van reeds uitgevoerde ingrepen in het hydrologisch systeem nader geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat het niet geheel duidelijk is of de Gt-kaart schaal 1 : 50 000 de situatie na de ruilverkaveling Rolde weergeeft. Het veldwerk voor het schatten GHG's, GLG's en Gt's op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, kaartblad 12 West-Assen, is namelijk uitgevoerd in de periode 1983-1985 en in 1987. Voor het samenstellen van deze kaart heeft men ook informatie gebruikt die dateert van voor de ruilverkaveling Rolde. Het is niet bekend wanneer op welk moment en waar op het kaartblad de kartering is uitgevoerd. De ruilverkaveling Rolde is in 1987 afgesloten (Bijlage 7), de werkzaamheden in het kader van de ruilverkaveling Rolde zijn omstreeks 1982 uitgevoerd (opgave Prolander). Daarnaast is uit de informatie (Bijlage 7) vaak niet duidelijk wanneer er is gedraineerd. Soms is er ook veel later (opnieuw) gedraineerd. Ook ontbreekt deze informatie voor een groot deel van het gebied.

Voor het onderbouwen van de GxG-schattingen worden waarnemingen uit peilbuizen gebruikt over een periode van ten minste acht jaar (exacte periode en duur is niet bekend). Dit betekent dat de grondwaterstandgegevens zeker gedeeltelijk betrekking hebben op de periode voorafgaand aan de ruilverkavelingswerken. Omdat niet bekend is over welke periode (en duur) men de GHG's en GLG's van de freatische grondwaterstanden in de peilbuizen heeft berekend, kunnen geen uitspraken worden gedaan over het effect van een eventueel verschil in neerslagoverschot tussen beide perioden op de freatische grondwaterstand.

De geconstateerde verdroging kan veelal worden toegeschreven aan de toepassing van buisdrainage. Voor bepaalde delen van het gebied ligt de bovenkant van de keileem op een dusdanige diepte en is het bovenliggende zandpakket dusdanig goed doorlatend dat buisdrainage succesvol is toe te passen en dat daarmee de “kop” van de GHG kan worden verlaagd. Ingeval van vernatting zijn vier mogelijke oorzaken aan te wijzen, nl.:

- Verwijderen van zaksloten in gebieden die nauwelijks of niet effectief kunnen worden gedraineerd. Vooral bij vergroting van percelen worden zaksloten verwijderd; hierdoor neemt de drainageweerstand toe en stijgt de freatische grondwaterstand. Door toepassing van buisdrainage kan het effect teniet worden gedaan, maar sommige percelen kunnen niet effectief worden gedraineerd, waardoor vernatting optreedt. Verder kan mogelijk ook een verminderde werking van drainage aanleiding zijn van vernatting. Dit kan echter niet meer worden aangetoond. Daarnaast geeft een deel van de agrariërs aan dat de buisdrainage, die in het kader van de ruilverkaveling is aangelegd, vanaf het begin niet of nauwelijks heeft gewerkt.
- Verhoging van het winterpeil in de Ruimsloot en verbreding van de Ruimsloot; in de zomer is het peil verlaagd. Een peilverhoging kan mogelijk leiden tot een stukje vernatting van de omgeving, omgekeerd kan een peilverlaging leiden tot verdroging.
- Daarnaast zijn volgens Prolander maatregelen genomen in natuurgebied Geelbroek, die hebben geleid tot hogere freatische grondwaterstanden (vernatting), mogelijk is er een uitstraling naar de omgeving.

-
- Lokaal kan vernatting zijn opgetreden door daling van het maaiveld als gevolg van oxidatie van het veen.

De vergelijking is uitgevoerd door Gt-klassen te vergelijken. Eventuele veranderingen binnen de Gt-klasse komen hiermee niet aan het licht.

1 Inleiding

1.1 Achtergronden

Als onderdeel van het Natura 2000-gebied 'Drentsche Aa' wordt het natuurgebied Geelbroek (afb. 1) opnieuw ingericht. Het laaggelegen Geelbroek is van oorsprong een nat, moerassig gebied en vormt een van de brongebieden van de Drentsche Aa.



Afbeelding 1 Verveend broekbos in het natuurgebied Geelbroek.

Voor het gebied Geelbroek is door Dienst Landelijk Gebied regio Noord (DLG) een inrichtingsplan gemaakt. Volgens dit plan wordt dit brongebied van de Drentsche Aa ingericht als natuurgebied. Bij de inrichting als natuurgebied wordt de waterhuishoudkundige inrichting van het gebied aangepast. De plannen bestaan voornamelijk uit het nemen van vernattingsmaatregelen, zoals het laten dempen en dichtgroeien van sloten, waardoor de afvoer wordt vertraagd en er meer water in het gebied wordt vastgehouden. De afvoer van het overtollige water vindt grotendeels via de Ruimsloot (afb. 2) plaats.

Terminologie:

Onder **stijghoogte** wordt verstaan: de potentiaal van het water, uitgedrukt als energiehoogte-equivalent (m). Bij het gebruik van de stijghoogte dient een referentieniveau gekozen te worden en worden andere deelpotentialen vaak verwaarloosd.

Een **schijnspiegel** is de grondwaterspiegel van een grondwaterlichaam, gelegen op een slecht doorlatende laag waaronder een onverzadigde zone voorkomt; op nog grotere diepte bevindt zich een volgende grondwaterspiegel die via het grondwater in verbinding kan staan met het grotere (regionale) grondwaterlichaam.

Onder **storende lagen** worden verstaan: lagen in het bodemprofiel met een lage doorlatendheid die een dominante en/of sturende invloed hebben op de hoogte en fluctuatie van de freatische grondwaterstand, zoals lössleem en keileem.



Afbeelding 2 De Ruimsloot in het noordoostelijk deel van het onderzoeksgebied.

Om de geohydrologische effecten van de vernattingsmaatregelen op de omgeving in te schatten, zijn met het MIPWA-model door de Grontmij berekeningen uitgevoerd (schaal 1 : 50 000) (Schunselaar et al. 2010). De uitgangspunten voor de modelberekening zijn uitvoerig besproken in het hydrologienoverleg van voorjaar 2013. Dit heeft geleid tot enkele aanpassingen m.b.t. de modelinvoer, waarna nieuwe berekeningen zijn uitgevoerd. Deze berekeningen vormen de basis voor het zogenaamde potentiële invloedgebied; dit is het gebied waar de invloed van een verhoging van de stijghoogte onder de keileem meer dan 5 cm bedraagt (Schunselaar et al. 2013). Om de uitgangssituatie vast te leggen en om inzicht te krijgen in de werkelijk optredende effecten van de voorgestelde maatregelen, is afgesproken dat naast een gebiedsdekkende bodem- en Gt-kartering (schaal 1 : 10 000) van de huidige situatie (referentiesituatie, fase 1), ook een aantal raaien over het gebied wordt gelegd om de freatische grondwaterstand en de stijghoogte onder de keileem/lössleem gedurende ten minste de komende vijf jaar te volgen.

De gebiedsdekkende kartering is reeds uitgevoerd en de resultaten hiervan zijn in de vorm van een rapport met kaarten in december 2014 opgeleverd (Vroon en Kiestra 2014).

Ook de raaien zijn inmiddels geplaatst en over het peilbuizenet is gerapporteerd (Vroon en Massop, 2015).

1.2 Doel van het onderzoek

Dit onderzoek heeft drie onderzoeksdoelen n.a.v. drie onderzoeksvragen.

Het eerste doel van het onderzoek is om voor een deel van het agrarisch gebied de effectiviteit van buisdrainage te beoordelen, waarbij het uiteindelijk gaat om een kwalitatieve uitspraak per bodem/Gt-vlak. Per perceel zal worden beoordeeld of drainage een duurzaam positief, matig of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG. Deze kwalitatieve beoordeling kan vervolgens worden gebruikt in gesprekken met belanghebbenden bij de keuze van maatregelen om effecten van vernatting geheel of gedeeltelijk te compenseren. Het tweede doel betreft het uitbrengen van een advies over het al dan niet continueren van de ondiepe filters die medio 2014 op zes bestaande buislocaties extra zijn bijgeplaatst.

Om het effect van de al genomen waterhuishoudkundige maatregelen in het onderzoeksgebied enigszins in beeld te krijgen, zal als derde doel de in 2014 tot stand gekomen Gt-kaart 1 : 10 000 (na opschaling tot schaal 1 : 50 000) worden vergeleken met de Gt-kaart van de Bodem/Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000). De eventuele veranderingen in Gt-klassen zullen – indien mogelijk – mede aan de hand extra informatie van Prolander worden geanalyseerd (globaal).

1.3 Werkwijze

Alterra heeft voor een deel van het agrarisch gebied in gebied Geelbroek een geschiktheidsbeoordeling voor drainage uitgevoerd. Prolander heeft aangegeven voor welke gebieden de beoordeling nodig is. De gebieden zijn door Prolander bepaald door rond het natuurgebied en rond de gebieden met een berekende verhoging van de freatische grondwaterstand van groter of gelijk aan 5 cm een zone van 100 m te bepalen.



Afbeelding 3 In het zuiden van het natuurgebied Geelbroek.

De beoordeling van Alterra vindt in twee stappen plaats.

Stap 1: Per bodem/Gt-vlak en per perceel is beoordeeld of drainage – er is hierbij alleen uitgegaan van de toepassing van traditionele buisdrainage – een duurzaam positief effect of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG. Deze voorlopige kwalitatieve beoordeling vindt plaats op basis van de beschikbare bodemkundige/hydrologische informatie uit het fase 1- en fase 2-onderzoek, uit het onderzoek van de Grontmij en van de bij Alterra aanwezige kennis over de effectiviteit van drainage. Alterra gaat er bij dit oordeel van uit dat het af-/ontwateringstelsel niet beperkend is voor de aanleg van buisdrainage. Bij de beoordeling is er ook van uitgegaan dat het drainagemateriaal duurzaam meegaat en optimaal zal blijven functioneren. Verder heeft Alterra de oppervlakte verkleind door die Gt's uit te sluiten waarvoor naar de mening van Alterra een verhoging van de freatische grondwaterstand geen schade zal geven.

Stap 2: Doorlatendheidsonderzoek in het veld gevolgd door een definitief advies. Hierbij wordt beoordeeld of de bodem daadwerkelijk geschikt is voor drainage en hoe er gedraineerd zou moeten worden.

Gedurende de uitvoering van het project kunnen percelen afvallen doordat de eigenaar al een overeenkomst heeft getekend, waardoor de definitieve beoordeling van Alterra geen rol meer speelt, of kunnen delen afvallen doordat bij een meer gedetailleerde analyse blijkt dat een negatief effect uitgesloten is. Het is nu nog niet goed mogelijk aan te geven hoe omvangrijk stap 2 zal zijn. Dit hangt sterk af van het resultaat van de gesprekken, die met grondeigenaren plaatsvinden. Daarom zal stap 2 buiten dit onderzoek worden gehouden.

Het onderzoek naar significante verschillen in grondwaterstand tussen de twee ondiepste filters is geschied op de buislocaties GB004, GB006, GB007, GB008, GB011 en GB012 (Vroon en Kiestra, 2014). Met een statistische analyse is per locatie gekeken of de gemeten grondwaterstand in de ondiepe filters significant van elkaar verschilt en wat het eventuele verband is tussen de gemeten grondwaterstanden in beide filters. Hiervoor zijn de grondwaterstanden gebruikt die door het waterschap zijn opgenomen. Indien de gemeten grondwaterstand in beide filters onderling niet significant van elkaar verschilt, dan zal door het waterschap eventueel het meest recente filter worden verwijderd. De grondwaterstand in het reeds langer waargenomen filter kan vervolgens worden geïnterpreteerd als de *freatische* grondwaterstand. Indien de grondwaterstand in beide filters op een buislocatie significant van elkaar verschilt, dan mag de grondwaterstand in het al bestaande filter niet als freatische grondwaterstand worden geïnterpreteerd. Dit betekent dat het recentelijk bijgeplaatste filter moet blijven bestaan en dat de historische meetreeks van het al bestaande ondiepe filter niet kan worden gebruikt voor het onderzoek naar de freatische grondwaterstand in relatief natte situaties (bv. winterperiode).

Voor het globaal vergelijken van de Gt-kaart schaal 1 : 50 000 van de Bodemkaart van Nederland met de Gt-kaart (schaal 1 : 10 000) die in 2014 door Alterra is gekarteerd is de Gt-kaart 2014 opgeschaald naar een schaal 1 : 50 000. Bij de opschaling is dezelfde legenda van de Gt gebruikt die ook is gebruikt bij het vervaardigen van de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000 voor het betreffende gebied. Vervolgens is op Gt-niveau een vergelijking gemaakt, waarbij rekening is gehouden met regionale verschillen, zoals de ligging binnen het ruilverkavelingsgebied, ligging ten opzichte van de kern van het gebied Geelbroek, e.d. Een belangrijk nadeel van deze vergelijking is dat de GHG, de GLG en de Gt tijdens de kartering van de Bodemkaart van Nederland zijn geschat op basis van profielkenmerken tot 1,20 cm -mv., terwijl de GHG, de GLG en de Gt tijdens het veldbodemkundig onderzoek in 2014 zijn geschat aan de hand van profielkenmerken in combinatie met gemeten freatische grondwaterstanden bij een boordiepte tot iets onder het GLG-niveau met een maximum tot 250 cm -mv. Hierdoor zijn de GHG en GLG schattingen dieper dan 1,20 cm -mv. op de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000 minder betrouwbaar dan de GHG en GLG schattingen die zijn gedaan tijdens het veldbodemkundig onderzoek in 2014. Verder dient men er rekening mee te houden dat verschillen tussen kaartvlakken (grenzen) ook kunnen ontstaan door verschil in interpretatie tussen de karteerders.

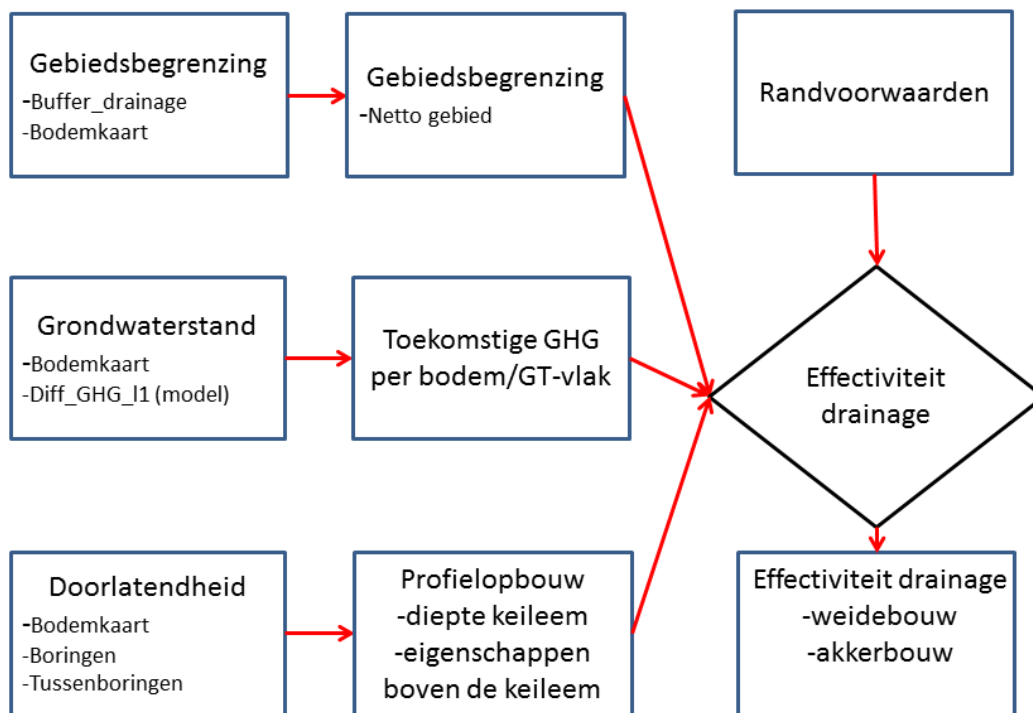
Ten slotte heeft Alterra, voor zover mogelijk, een verklaring gegeven voor de geconstateerde veranderingen. Prolander heeft hiervoor aan Alterra een overzicht gegeven van de veranderingen in de waterhuishouding in de betreffende periode.

De uiteindelijke resultaten zullen in de vorm van dit rapport worden afgeleverd.

2 Methode

2.1 Geschiktheidsbeoordeling van gronden voor drainage

De werkwijze om vast te stellen of een landbouwperceel binnen het invloedsgebied van Geelbroek effectief kan worden gedraineerd, is schematisch weergegeven in Afbeelding 4.

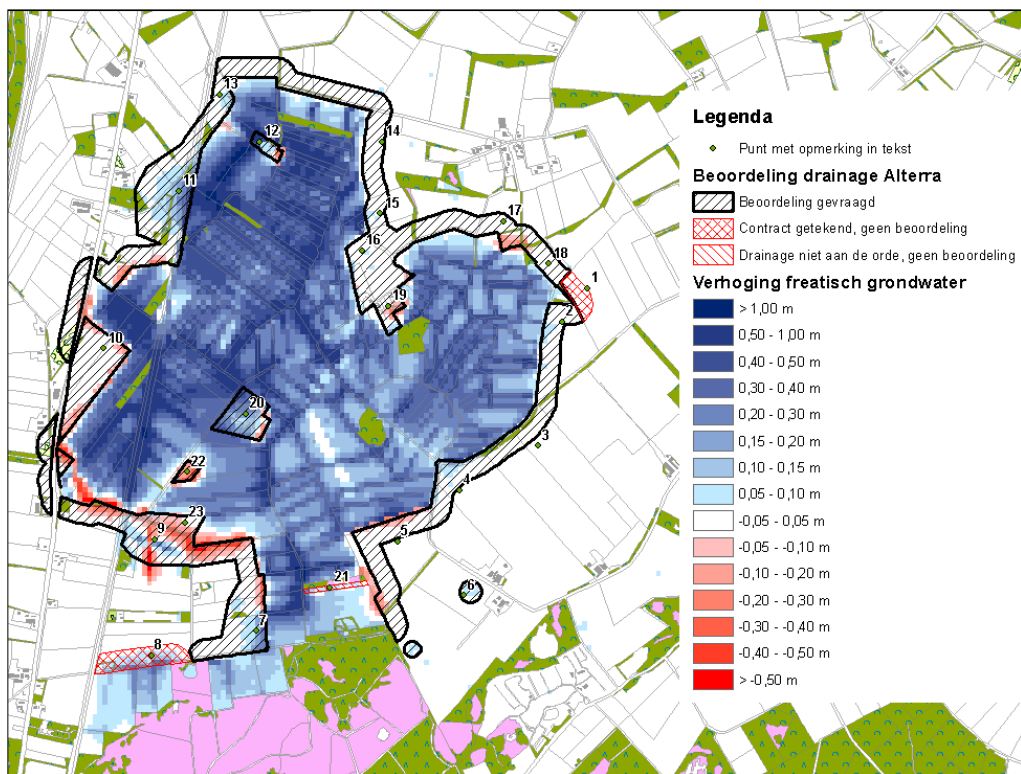


Afbeelding 4 Schematische weergave van de gevolgde werkwijze.

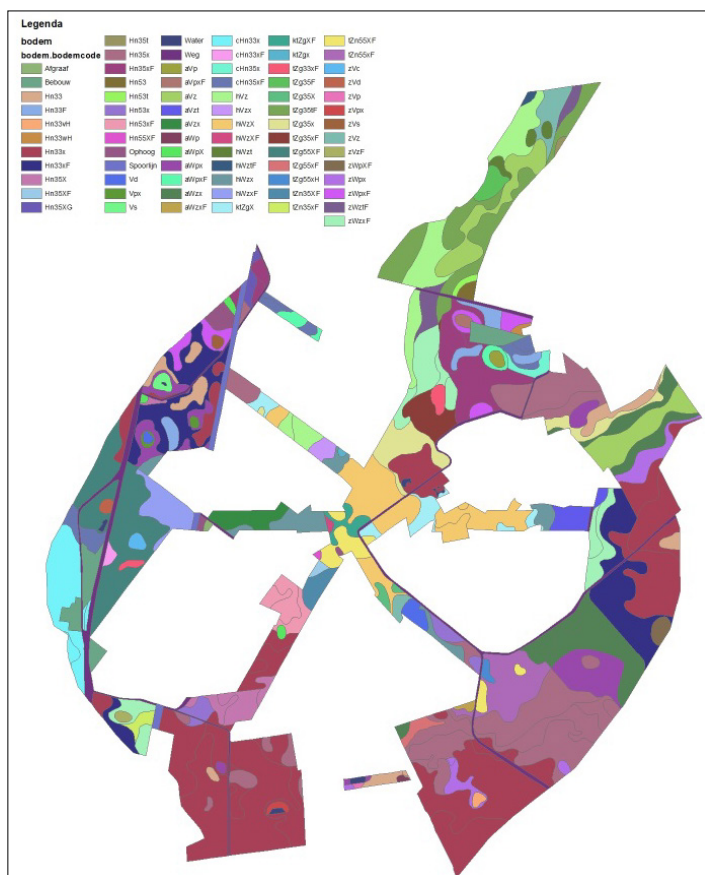
De verschillende onderdelen van Afbeelding 4 zullen hieronder worden besproken.

2.1.1 Gebiedsbegrenzing

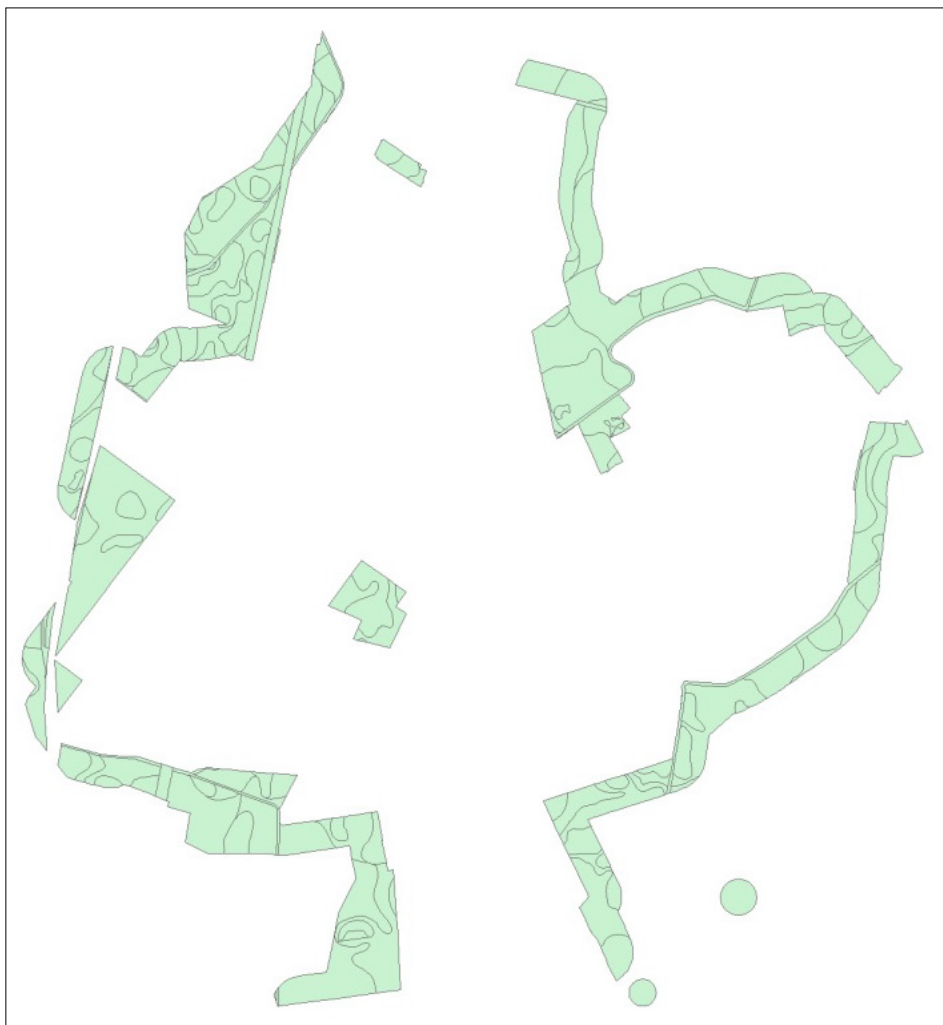
Prolander heeft aangegeven voor welke gebieden zij een geschiktheidsbeoordeling noodzakelijk acht (afb. 5). DLG heeft daarvoor rond het natuurgebied een zone van 100 m toegevoegd, evenals rond de gebieden met een berekende verhoging van de freatische grondwaterstand van groter of gelijk aan 5 cm. Incidentele vlekjes als gevolg van “modelruis”, die niet aan de vernatting van Geelbroek gerelateerd kunnen worden (via effecten onder de keileem en geringe hydraulische weerstand van het toppakket), zijn daarbij verwaarloosd. Binnen de aangeleverde begrenzing (afb. 5) liggen enkele percelen waarvoor geen advies wordt gevraagd, nl. percelen waarvoor drainage niet aan de orde is of waarvoor inmiddels een contract is getekend met de betreffende eigenaar. Het gekarteerde gebied is weergegeven in Afbeelding 6. Dit gebied is ruimer dan de kaart van DLG. Ook liggen er enkele vlakken binnen de gebiedsbegrenzing van DLG die niet zijn gekarteerd, zoals opgehoogd terrein, water, spoorlijn, wegen, etc. Via een overlay is het gebied bepaald waarvoor de effectiviteit van drainage wordt geschat (afb. 7). Dit resulteert in 149 bodem/Gt-vlakken, waarvan 1 opgehoogd terrein, 6 wegvlakken, 5 watervlakken, 3 bebouwde vlakken en 2 spoorlijnvlakken, zodat er netto 132 vlakken resteren.



Afbeelding 5 Ligging van het gebied waar een geschiktheidsbeoordeling voor drainage dient te worden uitgevoerd (zwarte arcering) (bron DLG).



Afbeelding 6 Ligging van het gebied dat door Alterra is gekarteerd (Vroon en Kiestra, 2014).



Afbeelding 7 Interessegebied met bodem-/Gt-vlakken, waarvoor een geschiktheidsbeoordeling voor drainage is uitgevoerd.

2.1.2 Grondwaterstand

Of een perceel drainagebehoefstig is, wordt vooral bepaald door de GHG in combinatie met de aard (textuur, structuur) van de bodem. Indien de grond te nat is, kan door drainage de GHG gunstig worden beïnvloed waardoor de landbouwkundige geschiktheid toeneemt. Voor de beoordeling of een bodem-/Gt-vlak in verband met een optimale ontwatering voor weidebouw en akkerbouw in de toekomst eventueel wel of niet gedraineerd hoeft te worden, is de door de Grontmij berekende toekomstige verandering van de freatische GHG (afb. 3) op de huidige gekarteerde gemiddelde GHG per bodem-/Gt-vlak (afb. 8) gesuperponeerd (afb. 9). De veranderingen van de GHG die middels het model zijn berekend, betreffen zowel gebieden waar de GHG wordt verhoogd als gebieden waar de GHG wordt verlaagd. Verlaging van de GHG treedt vooral op aan de zuidzijde en aan de zuidoostzijde van het interessegebied.



Afbeeldingen 8 en 9 Gemiddelde vlak-GHG in de huidige situatie (links) volgens de bodemkartering en de toekomstige gemiddelde vlak-GHG (rechts).

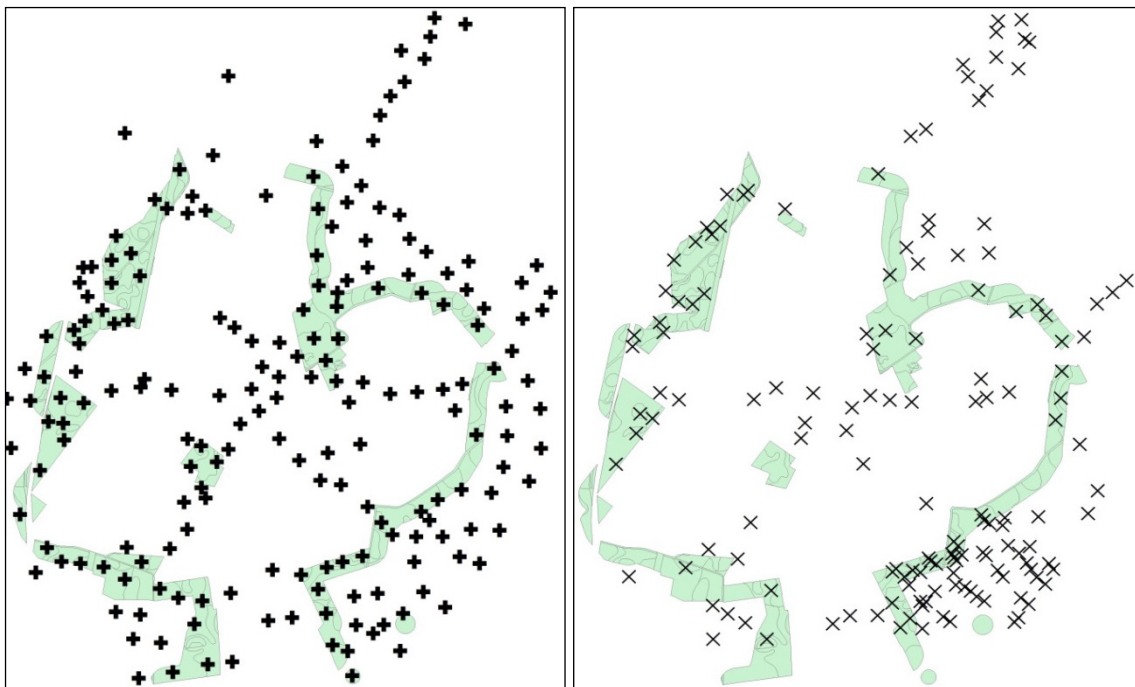
2.1.3 Doorlatendheid profiel

Of een profiel effectief kan worden gedraineerd, hangt in dit gebied vooral af van de diepte waarop de keileem/lössleem of andere storende lagen, zoals gliede en *gyttja* worden aangetroffen en de eigenschappen van het profiel tussen het maaiveld en de bovenkant van deze lagen. Voor elk bodemvlak is de bodemcode bekend. De totale oppervlakte van de bodem-/Gt-vlakken binnen het interessegebied bedraagt 108,9 ha. Er zijn in het onderhavige gebied 66 bodem-Gt-combinaties onderscheiden verdeeld over 132 vlakken. De kleinste bodem-Gt-combinatie betreft één vlak met een oppervlak van 10 m², terwijl de grootste bodem-Gt-combinatie een oppervlakte heeft van 12,44 ha verdeeld over 6 vlakken. De bodemcode geeft o.a. informatie over de grondsoort (zand, veen, moerig), de aanwezigheid van bv. keileem binnen 1,20 m -mv. (x) of binnen 60 cm -mv. (X), of de bodem is verwerkt (F), de aanwezigheid van een kleidek (k...) etc...

Voor de meeste bodem-Gt-combinaties is (zijn) een (of meerdere) representatieve boring(en) geplaatst en beschreven, dit betreft 195 boringen (afb. 10). Bij de beschreven grondboringen zijn de volgende bodemkundige gegevens vastgelegd:

- De subgroep van de bodemclassificatie (De Bakker en Schelling 1989) op basis van dikte, aard en opeenvolging van de verschillende horizonten;
- De bewortelbare diepte;
- Het organische stofgehalte, het leemgehalte, lutumgehalte (indien relevant) en de mediaan (M50) van de zandfractie van boven- en ondergrond;
- De geologische formatie;
- Het voorkomen van afwijkende materiaalsoorten, zoals keileem, lössleem, grof zand en/of grind en moerig materiaal;
- De GHG en GLG (cm - mv.) Met Gt-klasse.

Om bodem-/Gt-grenzen in het veld nauwkeuriger te kunnen vastleggen, zijn aanvullend 148 tussenboringen verricht (afb. 11). Van deze boringen is alleen op hoofdlijnen de bodemkundige/Gt-informatie vastgelegd.



Afbeeldingen 10 en 11 Ligging van de beschreven boringen (links) en tussenboringen (rechts).

Al deze informatie is uiteindelijk gebruikt om in te schatten of het betreffende bodem-/Gt-vlak effectief kan worden gedraineerd. Voor bodem-/Gt-vlakken waarvoor deze informatie onvoldoende aanwezig is, is gebruikgemaakt van expert judgement.

2.1.4 Doorlatendheid profiel

De geschiktheidsbeoordeling voor drainage zal per bodem-/Gt-vlak alleen voor weidebouw en akkerbouw worden uitgevoerd. Deze kwalitatieve beoordeling vindt plaats op basis van alle beschikbare bodemkundige/hydrologische informatie uit het fase 1- en fase 2-onderzoek, uit het onderzoek van de Grontmij en van de bij Alterra aanwezige kennis over effectiviteit van drainage. Alterra gaat er bij dit oordeel van uit dat er een sloot beschikbaar is waarop gedraineerd kan worden. Per bodem-/Gt-vlak zal op basis van een aantal criteria worden beoordeeld of drainage een positief effect of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG. Daarnaast kan het ook zijn dat de toekomstige hydrologische omstandigheden optimaal zijn voor de weidebouw en/of akkerbouw, zodat er niet gedraineerd hoeft te worden. Op basis van literatuur (van Bakel et al., 2013, Bouwman, 1953, Consulentenschap in algemene dienst voor bodemaangelegenheden in de Landbouw, 1984, Horst, 1988, Kooistra, 1989, Peerboom, 1990, Reuling, 1988, Werkgroep HELP-tabel, 1987, Soesbergen et al., 1986, Vroon, 2001, Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988 en Wesseling, 1957) is een aantal randvoorwaarden afgeleid om te bepalen of drainage zinvol en effectief is. In de onderstaande alinea's wordt hier nader op ingegaan.

Optimale ontwatering voor de weidebouw en akkerbouw in het interessegebied

Het gewas dient voor een optimale productie onder meer te kunnen beschikken over voldoende vocht. Een overmaat aan vocht heeft echter een nadelig effect op de gewasproductie (o.a. zuurstofgebrek en uitspoeling nutriënten). Daarnaast kan wateroverlast de optimale bedrijfsvoering (o.a. verminderde bereikbaarheid en verhoogde vertrappingsverliezen) belemmeren. Opbrengstdepressies door wateroverlast worden veroorzaakt door een complex geheel van factoren. De mate waarin deze schade optreedt, hangt onder meer af van de freatische grondwaterstand, bodemkundige factoren, meteorologische omstandigheden en bedrijfstechnische factoren (Cultuurtechnische vereniging 1988, Werkgroep Help Tabel 1987, CoGroWa 1984, Soesbergen et al. 1986, Van de Knaap et al. 1987, Ten Cate et al. 1995, Peerboom 1990 en Cultuurtechnische vereniging 1988, LBL, 1996 en Vroon, 2001).

Het is dan ook noodzakelijk om daar waar het mogelijk is deze wateroverlast door middel van cultuurtechnische ingrepen terug te dringen.

In het WIB-C systeem (Soesbergen et al., 1986) heeft de draagkracht in de vorm van de beoordelingsfactor stevigheid van de bovengrond voor weidebouw en akkerbouw een vaste plaats gekregen. Voor de beweidbaarheid en de berijdbaarheid van grasland is de stevigheid van de bovengrond een belangrijke, zo niet de belangrijkste, factor. Grasland met een geringe stevigheid is gevoelig voor vertapping door vee en voor insporen bij berijden, met zodebeschadiging en achteruitgang van het grasbestand als gevolg. Op weinig draagkrachtig grasland is winterbeweiding (o.a. schapen) en uitrijden van mest in de winter of voorjaar niet goed mogelijk. Naast de draagkracht is ook de aëratie van belang. De aëratie wordt middels het WIB-C systeem beoordeeld aan de hand van de ontwateringstoestand. De ontwateringstoestand is dus niet alleen een aanduiding voor de ontwatering, maar ook voor de luchthuishouding van de grond. De ontwateringstoestand geeft daardoor ook informatie over de zuurstofvoorziening van plantenwortels en over de wijzigingen die zich hierin voordoen in de loop van het jaar onder invloed van neerslag, verdamping en afvoer. Het gaat vooral om de bovenste 50 tot 100 cm van de grond waarin zich de meeste plantenwortels bevinden en waarin zich het bodemleven afspeelt. Het luchtgehalte van de grond wordt, behalve door de poriënfractionering en de poriëngrootteverdeling, in belangrijke mate bepaald door de freatische grondwaterstand (Soesbergen et al., 1986). De GHG-trajecten die een rol spelen in de ontwateringstoestand zijn als volgt:

Gradatie	Grondwatertrap	GHG-referentiewaarde (cm-mv.)	Benaming
1	VII en VIII	>= 80	zeer diep
2	IV, VI	40-80	vrij diep
3	IIb, IIIb en Vb	25-40	matig diep
4	II, III en V, soms I	15-25	vrij ondiep
5	I en soms II	< 15	zeer ondiep

In een aantal gevallen zal men bij de toekenning van de gradatie naast de GHG ook rekening moeten houden met de aard (textuur, structuur) van de grond. Wanneer deze veel fijne, langdurig met water gevulde poriën bezit (bv. opdrachtige zavelgronden en tertiaire klei), wordt een hogere (nattere) gradatie toegekend dan met het niveau van de GHG overeenkomt. Gronden met zeer wijde poriën (denk aan een grofzandige bovengrond) dient men een klasse beter (lager) te waarderen. Uit de literatuur volgt (Wesseling 1957) verder dat aëratie niet meer mogelijk is bij een luchtfractie kleiner dan 0,10 à 0,15. Hieruit valt af te leiden dat, in afhankelijkheid van bodemdichtheid en poriëndistributie, tot een zekere afstand boven de freatische grondwaterstand aëratie nauwelijks of niet mogelijk is (Houben 1981). Een ander feit is dat de toename van het leemgehalte gepaard gaat met een vermindering van de luchtfractie. Dit geldt alleen voor zandgronden. Bij deze gronden geldt ook (wintersituatie) dat de GHG nauw gerelateerd is aan de drukhoogte. Dit betekent dat rond het GHG-moment het drukhoogteverschil tussen het GHG-niveau en maaiveld vrijwel overeenkomt met de GHG t.o.v. maaiveld. Uit bovenstaande gegevens valt af te leiden dat naarmate het leemgehalte van de bovengrond toeneemt, de GHG dieper moet liggen om in het begin van het groeiseizoen de plantenwortels nog van voldoende lucht te voorzien. In de HELP-tabellen (Werkgroep Help-Tabel 1987) wordt hiermee rekening gehouden. Bij een toename van het leemgehalte zal de schadegrens voor wateroverlast bij een diepere GHG komen te liggen. Uit de Help-Tabel blijkt verder dat de opbrengstdepressie door wateroverlast niet alleen van de GHG, maar ook van de GLG afhangt (echter in veel mindere mate). In het algemeen is de invloed van de GLG in combinatie met niet te ondiepe GHG's op de opbrengstdepressie relatief gering en neemt af naarmate de GLG op grotere diepte voorkomt. Bij een GLG-dieper dan ca. 1,5 m beneden maaiveld wordt de mate van wateroverlast vrijwel uitsluitend bepaald door de GHG (CoGroWa 1984).

Bij het huidige onderzoek is de grens voor een optimale ontwatering voor de weide- en akkerbouw gelegd op een GHG-niveau waarbij de schade als gevolg van wateroverlast in de HELP-Tabel net 0 is. Het zwaartepunt is gelegd bij de GHG, omdat de invloed van de GLG op de wateroverlast bij grotere fluctuaties niet of nauwelijks relevant is. Voor optimale ontwatering, zonder aanvulling met drainage als compenserende maatregel, komen in de berekende veranderde toekomstige hydrologische situatie

alleen zandgronden in aanmerking. Op basis van de HELP-Tabel en de WIB-C zijn voor dit gebied de volgende grenzen voor een optimale ontwatering afgeleid en toegepast voor de geschiktheidsbeoordeling.

Weidebouw:

GHG $\geq$ 35 cm bij leemarme en zwak lemige zandgronden

GHG $\geq$ 40 cm bij sterk en zeer sterk lemige zandgrondgronden

Akkerbouw:

GHG $\geq$ 60 cm bij leemarme en zwak lemige zandgronden

GHG $\geq$ 65 cm bij sterk en zeer sterk lemige zandgrondgronden

Keileem/lössleem aanwezig in bodemprofiel

Als er lagen met keileem/lössleem aanwezig zijn in het bodemprofiel, dan mogen de drainagebuizen niet in de keileem liggen, omdat ze dan slecht werken. Als de keileem ondiep voorkomt, komen de drains ondiep te liggen en worden ze wellicht beschadigd bij het bewerken van de bodem. Daarnaast is het zo dat als de keileem op minder dan 0,6 m -mv. ligt, het gehele drainagesysteem te ondiep komt te liggen. De werking is dan te beperkt geworden. De top van de keileem (hooguit enkele decimeters dik) is meestal gedeeltelijk verweerd en is veelal lichter (minder lutum, leem en vaak plastisch) dan het onderliggende materiaal. Het gevolg is dat dit materiaal gevoelig is voor inspoeling in de drain. Dit betekent dat de drains niet in de keileem/ lössleem mogen liggen. Een ander nadeel van keileem en lössleem is dat dit materiaal niet of nauwelijks scheurt na drooglegging in tegenstelling tot de zware zavel- en kleigronden. Vanwege het dichtslibben van de drains is het aan te bevelen om de drains op minimaal 10 cm boven de keileem/lössleem in het algemeen goed doorlatende zand te leggen. Een andere reden om **niet** direct op een slecht doorlatende laag te leggen, is dat het meeste water rondom de drains moet stromen en deze stroming door de slecht doorlatende laag wordt geblokkeerd.

IJzer in bodemprofiel

De volgende factor in de geschiktheidsbepaling is 'ijzer in bodemprofiel'. In het gebied komen o.a. roestige beekbedgronden voor. Het neergeslagen ijzer kan aanleiding geven tot verstopping van het drainage-omhullingsmateriaal en van de perforaties in de buiswand. Hierdoor kan meer onderhoud nodig zijn, i.c. schoonsputten van het systeem. Het permanent onder water houden van de drains is meestal geen afdoende oplossing. Bij te verwachten ijzerproblemen dienen altijd buizen met grote perforaties te worden gebruikt. De problemen met ijzerafzetting komen vaak permanent voor in kwelgebieden. Bij zeer sterke ijzerverschijnselen kan het drainagestelsel moeilijk blijvend in stand worden gehouden.

Niet draineren in bepaalde diep verwerkte gronden

In het gebied komen veel verwerkte gronden voor tot soms meer dan 60 cm -mv. Dit betekent dat bouwvoorresten met soms humusrijk materiaal in het gehele doorwoelde profiel voor kunnen komen. Het doorbreken van de structuur van de ondergrond heeft negatieve effecten op de horizontale verzadigde doorlatendheid en heeft dus een negatief effect op de horizontale toestroming van water naar de drains. Bij doorgewoelde veen- en moerige gronden bestaat het gevaar voor dichtslaan van omhullingsmaterialen met uitgespoelde afbraakproducten van organische stof. Liever niet draineren in dit materiaal.

Maaiveld daling als gevolg van draineren

Draineren van veen- en moerige gronden heeft als gevolg dat het maaiveld als gevolg van oxidatie en krimp van het veen daalt. Dit is ongewenst, omdat deze gronden in Geelbroek in de laagste gelegen gebieden liggen. Verder is de veendikte niet overal constant, waardoor als gevolg van drainage de maaiveld daling niet overal gelijk is. Ook kan in sommige situaties de drain in het veen komen te liggen, hetgeen kan leiden tot verzakking van de drain. Het is aan te raden om in dit gebied niet te draineren in dit materiaal.

Doorlatendheid en effectiviteit drainage

De doorlatendheid van de bodemhorizonten is sterk bepalend voor de drainafstand. Vooral storingen in de verticale doorlatendheid (leem- en sliblaagjes) hebben grote invloed op de optimale drainafstand

en daarmee o.a. de werking van drainage. Wanneer binnen 60 à 70 cm -mv. slecht doorlatende lagen in de vorm van o.a. keileem, lössleem en/of veenlagen voorkomen, dient drainage te worden afgeraden.

Effectiviteit drainage en expert judgement

De beoordeling is verder gebaseerd op expert judgement. De beoordeling wordt naast een aantal vastgestelde criteria ook vastgesteld op basis van gebiedskennis en ervaring van de bodemkundigen. Alle bovengenoemde randvoorwaarden/criteria zijn gebruikt om de effectiviteit van drainage voor de weidebouw en akkerbouw te bepalen. Voor de geschiktheidsbeoordeling in het interessegebied zijn vier klassen onderscheiden (Tabel 1).

Tabel 1

Onderscheiden klassen van effectiviteit bij toepassing van drainage op een bodem/Gt-vlak.

Drainageklasse	Effectiviteit drainage
1	Goed
2	Matig
3	Weinig/of geen effect
4	Drainage optimaal voor weide en akkerbouw (buisdrainage niet nodig)

Als de genoemde randvoorwaarden/criteria worden gecombineerd met de klassen uit Tabel 1 geeft dit als voorbeeld de vereenvoudigde toekenningstabel (niet alle afwegingen zijn te vatten in deze tabel), zoals weergegeven in Tabel 2a en 2b.

Tabel 2a

Toekenning effectiviteit van drainage voor weidebouw op basis van toekomstige GHG, diepte keileem en een goed doorlatendheid profiel boven de keileem.

Doorlatendheid	Zwak lemig zand		Sterk lemig zand	
	<35	>35	<40	>40
Toekomstige GHG				
Keileem <70	3	4	3	4
Keileem 70-90 cm	2	4	2	4
Keileem > 90 cm	1	4	1	4

Tabel 2b

Toekenning effectiviteit van drainage voor akkerbouw op basis van toekomstige GHG, diepte keileem en een goed doorlatendheid profiel boven de keileem.

Doorlatendheid	Zwak lemig zand		Sterk lemig zand	
	<60	>60	<65	>65
Toekomstige GHG				
Keileem <70	3	4	3	4
Keileem 70-110 cm	2	4	2	4
Keileem > 110 cm	1	4	1	4

De optimale draindiepte bij bodemgebruik van uitsluitend weidebouw is 80 cm, ongeacht de grondsoort. Hierbij dient er wel van te worden uitgegaan dat er ten minste 10 cm goed doorlatend zand onder de drain voorkomt. De optimale draindiepte akkerbouw bij zandgronden met een leemarme zandondergrond is 85 cm, met een zwak lemige zandondergrond 90 cm en overige ondergronden 100 cm. Voor dit onderzoek is 100 cm aangehouden. Ook hier geldt dat er ten minste 10 cm goed doorlatend materiaal onder de drains aanwezig dient te zijn.

De vraag van Prolander (voorheen DLG) naar een geschiktheidsbeoordeling van gronden voor buisdrainage betreft een voorlopig advies en is in het algemeen gebaseerd op puntinformatie, gemiddelde vlakinformatie, gebiedskennis en expert judgement. Door de relatief smalle randzone is het te beoordelen vlak slechts een klein onderdeel van het betreffende bodem-/Gt-vlak, waarbinnen meestal geen boringen liggen. De gebruikte informatie is dan ook afkomstig van de gemiddelde informatie van het kaartvlak en alle boorpunten die in het vlak liggen of, indien er geen boringen aanwezig zijn, is deze informatie afkomstig van een nabijgelegen vlak(ken) die een nauwe verwantschap heeft (hebben) met het betreffende bodem-/Gt-vlak. Wanneer er veel heterogeniteit binnen een vlak aanwezig is, is er soms ook gekeken naar boorpuntinformatie, gemiddelde vlakinformatie naast gelegen vlakken met nauwe verwantschap met het betreffende vlak om uiteindelijk het vlak objectief te kunnen beoordelen. Om meer zekerheid te krijgen over de bodemgesteldheid binnen de te beoordelen vakken, dienen deze vlakken gekarteerd te worden op een kaartschaal met een hogere resolutie. Dit is niet gebeurd, omdat de percelen die daadwerkelijk worden gedraineerd nog nader worden onderzocht of deze daadwerkelijk geschikt zijn voor drainage en op welke wijze gedraineerd dient te worden. Bij de geschiktheidsbeoordeling voor buisdrainage is ervan uitgegaan dat het drainagemateriaal duurzaam meegaat en optimaal zal blijven functioneren. Verder dient te worden opgemerkt dat bij de geschiktheidsbeoordeling van de gronden voor buisdrainage is uitgegaan van de toekomstige GHG op perceelsniveau (schaal 1 : 10 000). Dit betekent dat de toekomstige, met behulp van het MIPWA-model berekende veranderingen van de GHG, zijn gesuperponeerd op de huidige Gt-kaart (schaal 1 : 10 000).

2.2 Onderlinge samenhang van de twee ondiepste filters op zes peilbuislocaties

Om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de bodemkundig-hydrologische toestand in het onderzoeksgebied is het noodzakelijk dat er voldoende en betrouwbare informatie aanwezig is over de huidige (freatische) grondwaterstand. Het meten van de freatische grondwaterstand blijkt niet eenvoudig te zijn. Indien er storende lagen aanwezig zijn, dient men de filterstelling (filterdiepte) af te stemmen op de laagopbouw in de bodem. Het gebruik van een totaal geperforeerd peilfilter geeft, afhankelijk van de situatie, een gemiddelde stijghoogte, de diepe stijghoogte of de werkelijke freatische grondwaterstand weer. Dit betekent dat voor ieder freatisch meetpunt een bodemkundige boorbeschrijving beschikbaar dient te zijn teneinde de kwaliteit en representativiteit in zowel ruimte als tijd van het meetpunt in te kunnen schatten. Daarnaast zal bij een mogelijke onjuiste filterstelling (veelal ondiepe filters) aanvullend onderzoek (nieuw filter dat naast het bestaande filter is geplaatst) noodzakelijk zijn om een vertaalslag te kunnen maken tussen de meetgegevens afkomstig van de bestaande, mogelijk niet correct geplaatste filters en de freatische grondwaterstand die gemeten zal gaan worden in de nieuw te plaatsen filters.

Als onderdeel van de bodemkundig-hydrologische kartering is het bestaande peilbuizennetwerk dat door de Grontmij is gebruikt in het modelonderzoek, beoordeeld of dit gebruikt kan worden voor de onderbouwing van de GHG en GLG veldschattingen en voor opname van deze buizen, indien relevant, in de raaien. Dit onderzoek is in oktober 2013 uitgevoerd. Verder is tijdens dit onderzoek ook beoordeeld welke buizen de freatische grondwaterstand al dan niet correct weergeven. Omdat in het gebied veel keileem voorkomt is de filterdieptesterk bepalend voor de freatische grondwaterstand. Filters net in of boven de keileem geven in de winterperiode aanmerkelijk hogere freatische grondwaterstanden dan wanneer de stijghoogte wordt gemeten in een peilbuis waarbij het filter “door” of in de keileem is geplaatst. Op basis van deze beoordeling zijn in 2014 op buislocatie GB004, GB006, GB007, GB008, GB011 en GB012 (Vroon en Kiestra 2014 en Vroon en Massop 2015) extra filters bijgeplaatst tot aan of net boven de eerst voorkomende storende laag in het bodemprofiel. Door de waterstanden in beide filters vanaf het moment dat er in de twee ondiepste filters een waterstand is gemeten, enige maanden te volgen, kan door middel van een statistische analyse worden bepaald of de historische meetreeks kan worden beschouwd als de freatische grondwaterstand en of deze informatie kan worden meegenomen in het monitoringsprogramma.

Met behulp van het statistische programmapakket GENSTAT (VSN 2012) is met de Wilcoxon two matched-pairs test (two sample nonparametric test) per buislocatie nagegaan of de gemeten waterstand in de twee ondiepste filters significant (tweezijdig bij een overschrijdingskans van 5%) van elkaar verschillen. Om de mate van samenhang van de waterstanden tussen de recentelijk bijgeplaatste ondiepste filters en de reeds bestaande ondiepste filters per buislocatie zo goed mogelijk te beschrijven, is gekozen voor een regressie met behulp van polynomen (eerste- (lineaire functie) t/m vierdegraads ($y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \beta_3x^3 + \beta_4x^4 + e$)). De variabele y (responsvariabele) in het model geeft de grondwaterstand in het ondiepste filter aan dat recentelijk is bijgeplaatst, terwijl met de variabele x de grondwaterstand in het reeds bestaande ondiepste filter wordt bedoeld. Deze vorm van regressie gaf ten opzichte van een aantal uitgeteste andere vormen van regressie (o.a. regressie met behulp van exponentiële of logaritmische functies) voor de zes buislocaties de hoogste fractie (R^2) verklaarde variantie, de laagste standaardfout en uit visueel oogpunt gezien de best passende functie door de metingen (Oude Voshaar, 1995).

2.3 Vergelijk historische Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) met de actuele Gt-kaart van een deel van het gebied Geelbroek uit 2014

Het onderzoek naar eventuele verschillen tussen de historische Gt-kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 en de actuele Gt-kaart van Geelbroek, schaal 1 : 10 000 is – als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding in en rond het gebied Geelbroek vanaf de jaren tachtig uit de vorige eeuw tot heden – alleen mogelijk op Gt-kaartvlakniveau, omdat de GHG-, GLG- en Gt-informatie van de boorpunten op de bodemkaart van Nederland (Bodemkaart van Nederland, 1978 en Kuijer, 1991) niet meer in het archief van Alterra aanwezig is. Het veldwerk voor het schatten GHG's, GLG's en Gt's op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, kaartblad 12 West, is geschied in de periode 1983-1985 en in 1987. Het is niet bekend wanneer op welk moment waar op het kaartblad de kartering is uitgevoerd.

Op de Bodemkaart van Nederland staan alleen de Gt's (afb. 12) met bijbehorende GHG- en GLG-trajecten weergegeven (Tabel 3), terwijl van de vlakken op de Gt-kaart uit 2014 ook vlakgemiddelden ten aanzien van de GHG en GLG bekend zijn (Vroon en Kiestra, 2014). Een vergelijking is dus alleen mogelijk op het niveau van de onderscheiden GHG- en GLG-klassen. Verder bepaalt ook de schaal van de kaart de mate van detail waarmee de Gt-kaart kan worden weergegeven. Op een grote kaartschaal, zoals de Gt-kaart (Vroon en Kiestra 2014) schaal 1 : 10 000 die in 2013 en 2014 is gemaakt, zijn de onderscheiden Gt-klassen nauwer omschreven; de verschillen zijn geringer binnen dezelfde Gt-klasse (tabel 3).

Tabel 3

Trajectgegevens voor de Gt, die tijdens het gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek in 2013 en 2014 zijn onderscheiden.

Gt-klasse	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
Ia	0-25	<50
IIa	0-25	50-80
IIIa	0-25	80-120
IIIb	25-40	80-120
Vao	0-25	120-180
Vad	0-25	>180
Vbo	25-40	120-180
Vbd	25-40	>180
Vlo	40-80	120-180
Vld	40-80	>180
VIIId	80-140	>180

Naarmate de schaal kleiner wordt (bv. schaal 1 : 50 000), wordt veelal de omschrijving van de klassen ruimer gesteld; binnen deze klassen kan de spreiding van de klassen grotere verschillen vertonen. Dit is ook het geval bij de Bodem/Gt-kaart van Nederland schaal 1 : 50 000 die van het onderzoeksgebied is gemaakt (Tabel 4). Deze schaal maakt het ook moeilijk om oppervlaktes van minder dan 10 ha weer te geven. Het is daarom belangrijk om te weten dat deze kaart zich niet leent voor het beoordelen van percelen en dus ook niet geschikt is voor gedetailleerd gebruik.

Tabel 4

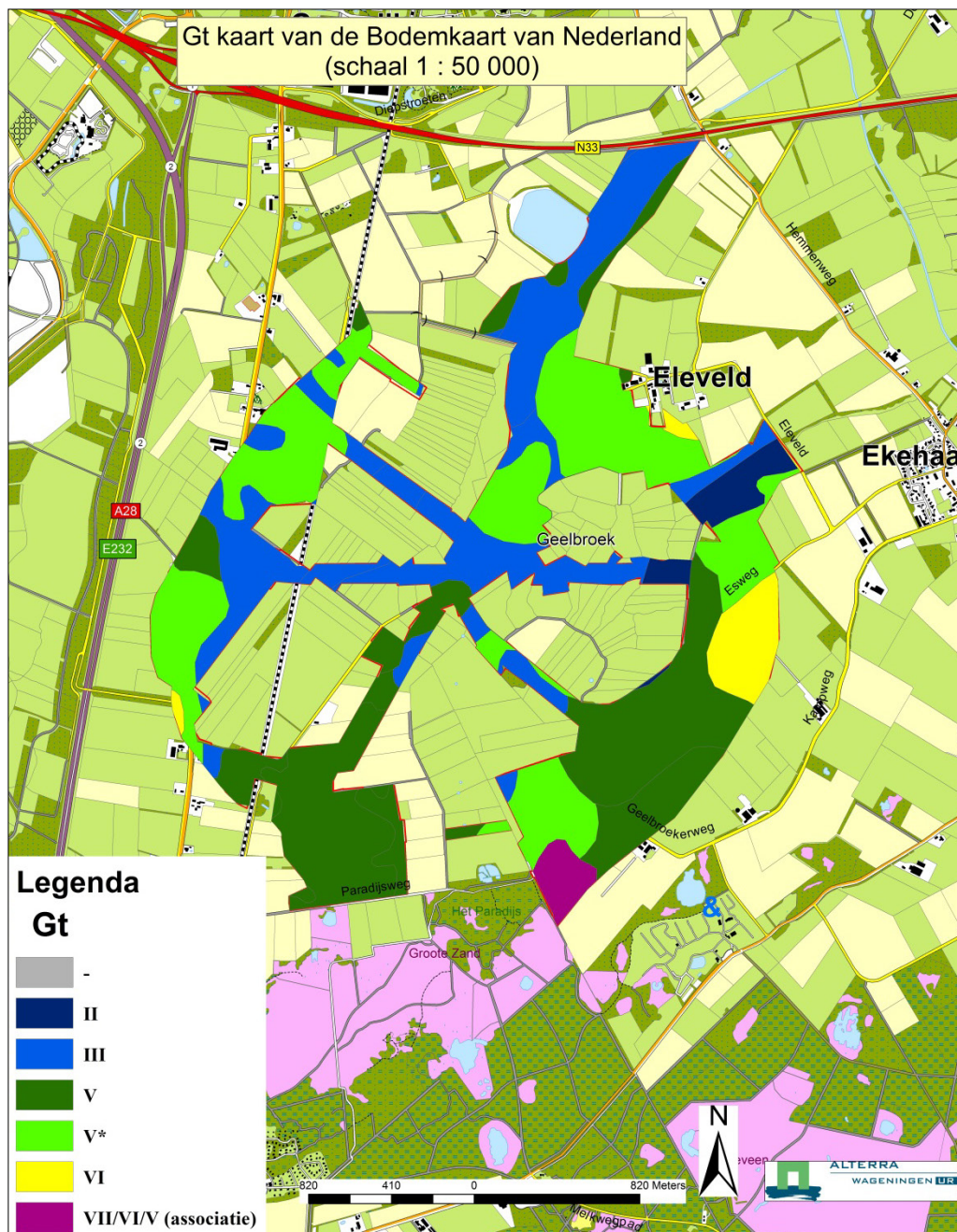
Trajectgegevens voor de Gt, die voor het onderzoeksgebied op de bodem/Gt-kaart van Nederland zijn onderscheiden.

Gt-klasse	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
I	<20	< 50
II	<40	50-80
III	<40	80-120
V	<40	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	>160

Gt II*, III* en V*: droger deel van Gt II, III en V.

De gemiddelde hoogste freatische grondwaterstand ligt tussen

20 en 40 cm -mv. (Bodemkaart van Nederland 1978).



Afbeelding 12 Gt-kaart (schaal 1 : 50 000) van het onderzoeksgebied.

Voor het vergelijken van de Gt-kaart schaal 1 : 50 000 met de Gt-kaart schaal 1 : 10 000 van 2014 is de Gt-kaart uit 2014 opgeschaald naar een schaal 1 : 50 000, waarbij Gt-vlakken kleiner dan 10 ha zijn samengevoegd met de Gt-vlakken waarin deze zijn gelegen of er zijn meerdere kleinere vlakken (< 10 ha) met dezelfde Gt op basis van geografische ligging en het AHN samengevoegd tot een groter vlak van meer dan 10 ha. Verder is het niet mogelijk om Gt-vlakken van de opgeschaalde Gt-kaart te vergelijken met Gt-kaartvlakassociaties (voorkomen van meerdere Gt's in een Gt-kaartvlak), die voorkomen op de bestaande Gt-kaart schaal 1 : 50 000. Deze gebieden zijn dan ook buiten beschouwing gelaten. Dit geldt natuurlijk ook voor de apart onderscheiden wegen, waterlopen, opgehoogde terreinen etc. Bij de opschaling is de legenda van de Gt gebruikt die ook is gebruikt op de Bodemkaart van Nederland voor het betreffende gebied.

Ten slotte zal, voor zover mogelijk, een verklaring worden geven voor de geconstateerde veranderingen. Prolander heeft op basis van een schriftelijke en/of telefonische enquête van boeren, Staatsbosbeheer en het waterschap de waterhuishoudkundige ingrepen opgevraagd en vastgelegd in een document. Dit document is in zijn geheel weergegeven in Bijlage 7. Uit de resultaten van het onderzoek van Prolander blijkt dat de informatie die nodig is voor het interpreteren van de Gt-

verschillen bij lange na niet volledig is. Er wordt alleen een summiere opsomming van de feiten gegeven, waardoor het voor Alterra meestal niet mogelijk is om bepaalde verschillen te kunnen interpreteren. Alterra zal alleen uitspraak doen wanneer er op basis van geconstateerde Gt-verschillen voldoende informatie aanwezig is om deze verschillen te kunnen verklaren.

Enkele kanttekeningen bij het vergelijken van de twee Gt-kaarten

Wanneer de twee Gt-kaarten met dezelfde schaal van elkaar worden afgetrokken, kunnen er verschillen optreden als gevolg van verschil in interpretatie en het gebruik van aanvullende hulpinformatie bij de recentste Gt-kaart (AHN en GPS zijn nauwkeuriger). De ontstane verschillen zijn in deze situaties dus niet het gevolg van ingrepen in de waterhuishouding. Bij het vergelijken van de eventuele verschillen tussen beide kaarten is hiermee rekening gehouden. Verder dient men in ogenschouw te nemen dat er ook een verschil in nauwkeurigheid aanwezig is tussen beide Gt-kaarten. De Gt is tijdens de kartering van de Bodemkaart van Nederland vooral geschat op basis van profielkenmerken tot 1,20 cm -mv. en enigszins onderbouwd aan de hand van gemeten freatische grondwaterstanden in grondwaterstandbuizen, terwijl de GHG's en GLG's tijdens het gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek in Geelbroek zijn geschat op basis van hydromorfe kenmerken (uit 195 beschreven boringen en deels uit de informatie van 148 niet beschreven boringen), vegetatie, lokale ont- en afwateringssituatie in combinatie met gemeten freatische grondwaterstanden in boorgaten en in grondwaterstandbuizen en gerichte opnames rond het GHG- en GLG-moment. Hierdoor zijn de GHG- en GLG-schattingen dieper dan 1,20 cm -mv. op de Bodemkaart van Nederland minder betrouwbaar dan de GHG- en GLG-schattingen die zijn gedaan tijdens het veldbodemkundig onderzoek in 2014. Verder dient ook te worden opgemerkt dat de opnameperiode waarin beide kaarten zijn gemaakt, niet gelijk is. De Gt op de Bodemkaart van Nederland is voor het onderhavige gebied gemaakt in de jaren tachtig van de vorige eeuw, waarbij de schattingen van de GXG's enigszins zijn onderbouwd aan de hand van berekende GHG's en GLG's in stambuizen over een periode van ten minste acht jaar. Het is niet bekend welke periode van de jaren tachtig van de vorige eeuw men heeft gebruikt om de GXG's van de freatische grondwaterstand in de gebruikte stambuizen te berekenen. Verder is ook niet bekend hoe lang de periode is geweest waarover de GXG is berekend. Er wordt van uitgegaan dat de GXG is berekend over ten minste acht aaneengesloten jaren. Op basis hiervan kunnen geen uitspraken worden gedaan over het effect van een eventueel verschil in neerslagoverschot tussen beide perioden op de freatische grondwaterstand.

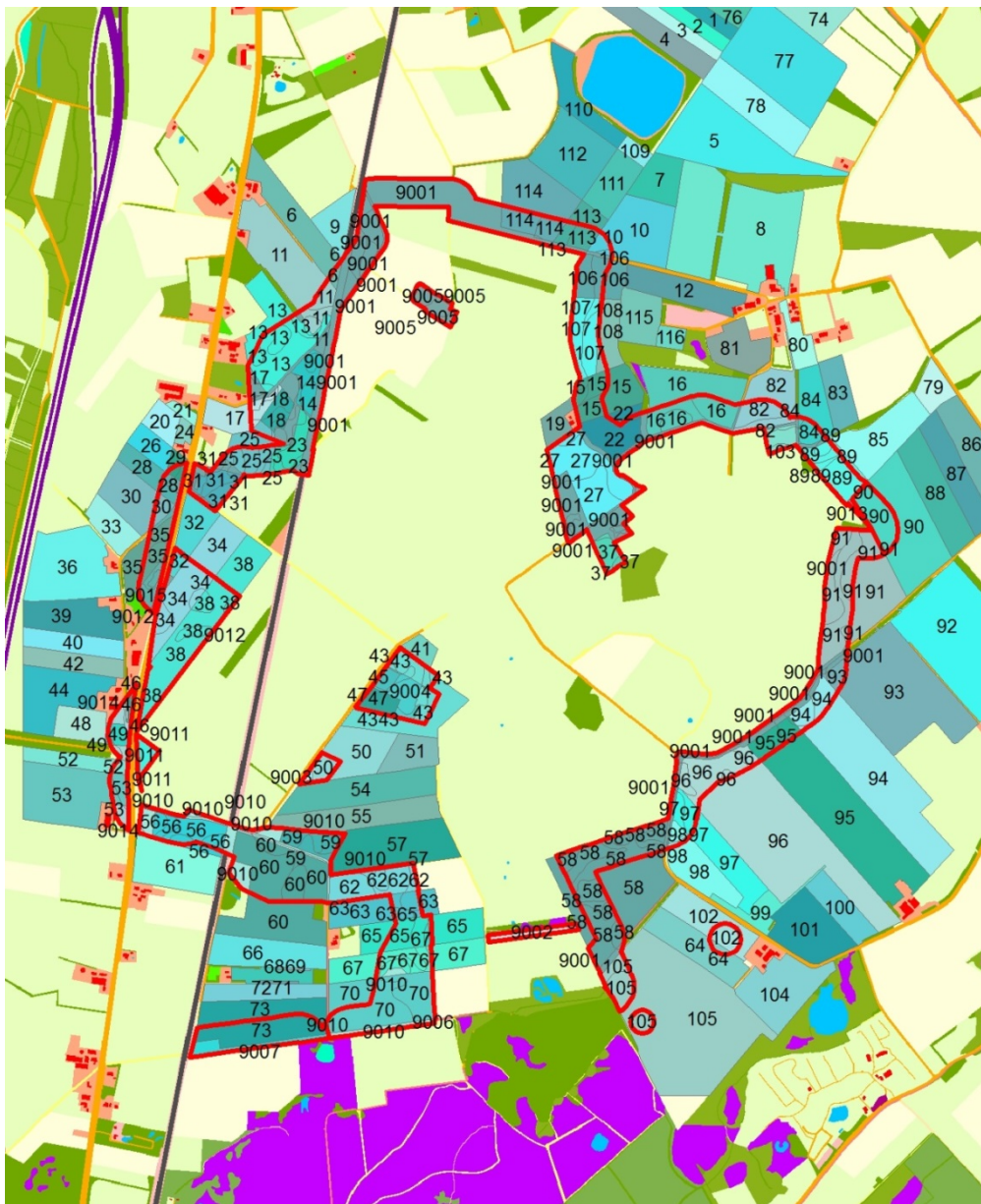
Tijdens het gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek in 2013 en 2014 zijn de GHG's en GLG's in het veld geschat. Deze schattingen zijn o.a. onderbouwd aan de hand van één stambuis waarin over een periode van 22 jaar (tot 2013) de freatische grondwaterstand is gemeten en waarvan GHG en de GLG is berekend en daarnaast zijn ook buizen met kortlopende meetreeksen gebruikt waarvan de GXG's middels regressie-berekeningen tussen deze buizen en de stambuis zijn berekend. Dit betekent dat er afwijkingen kunnen optreden als gevolg van verschillen in neerslag en verdamping tussen beide perioden. Doordat in het gehele gebied storende lagen in het 'ondiepe' bodemprofiel voorkomen, zal de GHG vooral worden bepaald door deze lagen en zal de onzekerheid rond de GHG-schattingen relatief klein zijn. Dit geldt echter niet voor de GLG in wegzijgingsgebieden. Op basis van het uitgevoerde onderzoek blijkt dat de GLG zich meestal bevindt in de keileem. De fluctuaties kunnen vooral in wegzijgingsgebieden groot zijn, waardoor we over de schattingen van de GLG minder zeker zijn dan die van de GHG. Hierdoor zijn de GHG-schattingen dan ook betrouwbaarder dan de GLG-schattingen in wegzijgingsgebieden.

Ten slotte dient men bij het opschalen van een Gt-/bodem-kaart (de bodemkaart is niet opgeschaald, valt buiten het kader van dit onderzoek) uit te gaan van relatief grote aaneengesloten gebieden. Dit voorkomt het ontstaan van veelal te kleine Gt-kaartvlakjes, die uiteindelijk bij het vergelijken van verschillende Gt-kaarten het kaartbeeld kunnen vertroebelen. Voor het onderzoeksgebied betreft dit vooral een deel van de Gt-vlakken die liggen in natuurgebied Geelbroek en in een smalle strook landbouwgronden die liggen ten zuid- en noordwesten van het gekarteerde gebied. Hieraan is helaas niets te doen. Bovenstaande wordt deels versterkt doordat sommige Gt-klassen overlappend zijn, zoals Gt II, III, en V met respectievelijk Gt II*, III* en V*. Het zwaartepunt van de GHG's in de Gt-klassen met een ster ligt ergens tussen 20-40 cm -mv., terwijl het zwaartepunt van de GHG's van de Gt's II, III en V ergens tussen 0 en 40 cm ligt.

3 Resultaten

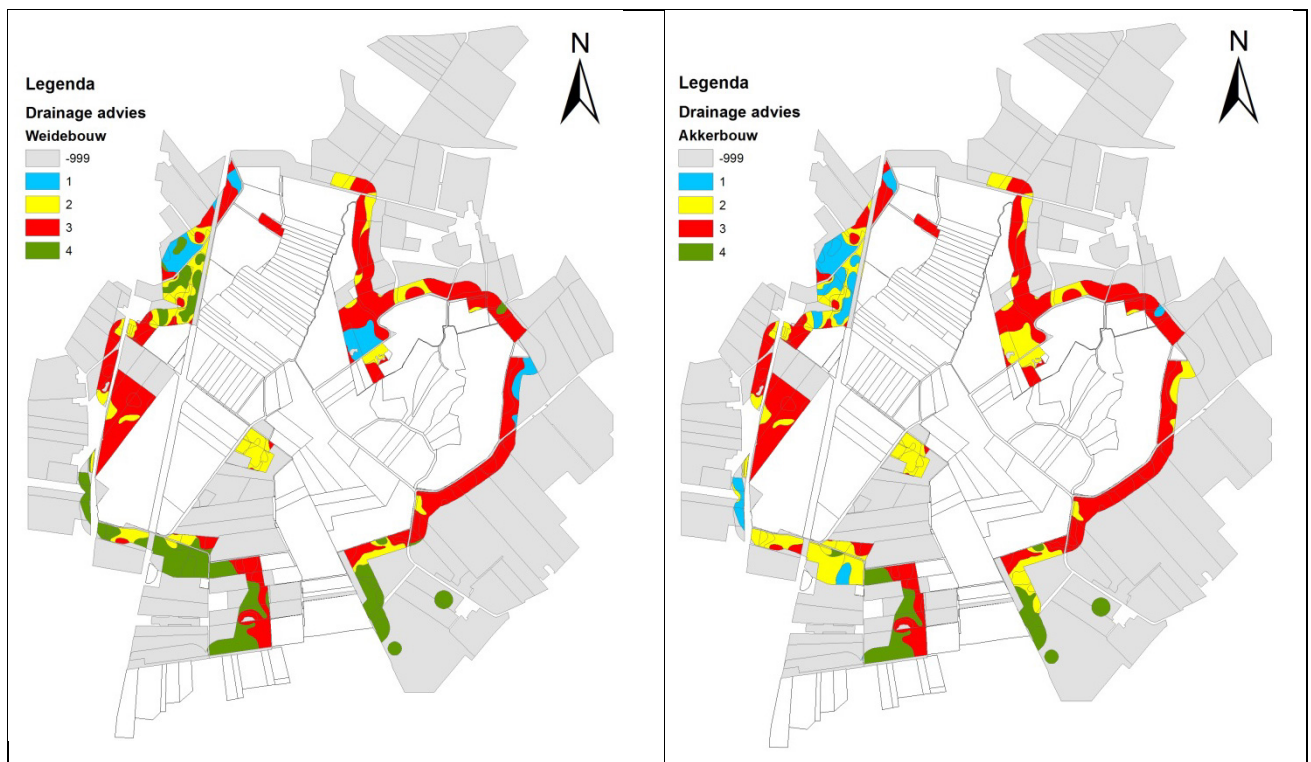
3.1 Geschiktheidsbeoordeling van gronden voor drainage

De resultaten van de geschiktheidsbeoordeling voor drainage zijn weergegeven op een geschiktheidskaart voor de weidebouw en akkerbouw, schaal 1 : 10 000 (afb. 14 en 15 en Bijlage 4). Deze kaarten geven voor een aantal bodem-/Gt-vlakken in het gebied Geelbroek kwalitatieve informatie (voorlopig) of drainage een positief effect, matig of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG voor een strook landbouwgronden grenzend aan het natuurgebied Geelbroek. In Bijlage 1 is per bodem-/Gt-vlak de relevante informatie en de toegekende drainage-effectiviteitsklasse weergegeven. De informatie is vervolgens vertaald naar percelen. In Afbeelding 13 zijn de perceelsnummers ruimtelijk weergegeven.



Afbeelding 13 Percelenkaart met het gehanteerde perceelsnummer.

De zone (Afbeelding 7) waarvoor een advies is opgesteld, heeft meestal betrekking op een deel van het perceel. In Bijlage 2 en 3 is voor elk perceel dat geheel of gedeeltelijk binnen de zone van Afbeelding 7 ligt, aangegeven welke drainageklassen voorkomen met de bijbehorende oppervlakte in m² en procenten. De effectiviteit van buisdrainage voor de weide- en akkerbouw is ruimtelijk weergegeven in Afbeelding 14 en 15 alsook in Bijlage 4.



Afbeelding 14 en 15 Effectiviteit van buisdrainage voor weidebouw (links) en akkerbouw (rechts).

In Tabel 5 zijn de arealen van de geanalyseerde zone (Afbeelding 7) weergegeven en opgesplitst naar drainageklasse. Het totale oppervlak van de zone bedraagt 137,4 ha; hiervan is 109 ha gekarteerde landbouwgrond.

Tabel 5

Arealen met bijbehorende drainageklasse gelegen binnen de geanalyseerde zone rond Geelbroek

Bodemgebruik	Buffer (ha)	Gekarteerd	Drainageklasse				Totaal (ha)
			1 (ha)	2 (ha)	3 (ha)	4 (ha)	
Weidebouw	137.4	109,0	7.8	19.3	56.0	25.8	109.0
Akkerbouw	137.4	109,0	9.8	31.5	56.6	11.0	109.0

In de toekomstige situatie is ruim 23% van de gronden niet drainagebehoefstig voor weidebouw en 10% voor akkerbouw, deze gronden liggen voornamelijk in het zuidelijk deel van het gebied. Uit Tabel 5 blijkt dat vooral door het ondiepe voorkomen van keileem er weinig gronden resteren waar het zandpakket voldoende dik is om deze goed te kunnen draineren, resp. 7% voor weidebouw en 9% voor akkerbouw. 19% resp. 31% is matig te draineren vanwege de beperking in de draindiepte door het ondiep voorkomen van keileem. Voor ruim de helft van de gronden (51%) ligt de keileem zo ondiep dat drainage vanuit landbouwkundig oogpunt weinig of geen effect zal hebben; deze gronden liggen vooral aan de oostzijde van het gebied, maar ook aan de westzijde komen aanzienlijke arealen voor.

Een deel van de gronden is volgens de opgaven van de boeren gedraineerd (Bijlage 5), vooral aan de oostzijde van Geelbroek. Uit de bodem-/Gt-kartering (Vroon en Kiestra, 2014) blijkt dat op deze gedraineerde percelen veelal GHG's ondieper dan 35 cm voorkomen; dit duidt erop dat de drainage onvoldoende effect sorteert.

3.2 Onderzoek samenhang van de twee ondiepste filters op zes peilbuislocaties

Om te verifiëren of de gemeten waterstand in de bestaande ondiepe filters (GB004-2, GB006-2, GB007-2, GB008-2, GB011-2 en GB012-2) overeenkomt met de gemeten freatische grondwaterstand, is in 2014 op deze buislocaties een ondiep filter bijgeplaatst net boven of tot aan de eerste voorkomende storende laag in het bodemprofiel (GB004-1, GB006-1, GB007-1, GB008-1, GB011-1 en GB012-1). Deze buizen staan op maximaal een halve meter van de reeds bestaande buizen verwijderd, echter niet in hetzelfde boorgat.

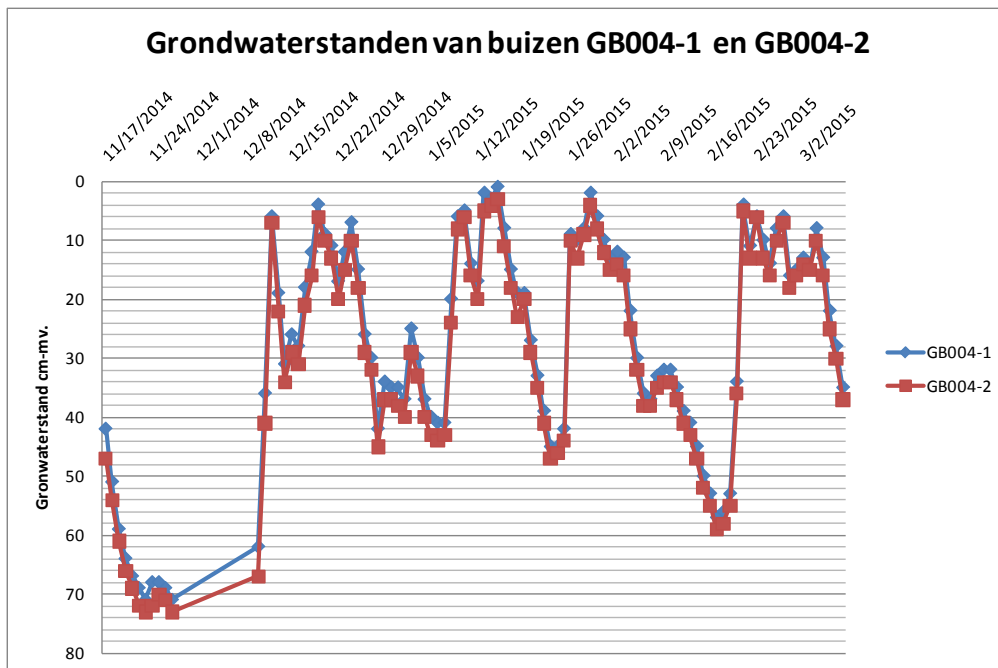
Voor de Wilcoxon-toets, die is gebruikt om te toetsen of de gemeten waterstanden in beide filters aan elkaar gelijk zijn, zijn alleen de gemeten waterstanden in beide filters gebruikt vanaf het moment van opname in de tweede helft van 2014 tot ca. 1 maart 2015. Er dient hierbij te worden opgemerkt dat de 'gemeten' standen soms aanzienlijk kunnen afwijken van de werkelijke situatie, omdat droogstand door de dataloggers niet wordt gesignaleerd. Men dient voor het interpreteren van de standen in de ondiepste filters dan ook te kijken naar de filterdiepte. Voor de statistische analyse zijn op grond van het bovenstaande dan ook alleen waterstanden gebruikt die ruim (ca. 5-10 cm) boven de onderkant van het filter zijn gemeten. Uit de resultaten van deze toets blijkt (Tabel 6) dat de waterstanden in de beide ondiepste filters op alle buislocaties significant (tweezijdig bij een overschrijdingskans van 5%) van elkaar verschillen (probability < 0.001).

Tabel 6

Resultaten van de Wilcoxon test op zes buislocaties.

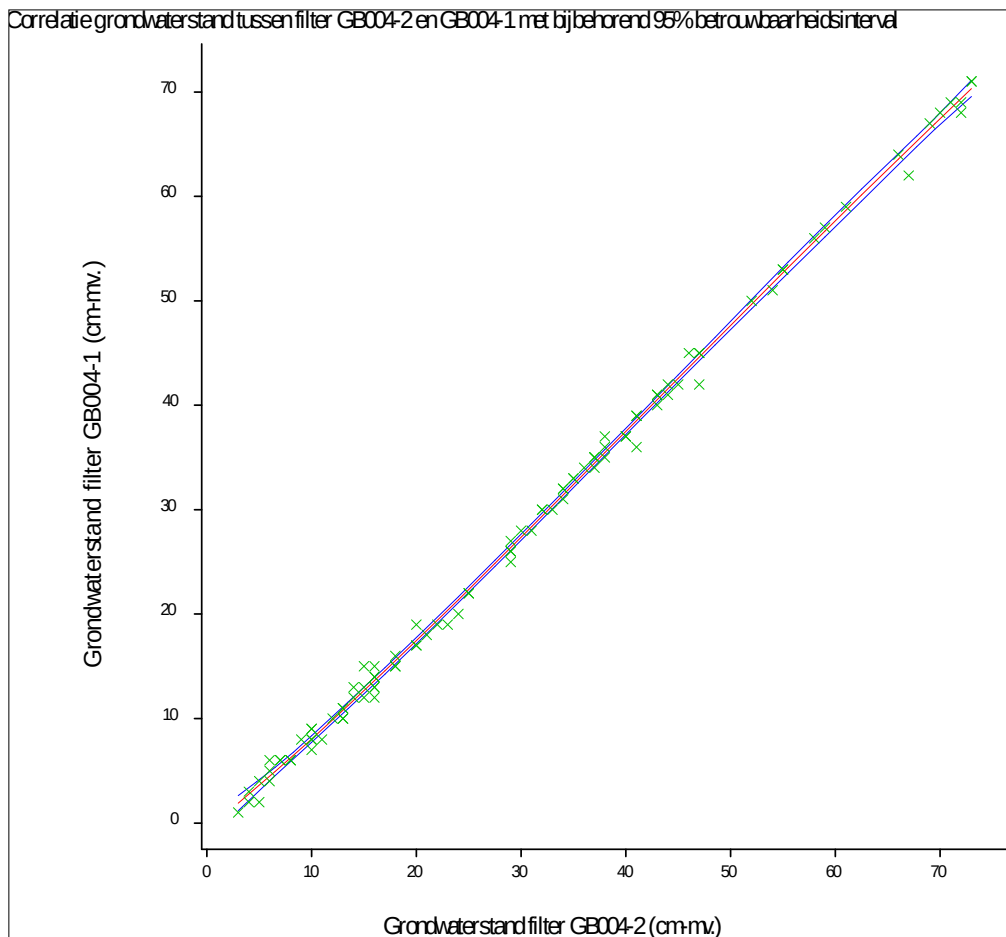
Buisnr. (aantal waarnemingen)	GB004-1	GB006-1	GB007-1	GB008-1	GB011-1	GB012-1
GB004-2 (n=100)	< 0.001					
GB006-2 (n=84)		<0,001				
GB007-2 (n=57)			<0,001			
GB008-2 (n=59)				<0,001		
GB011-2 (n=116)					<0,001	
GB012-2 (n=99)						<0,001

Dit zou betekenen dat in de reeds bestaande buizen geen freatische grondwaterstand wordt gemeten en dat de historische reeksen die zijn gemeten in de reeds bestaande ondiepste filters niet kunnen meedoen in het monitoringsprogramma. Wanneer echter wordt gekeken naar de spreiding van de verschillen in relatie tot mogelijke meetfouten (bijv. instelfout van datalogger) en correlaties tussen de beide filters op de buislocaties, dan blijkt dat de stijghoogte in peilbuis GB004-2 op 1 stand na altijd 1 tot maximaal 5 cm lager is dan de freatische grondwaterstand in peilbuis GB004-1 (afb. 16).



Afbeelding 16 Gemeten freatische grondwaterstanden/stijghoogten in de twee ondiepste filters op buislocatie GB004.

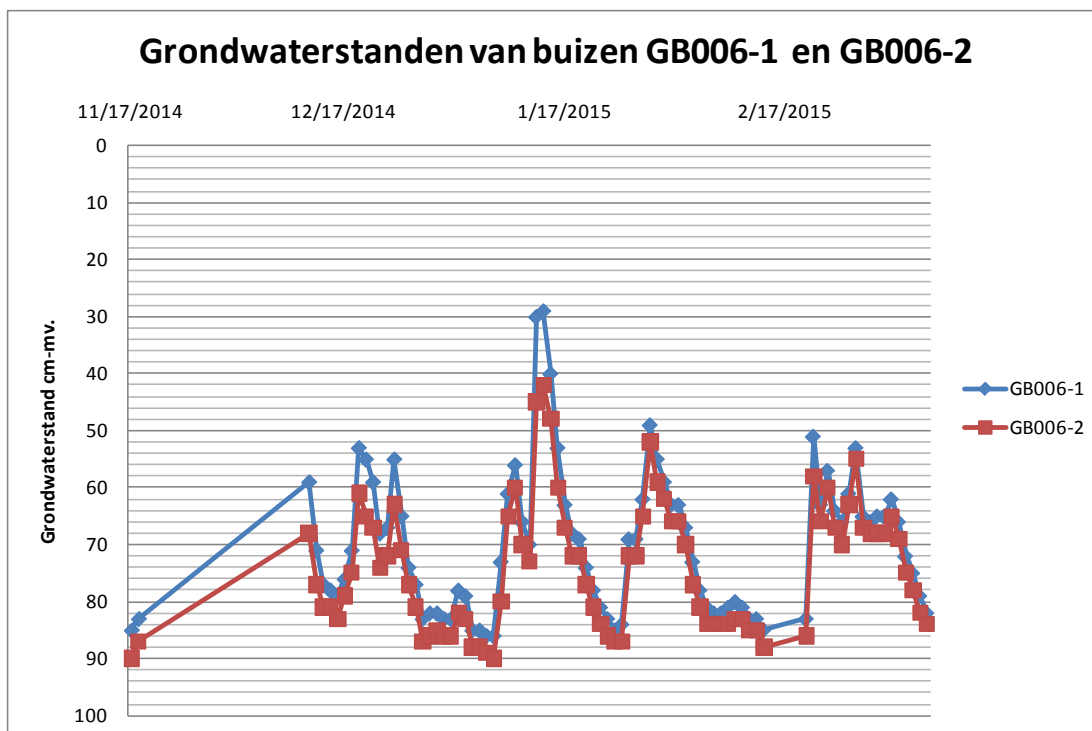
Uit de regressieanalyse (Tabel 6) blijkt dat er een zeer sterke lineaire (afb. 17) samenhang aanwezig is tussen de gemeten waterstanden in peilfilter GB004-1 en GB004-2 ($R^2 \geq 0,998$).



Afbeelding 17 Correlatie (rode lijn) met bijbehorend 95% betrouwbaarheidsinterval (blauwe lijnen) tussen de gemeten freatische grondwaterstanden/stijghoogten in peilbuis GB004-1 en GB004-2.

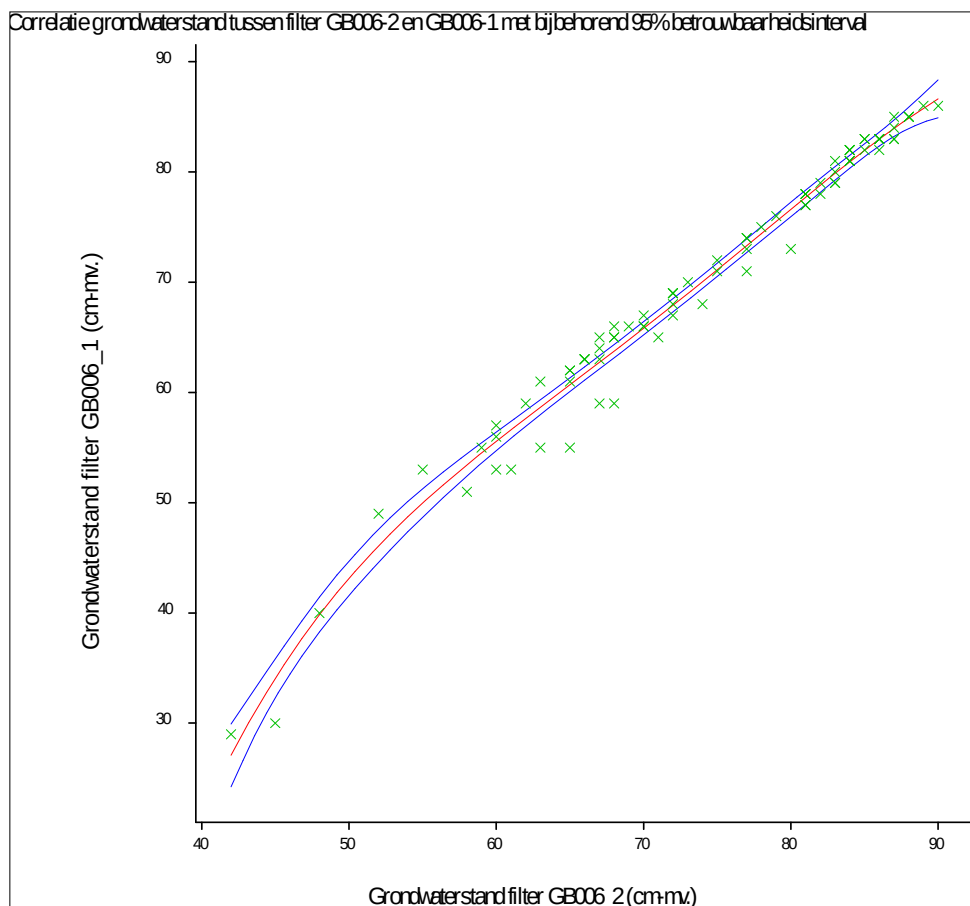
Op basis van de geringe verschillen tussen beide filters en het zeer sterke lineaire verband met een relatief lage standaardfout ($se = 0,921 \text{ cm}$) zou het ondiepste filter mogen worden verwijderd. Dit betekent vervolgens dat de historische meetreeks kan worden geïnterpreteerd als de freatische grondwaterstand en dat deze reeks kan worden opgenomen in het monitoringsprogramma. Voor buislocaties GB007, GB008, GB011 geldt hetzelfde. Daarom worden deze niet nader beschouwd. Voor de gemeten waterstanden en de correlaties van de gemeten waterstanden tussen de twee ondiepste filters wordt verwezen naar Bijlage 6 en Tabel 7.

Op buislocatie GB006 zijn de verschillen tussen de waterstanden in de twee ondiepste filters soms relatief groot en kunnen oplopen tot 15 cm (afb. 18). De relatief grote verschillen treden vooral op tijdens natte meetmomenten.



Afbeelding 18 Gemeten freatische grondwaterstanden/stijghoogten in de twee ondiepste filters op buislocatie GB006.

Uit de regressieanalyse (Tabel 7) blijkt dat ook hier er een zeer sterke samenhang (afb. 19) aanwezig is tussen de freatische grondwaterstand in peilfilter GB006-1 en de stijghoogte in peilfilter GB006-2 ($R^2 > 0,981$). De samenhang is echter niet lineair en laat zich het beste beschrijven door een vierdegraads polynoom.



Afbeelding 19 Correlatie (rode lijn) met bijbehorend 95% betrouwbaarheidsinterval (blauwe lijnen) tussen de gemeten freatische grondwaterstanden/stijghoogten in peilbuis GB006-1 en GB006-2.

Op basis van de relatief grote verschillen tijdens natte meetmomenten mag in principe het filter GB006-1 niet worden verwijderd, omdat de stijghoogte die vooral tijdens natte meetmomenten in het filter GB006-2 wordt gemeten, niet de freatische grondwaterstand weergeeft. Dit betekent dat de historische meetreeks van dit filter niet direct mag worden gebruikt voor het monitoringsprogramma. De historische freatische grondwaterstand kan echter wel worden geschat middels het regressiemodel (Tabel 7). Voor buislocatie GB012 geldt hetzelfde principe (tweedegraads polynoom) en wordt daarom niet nader beschouwd. Voor de gemeten waterstanden en de correlaties van de gemeten waterstanden tussen de twee ondiepste filters wordt verwezen naar Bijlage 6 en Tabel 7.

Tabel 7

Correlaties van waterstanden in de twee ondiepste filters op zes peilbuislocaties en de parameters van de regressiemodellen.

Naam buis (x)	Correlatie met buis (y)	Gem. filter 2 (cm – mv.)	Gem. filter 1 (cm – mv.)	Frac- tie ver- klaar- de vari- antie (R ²)	Aan- tal corre- latie dagen (N)	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	Stan- daard- fout (e in cm)
GB004-2	GB004-1	30,49	28,17	0,998	100	-1,980	0,98884	Nvt	Nvt	Nvt	0,921
GB006-2	GB006-1	90,00	86,00	0,981	84	-439	25,8	-0,527	0,00495	-0,00001724	1,71
GB007-2	GB007-1	54,88	52,75	0,986	57	-1,753	0,9933	Nvt	Nvt	Nvt	1,80
GB008-2	GB008-1	21,32	22,56	0,978	59	0,047	1,0558	Nvt	Nvt	Nvt	1,86
GB011-2	GB011-1	13,98	11,93	0,999	116	-1,7206	0,97632	Nvt	Nvt	Nvt	0,701
GB012-2	GB012-1	15,40	13,64	0,942	99	4,606	0,3701	0,00976	Nvt	Nvt	2,18

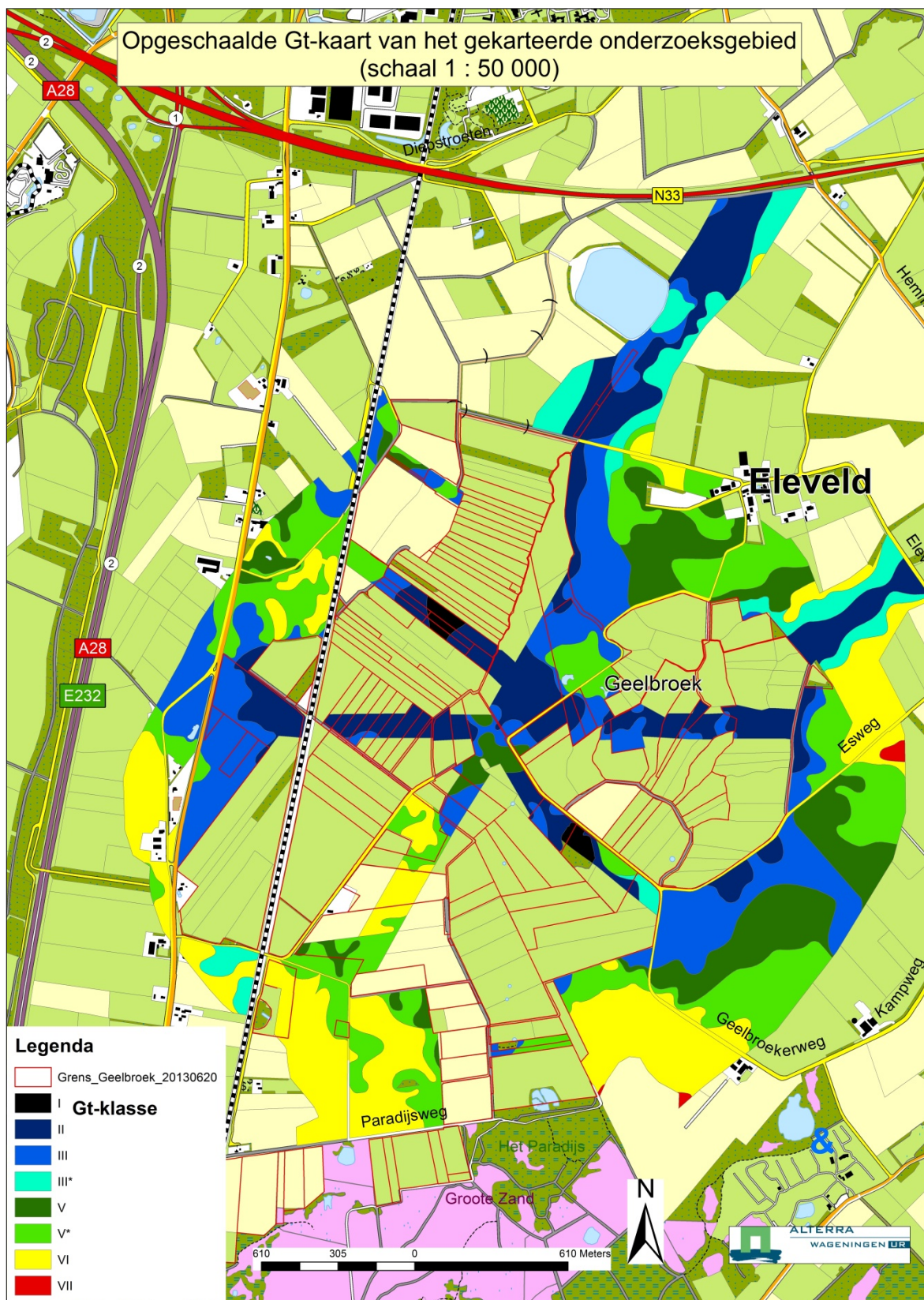
3.3 Resultaten van de vergelijking van de Gt-kaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) van Geelbroek met de Gt-kaart van een deel van het gebied Geelbroek uit 2014

De resultaten van de opschaling van de Gt's van een deel van het gebied Geelbroek uit 2014 zijn weergegeven in de kaart met opgeschaalde Gt's (afb. 20). Bij de opschaling zijn wegen, water, bebouwing, ophoging en de gebieden met een Gt-kaartvlakassociatie op de Gt-kaart van de Bodem/Gt-kaart van Nederland buiten beschouwing gelaten. Op de kaart is ook de begrenzing van het natuurgebied Geelbroek – volgens opgaaf Prolander op 20-06-2013 – weergegeven. In Tabel 8 staan de oppervlaktes in ha en% weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de Gt's die voorkomen in het natuurgebied Geelbroek en het overige landbouwgebied (voornamelijk).

Tabel 8

Oppervlaktes van de Gt-klassen (in ha en%) die zijn onderscheiden op de opgeschaalde Gt-kaart

Opgeschaalde Gt-klasse	Geelbroek		Landbouwgebied		Natuurgebied	
	ha	%	ha	%	ha	%
I	2.51	0.7	0.00	0.0	2.50	3.7
II	62.10	17.0	30.62	10.3	41.48	46.5
III	72.16	19.7	56.75	19.1	15.41	22.7
III*	23.34	6.4	22.31	7.5	1.03	1.5
V	45.32	12.4	40.90	13.7	4.42	6.5
V*	79.67	21.8	72.39	24.3	7.28	10.7
VI	79.72	21.8	74.00	24.9	5.72	8.4
VII	0.87	0.2	0.87	.2	0.00	0.0
Totaal	365.69	100.0	297.84	100.0	67.84	100.0



Afbeelding 20 Opgeschaalde Gt-kaart uit 2014.

Uit Tabel 8 en Afbeelding 20 blijkt dat in het gehele opgeschaalde gebied het grootste aandeel wordt ingenomen door de Gt's V* (21,8%, 79,67 ha) en VI (21,8%, 79,72 ha). De Gt's I en VII komen het minst voor met een oppervlakte van respectievelijk 2,51 ha (0,7%) en 0,87 ha (0,2%). In het natuurgebied Geelbroek komt Gt II het meest voor (46,5%, 41,48 ha). Het aandeel 'droge(ere)' Gt's (Gt V*, VI en VII) bedraagt slechts 19,1% (13,00 ha). In het landbouwgebied komt Gt VI het meeste

voor (24,9%, 74,00 ha). Uit Afbeelding 20 blijkt dat vooral de smalle delen van het gekarteerde gebied (noordwestelijk deel van het landbouwgebied en het gebied waarin de raaien gelegen zijn in het natuurgebied Geelbroek) een hoge mate van detail vertonen. Dit komt omdat we hier te maken hebben met relatief kleine/smalle aangesloten gebieden. Dit heeft tot gevolg dat door opschaling vooral in deze gebieden te kleine kaartvlakjes ontstaan.

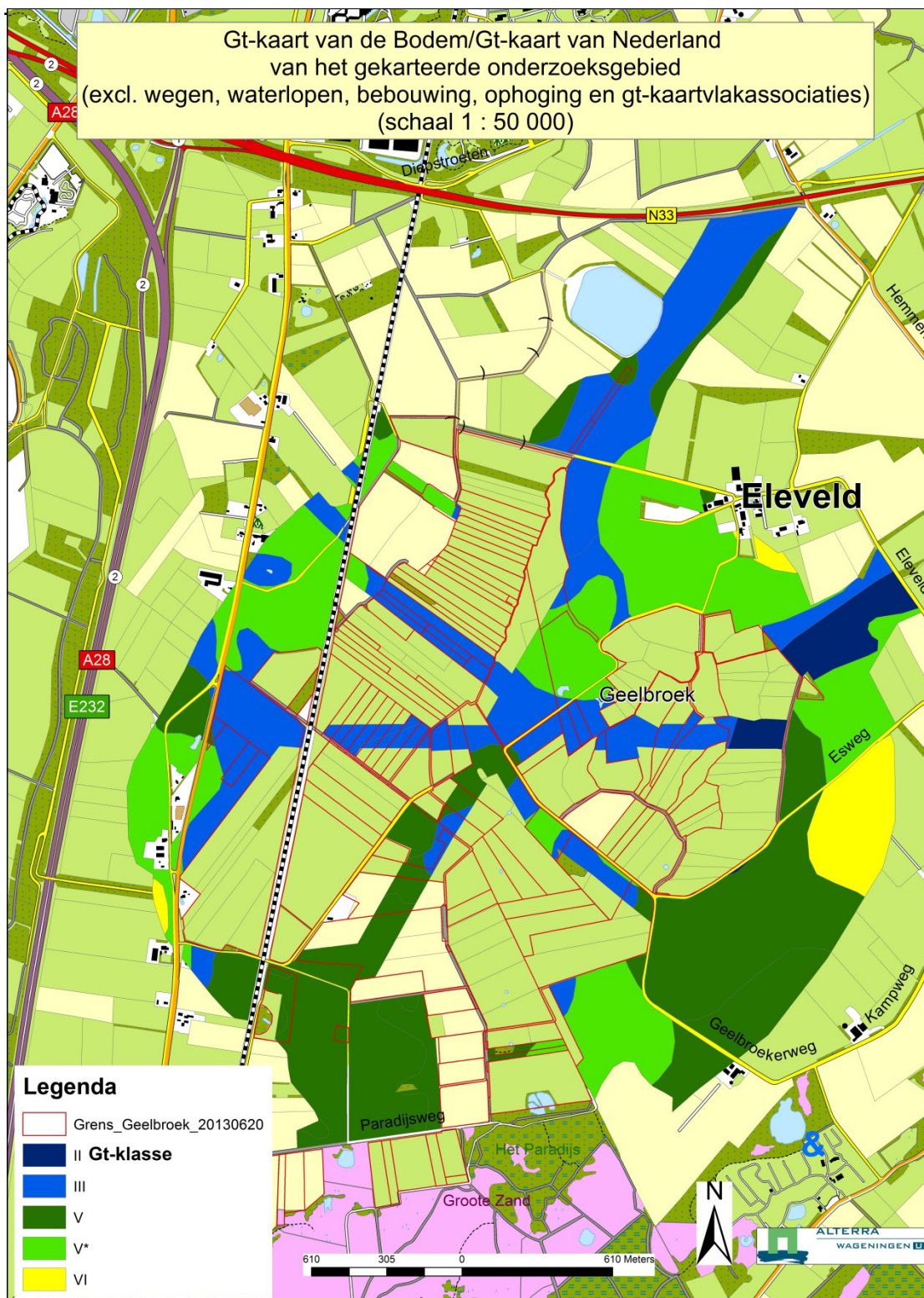
De gebieden met de Gt's op de Bodem-/Gt-kaart van Nederland (uit de jaren tachtig van de vorige eeuw) die gebruikt gaan worden voor het vergelijken met de opgeschaalde Gt-kaart, staan weergegeven in Afbeelding 21. Op deze kaart zijn ook de wegen, water, bebouwing, ophoging en de gebieden met Gt-kaartvlakassociaties buiten beschouwing gelaten. Het te vergelijken gebied komt qua oppervlakte en ligging exact overeen met de opgeschaalde Gt-kaart. Op de kaart is ook de begrenzing van natuurgebied Geelbroek – volgens opgaaf Prolander op 20-06-2013 – weergegeven. In Tabel 9 staan de oppervlaktes in ha en % weergegeven. Ook hier is onderscheid gemaakt tussen de Gt's die voorkomen in natuurgebied Geelbroek en het landbouwgebied.

Tabel 9

Oppervlaktes van de Gt-klassen (in ha en %) die zijn onderscheiden op de Gt-kaart van de Bodem/Gt-kaart van Nederland

Gt-klasse	Geelbroek		Landbouwgebied		Natuurgebied	
	ha	%	ha	%	ha	%
I	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
II	12.57	3.4	10.05	3.4	2.52	3.7
III	99.60	27.2	56.66	19.0	42.94	63.4
III*	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
V	128.01	35.0	112.59	37.8	15.42	22.7
V*	107.88	29.5	100.91	33.9	6.97	10.2
VI	17.58	4.9	17.58	5.9	0.00	0.0
VII	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Totaal	365.69	100.0	297.84	100.0	67.84	100.0

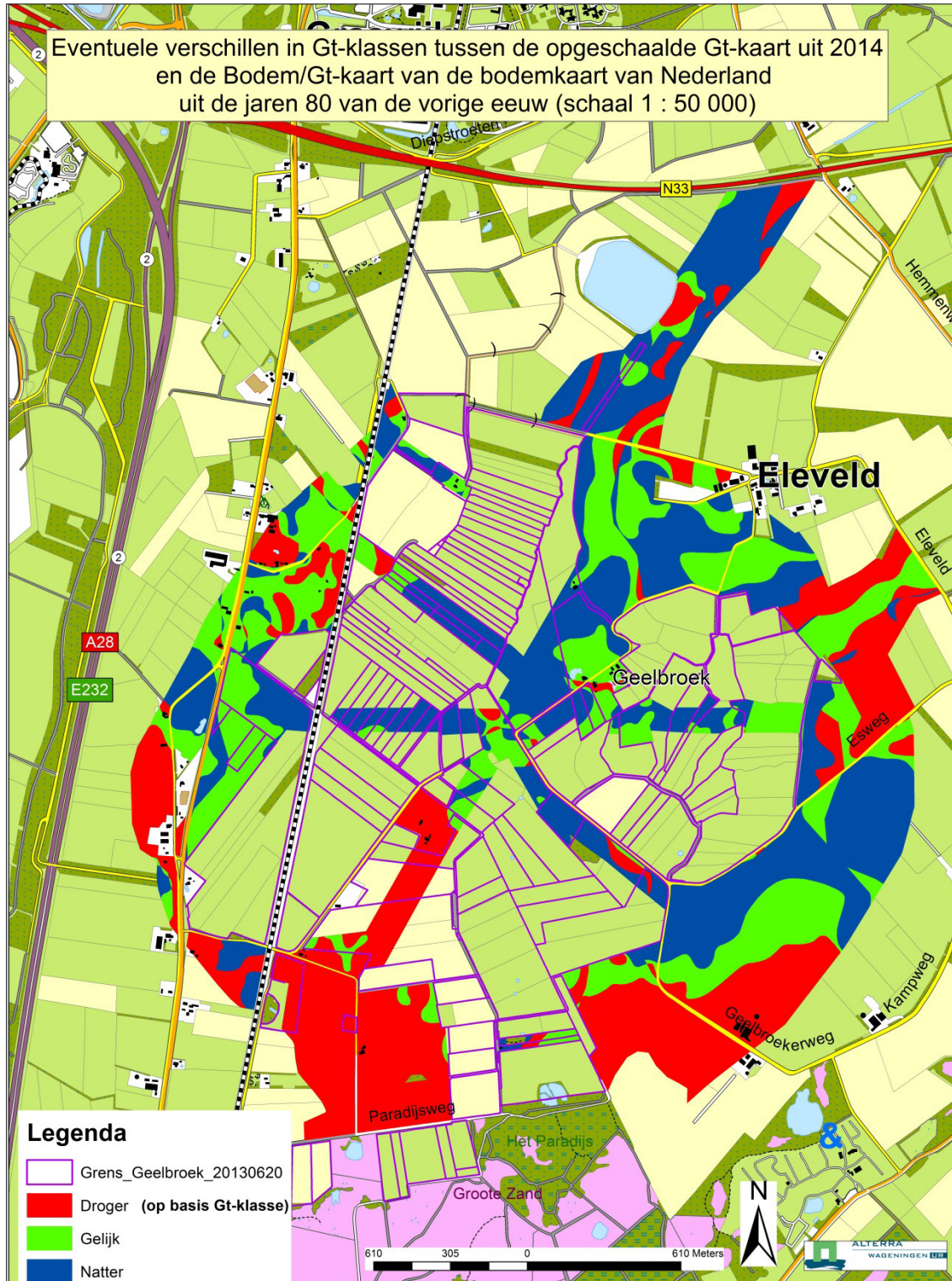
Uit Tabel 9 en Afbeelding 21 blijkt dat in het onderzoeksgebied het grootste aandeel wordt ingenomen door Gt V (35,0%, 128,01 ha). De Gt's I, III* en VII zijn destijds niet onderscheiden. Ook de relatief drogere gronden met Gt VI kwamen destijds niet veel voor (4,9%, 17,58 ha). Dit geldt ook voor de natste gronden in het gebied met Gt II (3,4%, 12,57 ha). In het landbouwgebied kwam destijds Gt V het meest voor (37,8% en 112,59 ha). Daarentegen kwam in natuurgebied Geelbroek Gt III het meest voor (63,4%, 42,94 ha). Het aandeel 'droge(ere)' Gt's (Gt V*, VI en VII) bedroeg destijds slechts 10,2% (6,97 ha), waarbij de Gt's VI en VII zelfs niet zijn onderscheiden.



Afbeelding 21 Gt-kaart van het onderzoeksgebied afkomstig van de Bodem-/Gt-kaart van Nederland.

Om het effect van de al genomen waterhuishoudkundige maatregelen in het onderzoeksgebied enigszins in beeld te krijgen, is de opgeschaalde Gt-kaart (afb. 20) vergeleken met de Gt-kaart van de Bodem-/Gt-kaart van Nederland (afb. 21) en zijn de eventuele veranderingen in Gt-klassen op een verschilkaart (afb. 22) aangegeven. Indien de Gt van de opgeschaalde kaart ten opzichte van de Gt op de Gt-kaart van de Bodemkaart van Nederland ten minste 1 klasse droger of natter is geworden, dan is dit in de legenda op de bodemkaart aangegeven met respectievelijk een N (Natter, de vlakken zijn blauw gekleurd) en een D (Droger, de gebieden zijn rood gekleurd). Wanneer in gebieden geen verschil in Gt-klasse is geconstateerd, is dit in de legenda aangegeven met een G (Gelijk, de vlakken zijn groen gekleurd). Er dient hierbij wel te worden opgemerkt dat 'Gelijk' niet inhoudt dat er geen

wijzigingen zijn opgetreden. Deze eventuele veranderingen vallen echter binnen de Gt-klasse. In Tabel 10 staan de oppervlaktes in ha en% weergegeven. Ook hier is nader onderscheid gemaakt tussen de verschillen die voorkomen in natuurgebied Geelbroek en het landbouwgebied. Verder is het niet mogelijk om ten aanzien van de verschillen tussen de Gt-klassen V, V*, VI en VII uitspraken te doen over de GLG (immers bij deze Gt's is de GLG > 120 cm -mv.). Voor de GHG geldt dit voor de Gt- klassen I, II, III en V (bij deze Gt's ligt de GHG tussen 0-40 cm -mv.) en de klassen Gt III* en V* (bij deze Gt's ligt de GHG tussen 20-40 cm -mv.).



Afbeelding 22 Resultaten vergelijking opgeschaalde Gt-kaart met de Gt-kaart afkomstig van de Bodem-/Gt-kaart van Nederland.

Tabel 10

Oppervlaktes (in ha en%) in termen van Natter, Gelijk of Droger op basis verschil GT-klasse tussen huidige situatie en de situatie in de jaren tachtig van de vorige eeuw.

Verandering in GT-klasse ¹	Geelbroek		Landbouwgebied		Natuurgebied	
	ha	%	ha	%	ha	%
Natter	137.84	37.7	101.04	33.9	36.80	54.3
Gelijk	99.53	27.2	80.32	27.0	19.21	28.3
Droger	128.32	35.1	116.49	39.1	11.83	17.4
Totaal	365.69	100.0	297.84	100.0	67.84	100.0

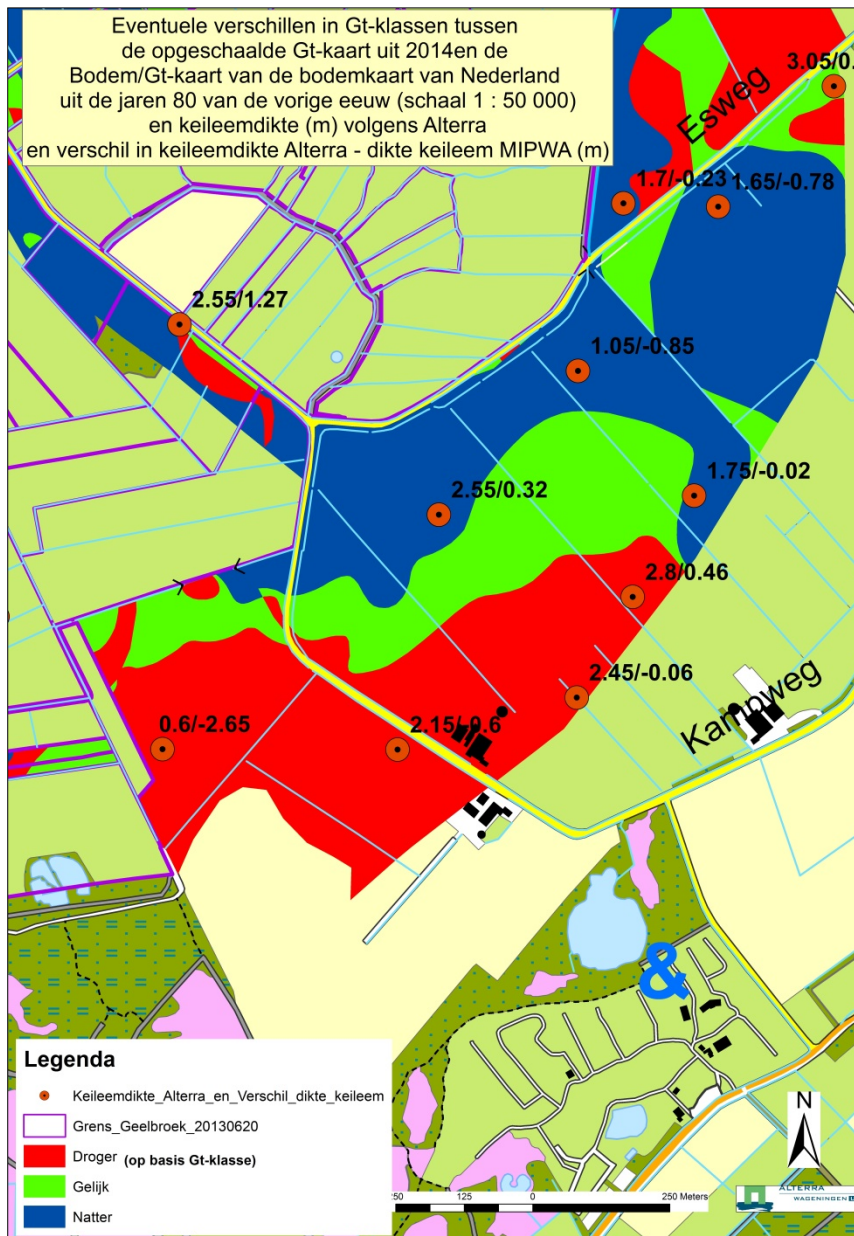
¹ Verschil huidige hydrologische situatie t.o.v. de situatie in de loop van tachtig uit de vorige eeuw (alleen op basis van eventuele verandering in Gt-klassen).

Er dient ten aanzien van Afbeelding 22 en Tabel 10 te worden opgemerkt dat er in het gehele gebied relatief veel kleine vlakjes (soms zelfs 'snippers') voorkomen die zijn ontstaan als gevolg van verschil in Gt-interpretatie (grensverschillen) tussen de karteerders die de Gt hebben geschat voor het maken van de Bodem-/Gt-kaart van Nederland en de karteerders die de Gt hebben geschat voor het maken van de Gt-kaart in 2014. Cijfermatig zijn deze verschillen wel meegenomen in de oppervlaktes en percentages, echter bij het interpreteren van de Gt-verschillen zijn deze verschillen daar waar mogelijk buiten beschouwing gelaten.

Uit Tabel 10 en Afbeelding 22 blijkt dat het gehele onderzoeksgebied ten opzichte van de jaren tachtig uit de vorige eeuw gemiddeld iets natter is geworden. Globaal gezien heeft de vernatting voornamelijk plaatsgevonden aan de oost- en noordzijde van het natuurgebied, terwijl vooral de zuidzijde droger is geworden. Aan de zuidzijde van het gebied liggen ook de gronden met een goede natuurlijke drainage waar meestal geen aanvullende buisdrainage noodzakelijk is. Wanneer we echter het natuurgebied loskoppelen van het landbouwgebied, dan blijkt dat vooral natuurgebied Geelbroek ruim 50% natter is geworden en het landbouwgebied gemiddeld juist iets droger. Uit Afbeelding 22 blijkt dat de vernatting overal in het onderzochte natuurgebied heeft plaatsgevonden, behalve in een smalle strook gronden in het zuiden van het natuurgebied. De verschillen zijn vooral het gevolg van een verschuiving van Gt III naar Gt II (Tabel 8 en 9 en afb. 20 en 21). Dit betekent dat vooral de GLG is verhoogd. Over de GHG kunnen op basis van de Gt-verschillen geen objectieve uitspraken worden gedaan, omdat de GHG's van beide Gt-klassen in hetzelfde traject liggen. Op basis van de informatie uit Bijlage 7 blijkt dat in het natuurgebied thans veel sloten (en greppels, geconstateerd door Alterra) geheel of deels zijn dichtgegroeid, waardoor de afvoer vooral in de winter in het vroege voorjaar sterk wordt beperkt. Ook zijn ten zuidoosten van Eleveld enkele sloten in het huidige natuurgebied gedempt. Daarnaast is door het waterschap het winterpeil van de Ruimsloot in het natuurgebied deels met 5 en deels met 20 cm verhoogd en het zomerpeil met 20 cm verlaagd. De meeste relatief ondiepe sloten en greppels in het natuurgebied vallen in de zomerperiode geheel of gedeeltelijk droog en hebben dus nauwelijks of geen afvoerfunctie meer. Doordat de afvoer van het water uit het natuurgebied aanzienlijk is beperkt en het winterpeil in de Ruimsloot is verhoogd, zal lokaal meer water in het gebied achterblijven en worden vastgehouden. Daarnaast zal ook de kwel in delen van het gebied veranderen. Dit betekent dat het gebied vernat, hetgeen voor een groot deel van het onderzochte deel van het natuurgebied ook is gebeurd (verhoging GLG). Door de verhoging van de freatische grondwaterstand zal ook de stijghoogte in het pakket onder de keileem in meer of mindere mate worden verhoogd. Deze verhoging van de stijghoogte zal zich vervolgens in meer of in mindere mate uitstralen richting het aangrenzende landbouwgebied. De mate waarin dit gebeurt, is grotendeels afhankelijk van de weerstand van vooral de keileem en de KD-waarde van het pakket onder de keileem.

In het aangrenzende landbouwgebied zijn vooral de gronden in het zuidoosten (deelgebied 1, afb. 23) en zuidwesten (deelgebied 2, afb. 24) droger geworden. In het hoger gelegen gebied langs de Geelbroekerweg (afb. 23) heeft er vooral een verschuiving plaatsgevonden van Gt V* naar Gt VI en van Gt V naar V* (afb. 20 en 21). Een groot deel van deze gronden zijn gedraineerd. Op basis van de informatie over de bodemopbouw (Vroon en Kiestra, 2014) is de effectiviteit van drainage in dit gebied meestal matig tot goed. Het landbouwgebied dat in de hoek Geelbroekerweg en Esweg en voor een deel langs de zuidkant van de Esweg ligt, is vernat. Er heeft hier vooral een verschuiving plaatsgevonden van Gt V naar Gt III. Dit betekent dat met name de GLG is verhoogd. Over de GHG

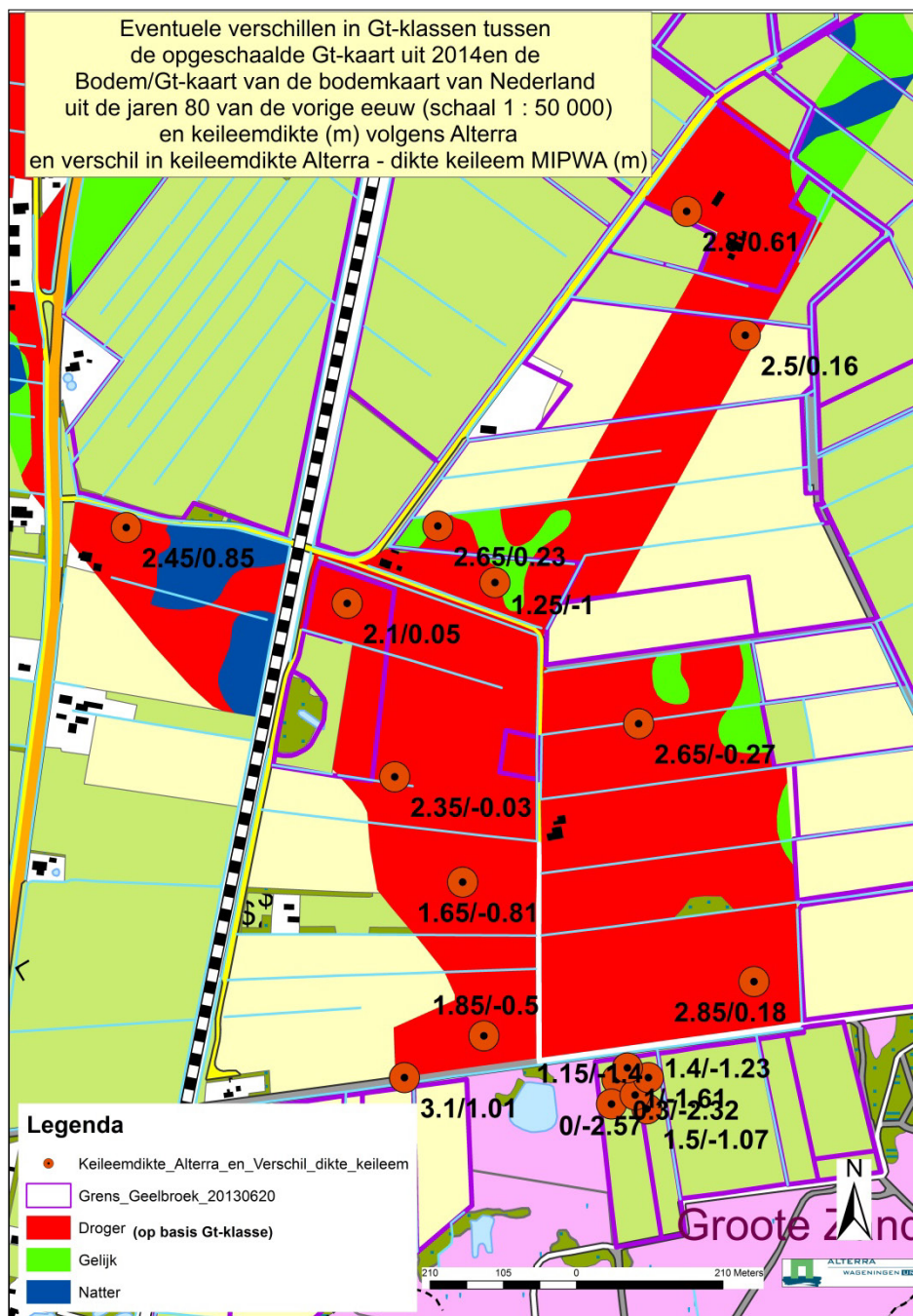
kan geen uitspraak worden gedaan, omdat het traject voor beide klassen gelijk is. Deze verschuiving is voor een deel van het gebied te wijten aan het vergroten van de percelen door het dichtmaken van de vele greppels¹ (Figuur B7.6) en door deze soms te vervangen door drainage die weinig effectief is. Hierdoor zal de afvoer vooral in de winter en in het vroege voorjaar worden vertraagd, waardoor het gebied zal worden vernat. Daarnaast is in 1994 het winterpeil verhoogd van 10.50 naar 10.70 m +NAP van de watergang aansluitend op de westelijke Ruimsloot. Zoals in de vorige alinea is verwoord, is het natuurgebied voor een groot deel vernat (GLG). Doordat de dikte van het keileempakket op sommige locaties in de laagst gelegen delen van dit landbouwgebied relatief dun (soms ca. 1 m dik, afb. 23) is, is er mogelijk een relatie met een verhoging van de stijghoogte in het pakket onder de keileem (kwel), die een gevolg is van de uitstraling vanuit het natuurgebied. Doordat de weerstand (lees: dikte keileem) op lokaal niveau sterk wisselt, zal ook de doorwerking vanuit het pakket onder de keileem richting de freatische grondwaterstand op deze locaties meer of minder groot zijn.



Afbeelding 23 Resultaten Gt-vergelijking voor het deelgebied 1.

¹ In Bijlage 7 wordt de term zaksloot gebruikt. Een zaksloot is feitelijk een uitgraving voor de tijdelijke opvang van hemelwater dat vervolgens wegzakt naar de ondergrond. Het gaat hier om greppels die een ontwaterende functie hebben.

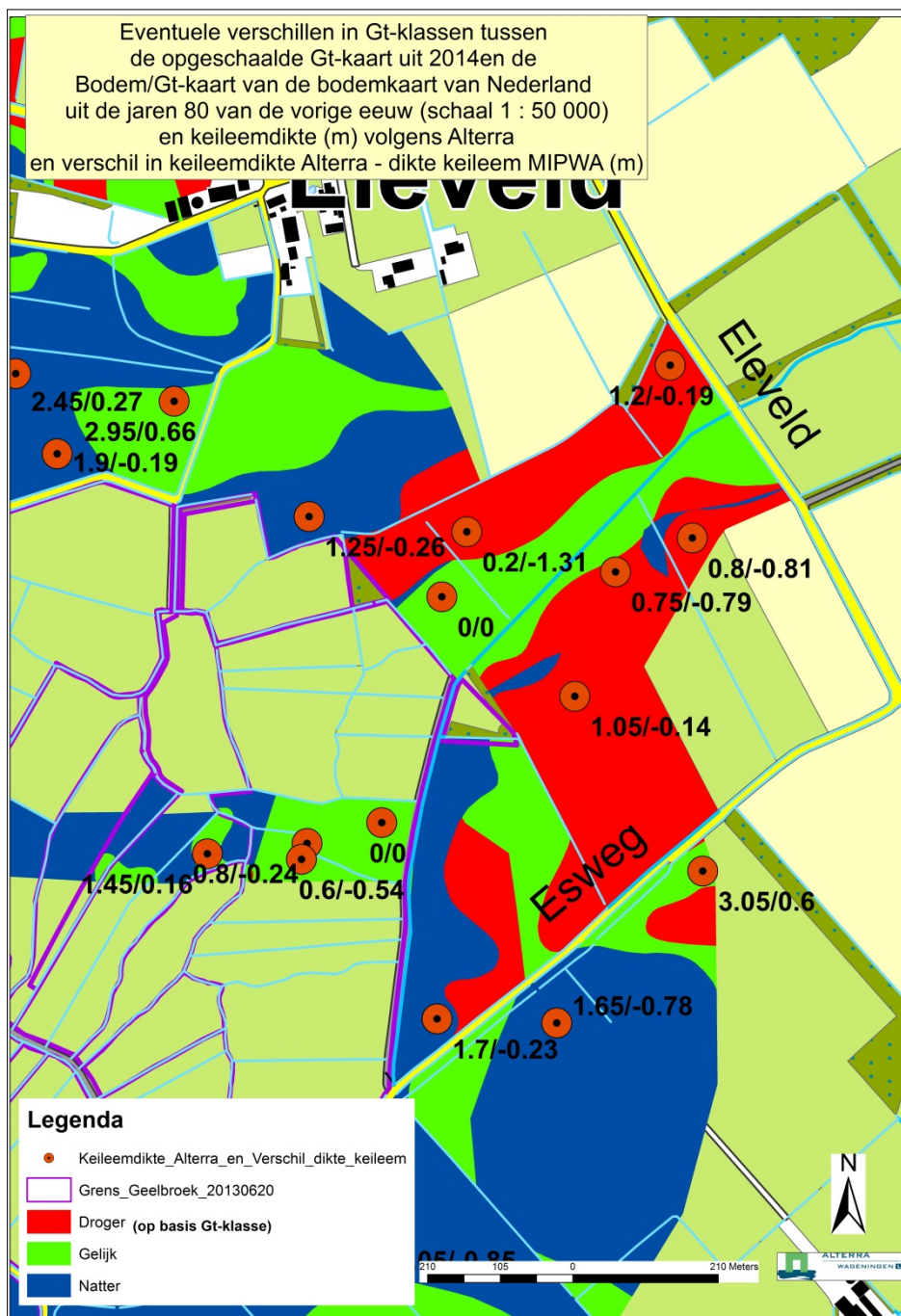
In deelgebied 2 (afb. 24), dat wordt begrensd door de Paradijsweg, heeft voornamelijk een verschuiving plaatsgevonden van Gt V naar Gt VI. Dit betekent dat met name de GHG is verlaagd. Over de GLG kunnen geen uitspraken worden gedaan, omdat de klassengrenzen elkaar overlappen. Uit de beperkte informatie uit Bijlage 7 blijkt dat enkele percelen in dit gebied zijn gedraineerd en een deel niet. Van meer dan de helft van dit gebied is geen nadere informatie aanwezig. Hierdoor is het niet mogelijk om de opgetreden verschillen nader te duiden. Voor dit gebied kan nog wel worden gezegd dat de ontwateringstoestand voor weidebouw in het algemeen goed is. Alleen de gebieden die direct grenzen aan het natuurgebied zijn thans voor grasland lokaal nog te nat (afb. 20). Verder dient nog te worden opgemerkt dat ook in dit gebied de dikte van de keileem sterk wisselt en varieert van 0 tot ruim 3 m.



Afbeelding 24 Resultaten Gt-vergelijking voor het deelgebied 2.

In deelgebied 3 (afb. 25) is het gebied dat in een vierhoek ligt tussen de kruising Eleveld en Esweg vooral droger geworden. In een groot deel van het gebied heeft er een verschuiving plaatsgevonden

van Gt V* naar Gt VI en van Gt II/III naar Gt III* (afb. 20 en 21). Dit betekent dat met name de GHG is verlaagd. Over de GLG kunnen geen uitspraken worden gedaan, omdat de klassengrenzen elkaar overlappen. Door het waterschap is het winterpeil in de beschouwde periode in totaal met 35 cm verhoogd en het zomerpeil met 25 cm verlaagd. Verder is de Ruimsloot ten zuidoosten van Eleveld aanmerkelijk verbreed (ca. 2 tot 5 m). De agrariërs hebben een groot deel van het gebied gedraineerd. Op basis van de bodemopbouw is de effectiviteit van drainage in de droger geworden gronden grotendeels matig tot goed (keileemdikte veelal beginnend tussen 100 en 130 cm -mv, op enkele locaties komt een tot hooguit enkele decimeters dikke lössleemlaag voor). Dit betekent dat door drainage in een groot deel van dit gebied de 'kop' van de GHG is afgehaald. In de laagste delen van het beekdal is de Gt niet gewijzigd. Het eventuele effect van verhoging van het winterpeil kan hierdoor niet worden aangetoond, echter binnen een Gt-klasse is een verandering wel degelijk mogelijk. Verder blijkt dat de dikte van de keileem in dit deel van het gebied aanzienlijk varieert met waarden van 0,00 tot ca. 1,25 m.



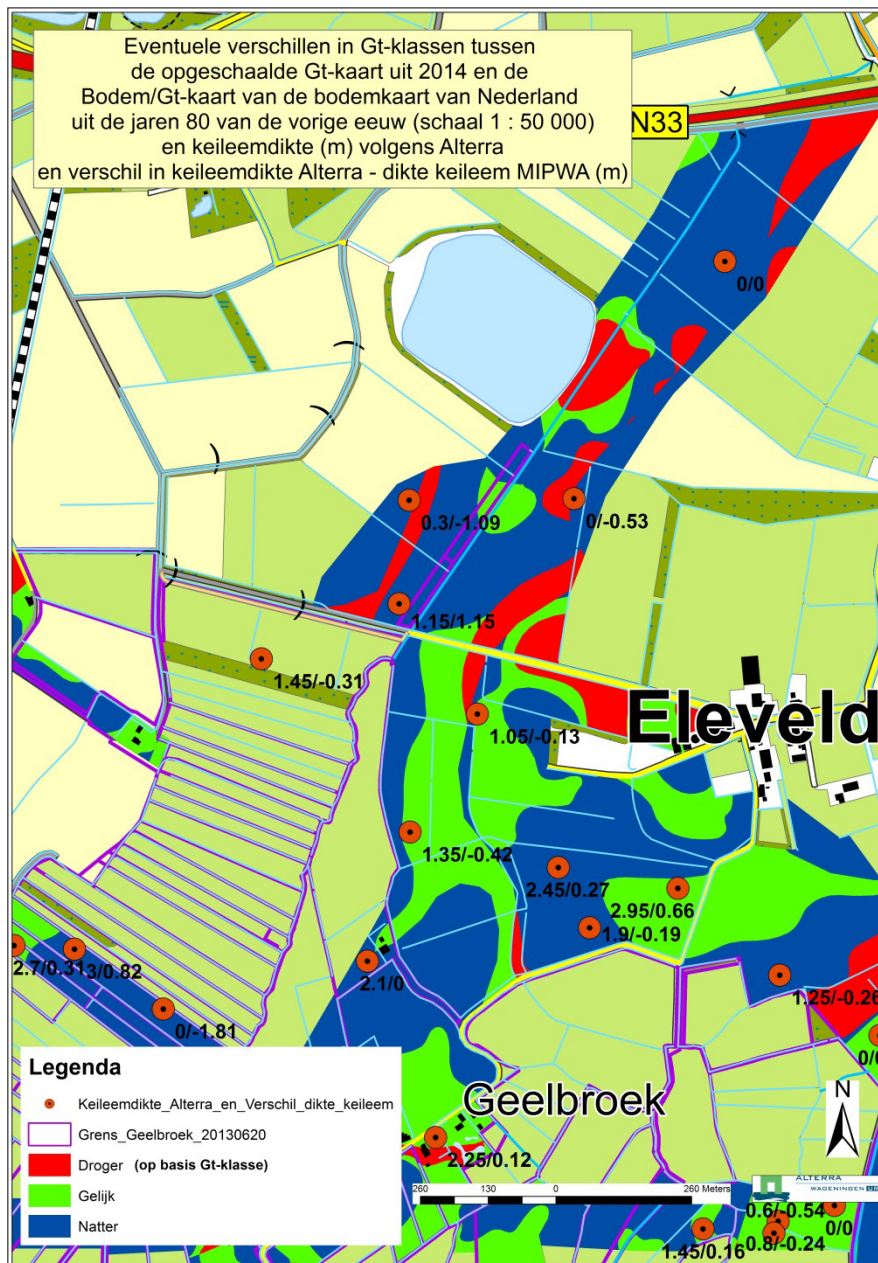
Afbeelding 25 Resultaten Gt-vergelijking voor het deelgebied 3.

In het gebied dat ligt in de driehoek Westelijke Ruimsloot en Esweg en direct grenst aan het natuurgebied is een strook relatief laag gelegen gronden natter geworden. Er heeft vooral een verschuiving van Gt V naar Gt II en III plaatsgevonden. Het waterschap heeft hier het winterpeil met 20 cm verhoogd en het zomerpeil met 20 cm verlaagd. De verlaging van het zomerpeil heeft geen aantoonbare invloed gehad op een verlaging van de GLG, ondanks dat deze gronden direct grenzen aan de Westelijke Ruimsloot. Deze gronden zijn als moerige (zWz) en veengronden (aVz) gekarteerd. Het is mogelijk dat door afbraak veen het maaiveld ter plaatse meer of minder is gedaald, waardoor het gebied natter is geworden. Verder is van dit gebied weinig aanvullende informatie aanwezig. Het is mogelijk dat een deel van deze vernatting is veroorzaakt door uitstraling vanuit het ernaast gelegen natuurgebied en door verhoging van het winterpeil in de Ruimsloot, echter we dienen rekening te houden met het feit dat de vernatting de resultante is van het samenvoegen van meerdere kleinere gebiedjes (gevolg opschalen langs grenzen) met diverse nattere Gt-klassen. Er kan dus hooguit gezegd worden dat dit deel natter is geworden, maar men mag in absolute zin niet de grenzen van de GXG's van de diverse onderscheiden kaartvlakjes met elkaar vergelijken.

In deelgebied 4 (afb. 26) is het relatief laag gelegen smalle gebied dat ligt in het beekdal van de Noordelijk Ruimsloot (noorden en noordwesten van Eleveld) voor een groot deel natter geworden. De Gt is vooral verschoven van Gt III naar Gt II (afb. 20 en 21). Het gebied vertoont een aantal relatief kleine vlakjes die het gevolg zijn van de opschaling (te kleine gebiedjes) en de interpretatie van de Gt-grenzen. Het waterschap heeft het winterpeil in dit gebied voor een deel met 5 cm verhoogd en het zomerpeil met 40 cm verlaagd en voor het noordelijke deel van het beekdal het zomerpeil met 20 cm verlaagd. Daarnaast heeft men de Ruimsloot ten westen van Eleveld sterk verruimd (Figuur B7.8 rechts). In Figuur B7.8 (links) is te zien dat er in het begin van de jaren zeventig uit de vorige eeuw veel zaksloten in een deel van dit gebied voorkwamen die men heeft dichtgemaakt en deels heeft vervangen door drainage die voor een deel weinig effectief is door het voorkomen van slecht doorlatende veen-/lösslemlagen in het 'ondiepe' bodemprofiel (Vroon en Kiestra, 2014). Hierdoor zal de afvoer vooral in de winter en in het vroege voorjaar worden vertraagd, waardoor het gebied is vernat. Een klein deel van de percelen in het zuidoostelijk deel van dit gebied heeft men rond gelegd, gedraineerd en men heeft een nieuwe sloot gegraven. Een deel van dit gebied is hierdoor droger geworden. De Gt's zijn hier verschoven van Gt III naar Gt III* en Gt V* naar Gt VI (afb. 20 en 21). Dit betreft voornamelijk de zandgronden (Vroon en Kiestra, 2014). De genomen maatregelen hebben geen effect gehad op de Gt's in de veengronden. De Gt's zijn hier voornamelijk verschoven van Gt III naar Gt II. Van de overige percelen in dit gebied ontbreekt nadere informatie met betrekking tot eventuele maatregelen die zijn genomen om wateroverlast tegen te gaan. Er dient nog wel te worden opgemerkt dat het zomerpeil in dit gebied aanzienlijk is verlaagd. In het relatief laag gelegen gebied kwamen destijds voornamelijk madeveengronden (aVz) voor met zand in de ondergrond binnen 120 cm -mv. Het veen in de bovengrondgrond is veraard. De ondergrond bestaat vooral uit mesotroof broekveen. Uit het onderzoek van Alterra (Vroon en Kiestra, 2014) blijkt dat er nu in een deel van het beekdal zandgronden voorkomen en dat de veendikte in het algemeen niet meer is dan ca. 70 cm. Door de aanzienlijke verlaging van het zomerpeil en indien relevant in combinatie met diepe grondbewerking/drainage is het mogelijk dat een deel van de veengronden is geoxideerd, waardoor het maaiveld is gedaald en zelfs zandgronden zijn geworden. Alterra heeft ten aanzien van de maaiveldhoogtes geen informatie ontvangen om dit te onderbouwen. Het is bij Alterra niet bekend wanneer de plas ten noorden van Eleveld is gegraven en of er een vast peil wordt gehandhaafd. De plas maakt contact met het watervoerende pakket onder de keileem. De diepe grondwaterstroming is noordelijk gericht. Als het plaspeil overeenkomt met de gemiddelde stijghoogte van het gebied waar de plas ligt, dan zal aan de zuidkant water de plas instromen en aan de noordkant water uit de plas wegstromen. Aan de zuidkant van de plas is er een verdrogend effect en aan de noordkant een vernattend effect. Dit effect kan mogelijk het droge vlak ten oosten van de plas mede verklaren.

Het landbouwgebied ten zuiden van de weg Eleveld is voor een deel natter geworden (afb. 26). Het betreft vooral een verschuiving van Gt V* naar Gt V (afb. 20 en 21) voor de relatief hoger gelegen gebieden en van Gt V naar Gt III voor de relatief lager gelegen gebieden in het beekdal van de Ruimsloot. Op de hoger gelegen gronden betreft het voornamelijk sterk lemige veldpodzolgronden met keileem in de ondergrond (meestal ruim beginnend binnen 1,20 cm -mv). In Figuur B7.8 (links) is te zien dat er in het begin van de jaren zeventig uit de vorige eeuw vooral in het lager gelegen gebied veel zaksloten in dit gebied voorkwamen die men heeft dichtgemaakt. Ook in het hoger gelegen

gebied kwamen zaksloten voor, echter minder intensief, die men ook heeft dichtgemaakt. Vrijwel alle gronden zijn dan ook verwerkt (Vroon en Kiestra, 2014). Het is niet bekend of men de percelen na het dichten van de zaksloten heeft gedraineerd. Het feit is wel dat door het dichten van de zaksloten de afvoer vooral in de winter en in het vroege voorjaar wordt vertraagd, waardoor het gebied zal worden vernat. Doordat Alterra niet weet of en in welke mate er is gedraineerd, is het niet mogelijk om de verschuiving van de Gt V* naar V op de hoger gelegen gebieden nader te duiden. Daarnaast dient ook te worden opgemerkt dat er na opschaling van de Gt-kaartvlakken in dit gebied een aantal relatief kleine Gt V-kaartvlakken zijn blijven bestaan die niet konden worden samengevoegd. Hierdoor lijkt het dus alsof sommige gebieden natter zijn geworden, terwijl dit niet zo hoeft te zijn. Aangezien het GHG-traject van Gt V (0-40 cm) het traject van Gt V* (20-40 cm) volledig overlapt, dienen we sommige natter geworden vlakken in dit gebied dan ook met de nodige zorgvuldigheid te interpreteren. Uit de informatie uit Bijlage 7 (Bijlage B7.3) blijkt het lager gelegen gebied dat deels ligt in het beekdal van de Ruimsloot en dat grenst aan het natuurgebied, deels is gedraineerd. Op basis van de bodemopbouw en de opgetreden vernatting mag worden gesteld dat de drainage weinig effectief is. Het waterschap heeft voor dit gebied het winterpeil met 5 cm verhoogd en het zomerpeil met 40 cm verlaagd. Verder heeft men ook de Ruimsloot verruimd. De verlaging van het zomerpeil heeft geen aantoonbaar effect gehad op de GLG. Door het dichten van de zaksloten en deze te vervangen door drainage die weinig effectief is, zal ook hier de afvoer vooral in de winter en in het vroege voorjaar worden vertraagd, waardoor het gebied zal worden vernat. Aangezien dit relatief laag gelegen gebied direct grenst aan het natuurgebied en doordat de keileemdiktes op sommige locaties in de laagst gelegen delen van dit landbouwgebied (geldt ook voor de relatief laag gelegen en natter geworden kaartvlakken ten zuidoosten van Eleveld) relatief dun (ruim 1 meter, afb. 26) zijn, is het mogelijk dat een deel van deze vernatting is veroorzaakt door uitstraling vanuit het aangrenzende natuurgebied.



Afbeelding 26 Resultaten Gt-vergelijking voor deelgebied 4.

In deelgebied 5 (afb. 27) komen in noordelijke richting relatief veel kleine vlakken voor die zijn ontstaan als gevolg van opschaling (afb. 21) en door verschil in interpretatie (zeer kleine vlakjes in de vorm van 'snippers') van de Gt-grenzen. Daarom zullen alleen de grotere vlakken nader worden beschouwd. In het noorden van het gebied tussen het spoor en Graswijk zijn sommige gebiedsdelen droger geworden. Er heeft hier een verschuiving plaatsgevonden van Gt V* naar Gt VI (vooral in het gebied parallel aan het spoor) en van Gt III naar Gt V. De Figuren B7.9 (links en rechts) laten zien dat in dit gebied het slotenpatroon op sommige locaties ten opzichte van de situatie in het begin van de jaren zeventig uit de vorige eeuw aanzienlijk is gewijzigd. Dit geldt ook voor een aantal zaksloten die zijn dichtgemaakt. De gronden in dit gebied zijn dan ook verwerkt (Vroon en Kiestra, 2014). Er is van dit gebied weinig informatie aanwezig of de percelen in dit gebied al dan niet zijn gedraineerd. Er kunnen hierover dan ook geen uitspraken worden gedaan of het droger worden het gevolg is geweest van succesvolle drainage. Ten aanzien van de bodemopbouw (Vroon en Kiestra, 2014) dient wel te worden opgemerkt dat de effectiviteit van drainage in een groot deel van dit gebied matig tot goed is (Bijlage B4.1 en B4.2).

In het midden van deelgebied 5 is vooral het relatief lage gebied dat grenst aan het natuurgebied natter geworden. Er heeft hier een verschuiving in de moerige gronden plaatsgevonden van Gt III naar Gt II. Dit gebied is niet gedraineerd. Het is dan ook mogelijk dat de verhoging van de GLG een

gevolg is van een toename van de kwel en de slechte afvoermogelijkheden door weinig of geen onderhoud aan sloten en greppels in het aangrenzende natuurgebied. Informatie over de keileemdiktes ontbreekt vrijwel helemaal, omdat tijdens de kartering maar tot een beperkte diepte is geboord. Over de GHG's kunnen geen uitspraken worden gedaan, omdat de klassengrenzen elkaar overlappen.

Even ten oosten van dit gebied komt een relatief groter vlak voor met beekeerdgronden, die ook natter zijn geworden. Hier heeft vooral een verschuiving plaatsgevonden van Gt V naar Gt III. Ook in dit relatief lager gelegen gebied zou de vernatting een gevolg kunnen zijn van kwel, die afkomstig is uit het natuurgebied. Echter, dit gebied ligt iets verder weg en er is nauwelijks informatie aanwezig over de dikte van de keileem.

Ten slotte is het zuiden van deelgebied 5 voornamelijk droger geworden. Er heeft hier een verschuiving plaatsgevonden van Gt V* naar Gt VI (afb. 20 en 21). Volgens Bijlage 7 (Bijlage B7.3) is een groot deel van dit gebied gedraineerd. Op basis van de bodemkundige informatie (Vroon en Kiestra, 2014) is de effectiviteit van drainage in dit gebied veelal matig tot goed. Hieruit volgt dat het droger worden van de gronden vooral het gevolg is van de in het gebied aanwezige drainage. Verdere informatie over waterhuishoudkundige ingrepen is niet aanwezig.



Afbeelding 27 Resultaten Gt-vergelijking voor deelgebied 5.

4 Conclusies

Voor een groot areaal landbouwgrond nabij Geelbroek is de aanleg van buisdrainage weinig effectief om de GHG te verlagen.

Per bodem-/Gt-vlak en per perceel is beoordeeld of drainage – er is hierbij alleen uitgegaan van de toepassing van traditionele buisdrainage – een duurzaam positief effect, matig effect of weinig/geen effect heeft op het verlagen van de GHG. Uit de analyse blijkt dat op ruim de helft van het areaal landbouwgrond, dat is beoordeeld op de geschiktheid voor buisdrainage, de keileem/lössleem dusdanig ondiep voorkomt in het bodemprofiel dat de aanleg van buisdrainage weinig effectief zal zijn. Uit de beoordeling blijkt ook dat ruim 23% van de gronden niet drainagebehoefstig is voor weidebouw, respectievelijk 10% voor akkerbouw. Bij de beoordeling is ervan uitgegaan dat het drainagemateriaal duurzaam meegaat en optimaal blijft functioneren.

De freatische grondwaterstanden/stijghoogten die op de zes peilbuislocaties met nieuw bijgeplaatste freatische peilbuizen zijn gemeten, tonen significante onderlinge verschillen tussen de twee ondiepste peilfilters.

Uit analyse van de waterstanden in de beide ondiepste buizen blijkt dat de waterstanden op deze zes buislocaties (tweezijdige bij overschrijdingskans van 5%) significant van elkaar verschillen. Wordt echter gekeken naar de spreiding van de verschillen in relatie tot mogelijke meetfouten en correlaties tussen beide filters, dan kan de historische freatische grondwaterstand goed worden geschat met behulp van het afgeleide regressiemodel. Voor vier buizen wordt een lineair regressiemodel gevonden en voor de twee andere buizen polynomen van resp. de tweede en de vierde graad.

Twee van de nieuw geplaatste filters dienen te worden gehandhaafd.

Bij twee van de zes nieuw geplaatste ondiepe filters worden op natte meetmomenten dusdanige verschillen gevonden tussen het nieuw bijgeplaatste ondiepe peilfilter en het reeds langer aanwezige ondiepste filter, dat wordt geadviseerd deze nieuw geplaatste ondiepe filters te handhaven voor meting van de freatische grondwaterstand.

Het is niet geheel duidelijk of de Gt-kaart schaal 1 : 50 000 de situatie na de ruilverkaveling Rolde weergeeft.

Het veldwerk voor het schatten van de GHG's, GLG's en Gt's op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, kaartblad 12 West-Assen, is geschied in de periode 1983-1985 en in 1987. Voor het onderbouwen van de GxG-schattingen worden waarnemingen uit peilbuizen gebruikt over een periode van ten minste acht jaar (exakte periode en duur is niet bekend). Dit betekent dat de grondwaterstandgegevens zeker gedeeltelijk betrekking hebben op de periode voorafgaand aan de ruilverkavelingswerken. Voor het samenstellen van de kaart heeft men dan ook informatie gebruikt die dateert van voor de ruilverkaveling Rolde. Het is niet bekend wanneer op welk moment en waar op het kaartblad de kartering is uitgevoerd. De ruilverkaveling Rolde is in 1987 afgesloten (Bijlage 7), de werkzaamheden in het kader van de ruilverkaveling Rolde zijn omstreeks 1982 uitgevoerd (opgave Prolander). Daarnaast is uit de informatie van Prolander vaak niet duidelijk wanneer er is gedraineerd.

Omdat niet bekend is over welke periode (en duur) men de GHG's en GLG's van de freatische grondwaterstanden in de peilbuizen heeft berekend, kunnen geen uitspraken worden gedaan over het effect van een eventueel verschil in neerslagoverschot tussen beide beschouwde perioden op de freatische grondwaterstand.

Vergelijking van de opgeschaalde recentelijk gekarteerde Gt-kaart voor Geelbroek met de Gt van de bodemkaart 1 : 50 000 laat zien dat als gevolg van de ingrepen sinds de jaren tachtig zowel vernatting als verdroging is opgetreden.

In het natuurgebied zien we een toename van de vernatting door verschuiving van Gt III naar Gt II. Het landbouwgebied is ten oosten en noorden van het natuurgebied voornamelijk natter geworden en aan de zuidzijde voornamelijk droger.

De aanleg van buisdrainage heeft in gebieden die geschikt zijn om te draineren geleid tot verdroging, omdat de 'kop' van de GHG is gehaald.

De verwijdering van zaksloten, zonder dat percelen vervolgens als compensatie succesvol kunnen worden gedraineerd, heeft geleid tot vernatting van percelen. Opzet van winterpeilen in de Ruimsloot kan eveneens leiden tot een stukje vernatting van de omgeving. Tevens kan de vernatting van natuurgebied Geelbroek mogelijk uitstralen naar de omgeving, waardoor ook daar vernatting optreedt. Verder kan mogelijk ook een verminderde werking van drainage aanleiding zijn van vernatting. Dit kan echter niet meer worden aangetoond. Daarnaast geeft een deel van de agrariërs aan dat de buisdrainage, die in het kader van de ruilverkaveling is aangelegd, vanaf het begin niet of nauwelijks heeft gewerkt. Lokaal kan vernatting zijn opgetreden door daling van het maaiveld als gevolg van oxidatie van het veen.

Bij de vergelijking van de opgeschaalde recentelijk gekarteerde Gt-kaart met de Gt van de bodemkaart 1 : 50 000 zijn sommige Gt-klassen met betrekking tot de GHG of GLG niet onderscheidend.

Op basis van de beschikbare gegevens blijkt dat zowel bij vernatting als verdroging van percelen de verandering bij diepe Gt's (Gt V, V*, VI en VII) wordt bepaald door de GHG, omdat de GLG niet onderscheidend is en bij ondiepe Gt's (Gt I, II en III) door de GHG, omdat de GHG's in dezelfde klasse vallen.

Literatuur

- Bakel, P.J.T. van, G.A.P.H. van den Eertwegh, H.T.L. Massop en J. Brandsma, 2013.
Klimaatadaptieve Drainage. Landelijke geschiktheid van conventionele samengestelde peilgestuurde en klimaatadaptieve drainage. Wageningen, FutureWater Rapport 118.
- Bakker, H. de en J. Schelling, 1989.
Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Wageningen, PUDOC.
- Bodemkaart van Nederland, 1978.
Toelichting bij kaartbladen 17 West Emmen en 17 Oost Emmen. Wageningen, Stiboka.
- Bouwman, L.H., 1953.
Drainage van landbouwgronden. Meppel, Ceres land- en tuinbouwwreeks.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995.
Handleiding bodemgeografisch onderzoek. DLO-Staring Centrum, Wageningen. Technisch Document 19D.
- CoGroWa, 1984.
Landbouwkundige aspecten van grondwateronttrekking. Werkgroep Landbouwkundige Aspecten, Utrecht.
- Consulentschap in algemene dienst voor bodemaangelegenheden in de Landbouw, 1984.
Vlugschrift voor de landbouw. Nr. 361. Wageningen, Ministerie van Landbouw en Visserij
- Heesen, H. van en G. Westerveld, 1966.
Karakterisering van het grondwaterstandsverloop op de bodemkaart. Cultuurtechnisch tijdschrift, jaargang 5.
- Heesen, H. van, 1971.
De weergave van het grondwaterstandsverloop op bodemkaarten. Boor en Spade 17, p. 127 - 149. Wageningen, Stiboka.
- Horst, H., 1988.
Aanleg en onderhoud van drainage. De landbode/Groninger Maatschappij van landbouw. Deel 43, nummer 34, blz. 17 en 18.
- Houben, J. M. M. Th., 1981. Bodemdichtheid en gewasgroei. Cultuurtechnisch tijdschrift, okt/nov, jaargang 21 nr. 3.
- Knaap, W.C.A van der. en F.A. Wopereis, 1987.
De inventarisatie van bodemkundige gegevens voor diverse takken van tuinbouw en recreatieve bodemgebruiksvormen. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Interne Mededeling nr. 83.
- Knibbe, M. en B. Marsman, 1961.
Grondwatertrappenindeling in Overijsselse zandgronden. Voorlopige wetenschappelijke mededelingen (no. 16). Wageningen, Stiboka.
- Kuijer, P.C., 1991.
Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Toelichting bij kaartblad 12 West Assen. Wageningen, Stiboka.

-
- Kooistra, K., 1989.
Drainage en andere wijzen van ontwatering. Praktijkreeks Veehouderij. Doetinchem.
- Ministerie van landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, 1954.
Cultuurtechniek. Den Haag, Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf.
- LBL, 1996.
Water op peil. Perspectieven van waterconservering in het zandgebied van Noord-Brabant; een agro-hydrologische analyse. LBL, Tilburg.
- Peerboom, J.M.P.M., 1990.
Waterhuishoudkundige schadefuncties op grasland. Staring Centrum, Wageningen. Rapport nr. 43.
- Reuling, T.H.M., 1988.
Achtergronden vlugschrift aanleg en onderhoud van drainage. Deel 34, nummer 2, blz. 155-166.
- Schunselaar, S. en B. de Greeff, 2010.
Hydrologisch onderzoek Geelbroek. MIPWA modellering. Assen, Grontmij. Projectnummer: 283159 en Referentienummer: 283159
- Schunselaar, S, B. de Greeff en S.Rijkema, 2013.
Hydrologisch onderzoek Geelbroek-Laaghalen: Actualisatie MIPWA modellering 2013. Assen, Grontmij. Projectnummer: 332750 en Referentienummer: GM-0120437
- Sluijs, P. van der en Th. van Egmond, 1976.
Facetten van grondwatertrappen in zandgronden. Wageningen, Stiboka. Rapport 1329.
- Sluijs, P. van der, 1982.
De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. H2O tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling 15-3: 42-46.
- Sluijs, P. van der en H.C. van Heesen, 1989.
Veranderingen in de berekening van de GHG en GLG. Landinrichting 29, 1: 18-21.
- Soesbergen, G.A. van, C. van Wallenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986.
De interpretatie van bodemkundige gegevens. Systeem voor geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering rapport nr. 1967.
- Stol, P.H., 1960.
Grondwaterstanden onder verschillende klimatologische omstandigheden. Overdruk uit het landbouwkundig tijdschrift 72ste jaargang no. 18.
- Vroon, H.R.J., 2001.
Startnotitie. Inventarisatie van bodemkundige factoren die van invloed zijn op de wateroverlast voor grasland. Alterra, Afdeling Bodem en Landgebruik.
- Vroon, H.R.J. en E. Kiestra, 2014.
Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het gebied Geelbroek. Wageningen, Alterra-rapport 2586.
- Vroon, H.R.J. en H. Th. L Massop, 2015.
Peilbuizenmeetnet in en rond het natuurontwikkelingsgebied Geelbroek (fase 2). Wageningen, Alterra-rapport 2654.

VSN International (2012).

GenStat Reference Manual (Release 15), Part 1 Summary. Hemel Hempstead, UK: VSN International.

Werkgroep HELP-tabel, 1987.

De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Landinrichtingsdienst. Utrecht, Landinrichtingsdienst nr. 176.

Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988.

Cultuurtechnisch Vademecum. Utrecht, Cultuurtechnische Vereniging.

Wesseling, J., 1957.

Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden. Verslag landbouwkundig onderzoek 63.5.

Bijlage 1 Enige relevante informatie per bodem-/Gt-vlak en toegekende effectiviteit voor weidebouw en akkerbouw

OBJECTID	AREA	VLAk_NR	BODEM	VLAk_GHG	VLAk_GLG	GHG_toeko m	OPMERKING	Weidebouw	Akkerbouw
2	2884	221	Hn35xVbo	30	170	25	Keileem begint op ca 60 cm, te ondiep	3	3
3	438	229	aWpxIIla	15	115	12	Keileem op ca 60 cm, te ondiep	3	3
5	148	83	hWzXIIa	5	70	4	Keileem op ca 50 cm, te ondiep	3	3
6	8246	220	Hn35XGIIla	0	90	-2	Keileem op 30 cm	3	3
8	383	174	Bebouw-	0	0	0	N.v.t.	6	6
9	2393	167	Bebouw-	0	0	0	N.v.t.	6	6
10	6445	180	Bebouw-	0	0	0	N.v.t.	6	6
14	10030	168	tZg55XFIIla	10	105	10	Roest, keileem binnen 60 cm	3	3
16	12966	169	cHn33xVId	60	185	59	Weidebouw goed, van 105 tot 130 lössleembandjes, keileem vanaf 130, niet beperkt	4	1
18	10406	39	tZg35tFIIlb	30	110	27	Lössleem op 85 cm, op 155 cm keileem, draindiepte iets beperkt	2	2
20	855	38	zWztFIIla	15	90	14	Zie 23	2	2
21	10276	14	hVzIIa	10	65	8	45-60 cm beekleem, op 85 cm lössleem, zeer slecht doorlatende laag op 45-60 cm	3	3
22	21693	28	hVzIIa	15	65	14	Lössleem 80 cm, veen tot 80 cm	3	3
23	8733	35	zWztFIIla	15	90	13	Kaartvlak is al deels gedraineerd; volgens Smeenge is het perceel direct genzend aan het pad droger geworden door de drainage	2	2
24	290	72	tZg33xFIIlb	25	115	20	70-90 iets lössleem, keileem op ca 90 cm, draindiepte iets beperkt door lössleem op ca 70 cm	2	2
25	538	71	zWzxFIIla	10	90	9	30-60 cm slecht doorlatende kleig veen, keileem op ca 60 cm	3	3
26	6018	70	zWpxFVao	15	145	13	Veen verwerkt tot 35-50 cm, keileem begint op 60 cm, keileemdikte beperkend	3	3
27	12188	25	Hn35xFVao	15	160	13	Keileem vanaf 85 cm erboven goed doorlatend zand, drainage beperkt qua diepte	2	2
28	12309	69	Hn35xVbd	25	200	21	Keileem op ca 60 cm, te geringe dikte voor effectieve drainage	3	3
29	11207	68	Hn35xVbd	25	200	23	Keileem rond 60 cm te ondiep om te draineren	3	3
30	5652	67	aWpxVao	10	140	13	25-60 cm veen, keileemresten verwerkt, keileem op 60 cm te ondiep	3	3
31	8379	66	Hn35xVao	15	150	15	Keileem begint tussen 60 en 80 cm -mv.	3	3
32	2998	65	Hn33Vlo	55	150	53	GHG optimaal voor weidebouw, keileem op 140 cm, iets lössleem 100-140 cm	4	1
33	11727	64	tZg35xIIla	20	115	28	Roest, keileem op 65 cm en meer, erboven sterk lemig zand	3	3
34	14147	63	aVzIIa	15	65	11	60-80 cm slecht doorlatend materiaal, tot 110 cm veen, niet te draineren	3	3
35	1752	62	aWzxIIla	20	105	16	45-70 cm gelaagd met lössleem, 110-120 cm lössleem	3	3
36	1340	61	aWzxIIla	15	90	33	Op 80 cm keileem, verwerkt, draindiepte iets beperkt	2	2
37	1	55	Hn33xVbd	25	195	0	Oppervlakte te gering	7	7
38	14773	54	Hn33xFVbo	25	160	22	Keileem op 100 cm, erboven net zwak lemig	1	2
39	3828	53	aVztIIa	10	65	6	Lössleem op 50 cm, niet draineren	3	3
40	21444	51	zWzxFIIla	15	100	12	Keileem op 80 cm, boven keizand, 0-60 cm Fors sterk lemig, 25-40 cm slecht doorlatend veen (DK= kleig veen)	3	3
42	5	50	Hn33xVlo	60	160	0	Oppervlakte te gering	7	7
43	7482	46	aWzxIIa	5	70	2	Gemiddelde keileem op 65 cm, diepte te beperkt om te draineren	3	3
44	6627	40	Hn33xFVao	15	160	13	Keileem op 70 cm en keileem op 50 cm, verwerkt, keileem op ca 60 cm.	3	3
45	15722	75	aWzxIIla	10	95	7	Lössleem op 30-45 cm, keileem begint op 60-70 cm, diepte te beperkt voor drainage ²	3	3

² Dit vlak heeft een 22-40 cm dikke moerige bovengrond. Daarnaast is in verband met de heterogeniteit van de ondergrond informatie meegenomen van naastgelegen vlaknr. 234 met nabijgelegen boorinformatie; dit perceel is in het verleden gedraineerd en verwerkt. Als gevolg hiervan is de moerige bovenlaag verdwenen en vervangen door een sterk lemige, matig fijnzandige bovengrond, met keileem beginnend op een diepte van 60 à 70 cm.

47	10183	78	Hn33xVbo	30	140	30	Keileem op 75 cm, keileem iets beperkend	2	2
48	29867	79	Hn33xVbo	30	140	27	Keileem op 100 cm, prima te draineren	1	2
49	19190	34	zWzFIlla	10	90	8	Lössleem op 60 cm, keileem op 115 cm, lössleem beperkend op 60 cm	3	3
50	31379	73	tZg35xFIlla	15	100	13	Roest, bovengrond slecht doorlatend, tot 45 verwerkt, keileem varieert van 65-100 cm	3	3
51	30882	77	tZg35xIlla	15	100	12	Roest, 0- 30 cm Slecht doorlatende lutumhoudende bovengrond, keileemdiepte varieert van 50-75 cm	3	3
52	4489	76	zWzFIlla	10	75	6	Keileem begint op 100 cm, tot 70 cm zeer goed doorlatend, verwerkt tot 30 cm met keileemresten, doorlatendheid beperkt	2	2
53	77	84	hWzXIIa	5	70	3	Keileem op ca 50 cm, 0-25 cm kleiig veen (DK) slecht doorlatend	3	3
54	8037	85	ktZgXIIa	10	90	14	Roest, slecht doorlatende kleiige bovengrond, keileem op ca 55 cm	3	3
55	9593	52	zWzFIlla	10	75	6	Slecht doorlatend, sterk lemig zand tot 70 cm, zware keileem op 70 cm, verwerkt, beperkte draindiepte	3	3
56	1238	90	hWzXIIa	10	75	2	Keileem binnen 60 cm, bovengrond kleiig veen	3	3
57	15	97	Hn53xVbo	25	140	0	Oppervlakte te gering	7	7
58	10	98	Hn35xIIa	20	115	0	Oppervlakte te gering	7	7
59	7289	114	Hn53xFVbo	25	150	-2	Keileem op 80 cm, draindiepte iets beperkt	2	2
60	144	116	aWpXVao	10	125	-14	Keileem binnen 60 cm	3	3
61	981	119	tZn35XFIIa	10	105	-13	25-40 cm kazige B horizont, keileem vanaf 50 cm	3	3
62	8639	121	Hn53xFVbo	25	150	19	Keileem begint op 85 cm, draindiepte iets beperkt, grond tot 50 cm verwerkt	2	2
63	2688	132	Hn35xVao	15	150	29	Keileem begint op ca. 80 cm. Op 60 cm begint goed doorlatend keizand. Draindiepte beperkt tot 70 cm.	2	2
64	14375	143	Hn33xVbd	35	185	50	Op basis toekomstige GHG geschikt voor weidebouw, keileem op 75 cm	4	2
65	3001	153	Hn35xVao	15	160	37	Keileem begint op ca 60 cm, te ondiep	3	3
66	3499	154	zVpxIIa	10	110	6	Tot 70 cm veen, keileem begint op 90 cm, veen met slecht doorlatende podzol (70-90 cm), slecht doorlatend, drainage weinig effect	3	3
67	6520	155	Hn35xVao	15	150	16	Keileem begint op ca 60 cm, draindiepte te beperkt	3	3
68	1557	156	Hn35xVao	15	150	40	Keileem begint op ca 60 cm, keileem beperkend	4	3
69	30718	157	Hn33xVbo	30	170	23	Keileem op 60 cm te ondiep	3	3
70	11393	158	Hn33xVbd	30	190	42	Voor akkerbouw te nat, keileem begint op ca 60 cm	3	3
71	60928	148	Hn33xVld	60	210	61	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden	4	4
72	18677	115	Hn53xFVld	50	200	27	Keileem begint op 70 cm, keileem beperkt de drainagediepte enigszins	2	2
73	171	135	Hn35xVao	15	150	5	Keileem ondieper dan 60 cm, keileemdiepte beperkend	3	3
74	2767	136	Hn35xVao	15	170	21	Keileem begint op ca 60 cm, boven keileem zwak lemig zand	3	3
76	30183	146	Hn33xVlo	50	170	56	Weidebouw geen drainage, akkerbouw beperkt, roest, deels lössleem op 80-110 cm, keileem vanaf 100 cm	4	2
77	2266	137	Hn53xVbo	35	170	60	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden	4	4
78	8729	147	Hn33xVld	60	210	52	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem op 105 cm, nauwelijks beperkt	4	1
79	7379	138	Hn53xVbo	35	170	41	Geschikt voor weidebouw, voor akkerbouw draineren, keileem begint tussen 60 en 80 cm -mv.	2	2
80	3757	139	Hn33xVbd	35	185	49	Roest, keileem op 75 cm, weidebouw geschikt, akkerbouw iets te nat	4	2
81	4695	140	Hn35xVbd	25	185	27	Keileem op 45 cm, draindiepte beperkt effectieve drainage	3	3
82	11466	162	zWzFIIlb	35	115	47	Keileem begint tussen 60 en 80 cm -mv.; perceel is waarschijnlijk al gedraineerd	2	2
83	7112	163	Hn33xVld	60	185	58	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem op 100 cm, iets beperkt	4	2
84	3145	164	Hn33xFVlo	55	135	58	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, lössleem vanaf 80 cm, keileem op 100 cm	4	2
85	3379	165	tZn35xFVlo	50	125	50	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem op 60 cm	4	3
86	2258	166	zVzFIIa	20	95	22	Veen tot 80 cm -mv. Zeer slecht doorlatende gliedelaag 30 tot 55 cm.	3	3

87	1598	170	cHn33xVbo	35	160	37	Weidebouw geschikt, keileem begint tussen 80 en 120 cm -mv.	4	2
88	1791	175	cHn33xVbo	30	155	31	Tussen 75-135 gelaagd keileem, erboven zwak lemig zand, draindiepte beperkt door keileem	2	2
89	959	176	cHn33xVld	60	185	55	Keileem varieert van 95 tot 130 cm, lössleem van 105-130 cm, keileem begint tussen 80 en 120 cm -mv.; hoge rug net echt drainage-behoefstig	4	2
90	3945	177	zVdIIa	5	65	4	Tussen 50-90 gliede, tussen 90-160 gyttja, zeer slecht doorlatend	3	3
91	4194	178	cHn35xFVbo	25	170	22	Op 70 cm keileem, beperkt de draindiepte, maximaal 60 cm zwak lemig boven het keileem	2	2
92	12223	179	tZg55XFIIa	10	105	10	Roestige keileem binnen 60 cm	3	3
93	4392	182	cHn33xFVbo	35	170	32	Keileem op 75 cm beperkte draindiepte, boven keileem zwak lemig zand	2	2
94	2919	172	Hn33xVbo	30	160	28	Deels verwerkt, keileem op ca 70 cm diepte, boven keileem zwak lemig, drainagediepte beperkt door keileem	2	2
95	1790	187	hWzxFIa	5	70	7	25-55 cm slecht doorlatende kleiige veenlaag, bovengrond slecht doorlatend, keileemdiepte varieert van 50-85 cm	3	3
96	5436	188	hWzxIIa	5	75	15	Keileem begint op ca 60 cm, draindiepte beperkt door keileemdiepte	3	3
97	5678	190	zVcIIa	5	65	4	Profiel bestaat geheel uit veen tot 120 cm, niet draineren	3	3
98	74826	191	tZg55XFIIa	10	105	13	Roest, keileem te ondiep 40-70 cm, gemiddeld ondieper dan 60 cm en enkele storende venige kleilagen 50-70 cm	3	3
99	3898	192	tZg33xFVbo	25	130	24	Roest, keileem op 70 cm, verwerkt, Doorlatendheid beperkt, draindiepte beperkt door keileemdiepte	2	2
100	5752	208	Ophoog-	0	0	0	Voormalig stort, niet draineren	3	3
101	3274	209	zVsIIa	10	90	7	Tot 80 cm zeer slecht doorlatendheid, bestaat volledig uit veen, niet draineren, keileem op 150 cm, veen slecht doorlatend	3	3
102	8232	210	zWpxFIIa	15	115	11	Keileem op 150 cm verwerkt en keileem op 80 cm, draindiepte enigszins beperkt door keileemdiepte rond 70 cm	2	2
103	1232	211	aWpXIIa	10	120	8	Keileem op 50 cm, te beperkte dikte	3	3
104	880	212	Hn35xFVbo	30	160	22	Keileem op 100 cm, met net sterk lemige bovengrond	1	2
106	4059	228	Hn35xFVao	10	135	7	Keileem op ca 60 cm, te ondiep om te draineren	3	3
107	6947	227	Hn35xFVbo	25	160	18	Keileem op 110 cm, deels zwak lemig, prima te draineren	1	1
108	36	226	cHn35xFVbo	25	165	0	Oppervlakte te gering	7	7
109	61	225	cHn35xFVao	10	140	12	keileem begint tussen 60 en 80 cm -mv.; plaatselijk nog ondieper, maar soms ook weer zandiger lagen	3	3
110	4062	224	aWpxFIIa	10	115	-37	Keileem op ca 60 cm, draindiepte te gering	3	3
111	4005	223	cHn35xFVbo	30	165	18	Keileem op ca 60 cm, diepte beperkend	3	3
112	1520	222	aWpxFIIa	10	115	26	keileem begint tussen 60 en 80 cm -mv.; plaatselijk nog ondieper, maar soms ook weer zandiger lagen	3	3
113	2118	213	zWpxFVao	15	135	12	Geen storende lagen tot 110 cm (x11), laag boven keileem zwak lemig	1	1
114	5058	214	Hn33Vld	60	200	55	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem begint op 115 cm	4	1
115	46	215	VsIIa	5	60	8	Slecht doorlatend veen gyttja en gliede (75-135)	3	3
116	175	216	Hn33xVbo	30	160	25	Keileem begint tussen 60 en 80 cm - mv.; plaatselijk nog ondieper, maar soms ook weer zandiger lagen	3	3
117	3474	217	aWpxVao	15	130	10	Keileem begint tussen 60 en 80 cm - mv.; plaatselijk nog ondieper, maar soms ook weer zandiger lagen; kaartvlak ligt grotendeels in bos	3	3
118	203	193	aWpxVao	15	130	12	Zie 117: keileem begint tussen 60 en 80 cm - mv.; plaatselijk nog ondieper, maar soms ook weer zandiger lagen; ingesloten laagte binnen perceel	3	3
119	12245	195	Hn33Vld	60	200	52	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem op 180 cm	4	1
120	2987	196	Hn33xVld	60	200	39	Op basis toekomstige GHG geschikt voor weidebouw, voor akkerbouw draineren	4	1
121	2016	197	VpxIIa	5	65	3	Storende gliedelaag 50-70 cm, bovengrond veen	3	3
122	14650	198	Hn33xVld	60	200	50	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem van 110-125 cm	4	1
123	5089	199	Hn33FVld	60	200	59	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem op 125 cm	4	1
124	1991	200	aWpxIIa	15	115	23	Keileem op ca 60 cm, diepte beperkend	3	3

125	6564	201	aWpxVbo	25	135	20	Keileem begint op 100 cm: keileem begint tussen 80 en 120 cm -mv.; kaartvlak ligt grotendeels in bos	2	2
126	36247	202	Hn33xFVbo	30	160	26	Deels verwerkt, keileem op ca 70 cm diepte, boven keileem zwak lemig, drainagediepte beperkt door keileem	2	2
127	423	204	Vdla	0	30	0	60-210 cm slecht doorlatend veen en gyttja	3	3
128	900	205	VpxIIa	5	60	5	Slecht doorlatend veen op ca 60 cm	3	3
129	7932	189	aWpxIIIIa	15	105	16	Keileem begint op ca 60 cm, keileemdiepte beperkend voor drainage	3	3
130	1006	218	Hn33xVId	60	200	51	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden voor weidebouw, keileem op 135 cm	4	1
131	23674	219	Hn33xFVbo	30	160	25	Keileem begint op 130 cm en 115 cm, erboven zwak lemig zand, prima te draineren	1	1
132	14404	45	aWzxIIa	5	70	1	Keileem op 65 cm, diepte te beperkt om te draineren, keileemdiepte beperkend begint op 60 cm	3	3
133	1019	230	tZn55xFIIIIa	0	90	-1	Keileem binnen 60 cm	3	3
134	4442	231	tZg55xHVao	10	125	6	Verwerkt tot 55 cm, lössleem op 100 cm, erboven sterk lemig materiaal	2	2
135	6770	232	tZn55xFIIIIa	5	100	2	Keileem begint op ca 50 cm	3	3
136	3035	233	aWzxFIIIIa	5	85	10	40-60 cm lössleem, keileem op 75 cm, storende laag ondieper dan 60 cm	3	3
137	28986	234	tZn55xFIIIIa	10	100	6	Keileemdiepte ca 60 a 70 cm	3	3
138	3665	235	aWzxIIIIa	0	85	3	Slecht doorlatende lössleem op 30-45 cm, op 90 cm lössleem, profiel slecht doorlatend	3	3
139	2119	236	Hn33xVlo	60	165	69	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden	4	4
140	2768	237	tZn55xFIIIIa	10	100	14	keileem op 60 cm en 70 cm, verwerkt, keileem begint te ondiep, verwerkt.	3	3
141	2687	238	Hn35xVao	10	130	14	keileem begint te ondiep en wel op een diepte van 65 cm -mv.	3	3
142	10062	239	tZg55xFVao	20	125	23	Keileem op 55 en 65 cm, keileem te ondiep, roest	3	3
143	15511	245	Hn35xVbo	30	145	32	Keileem op 70 cm, weidebouw beperkend i.v.m. sterk lemige bovengrond, akkerbouw drainage noodzakelijk, keileemdiepte iets beperkend	2	2
144	6881	246	Hn35xVId	45	185	44	Keileem rond 75 cm, weidebouw goed, akkerbouw te draineren	4	2
145	8579	249	Hn35xVlo	45	150	44	Keileem op ca 80 cm, weidebouw goed, akkerbouw te draineren; draindiepte iets beperkend	4	2
146	30056	250	Hn33xVId	65	210	66	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden	4	4
147	14701	254	Hn33xVIId	90	240	86	Hoeft op basis GHG in toekomst niet gedraineerd te worden	4	4
148	432	258	Hn35xVbo	30	160	-30	Keileem begint tussen 80 en 120 cm -mv.	2	2
149	1124	43	Hn35xVao	10	135	9	Keileem op ca 60 cm, te geringe dikte voor effectieve drainage	4	3

Drainage code	Effectiviteit drainage
1	Goed
2	Matig
3	Weinig of geen
4	Optimaal voor de weide- en akkerbouw
6	Niet gekarteerd
7	Te klein oppervlak

Bijlage 2 Geschiktheidsbeoordeling weidebouw, arealen in procenten en m²

Tabel B2.1

Geschiktheidsbeoordeling weidebouw, arealen in procenten.

Weidebouw Perceelsnum mer	Drainageklasse in procenten binnen de buffer				Totaal	Opmerking
	1	2	3	4		
6	41.3%		58.7%		100%	
9	100.0%				100%	
10		20.1%	79.9%		100%	
11		29.6%	70.4%		100%	
13	70.6%	11.2%	4.4%	13.9%	100%	
14		44.8%		55.2%	100%	
15		14.3%	85.7%		100%	
16		35.6%	64.4%		100%	
17		47.2%	3.2%	49.5%	100%	
18		51.1%		48.9%	100%	
19		90.7%	9.3%		100%	
22		1.4%	98.6%		100%	
23		35.9%	4.6%	59.5%	100%	
25		57.4%	12.8%	29.8%	100%	
27	38.9%	4.2%	56.9%		100%	
28			100.0%		100%	
29		52.7%	47.3%		100%	
30			100.0%		100%	
31		22.7%	77.3%		100%	
32			100.0%		100%	
34		13.8%	86.2%		100%	
35		1.0%	99.0%		100%	
37		6.0%	94.0%		100%	
38		7.2%	92.8%		100%	
43		95.5%	4.5%		100%	
45		100.0%			100%	
46		78.7%		21.3%	100%	
49				100.0%	100%	
52				100.0%	100%	
53				100.0%	100%	
55		5.5%	94.5%		100%	
56		49.4%	9.7%	40.8%	100%	
57			99.9%	0.1%	100%	
58		22.5%	32.2%	45.3%	100%	
59		29.3%	46.7%	24.0%	100%	
60		3.8%		96.2%	100%	
62			52.6%	47.4%	100%	
63			72.2%	27.8%	100%	
64				100.0%	100%	
65			32.5%	67.5%	100%	
67			60.7%	39.3%	100%	
70			38.9%	61.1%	100%	
73				100.0%	100%	
82			100.0%		100%	
84			97.9%	2.1%	100%	
89			89.5%	10.5%	100%	
90			100.0%		100%	
91	29.8%		70.2%		100%	
93			100.0%		100%	
94			100.0%		100%	
95			100.0%		100%	
96		13.1%	86.9%		100%	
97		0.0%	99.7%	0.3%	100%	
98			76.3%	23.7%	100%	
102				100.0%	100%	
103		15.8%	84.2%		100%	
105				100.0%	100%	
106		43.1%	56.9%		100%	
107		7.6%	92.4%		100%	
108		11.7%	88.3%		100%	
113		33.2%	66.8%		100%	
114		100.0%			100%	
9001	18.4%	24.5%	47.3%	9.8%	100%	
9004		97.6%	2.4%		100%	
9005			100.0%		100%	
9010		36.3%	1.9%	61.8%	100%	

9012		100.0%	100%	Contract getekend
9014			100.0%	100%
9015	63.2%	36.8%	100%	

Tabel B2.2

Geschiktheidsbeoordeling weidebouw, arealen in m².

Weidebouw Perceelsnum mer	Drainageklasse in m ² binnen de buffer					Opmerking
	1	2	3	4	Totaal	
6	867		1232		2099	
9	13				13	
10		855	3403		4258	
11		3495	8303		11797	
13	25745	4077	1591	5061	36473	
14		6351		7824	14175	
15		2317	13902		16218	
16		10127	18327		28454	
17		2953	203	3095	6250	
18		4986		4769	9755	
19		73	8		81	
22		290	20990		21279	
23		5405	687	8945	15037	
25		9799	2190	5089	17078	
27	19021	2044	27827		48892	
28			3829		3829	
29		1307	1174		2481	
30			4673		4673	
31		3287	11165		14452	
32			4167		4167	
34		4392	27358		31750	
35		128	13213		13341	
37		519	8193		8712	
38		3898	49949		53847	
43		17167	803		17970	
45		4529			4529	
46		1791		485	2276	
49				4837	4837	
52				2424	2424	
53				4675	4675	
55		9	149		158	
56		11466	2258	9465	23189	
57			11	0	11	
58		15511	22217	31237	68966	
59		4580	7302	3757	15639	
60		2133		53973	56106	
62			14812	13325	28137	
63			6897	2650	9547	
64				1935	1935	
65			4900	10187	15087	
67			9242	5979	15221	
70			19280	30294	49574	
73				100	100	
82			16839		16839	
84			6202	134	6336	
89			19999	2342	22341	
90			218		218	
91	14773		34865		49638	
93			5585		5585	
94			13670		13670	
95			12961		12961	
96		3764	24945		28709	
97		1	9028	28	9056	
98			3124	971	4094	
102				7663	7663	
103		1340	7136		8477	
105				18950	18950	
106		6522	8620		15142	
107		1845	22543		24388	
108		366	2748		3113	
113		3417	6873		10290	
114		6801			6801	
9001	17841	23766	45794	9451	96851	
9004		12909	322		13231	
9005			9586		9586	
9010		3345	171	5700	9215	

9012			719		719 Contract getekend
9014				3102	3102
9015		5677	3310		8987
Totaal oppervlak in ha	7.8	19.3	56.6	25.8	109.5 ³

³ Het verschil met Tabel 5 komt door bodemvlaknummer 208 stortplaats is niet gekarteerd, maar wel beoordeeld voor drainage, oppervlak 0,57 ha, en maakt onderdeel uit van perceel 11.

Bijlage 3 Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw, arealen in procenten en m²

Tabel B3.1

Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw, arealen in procenten.

Perceelsnummer	Drainageklasse in procenten binnen de buffer				Totaal	Opmerking
	1	2	3	4		
6		41.3%	58.7%		100%	
9		100.0%			100%	
10		20.1%	79.9%		100%	
11		29.6%	70.4%		100%	
13	84.5%	11.2%	4.4%		100%	
14	55.2%	44.8%			100%	
15		14.3%	85.7%		100%	
16		35.6%	64.4%		100%	
17	49.5%	47.2%	3.2%		100%	
18	48.9%	51.1%			100%	
19		90.7%	9.3%		100%	
22		1.4%	98.6%		100%	
23	59.5%	35.9%	4.6%		100%	
25	29.8%	57.4%	12.8%		100%	
27		43.1%	56.9%		100%	
28			100.0%		100%	
29		52.7%	47.3%		100%	
30			100.0%		100%	
31		22.7%	77.3%		100%	
32			100.0%		100%	
34		13.8%	86.2%		100%	
35		1.0%	99.0%		100%	
37		6.0%	94.0%		100%	
38		7.2%	92.8%		100%	
43		95.5%	4.5%		100%	
45		100.0%			100%	
46		100.0%			100%	
49	92.8%	7.2%			100%	
52	91.4%	8.6%			100%	
53	100.0%				100%	
55		5.5%	94.5%		100%	
56		75.7%	24.3%		100%	
57			99.9%	0.1%	100%	
58		44.3%	32.2%	23.5%	100%	
59		53.3%	46.7%		100%	
60	15.4%	81.4%		3.2%	100%	
62			52.6%	47.4%	100%	
63			72.2%	27.8%	100%	
64				100.0%	100%	
65			40.5%	59.5%	100%	
67			63.0%	37.0%	100%	
70			38.9%	61.1%	100%	
73	100.0%				100%	
82			100.0%		100%	
84	2.1%		97.9%		100%	
89	10.5%		89.5%		100%	
90			100.0%		100%	
91		29.8%	70.2%		100%	
93			100.0%		100%	
94			100.0%		100%	
95			100.0%		100%	
96		13.1%	86.9%		100%	
97		0.0%	100.0%		100%	
98			100.0%		100%	
102				100.0%	100%	
103		15.8%	84.2%		100%	
105				100.0%	100%	
106		43.1%	56.9%		100%	
107		7.6%	92.4%		100%	
108		11.7%	88.3%		100%	
113		33.2%	66.8%		100%	
114		100.0%			100%	
9001	14.2%	36.2%	47.4%	2.2%	100%	
9004		97.6%	2.4%		100%	
9005			100.0%		100%	

9010		92.6%	1.9%	5.6%	100%	
9012			100.0%		100%	Contract getekend
9014	51.2%	48.8%			100%	
9015		63.2%	36.8%		100%	

Tabel B3.2

Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw, arealen in m².

Perceelsnummer	Akkerbouw	Drainageklasse in m ² binnen de buffer				Totaal	Opmerking
		1	2	3	4		
6			867	1232		2099	
9			13			13	
10			855	3403		4258	
11			3495	8303		11797	
13	30805		4077	1591		36473	
14	7824		6351			14175	
15			2317	13902		16218	
16			10127	18327		28454	
17	3095		2953	203		6250	
18	4769		4986			9755	
19			73	8		81	
22			290	20990		21279	
23	8945		5405	687		15037	
25	5089		9799	2190		17078	
27			21065	27827		48892	
28				3829		3829	
29			1307	1174		2481	
30				4673		4673	
31			3287	11165		14452	
32				4167		4167	
34			4392	27358		31750	
35			128	13213		13341	
37			519	8193		8712	
38			3898	49949		53847	
43			17167	803		17970	
45			4529			4529	
46			2276			2276	
49	4488		350			4837	
52	2216		208			2424	
53	4675					4675	
55			9	149		158	
56			17552	5637		23189	
57				11	0	11	
58			30529	22217	16220	68966	
59			8337	7302		15639	
60	8629		45674		1803	56106	
62				14812	13325	28137	
63				6897	2650	9547	
64					1935	1935	
65				6106	8981	15087	
67				9592	5629	15221	
70				19280	30294	49574	
73	100					100	
82				16839		16839	
84	134			6202		6336	
89	2342			19999		22341	
90				218		218	
91			14773	34865		49638	
93				5585		5585	
94				13670		13670	
95				12961		12961	
96			3764	24945		28709	
97			1	9055		9056	
98				4094		4094	
102					7663	7663	
103			1340	7136		8477	
105					18950	18950	
106			6522	8620		15142	
107			1845	22543		24388	
108			366	2748		3113	
113			3417	6873		10290	
114			6801			6801	
9001	13769		35053	45920	2109	96851	
9004			12909	322		13231	
9005				9586		9586	

9010		8532	171	512	9215
9012			719		719
9014	1587	1515			3102 Contract getekend
9015		5677	3310		8987
Totaal oppervlak in ha	9.8	31.5	57.2 ⁴	11.0	109.5

⁴ Het verschil met Tabel 5 komt door bodemvlaknummer 208 stortplaats is niet gekarteerd, maar wel beoordeeld voor drainage, oppervlak 0,57 ha, en maakt onderdeel uit van perceel 11.

Bijlage 4 Ruimtelijke weergave geschiktheidsbeoordeling voor weidebouw en akkerbouw



Figuur B4.1 Ruimtelijke weergave geschiktheidsbeoordeling voor weidebouw.



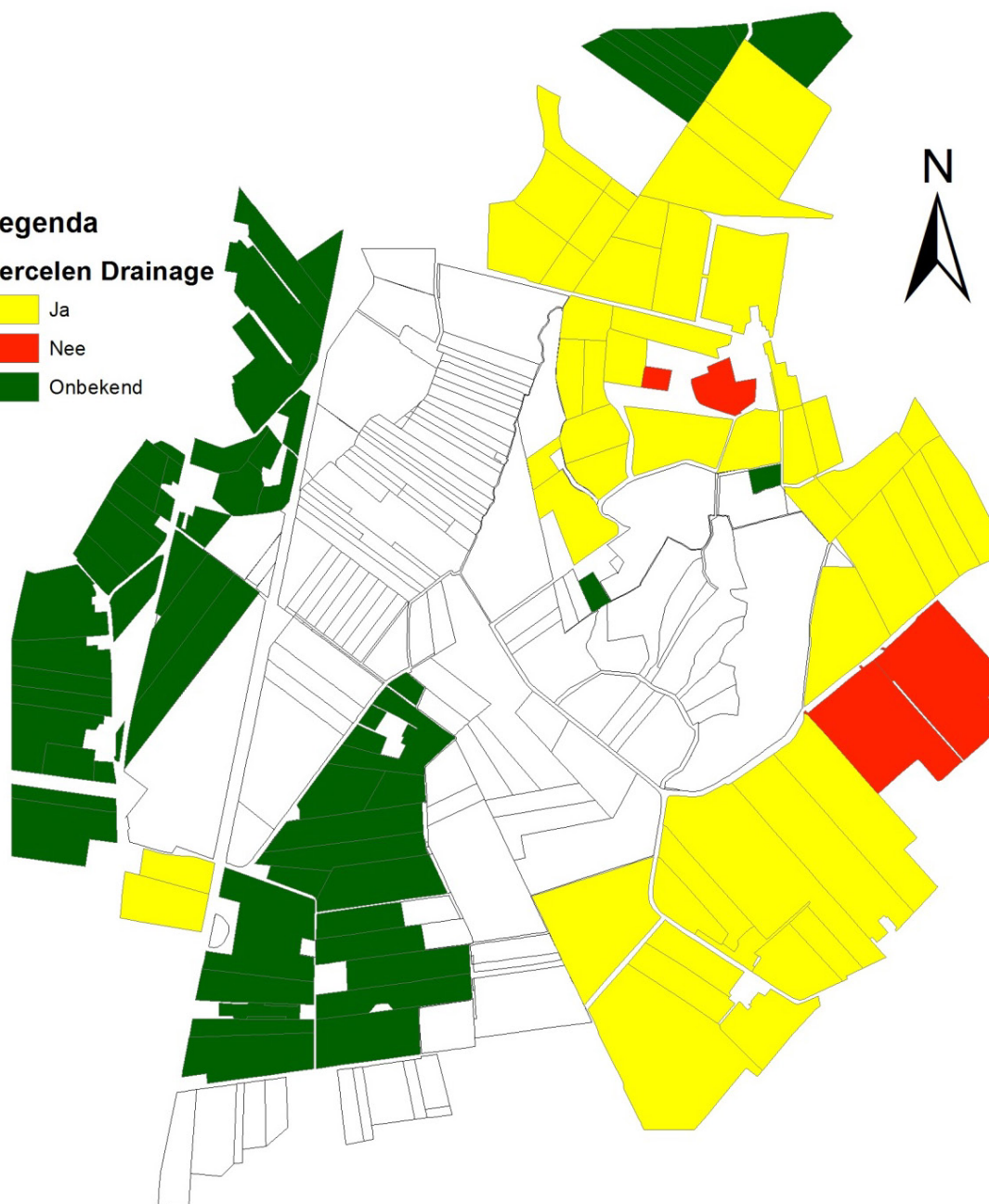
Figuur B4.2 Ruimtelijke weergave geschiktheidsbeoordeling voor akkerbouw.

Bijlage 5 Buisdrainage opgave boeren

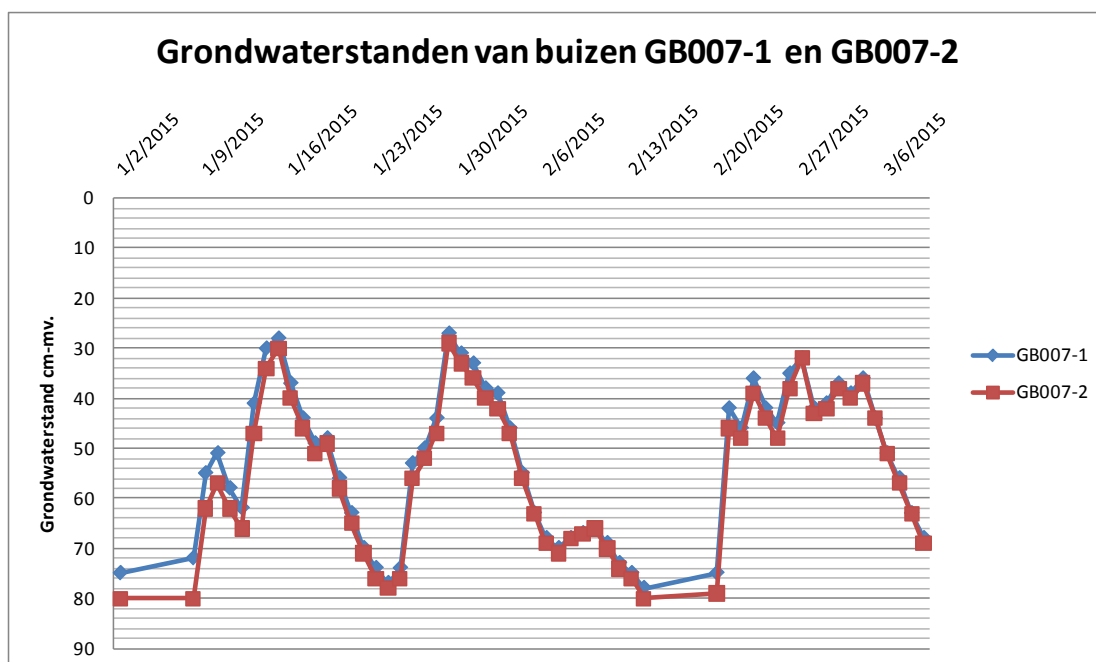
Legenda

Percelen Drainage

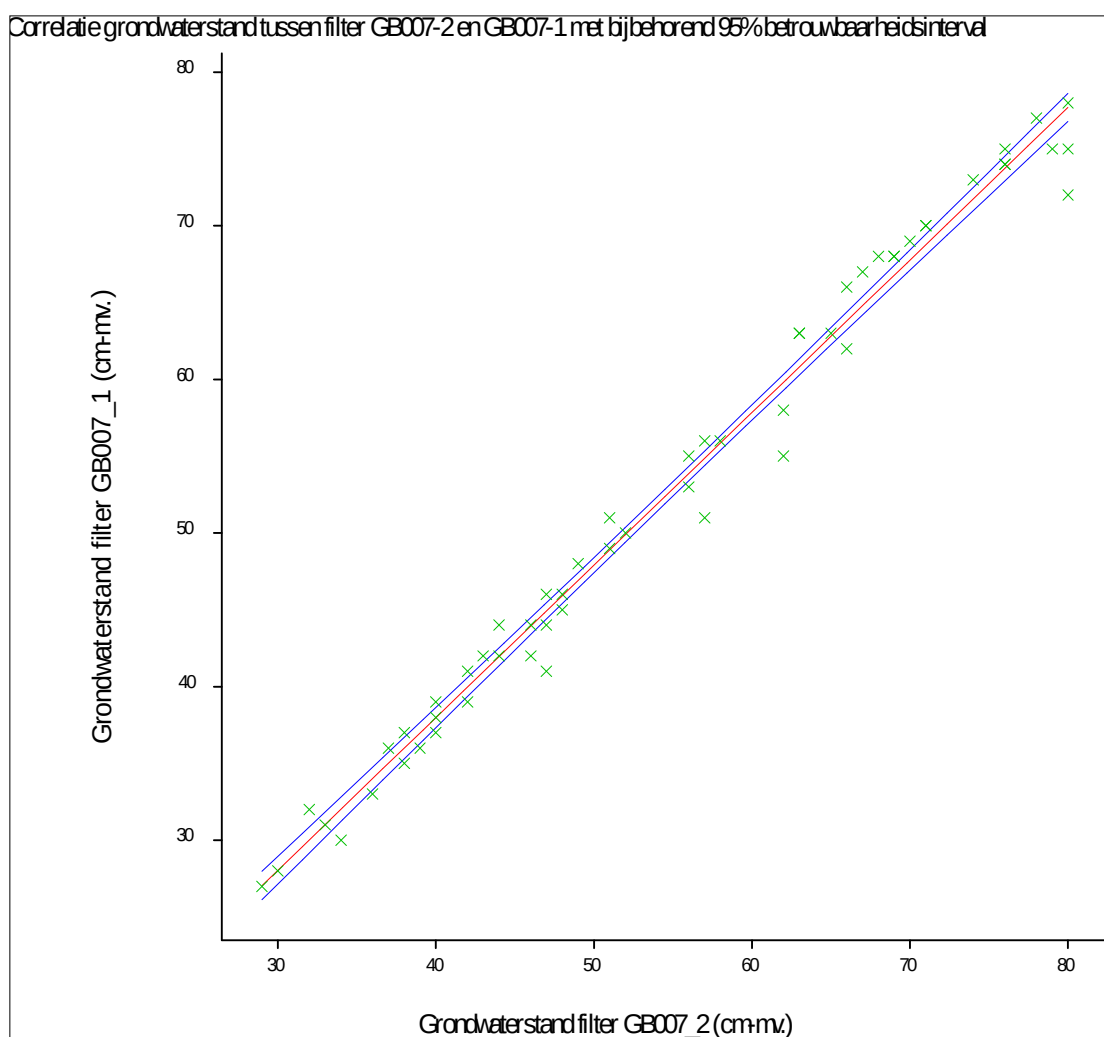
- Ja
- Nee
- Onbekend



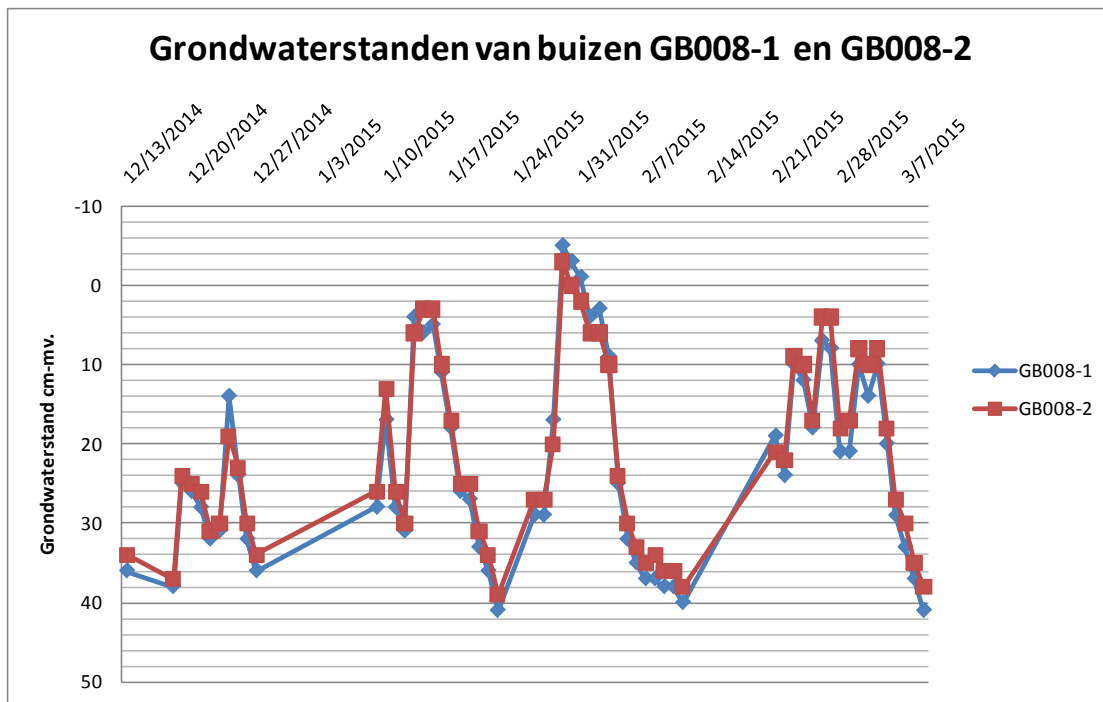
Bijlage 6 Gemeten freatische
grondwaterstanden/
stijghoogten en correlaties
tussen de waterstanden in de
twee ondiepste filters op
buislocatie GB007, GB008,
GB011 en GB012



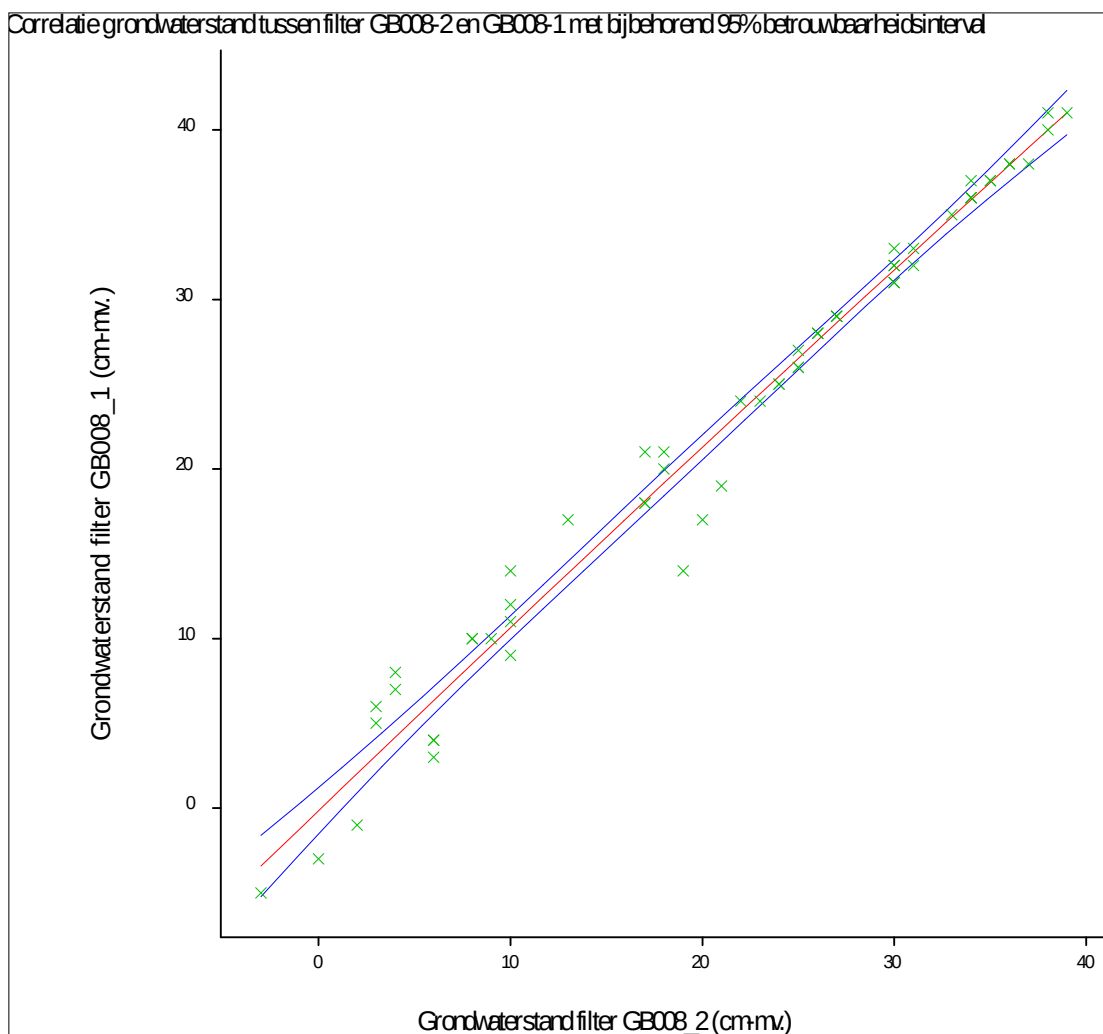
Figuur B6.1 Freatische grondwaterstanden/stijghoogten van buis GB007-1 en GB007-2.



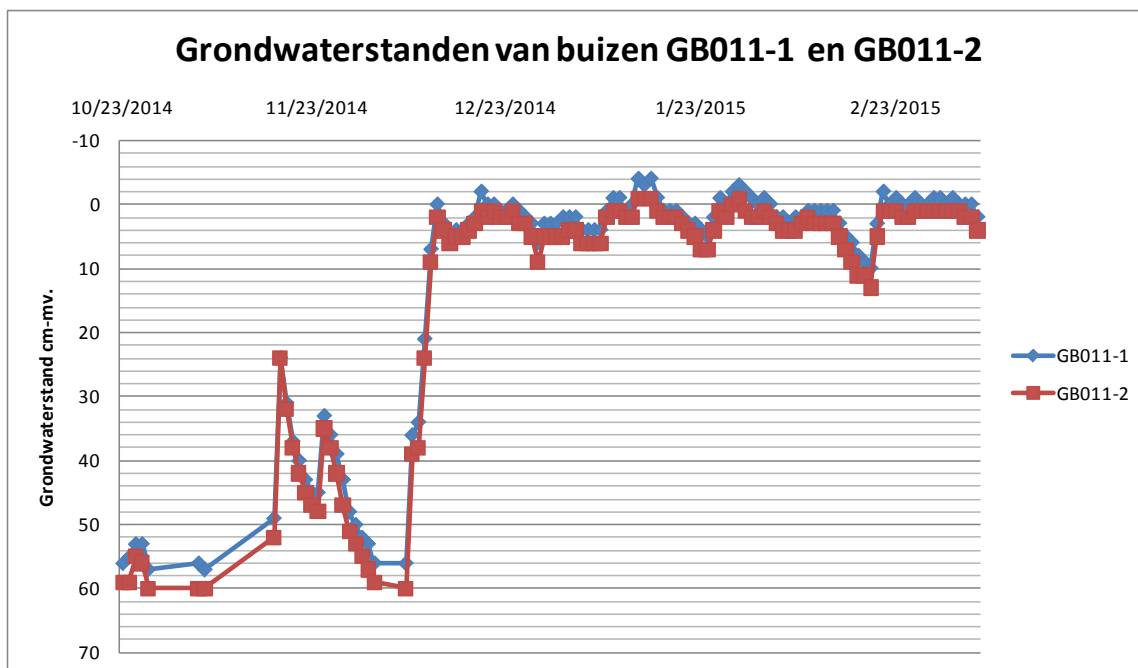
Figuur B6.2 Correlatie tussen buis GB007-1 en GB007-2.



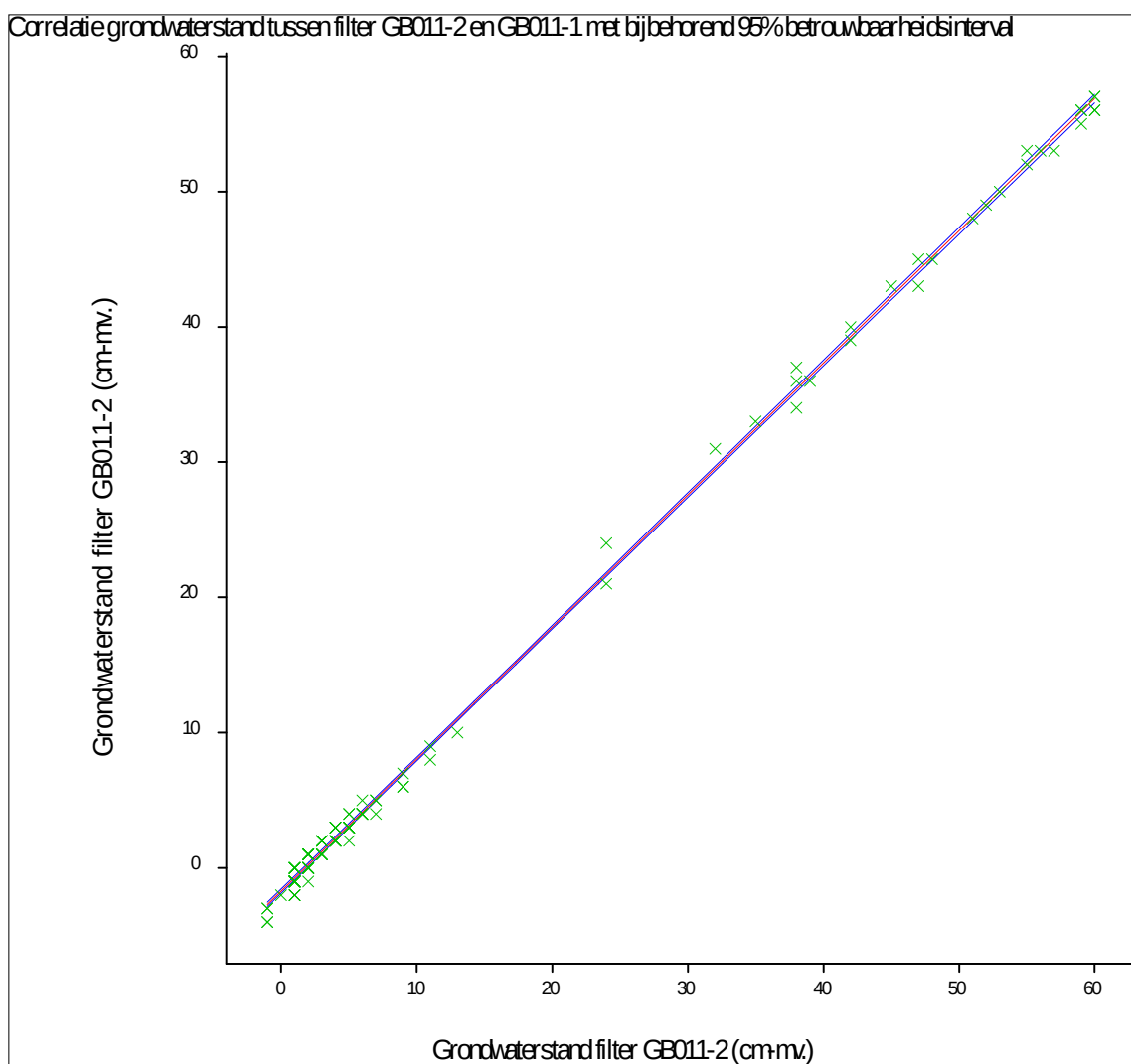
Figuur B6.3 Freatische grondwaterstanden/stijghoogten van buis GB008-1 en GB008-2.



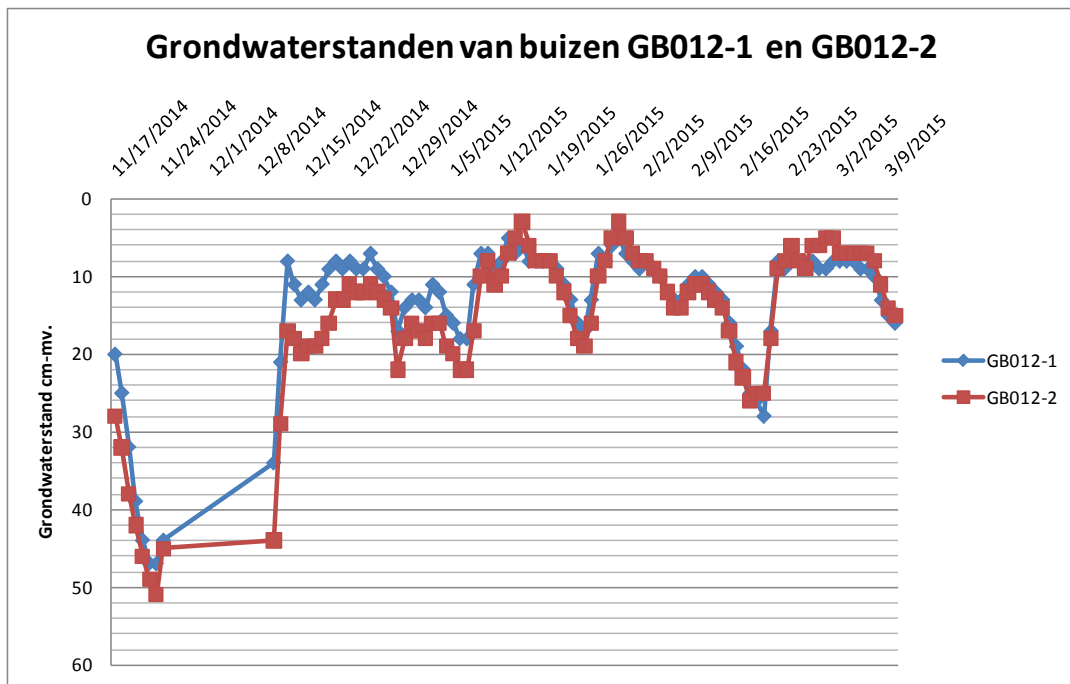
Figuur B6.4 Correlatie tussen buis GB008-1 en GB008-2.



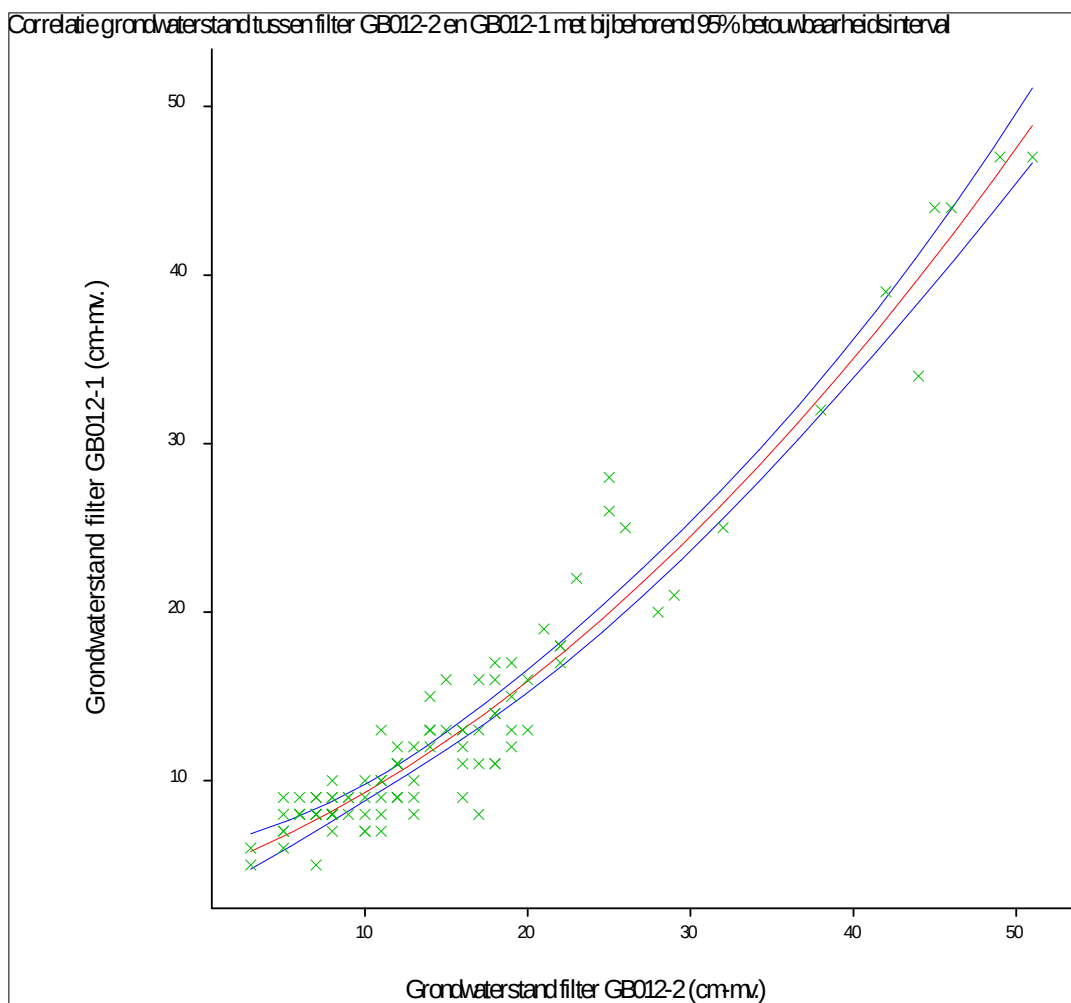
Figuur B6.5 Freatische grondwaterstanden/stijghoogten van buis GB011-1 en GB011-2.



Figuur B6.6 Correlatie tussen buis GB011-1 en GB011-2.



Figuur B6.7 Freatische grondwaterstanden/stijghoogten van buis GB012-1 en GB012-2.



Figuur B6.8 Correlatie tussen buis GB012-1 en GB012-2.

Bijlage 7 Veranderingen die de grondwaterstand kunnen beïnvloeden in het verleden in en rond Geelbroek

Veranderingen, die de grondwatertoestand kunnen beïnvloeden in het verleden in en rond Geelbroek.

Rients Hofstra

20 juni 2015

Inhoud

1	Inleiding	83
2	Methode	84
	2.1 Landbouwpercelen	84
	2.2 Hoofdwatergangen	85
	2.3 Staatsbosbeheer	86
3	Resultaat	87
	3.1 Landbouwpercelen	87
	3.2 Hoofdwatergangen	89
	3.3 Staatsbosbeheer	89
4	Discussie	91
5	Conclusie	92
	Bijlage B7.1 Verandering slotenpatroon tussen 1968-1972 en 2003	93
	Bijlage B7.2 Aanpassing sloten	96
	Bijlage B7.3 Drainageonderzoek 2009	98
	Bijlage B7.4 Door landbouwers samen met Alterra ingetekende drainagekaart met daarop aangegeven hoe goed de drainage loopt (oordeel landbouwers)	99
	Bijlage B7.5 Drainage op basis van enquête 2015. Aangegeven is de drainage, haar effectiviteit en het onderhoud volgens de landbouwers, die informatie hebben aangeleverd. Daarnaast is de drainage ingetekend, die als compensatie voor vernatting in de toekomst is aangelegd.	100
	Bijlage B7.6 Aanpassingen hoofdwatergang door waterschap	101
	Bijlage B7.7 Aanpassingen van de waterhuishouding in de boswachterijen en in Holmers-Halkenbroek door Staatsbosbeheer	102

1 Inleiding

De landbouwers nabij Geelbroek ervaren vernatting van hun percelen. Zij wijten dat aan het laten verlanden van sloten in het natuurgebied Geelbroek. Ook noemen zij de inrichting van Holmers Halkenbroek als oorzaak.

Er is afgesproken dat onderzocht zal worden of de percelen inderdaad natter zijn geworden en waardoor dat dan komt.

Alterra zal, indien mogelijk, inschatten of het natter is geworden. Zij gebruikt hiervoor de oude bodem/gt-kaart, die vrij vlot na ruilverkaveling Rolde (in 1987) is opgenomen én de recente bodem/gt-kaart, die is opgenomen in 2013/4.

Voor de vraag waardoor eventuele vernatting komt is het van belang te weten wanneer welke gebeurtenissen hebben plaatsgevonden. Prolander verzamelt deze gebeurtenissen. Hiertoe heeft zij onder meer Waterschap Hunze en Aa's en Staatsbosbeheer gevraagd informatie aan te leveren. De landbouwers is gevraagd aan te geven wat de gebeurtenissen op hun percelen zijn.

Alterra beantwoordt tenslotte de eindvraag: "waardoor komt de vernatting".

Dit document beschrijft wanneer wat is gebeurd.

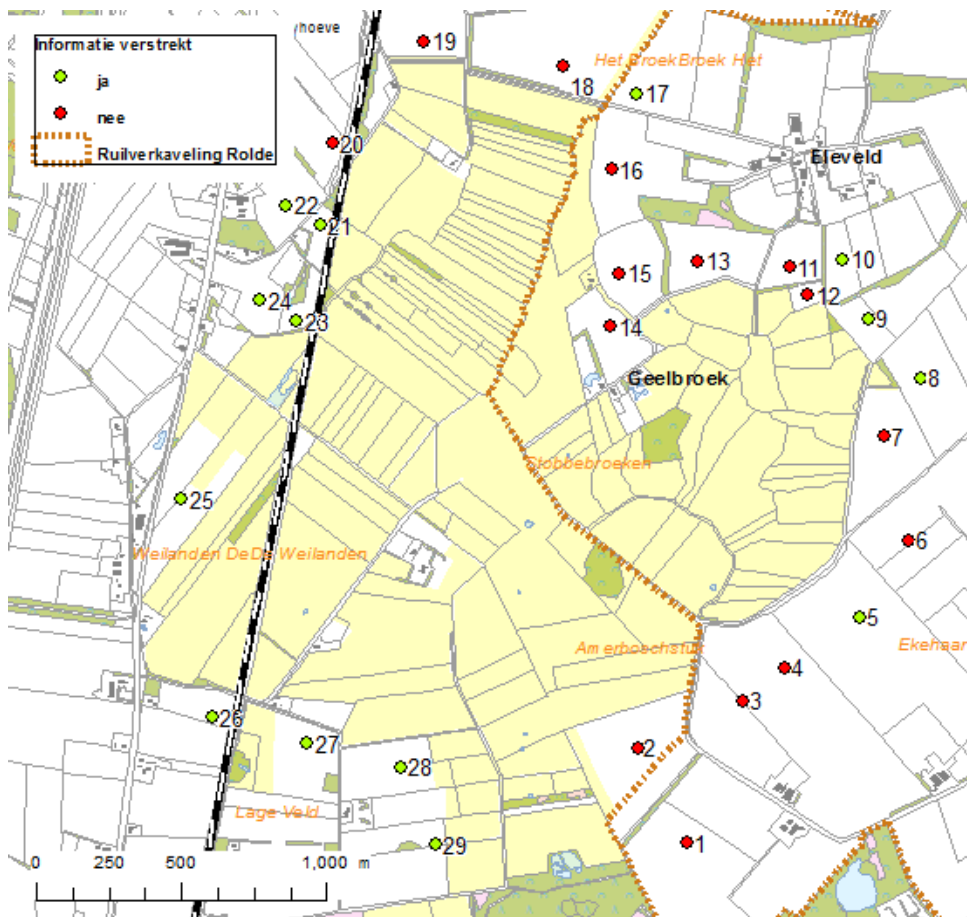
2 Methode

2.1 Landbouwpercelen

Voor de inschatting wanneer wat is gebeurd op de percelen van landbouwers is de landbouwers, die het betreft, een brief gestuurd met het verzoek om informatie. In de situaties dat de huidige eigenaar/gebruiker het verleden niet goed kennen is in een aantal gevallen de voormalige eigenaar/gebruiker om informatie gevraagd. Eén van de voormalige eigenaren was niet te achterhalen.

Het gestelde vragen gaan over drainage, onderhoud van drainage, dempen van sloten, graven van sloten, onderhoud van sloten e.d.. Alle landbouwers, die niet reageerden, zijn telefonisch gevraagd alsnog te reageren of is telefonisch vragen gesteld. Uiteindelijk is van 8 van de 13 landbouwers schriftelijk of telefonisch informatie gekregen (zie Figuur B7). De respons bestaat uit een set ingevulde tabellen en kaarten en uit telefoonnotities. Deze informatie is, waar mogelijk, verwerkt tot een zo compleet mogelijk beeld. De basisbestanden, toegestuurde en ontvangen brieven en telefoonnotities, zijn bewaard.

Door de lage respons van de landbouwers zijn andere bronnen aangeboord. Voor het dempen of graven van sloten zijn aanvullend luchtfoto's van meerdere jaren geïnterpreteerd. Voor drainage was al eerder informatie ingewonnen (2009 en 2013). De eerste keer was ten behoeve van het toenmalige hydrologische model (MIPWA). De tweede keer heeft Alterra de landbouwers gevraagd waar volgens hun drainage ligt en of deze goed, slecht of matig functioneerde. Verder was DLG in 2013 betrokken bij het draineren van een aantal percelen als compensatie van mogelijke toekomstige schade. Tenslotte is er enige informatie verzameld tijdens niet gerichte veldbezoeken.



Figuur B7.1 Respons van eigenaren. De groen bolletjes geven de locaties aan waar informatie van is verkregen.

Het onderzoek van 2009 ten behoeve van het eerste MIPWA-model verliep als volgt: DLG heeft in week 16/7 van 2009 heeft gesproken met SBB en met een aantal grondeigenaren. Daarnaast heeft DLG een route gelopen en in het veld sloten bekeken. Hiertoe was eerder een routekaartje gemaakt.

Onzekerheden zijn met deze methode o.a.:

- Is het hele perceel gedraineerd of slechts een deel?
- Drainage is niet altijd in het veld zichtbaar.

Omdat tijdens het onderzoek de indruk ontstond dat tijdens ruilverkaveling Rolde bijna alle grond van landbouwers is gedraineerd is gezocht naar de begrenzing van ruilverkaveling Rolde (zie Figuur B7.1).

Tenslotte beschikte Prolander al over een beeld van het voorkomen van drainage op basis van eerdere veldbezoeken of anderszins.

De structuur van de bodem en daarmee de waterhuishoudkundige toestand kan veranderen als gevolg van het berijden met zware landbouwmachines in zeer natte perioden en door (diep)ploegen. Over het gebruik zijn wel vragen gesteld, maar deze zijn in deze notitie niet samengevat. De respons was daar te gering voor. Om bij de overheid beschikbare informatie over gebruik in het verleden op te vragen voerde hier te ver. Alterra weet overigens op basis van boorgegevens wel waar de bodem sterk is gewijzigd.

2.2 Hoofdwatervgangen

Het waterschap is gevraagd aan te geven wat in het systeem is veranderd na de ruilverkaveling van Rolde. Het gaat hier vooral om peilveranderingen bij stuwen.

Ook aan de landbouwers is gevraagd wat veranderd is buiten hun eigen percelen.

2.3 Staatsbosbeheer

Net als aan het waterschap is aan Staatsbosbeheer gevraagd wat wanneer veranderd is. Het gaat daarbij om zowel veranderingen in Geelbroek als verder weg. Een deel van de veranderingen zal onderhoud van perceelsloten in Geelbroek zijn. Het is moeilijk in te schatten wanneer en in welke mate slootonderhoud in het verleden is uitgevoerd. Voor het gebied rond het Bosje Bloemendaal, ten zuidoosten van het buurtschap Geelbroek beschikken we op basis van kadastrale gegevens over de aankoopdata van percelen. Het is aannemelijk dat extensivering van onderhoud van perceelsloten plaats vindt nadat de percelen aan Staatsbosbeheer zijn overgedragen. Ik beschouw de aankoopdatum als een indicatie dat daarna extensivering of het nalaten van onderhoud plaats vindt.

3 Resultaat

3.1 Landbouwpercelen

Perceelsloten

Op basis van luchtfoto-interpretatie (Bijlage B7.1) bleek dat tussen 1968/72 en 2003 het slotenpatroon ingrijpend veranderd is. Er heeft een grote perceelsvergroting plaatsgevonden. Volgens een kaart van Naarding (Figuur B7.10 van Bijlage B7.1). **Bijlage B7.1 Verandering slotenpatroon tussen 1968-1972 en 2003**

) is de hoofdafwatering in het kader van ruilverkaveling Rolde aangepast in 1982 (5 betekent: drooglegging 100-120 cm). Het is aannemelijk dat tegelijkertijd de nieuwe percelering is ontstaan en rond die tijd kavelaanvaardings en -verbeteringswerken hebben plaatsgevonden. Niet het hele onderzoeksgebied ligt binnen ruilverkaveling Rolde. Er hebben zich echter ook elders soortgelijke aanpassingen voorgedaan. Ten oosten van de spoorlijn dateren, volgens de kaart van Naarding, de aanpassing van 1976 en 1974. In het gebied ten oosten van de spoorlijn en ten noorden van de Paradijsweg zijn de aanpassingen waarschijnlijk van 1977.

Na de ruilverkaveling zijn er veel minder aanpassingen aan sloten geweest. Bijlage B7.2 geeft die aanpassingen. De gedempte en gegraven sloten, die door landbouwers zijn ingetekend heb ik op basis van luchtfoto's exacter op de plek gelegd. Voor de mensen, die geen informatie hebben geleverd, zijn eigenhandig op basis van luchtfoto's gedempte en gegraven sloten weergegeven. Soms zijn sloten niet goed te onderscheiden. Dat betekent dat er sloten gemist kunnen zijn. Soms is exact het jaar aan te geven wanneer sloten zijn gedempt, soms lukt dat minder goed omdat de luchtfoto's in die tijd minder frequent werden gemaakt. Bij perceel 17 is het perceel "op akkers" gelegd. Op de meest recente luchtfoto (2014) lijken extra slootjes aanwezig. De landbouwer heeft die niet ingetekend. Ze zijn daarom hier achterwege gelaten.

Opvallend is dat de ene eigenaar (bij perceel 17) het perceel "op akkers" legt en extra draineert en een andere landbouwer (bij perceel 5) alle zakslootjes weghaalt en het perceel vlak maakt. Het laatste perceel was afgelopen winter een zeer nat bouwland met water op het maaiveld en een flinke run-off.

Er is op basis van de gegevens van de landbouwers geen totaaloverzicht te geven van het onderhoud van de sloten. Bij veldbezoeken hebben we echter gesignaleerd dat, enkele uitzonderingen daargelaten, de sloten goed zijn onderhouden. Op één plek, perceelnr. 28, klaagt de landbouwer dat de sloten stroomafwaarts van zijn sloten niet goed onderhouden worden, waardoor zijn sloten het water slecht kwijt kunnen.

Drainage

Bijlage B7.3 geeft de drainagekaart, zoals die in 2009 is gemaakt. Op de kaart is ook aangegeven welk gebied is onderzocht en is met een rode lijn de looproute weergegeven waar naar drainage is gezocht. Niet altijd is duidelijk of een perceel in zijn geheel is gedraineerd of voor een deel. Bijlage B7.4 geeft de drainagekaart zoals die is ingetekend door de landbouwers tijdens een overleg met Alterra. De kaart geeft ook de effectiviteit van de drainage volgens opgave van de landbouwers. Bijlage B7.5 geeft de informatie uit de enquête van 2015. Dit betreft dus de door landbouwers gegeven situatie, waarbij bedacht moet worden dat de respons zeer laag was. De situatie bij perceel 15 kon niet goed ingetekend worden. De landbouwer meldt dat er geen drainage was, maar Ook is op deze kaart de drainage getekend, waar de landbouwers als compenserende maatregel al drainage hebben gekregen (aangegeven met "compensatie").

De kaarten samen geven het beeld dat in vrijwel het gehele gebied van ruilverkaveling Rolde, voor zover het landbouwgebied betreft, drainage is aangelegd. Aan de westkant van de spoorlijn komt veel minder drainage voor.

Er zijn meerdere type drainagebuizen gebruikt: buizen met een zeer grote diameter (zie Figuur B7.2) en buizen met een gangbare (Figuur B7.3). De buizen met een grote diameter hebben een grote afstand t.o.v. elkaar en liggen dieper dan de andere buizen. Het is zeer waarschijnlijk dat de dikke buizen gebruikt zijn voor drainage in 1982. Volgens de landbouwers gaat het om afstanden van 15 tot 20 en volgens één landbouwer tot zelfs 35 m. De kleinere buizen liggen veel dichters op elkaar (van 6 tot 10 m). Soms is met drainagezand gedraineerd.

Er bestaan grote verschillen in onderhoud. Sommige buizen lopen goed en zijn goed onderhouden. Andere buizen worden niet onderhouden en deels of volledig verstopt. Dit laatste betreft soms ook buizen van recente datum. Zie voor onderhoud ook Bijlage B7.5.

Eén landbouwer gaf aan dat onderhoud niet lukte omdat de buizen onder de waterspiegel uitkwamen en niet goed terug te vinden waren. Andere buizen zijn deels of volledig verstopt.

De meeste landbouwers gaven aan dat de buizen van 1982 slecht werken. Er is geen informatie over hoe dat in het begin was.



Figuur B7.2 Buis met grote diameter.



Figuur B7.3 Buis met een gangbare diameter, die goed loopt en een verstopte buis (rechts).

Veranderingen op landbouwpercelen op grotere afstand zijn niet onderzocht.

3.2 Hoofdwatervangsten

Tijdens ruilverkavelingen hebben zich forse wijzigingen in de hoofdafwatering voorgedaan. De watergangen zijn fors verruimd en hebben een lager peil gekregen (zie Figuur B7.10 van Bijlage B7.1). **Bijlage B7.1 Verandering slotenpatroon tussen 1968-1972 en 2003** Figuur B7.4 hieronder laat zien dat die aanpassing ook het huidige natuurgebied betrof.



Figuur B7.4 De westelijke Ruimsloot ten zuidoosten van Eleveld. De Ruimsloot is aanmerkelijk verbreed. Orde van grootte van 2 m naar 5 m. Op deze plek zijn ook een deel van de sloten in het huidige natuurgebied gedempt.

In de omgeving van Geelbroek zijn na 1982 nog enkele veranderingen in de hoofdafwatering doorgevoerd. Bijlage B7.6 geeft het overzicht zoals dat is gegeven door het waterschap. Het gaat om geringe verhogingen van het winterpeil en verlagingen van het zomerpeil. Dit laatste gebeurde vaak om vistrappen beter te kunnen laten werken.

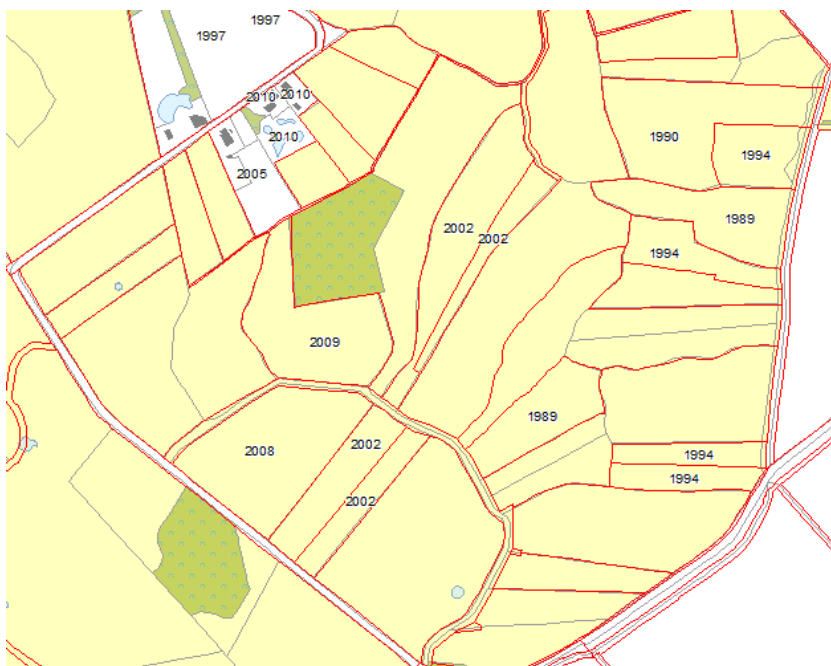
Ook in het dal ten westen van de A28 en het gebied ten oosten van Amen hebben zich kleine wijzigingen voorgedaan. Bij Halkenbroek in het zuiden gaat het om forse peilsverhogingen.

3.3 Staatsbosbeheer

Sloten in het natuurgebied Geelbroek.

In tegenstelling tot het landbouwgebied zijn de perceelssloten in het natuurgebied tijdens de ruilverkaveling Rolde nagenoeg niet gedempt. De percelering is op de meeste plaatsen nog als voor de ruilverkaveling. Het is aannemelijk dat de sloten in het natuurgebied minder diep waren dan daarbuiten, maar duidelijke bewijzen hebben we daar niet voor.

In het natuurgebied zijn nu veel sloten sterk dichtgegroeid. Er zijn ook nog sloten aanwezig, die wel water afvoeren. Aankoopdata ten zuidoosten van het buurtschap Geelbroek laten zien dat er tot kort geleden nog percelen van boeren waren. Dit is een aanwijzing dat sloten mogelijk nog langer onderhouden zijn. De verwervingsdata van de percelen in de rest van Geelbroek, staan ons niet ter beschikking.



Figuur B7.5 Aankoopdata percelen ten zuidoosten van Geelbroek.

Het gebied Holmers Halkenbroek en de boswachterijen Grollo en Hooghalen.

De volgende ingrepen hebben in chronologische volgorde plaatsgevonden (zie Verwijzing niet gevonden):

- Plaatsen van stuwtjes in de boswachterijen, met name in boswachterij Grollo (1988-1992)
- Afdammen van de afwatering van veentjes in de boswachterijen in 1985, '96 en '97
- Dempen van een aantal sloten bij het Hingstveen (2005)
- Dempen van de sloten in de Holmers. Alleen ten behoeve van een landbouwperceel blijft een lange sloot liggen (± 2005)
- Dempen van greppels en sloten in Halkenbroek (2013)
- Aanleg van een randsloot aan de noordzijde van boswachterij Grollo (2013).

Veranderingen in de waterhuishouding in overige gebieden zijn niet onderzocht.

4 Discussie

De luchtfoto's van 1968-'72 en 2003 laten zien dat het landschap intussen zeer sterk is gewijzigd. De grootste wijzigingen zullen opgetreden zijn bij de ruilverkaveling Rolde (aanpassing systeem in 1982) en voor de gebieden ten oosten van deze ruilverkaveling in de jaren 70.

De sterke perceelsvergroting is waarschijnlijk gepaard gegaan met het verdiepen van sloten en de aanleg van drainage. Anders zouden de percelen veel te nat zijn geworden.

De kaarten van drainage (Bijlage B7.3 t/m B7.5) tonen naast overeenkomsten ook verschillen. Er zitten mogelijk ook fouten in. Zo was bij de inventarisatie van 2009 het niet altijd duidelijk of het om een heel perceel ging of om een deel. Bijlage B7.5 is incompleet omdat de respons niet volledig was. Soms is het moeilijk te achterhalen wanneer drainage is aangelegd.

Het oordeel van de effectiviteit van de drainage is uiteraard subjectief.

De door de landbouwers opgestuurde informatie bevat soms details, die voor een overleg over compenserende maatregelen waardevol zijn.

5 Conclusie

Geelbroek en omgeving

Tijdens de ruilverkavelingen zijn het slotenpatroon en de drooglegging ingrijpend veranderd. De laatste ruilverkaveling in het gebied was die van Rolde in 1982. Vooral bij die ruilverkaveling zijn de percelen in het landbouwgebied fors vergroot en sloten dus gedempt. In het natuurgebied zijn de meeste sloten toen gelijk gebleven. De hoofdwatertgangen, ook in het natuurgebied, zijn verruimd en in peil verlaagd.

Vermoedelijk zijn nagenoeg alle percelen in het huidige landbouwgebied, gelegen in het gebied van ruilverkaveling Rolde rond 1982 gedraineerd. De toen aangelegde drainagebuizen lagen op grote afstand van elkaar, volgens de landbouwers tussen de 15 en 20 m en soms 35 m, hadden een grote diameter en lagen vrij diep, waarschijnlijk deels in de keileem. De meeste landbouwers gaven aan dat deze buizen niet werden en worden onderhouden. Soms was onderhoud niet goed mogelijk omdat het einde van de buizen onder de waterspiegel lagen.

Buiten de ruilverkaveling Rolde is minder sprake van oudere drainage.

De landbouwers vinden dat de oudere drainage slecht werkt. In hoeverre dat in het begin ook al het geval was is niet duidelijk.

Na de ruilverkavelingen is het slotenpatroon slechts op een aantal plaatsen verder aangepast. De meeste perceelssloten in de landbouwgebieden waren bij veldbezoek van 2014/5 goed onderhouden. Op een aantal andere plekken is later drainage aangelegd. We hebben hier door de geringe respons van de landbouwers geen compleet beeld van. In 2013 is op een aantal plaatsen drainage aangelegd als compensatie van toekomstige vernatting. Soms is met zand gedraineerd.

De mening van landbouwers over de nieuwe drainage is divers.

Het onderhoud van de nieuwere drainage was zeer verschillend. We troffen in de winter/voorjaar van 2014/5 zowel percelen met goed onderhouden drains en percelen met verstopte, niet onderhouden, drains aan.

Over het gebruik van percelen nu en in het verleden bestaat geen compleet beeld.

De peilen in de hoofdafwatering rond Geelbroek zijn enigszins aangepast. De winterpeilen zijn vaak iets verhoogd en de zomerpeilen verlaagd.

Grote veranderingen hebben zich in de boswachterijen en Holmers Halkenbroek voorgedaan. Het gaat daar om zowel vernatting van de infiltratiegebieden als om vernatting van het dal (Holmers Halkenbroek).

Buiten dit gebied en de omgeving van Geelbroek hebben zich in de hoofdafwatering nagenoeg geen wijzigingen voorgedaan.

Veranderingen in sloten en drainage in overige landbouwgebieden en veranderingen in natuurgebieden zijn verder niet onderzocht.

Bijlage B7.1 Verandering slotenpatroon tussen 1968-1972 en 2003

Hieronder zijn een op een paar locaties de verschillen in slotenpatroon weergegeven.



Figuur B7.6 Luchtfoto 1968-'72 (links) en 2003 (rechts) nabij de driesprong Geelbroekerweg Esweg. De percelen in de zuidoosthoek zijn naast de vergroting ook gedraaid.



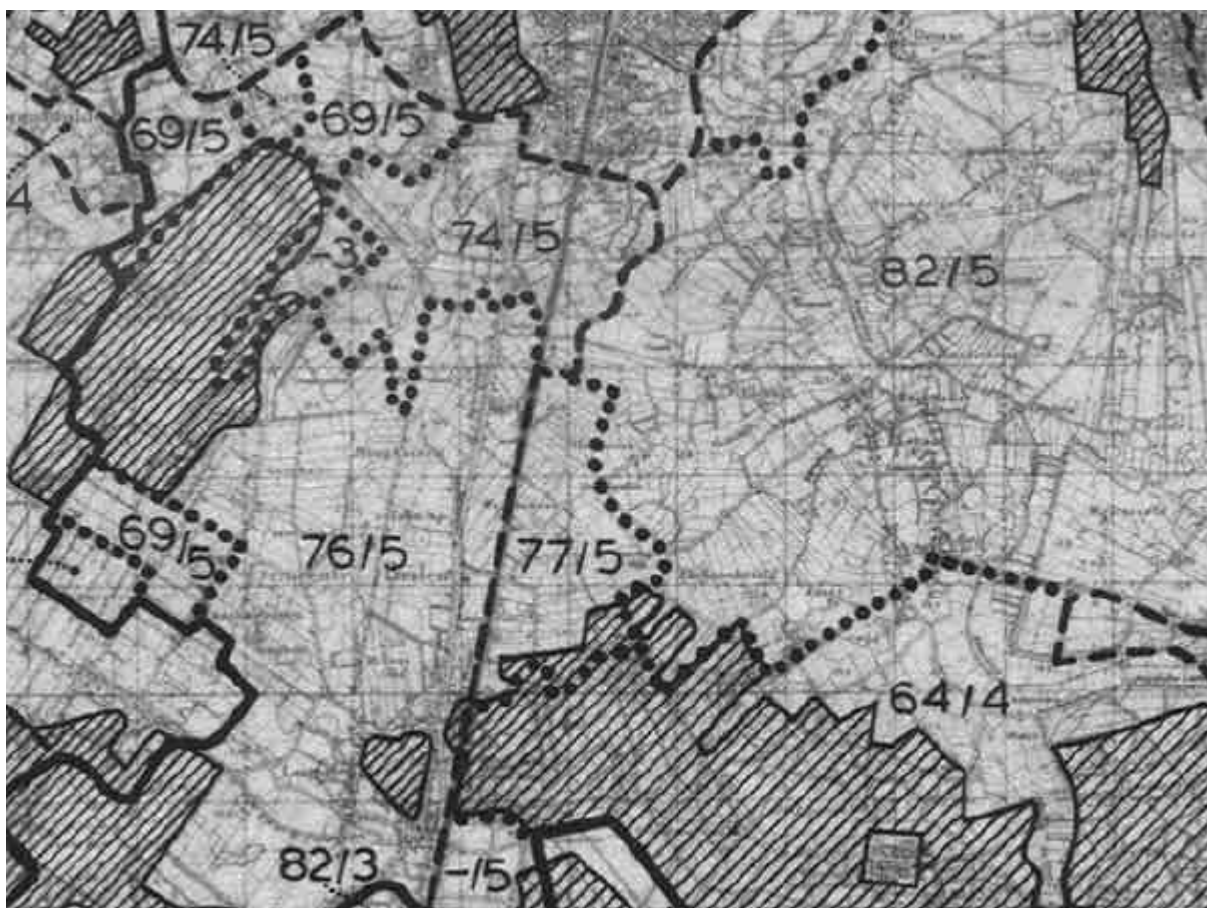
Figuur B7.7 Luchtfoto 1968-'72 (links) en 2003 (rechts) nabij buurtschap Geelbroek.



Figuur B7.8 Luchtfoto 1968-'72 (links) en 2003 (rechts) ten oosten van Eleveld. De Ruimsloot is sterk verruimd.

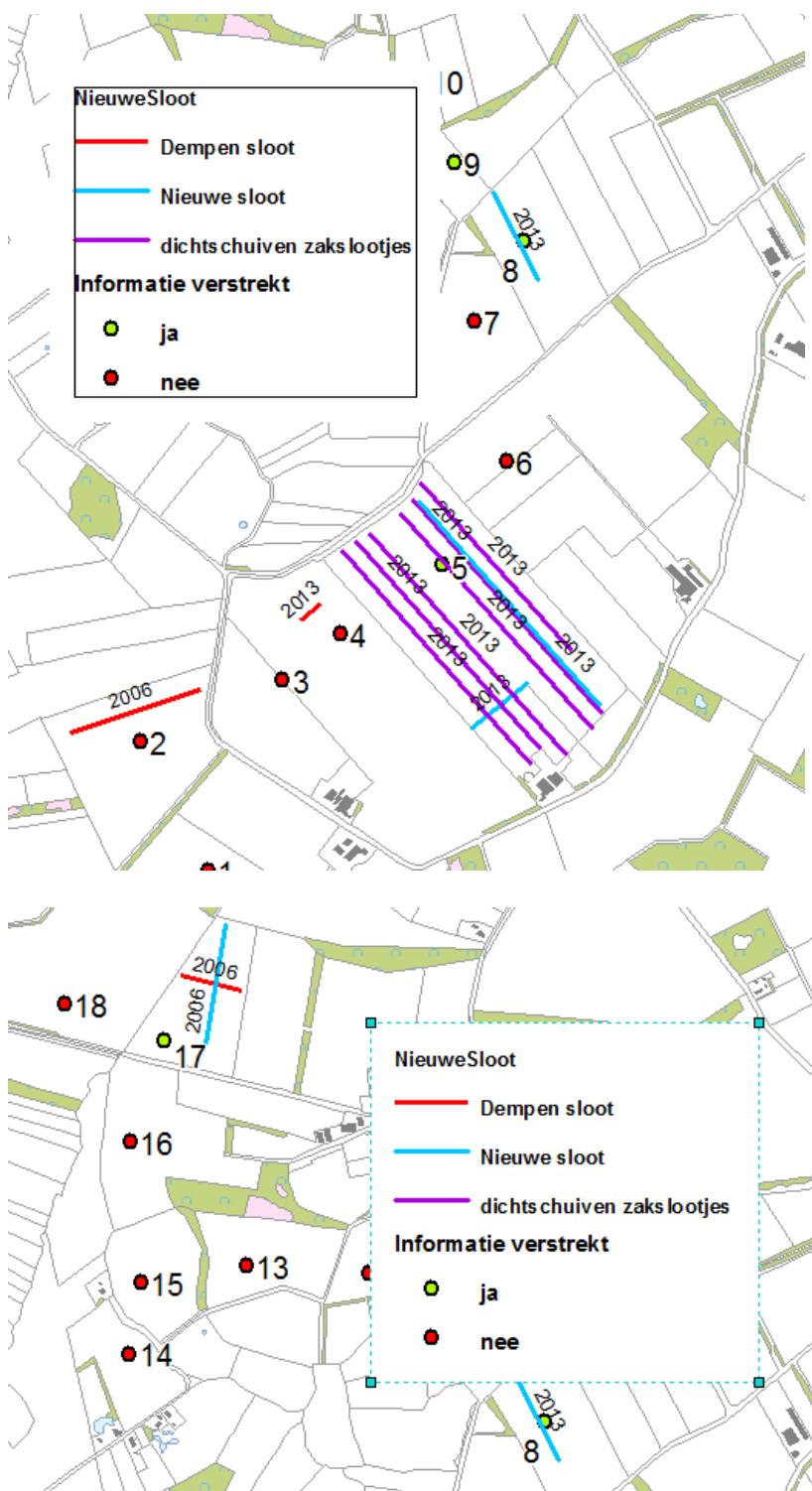


Figuur B7.9 Luchtfoto 1968-'72 (links) en 2003 (rechts) tussen het spoor en Graswijk.

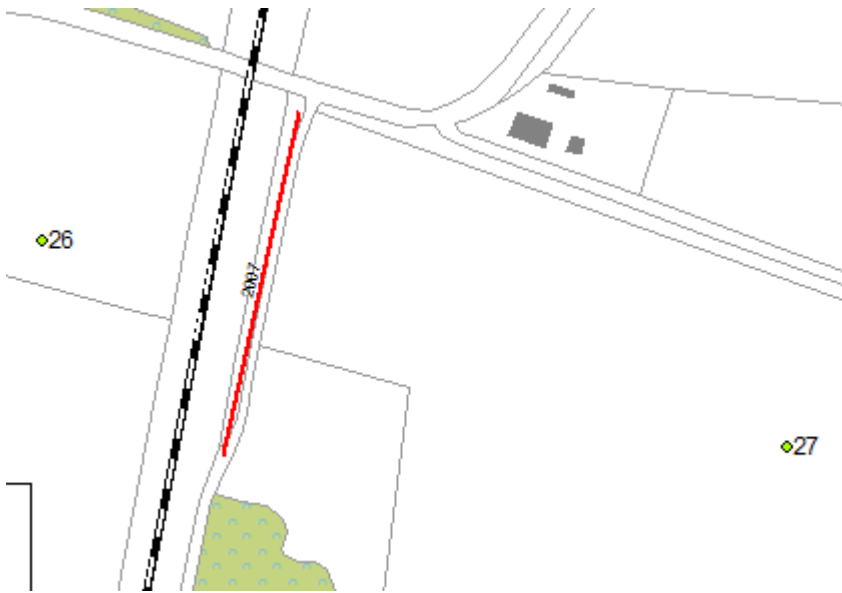


Figuur B7.10 Fragment van de kaart van Naarding: Afwateringstoestand 1985.

Bijlage B7.2 Aanpassing sloten

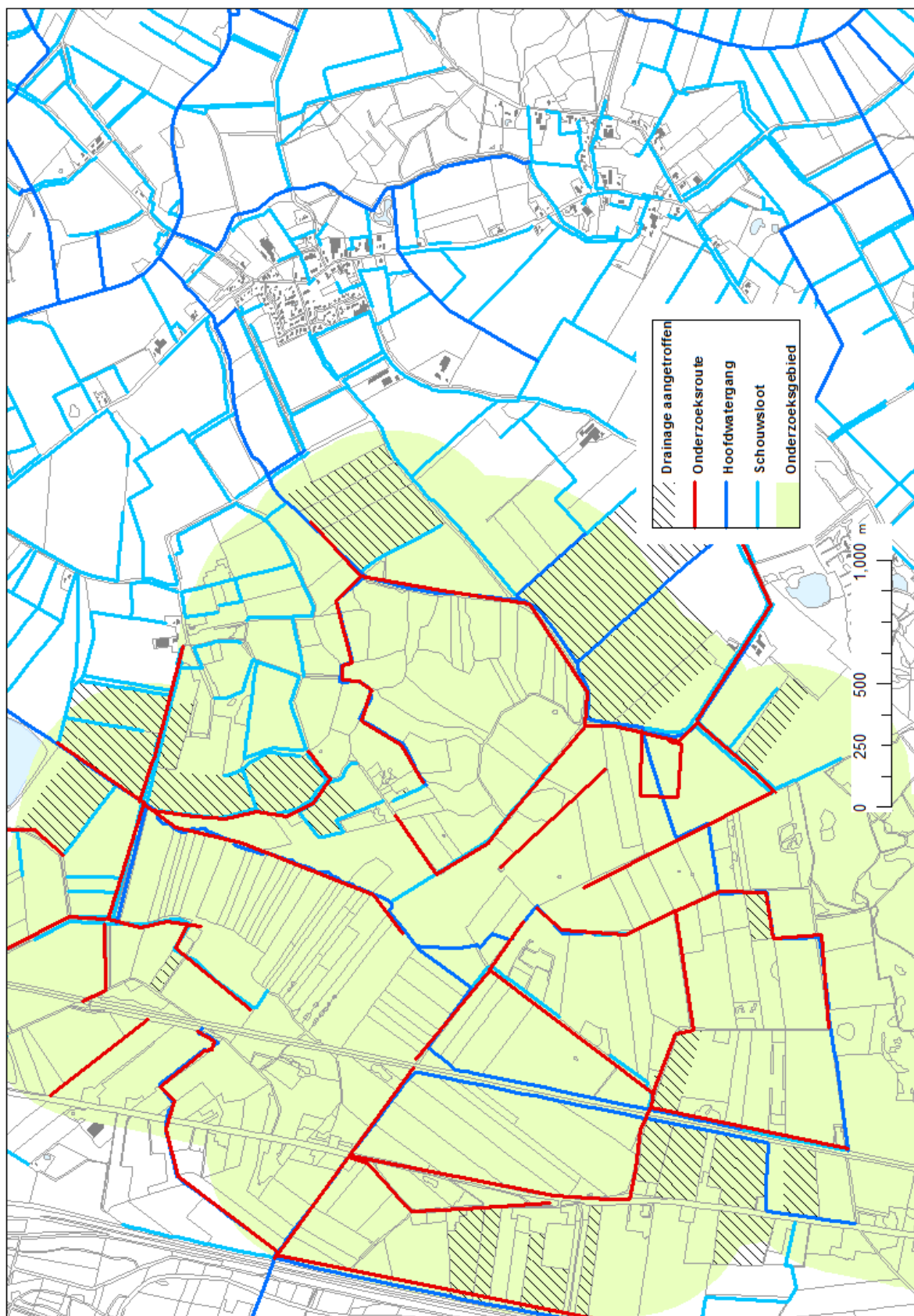


Figuur B7.11 Aanpassing van sloten in het oostelijke deel van het gebied (boven) en het gebied ten westen van Eleveld (onder). Bron van gegevens is voor gebied 5 en 17 de eigenaar en voor 2 en 4 de luchtfoto's. Jaartallen zijn niet altijd zeker. Gedempte sloot bij perceel 2 is niet geheel zeker.



Figuur B7.12 Aanpassing van sloot. Volgens gebruiker van 27 Is de sloot gedempt en blijft daardoor in het veentje (hier bos) water staan en heeft dat een uitstraling naar het oosten. De luchtfoto's geven aan dat de gebeurtenis heeft plaatsgevonden bij aanleg van nieuw weg en er wel een spoorloot ligt. Vernatting van veentje kan uiteraard wel als afwatering van veentje verstoord is.

Bijlage B7.3 Drainageonderzoek 2009



Vulgar's Lane

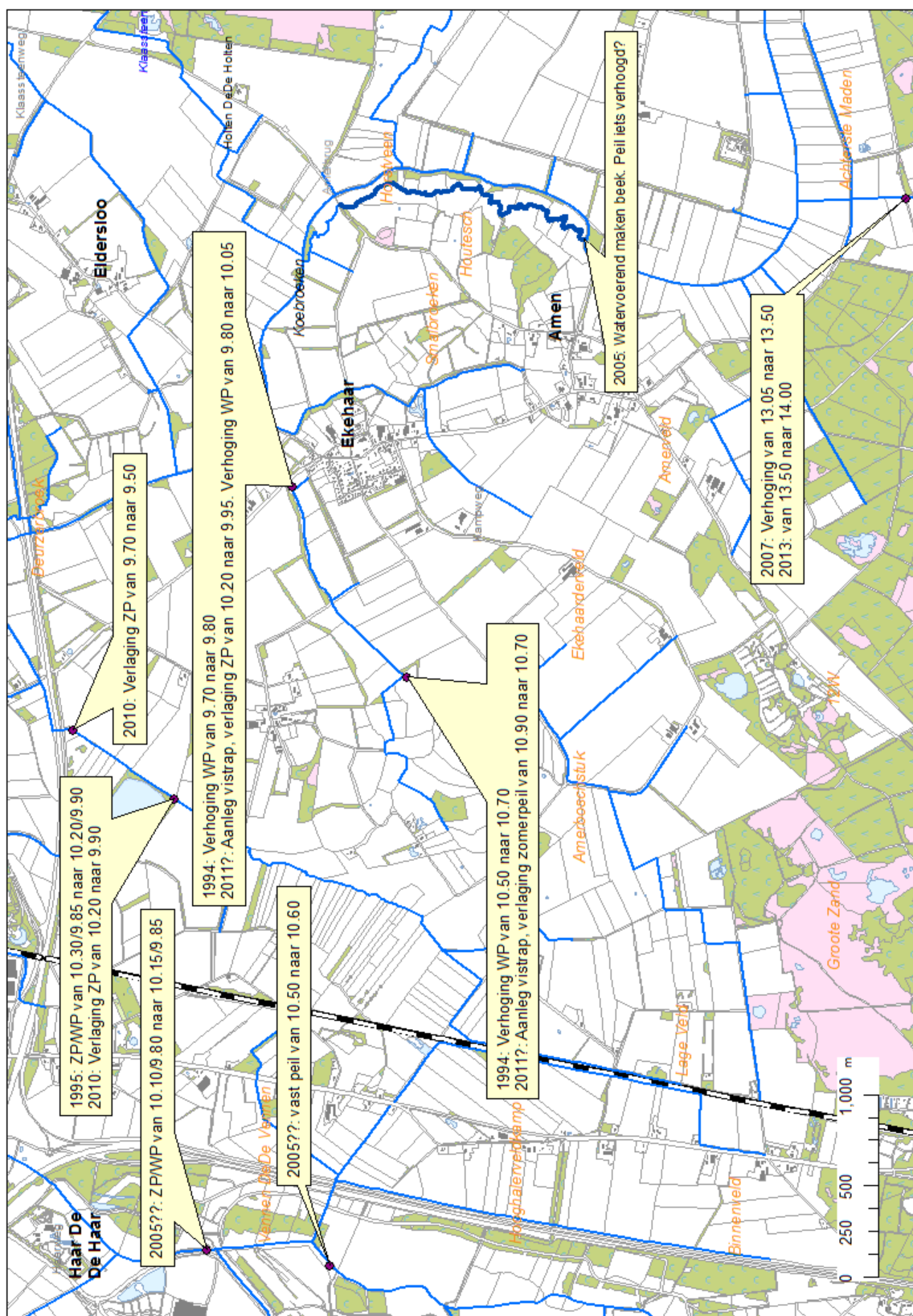
Open Drainage

Legend:

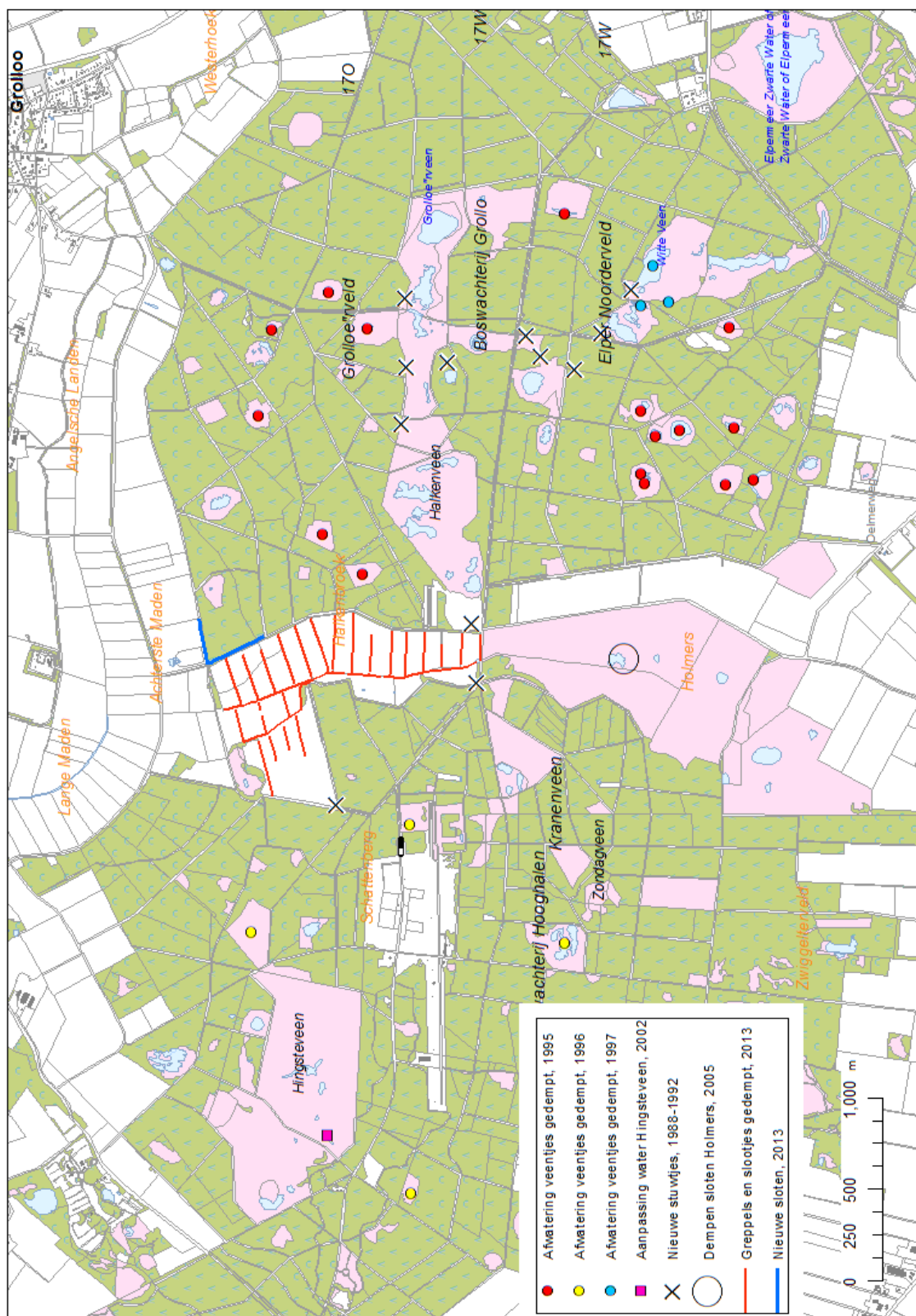
- 1. 1st Class, 2nd Class, 3rd Class
- 2. 4th Class, 5th Class, 6th Class
- 3. 7th Class, 8th Class, 9th Class
- 4. 10th Class, 11th Class, 12th Class
- 5. 13th Class, 14th Class, 15th Class
- 6. 16th Class, 17th Class, 18th Class
- 7. 19th Class, 20th Class, 21st Class
- 8. 22nd Class, 23rd Class, 24th Class
- 9. 25th Class, 26th Class, 27th Class
- 10. 28th Class, 29th Class, 30th Class
- 11. 31st Class, 32nd Class, 33rd Class
- 12. 34th Class, 35th Class, 36th Class
- 13. 37th Class, 38th Class, 39th Class
- 14. 40th Class, 41st Class, 42nd Class
- 15. 43rd Class, 44th Class, 45th Class
- 16. 46th Class, 47th Class, 48th Class
- 17. 49th Class, 50th Class, 51st Class
- 18. 52nd Class, 53rd Class, 54th Class
- 19. 55th Class, 56th Class, 57th Class
- 20. 58th Class, 59th Class, 60th Class
- 21. 61st Class, 62nd Class, 63rd Class
- 22. 64th Class, 65th Class, 66th Class
- 23. 67th Class, 68th Class, 69th Class
- 24. 70th Class, 71st Class, 72nd Class
- 25. 73rd Class, 74th Class, 75th Class
- 26. 76th Class, 77th Class, 78th Class
- 27. 79th Class, 80th Class, 81st Class
- 28. 82nd Class, 83rd Class, 84th Class
- 29. 85th Class, 86th Class, 87th Class
- 30. 88th Class, 89th Class, 90th Class
- 31. 91st Class, 92nd Class, 93rd Class
- 32. 94th Class, 95th Class, 96th Class
- 33. 97th Class, 98th Class, 99th Class
- 34. 100th Class, 101st Class, 102nd Class
- 35. 103rd Class, 104th Class, 105th Class
- 36. 106th Class, 107th Class, 108th Class
- 37. 109th Class, 110th Class, 111th Class
- 38. 112th Class, 113th Class, 114th Class
- 39. 115th Class, 116th Class, 117th Class
- 40. 118th Class, 119th Class, 120th Class
- 41. 121st Class, 122nd Class, 123rd Class
- 42. 124th Class, 125th Class, 126th Class
- 43. 127th Class, 128th Class, 129th Class
- 44. 130th Class, 131st Class, 132nd Class
- 45. 133rd Class, 134th Class, 135th Class
- 46. 136th Class, 137th Class, 138th Class
- 47. 139th Class, 140th Class, 141st Class
- 48. 142nd Class, 143rd Class, 144th Class
- 49. 145th Class, 146th Class, 147th Class
- 50. 148th Class, 149th Class, 150th Class
- 51. 151st Class, 152nd Class, 153rd Class
- 52. 154th Class, 155th Class, 156th Class
- 53. 157th Class, 158th Class, 159th Class
- 54. 160th Class, 161st Class, 162nd Class
- 55. 163rd Class, 164th Class, 165th Class
- 56. 166th Class, 167th Class, 168th Class
- 57. 169th Class, 170th Class, 171st Class
- 58. 172nd Class, 173rd Class, 174th Class
- 59. 175th Class, 176th Class, 177th Class
- 60. 178th Class, 179th Class, 180th Class
- 61. 181st Class, 182nd Class, 183rd Class
- 62. 184th Class, 185th Class, 186th Class
- 63. 187th Class, 188th Class, 189th Class
- 64. 190th Class, 191st Class, 192nd Class
- 65. 193rd Class, 194th Class, 195th Class
- 66. 196th Class, 197th Class, 198th Class
- 67. 199th Class, 200th Class, 201st Class
- 68. 202nd Class, 203rd Class, 204th Class
- 69. 205th Class, 206th Class, 207th Class
- 70. 208th Class, 209th Class, 210th Class
- 71. 211th Class, 212th Class, 213th Class
- 72. 214th Class, 215th Class, 216th Class
- 73. 217th Class, 218th Class, 219th Class
- 74. 220th Class, 221st Class, 222nd Class
- 75. 223rd Class, 224th Class, 225th Class
- 76. 226th Class, 227th Class, 228th Class
- 77. 229th Class, 230th Class, 231st Class
- 78. 232nd Class, 233rd Class, 234th Class
- 79. 235th Class, 236th Class, 237th Class
- 80. 238th Class, 239th Class, 240th Class
- 81. 241st Class, 242nd Class, 243rd Class
- 82. 244th Class, 245th Class, 246th Class
- 83. 247th Class, 248th Class, 249th Class
- 84. 250th Class, 251st Class, 252nd Class
- 85. 253rd Class, 254th Class, 255th Class
- 86. 256th Class, 257th Class, 258th Class
- 87. 259th Class, 260th Class, 261st Class
- 88. 262nd Class, 263rd Class, 264th Class
- 89. 265th Class, 266th Class, 267th Class
- 90. 268th Class, 269th Class, 270th Class
- 91. 271st Class, 272nd Class, 273rd Class
- 92. 274th Class, 275th Class, 276th Class
- 93. 277th Class, 278th Class, 279th Class
- 94. 280th Class, 281st Class, 282nd Class
- 95. 283rd Class, 284th Class, 285th Class
- 96. 286th Class, 287th Class, 288th Class
- 97. 289th Class, 290th Class, 291st Class
- 98. 292nd Class, 293rd Class, 294th Class
- 99. 295th Class, 296th Class, 297th Class
- 100. 298th Class, 299th Class, 300th Class
- 101. 301st Class, 302nd Class, 303rd Class
- 102. 304th Class, 305th Class, 306th Class
- 103. 307th Class, 308th Class, 309th Class
- 104. 310th Class, 311th Class, 312th Class
- 105. 313th Class, 314th Class, 315th Class
- 106. 316th Class, 317th Class, 318th Class
- 107. 319th Class, 320th Class, 321st Class
- 108. 322nd Class, 323rd Class, 324th Class
- 109. 325th Class, 326th Class, 327th Class
- 110. 328th Class, 329th Class, 330th Class
- 111. 331st Class, 332nd Class, 333rd Class
- 112. 334th Class, 335th Class, 336th Class
- 113. 337th Class, 338th Class, 339th Class
- 114. 340th Class, 341st Class, 342nd Class
- 115. 343rd Class, 344th Class, 345th Class
- 116. 346th Class, 347th Class, 348th Class
- 117. 349th Class, 350th Class, 351st Class
- 118. 352nd Class, 353rd Class, 354th Class
- 119. 355th Class, 356th Class, 357th Class
- 120. 358th Class, 359th Class, 360th Class
- 121. 361st Class, 362nd Class, 363rd Class
- 122. 364th Class, 365th Class, 366th Class
- 123. 367th Class, 368th Class, 369th Class
- 124. 370th Class, 371st Class, 372nd Class
- 125. 373rd Class, 374th Class, 375th Class
- 126. 376th Class, 377th Class, 378th Class
- 127. 379th Class, 380th Class, 381st Class
- 128. 382nd Class, 383rd Class, 384th Class
- 129. 385th Class, 386th Class, 387th Class
- 130. 388th Class, 389th Class, 390th Class
- 131. 391st Class, 392nd Class, 393rd Class
- 132. 394th Class, 395th Class, 396th Class
- 133. 397th Class, 398th Class, 399th Class
- 134. 400th Class, 401st Class, 402nd Class
- 135. 403rd Class, 404th Class, 405th Class
- 136. 406th Class, 407th Class, 408th Class
- 137. 409th Class, 410th Class, 411th Class
- 138. 412th Class, 413th Class, 414th Class
- 139. 415th Class, 416th Class, 417th Class

[illegible]

Bijlage B7.6 Aanpassingen hoofdwatergang door waterschap



Bijlage B7.7 Aanpassingen van de waterhuishouding in de boswachterijen en in Holmers-Halkenbroek door Staatsbosbeheer



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2669
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2669
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

