

# GRONDWATERREGIME OP BASIS VAN KARTEERBARE KENMERKEN



RAPPORT

2010  
41

GRONDWATERREGIME OP BASIS VAN KARTEERBARE KENMERKEN

STOWA

2010

41

ISBN 978.90.5773.501.1



# COLOFON

Amersfoort, 2010

UITGAVE STOWA, Amersfoort

AUTEUR

J. W. J. van der Gaast (Alterra)

H. R. J. Vroon (Alterra)

H. Th. L. Massop (Alterra)

Het onderzoek is namens STOWA begeleid door Joost Heijkers van de Adviesgroep Modelling.

Wij danken de volgende personen voor hun review van het rapport:

E. Bollen-Weide (Waterschap Rijn en IJssel)

B. Worm (Waterschap Regge en Dinkel)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA rapportnummer 2010-41  
ISBN 978.90.5773.501.1

# TEN GELEIDE

Inzicht in grondwaterstanden is van groot belang voor de inrichting, het beheer en de kwaliteit van het landelijk gebied. De bodem- en grondwatertrappenkaart (Gt-kaart schaal 1:50.000) is de enige landsdekkende beschrijving van de langjarig gemiddelde seizoensfluctuatie van freatische grondwaterstanden in Nederland. De grondwatertrappen zijn in de periode 1962-1989 tegelijkertijd met de bodem in kaart gebracht en worden gebruikt bij allerlei vraagstukken rondom de inrichting van het landelijk gebied.

De niveaus en fluctuaties van de grondwaterstand kunnen in de loop van de tijd wijzigen bijvoorbeeld door veranderingen in de waterhuishouding, drainage, en grondwaterwinning. Hierdoor kan een verschil ontstaan tussen de actuele situatie en de situatie die de Gt-kaarten weergeven. In het beste geval compliceert dit het gebruik van de kaarten. In het slechtste geval, als veel in een gebied is gewijzigd, maakt dit de kaarten onbruikbaar.

STOWA heeft Alterra de opdracht gegeven een actuele landsdekkende grondwatertrappenkaart op te stellen. Alterra heeft hiervoor een methode ontwikkeld die landsdekkende resultaten genereert en die direct gekoppeld is met bodemkundige informatie. De uitkomsten zijn vergeleken met boorpuntinformatie uit detailkarteringen. Daaruit blijkt dat 60 tot 70% van de actuele grondwatertrappen binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval van de boorpuntinformatie ligt. De afwijkingen vallen voor een belangrijk deel weg als Gt-klassen worden gebruikt in plaats van de grondwaterstanden.

Wij denken dat de nieuwe actuele grondwatertrappenkaarten van grote waarde zijn voor de waterbeheerders en adviseren deze te gebruiken.

De kaarten zijn te downloaden via [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).

Utrecht, 2010

De directeur van de STOWA  
Ir. J.M.J. Leenen

# SAMENVATTING

Het grondwater bevindt zich in Nederland doorgaans op geringe diepte, en is daardoor een belangrijke factor bij allerlei vraagstukken met betrekking tot de inrichting, het beheer en de kwaliteit van het landelijk gebied. De beschikbaarheid van actuele informatie over de grondwaterstand is dan ook van groot belang. Om een ruimtelijk beeld te kunnen krijgen in de vorm van kaarten met informatie over het grondwaterstandsverloop is een karakterisering van tijdreeksgegevens van grondwaterstanden in kengetallen noodzakelijk. Hiervoor is in de jaren 60 van de vorige eeuw het systeem van grondwatertrappen (Gt) ontwikkeld. Kenmerken die samenhangen met de Gt, zoals de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en door Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) worden binnen het landbouwkundig- en natuuronderzoek veelvuldig gebruikt. De Grondwatertrapinformatie staat vanouds op de bodem- en Gt-kaart 1:50 000 (opnames tussen de jaren 1960 tot 1989). Deze kaarten kunnen echter zijn verouderd, omdat er sinds deze karteringen ingrepen in de waterhuishouding kunnen zijn geweest. Een aantal kaartbladen is in de jaren 90 geactualiseerd.

Voor het in kaart brengen van het grondwaterregime is het gezien de invloed van de bodemkundige situatie (o.a. anisotropie) op de freatische grondwaterstand van belang dat de karteringsmethode zo goed mogelijk aansluit of samengaat met bodemkundige informatie. Daarom is een methode gebruikt die landsdekkend beschikbaar is en een directe koppeling heeft met bodemkundige informatie. Dankzij deze directe koppeling geeft de karteerbare kenmerken Gt-kaart een redelijk goed beeld van het actuele grondwaterregime. De gebruikte neerschalingstechniek die voor deze actualisatie is gebruikt kan worden gezien als een techniek om op een snelle en eenvoudige wijze de Gt-informatie te actualiseren. De gebruiksschaal van de kaart is naar schatting 1 : 50 000. De kaart is vooral geschikt voor toepassingen waarbij naast de absolute waarde van de kaart ook patrooninformatie van belang is, zoals bij het bepalen van afvoer of kwel/wegzijging. Door de eenvoudige werkwijze kan de gebruiker vrij eenvoudig beoordelen of de kaart geschikt is voor een gewenste toepassing.

Om inzicht te krijgen in de kwaliteit van het kaartmateriaal zijn voor een aantal gebieden verificaties uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de boorpuntinformatie uit detailkarteringen. Uit de vergelijkingen die zijn uitgevoerd tussen de detailkarteringen en de Karteerbare Kenmerken Gt-kaart (KK-kaart) komt naar voren dat het gemiddelde verschil voor de GHG in het zandgebied in de KK-kaart ca. 10 cm droger is dan de detailkarteringen. Voor het kleigebied komt de gemiddelde KK-GHG ongeveer overeen met detailkartering en in het veengebied is de gemiddelde KK-GHG ca 16 cm natter dan de detailkartering aangeeft. De gemiddelde KK-GLG is in de verificatiegebieden droger dan de GLG uit de detailkarteringen. In alle verificatiegebieden wordt zowel de GHG als de GLG in meer of mindere mate ten opzichte van de detailkarteringen afgevlakt. Naast de gebruikelijke afvlakking als gevolg van interpolatie kan ook het schaalverschil tussen beide kaarten hiertoe bijdragen. Uit de vergelijking tussen de boorpuntinformatie uit detailkartering en de KK-GHG en KK-GLG komt tevens naar voren dat ca. 60% – 70% van de KK-kaart binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval van de boorpuntinformatie ligt. De geconstateerde afwijkingen vallen indien gebruik wordt gemaakt van Gt-klassen voor een belangrijk gedeelte weg.

De gebruikte methode blijkt in hoge mate afhankelijk te zijn van de gebruikte gegevens. Indien in het uitgangsmateriaal onvolkomenheden voorkomen werken deze door in de GxG kaarten. Hierdoor kunnen systematische afwijkingen ontstaan die over het algemeen beperkt zijn en worden beïnvloed door de schaal van het uitgangsmateriaal. De gevonden systematische afwijkingen blijken in de meeste gevallen eenvoudig te verklaren. Hierdoor is het ook mogelijk de GxG kaart op een aantal punten vrij eenvoudig te verbeteren.

In het verleden zijn meerdere formules voor de GVG afgeleid, waardoor een grote verscheidenheid in uitkomsten is ontstaan. In de loop der tijd zijn er meerdere regressieformules voor het bepalen van de GVG uit GHG en GLG informatie afgeleid. Veranderingen in de definitie van de GVG, in de berekeningsmethode van de GHG en GLG en de gebruikte buizen resulteren in relatief grote verschillen in uitkomsten. Daarnaast is als gevolg van veranderingen in de definitie van de GVG, waarbij de gehanteerde datum voor de bepaling van de GVG is vroeged van 15 april naar 1 april en later naar 15 maart, de GVG natter geworden. In onderzoek waarbij de GVG wordt gebruikt dient men hiermee rekening te houden. In de toekomst dient de GVG te worden bepaald voor de datum 1 april.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstututen en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# GRONDWATERREGIME OP BASIS VAN KARTEERBARE KENMERKEN

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Achtergrond en probleemstelling	1
	1.2 Doelstelling	1
	1.3 Begrippenkader	1
	1.4 Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>KARAKTERISERING VAN HET GRONDWATERSTANDSVERLOOP</b>	<b>4</b>
	2.1 Grondwaterregime	4
	2.2 Grondwatertrap	6
	2.3 De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand GVG	7
<b>3</b>	<b>GT-KARTERINGSMETHODEN</b>	<b>12</b>
	3.1 Gt op basis van karteerbare kenmerken	12
	3.2 Resultaat	15



<b>4</b>	<b>DETAILKARTERINGEN</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	Veldschatting van de GHG en GLG	19
<b>4.2</b>	Bepaling van de onzekerheid voor detailkarteringsinformatie	21
<b>5</b>	<b>VERIFICATIE WATERSCHAP REGGE EN DINKEL</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	Visuele vergelijking	23
<b>5.2</b>	Verificatie op basis van peilbuisgegevens	23
<b>5.3</b>	Verificatie voor drinkwaterkartering Hengelo-Hasselo	25
<b>5.4</b>	Verificatie op basis van detailkarteringen	27
<b>6</b>	<b>VERIFICATIE BEEKVLIET</b>	<b>32</b>
<b>6.1</b>	Gebiedsbeschrijving van het natuurgebied Beekvliet	32
<b>6.2</b>	Materiaal	32
<b>6.3</b>	Methode	34
<b>6.4</b>	Kaartkwaliteit	34
<b>7</b>	<b>VERIFICATIE SCHOUWEN-WEST</b>	<b>39</b>
<b>7.1</b>	Gebiedsbeschrijving van het gebied Schouwen-west	39
<b>7.2</b>	Verificatie GHG	42
<b>7.3</b>	Verificatie GLG	46
<b>7.4</b>	Fluctuatie	49
<b>8</b>	<b>VERIFICATIE SCHEERWOLDE</b>	<b>51</b>
<b>8.1</b>	Gebiedsbeschrijving van het gebied Scheerwolde	51
<b>8.2</b>	Verificatie van de GHG	56
<b>8.3</b>	Verificatie GLG	60
<b>8.4</b>	Fluctuatie	63
<b>9</b>	<b>DISCUSSIE</b>	<b>65</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>70</b>
	LITERATUUR	72

# 1

## INLEIDING

### 1.1 AchTergr Ond en pr ObleemSTelling

De bodem en grondwatertrappenkaart (Gt-kaart), schaal 1 : 50 000, is de enige landsdekkende beschrijving van de langjarig gemiddelde seizoensfluctuatie van freatische grondwaterstanden in Nederland. De grondwatertrappen (Gt's) zijn in de periode 1961–1992 simultaan met de bodem in kaart gebracht en opgeslagen in het digitale Bodemkundig Informatie Systeem (BIS). De Gt heeft betrekking op de diepte van het freatische grondwater ten opzichte van maaiveld. Door de geringe diepte waarop zich in Nederland het grondwater bevindt, is de Gt-informatie van belang bij allerlei vraagstukken met betrekking tot de inrichting, het beheer en de kwaliteit van het landelijk gebied. In het kader van Waternood is men gebruik gaan maken van het gewenste grond en oppervlaktewater regime (GGOR) (Projectgroep Waternood, 1998). Een belangrijk onderdeel binnen de waternoodssystematiek is het actuele grondwaterregime (AGR).

In de loop van de tijd kunnen de niveaus en de fluctuaties van de grondwaterstand door ingrepen in de waterhuishouding als gevolg van landbouwkundige wensen, drainage, drinkwaterwinning e.d. zijn veranderd (Amstel et al., 1989; Braat et al., 1989). Hierdoor kan er een verschil ontstaan tussen de informatie die op de Gt-kaarten is vastgelegd en de actuele situatie.

### 1.2 dOelSTelling

Het doel van dit project is een actuele landsdekkende beschrijving van de grondwaterstandsfluctuatie in de vorm van grondwatertrappen te geven. Hiertoe dient de fluctuatie van de grondwaterstand door middel van grondwatertrappen in kaart gebracht te worden. De grondwatertrap bestaat uit 2 karakteristieke kengetallen namelijk de GHG en GLG, welke een samenvatting is van het grondwaterregime. Een nevendoeel van het onderzoek is het verifiëren van de GHG en GLG aan de hand van de bodem en Gt-informatie uit een aantal recente detailkarteringen teneinde meer inzicht te verkrijgen in de nauwkeurigheid van de Gt op basis van karteerbare kenmerken.

### 1.3 begrippenk Ader

De karakterisering van de grondwaterstand is grotendeels gebaseerd op de grondwatertrap (Gt) en een aantal daarmee samenhangende gegevens. Dit heeft tot gevolg dat er gebruik wordt gemaakt van een aantal afkortingen en begrippen die specifiek zijn voor de kartering van de grondwaterstand en de Gt. De in dit rapport gebruikte afkortingen en begrippen worden hier kort toegelicht:

*Detailkartering* is een kartering van de bodem en de grondwatertrap op een gedetailleerde schaal (meestal schaal 1 : 5 000, 10 000 of 25 000).

*Grondwaterstand* is de stijghoogte van het freatische grondwater ten opzichte van het maaiveld op een bepaald tijdstip, gemeten in een boorgat of een peilbuis met een ondiep filter, waarvan de diepte en de lengte van het filter is aangepast aan de bodemgesteldheid ter plaatse. Bij het begin van het karteren van de grondwaterstand werd gebruik gemaakt van grondwaterstandsbuizen met een lengte van 1,5 à 2 meter. In gronden met slecht doorlatende lagen ondieper dan 1,5 à 2 meter beneden maaiveld werden bovendien grondwaterstandsmetingen in kortere buizen gedaan, die met hun onderzijde tot net boven de betreffende laag werden geplaatst (Van Heesen en Westerveld, 1966). Van der Sluijs en van Egmond, 1976a geven aan dat er gemeten wordt in peilbuizen van circa 2 meter lengte. Later wordt gebruik gemaakt van peilbuizen met een lengte van 2 à 3 meter (Van der Sluijs, 1982). Terwijl tegenwoordig gebruik wordt gemaakt van peilbuizen met een maximale lengte van 6 meter (Finke *et al.*, 1994). In dit onderzoek is aangesloten bij andere GD onderzoeken en is gebruik gemaakt van peilbuizen met een lengte van over het algemeen minder dan 5 meter (Finke *et al.*, 1999);

*HG3* en *LG3* zijn de gemiddelde van de drie hoogste respectievelijk de drie laagste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een halfmaandelijke meetfrequentie;

*VG3* is de gemiddelde grondwaterstand voor de meetdata 14 maart, 28 maart en 14 april in een bepaald kalenderjaar;

*xG3* staat in dit rapport voor de begrippen *HG3*, *VG3* en *LG3* tezamen;

*GHG* (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) is gedefinieerd als de top van de grondwaterregimecurve, welke doorgaans wordt berekend op basis van het gemiddelde van de *HG3*, voor een hydrologisch jaar, over een aaneengesloten periode van tenminste acht hydrologische jaren waarin geen waterhuishoudkundige ingrepen hebben plaatsgevonden;

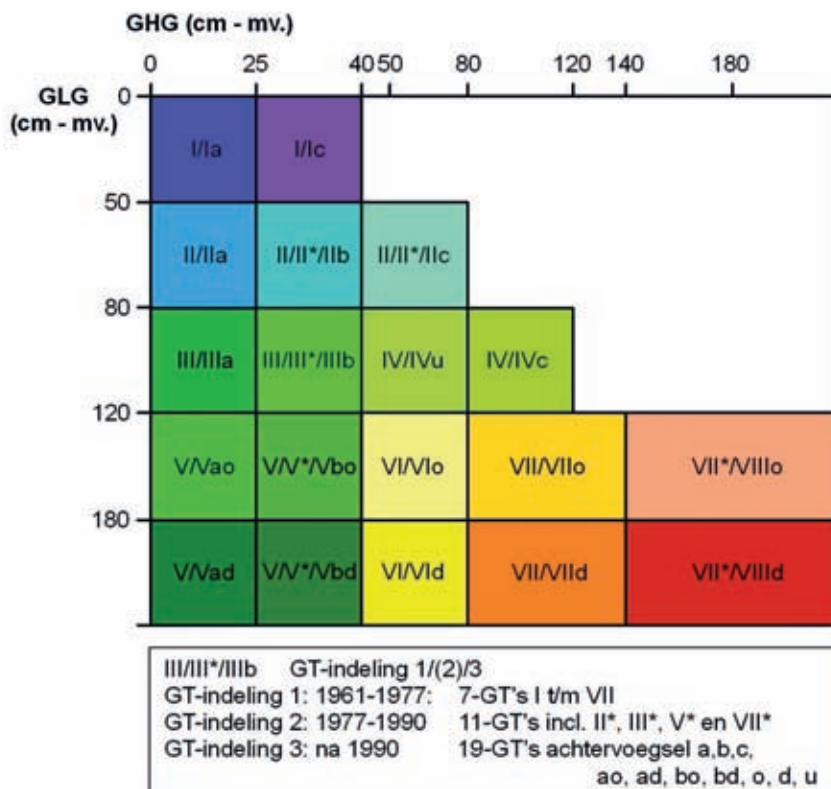
*GLG* (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) is gedefinieerd als het dal van de grondwaterregimecurve, welke doorgaans wordt berekend op basis van het gemiddelde van de *LG3*, voor een hydrologisch jaar, over een aaneengesloten periode van tenminste acht hydrologische jaren waarin geen waterhuishoudkundige ingrepen hebben plaatsgevonden;

*GVG* (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) is gedefinieerd als het langjarig gemiddelde van de grondwaterstand op 1 april, welke doorgaans wordt berekend op basis van het gemiddelde van de *VG3* over een aaneengesloten periode van tenminste acht hydrologische jaren waarin geen waterhuishoudkundige ingrepen hebben plaatsgevonden;

*GxG* staat in dit rapport voor de begrippen *GHG*, *GVG* en *GLG* tezamen;

De *Gt* (Grondwatertrap) is een typische combinatie van *GHG*- en *GLG*-klassen welke in de loop der jaren op de onderstaande wijze is onderverdeeld (figuur 1.2):

Figuur 1.2 i ndeling in gT'S Op bASiS vAn de ghg en de glg (nAAr: vAn der gAAST en mASSOp, 2005A)



#### 1.4 leesWijzer

Voor het in kaart brengen van de grondwaterstands situatie is het van belang de temporele fluctuatie van de grondwaterstand te karakteriseren in een beperkt aantal kengetallen. Daarom is in hoofdstuk 2 de karakterisering van het grondwaterstandsverloop in termen van GHG, GVG en GLG beschreven. Nadat het grondwaterstandsverloop kan worden samengevat in een aantal kengetallen is het mogelijk om deze karakteristieken in kaart te brengen. De hiervoor gehanteerde methode is beschreven in hoofdstuk 3. Om de plausibiliteit van de kaarten te kunnen toetsen is gebruik gemaakt van grondwaterstandinformatie die in het kader van zogenaamde detailkarteringen is verkregen. In hoofdstuk 4 is enige achtergrondinformatie alsmede informatie over de onzekerheid van grondwaterstandinformatie in detailkarteringen beschreven. Dit type informatie is gebruikt voor de verificatie van het landsdekkende kaartmateriaal. De verificatie is uitgevoerd voor vier gebieden en beschreven in hoofdstuk 5 t/m 8. De eerste twee gebieden hebben betrekking op het zandgebied, het derde gebied betreft een klei- en een holoceen zandgebied en het vierde gebied is hoofdzakelijk een veengebied. De samenvatting van de verificatieresultaten en de hierop gebaseerde bevindingen zijn opgenomen in het discussie hoofdstuk (hoofdstuk 9). Daarnaast zijn een aantal andere aspecten in dit hoofdstuk bediscussieerd. In het laatste hoofdstuk (10) zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

# 2

## KARAKTERISERING VAN HET GRONDWATERSTANDSVERLOOP

Om een ruimtelijk beeld te kunnen krijgen in de vorm van kaarten met informatie over het grondwaterstandsverloop is een karakterisering van tijdreeksgegevens van grondwaterstanden in kengetallen noodzakelijk. Hiervoor is in de jaren 60 van de vorige eeuw het systeem van grondwatertrappen (Gt) ontwikkeld. Kenmerken die samenhangen met de Gt, zoals de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) worden binnen het landbouwkundig- en natuuronderzoek onderzoek veelvuldig gebruikt. Daarom wordt de karakterisering van het grondwaterstandsverloop in de vorm van Gt-informatie in de volgende paragrafen nader beschreven.

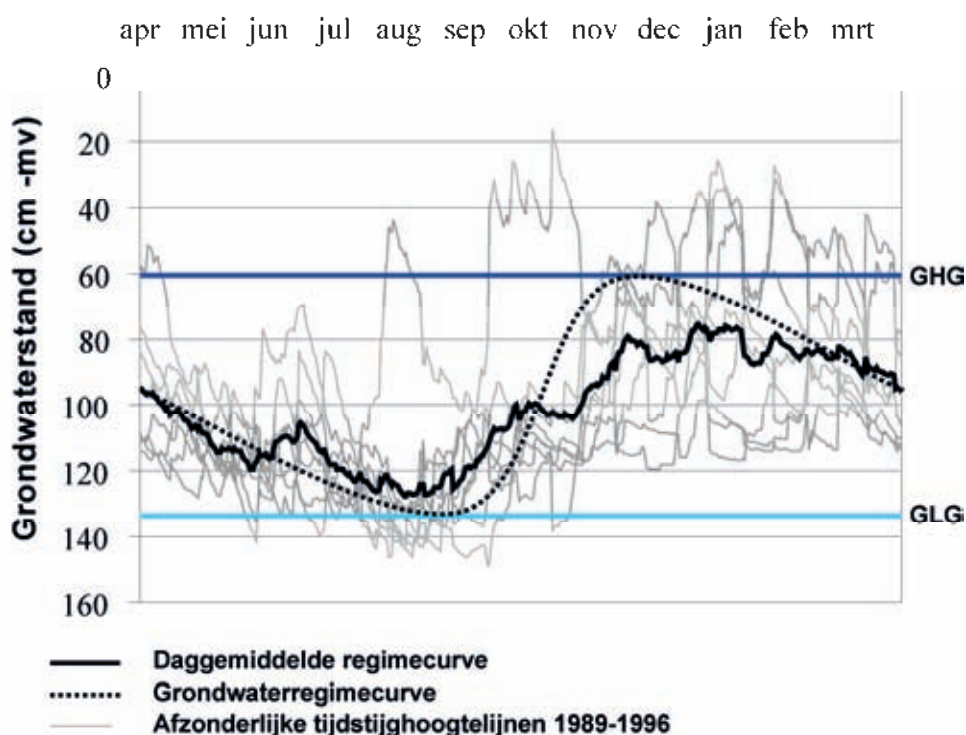
### 2.1 gr Ond WATerregime

Het verloop van de grondwaterstand wordt van oudsher gekarakteriseerd door de grondwatertrap (Gt), die de fluctuatie en het niveau van de freatische grondwaterstand ten opzichte van maaiveld weergeeft. Als gevolg van variaties in de grondwateraanvulling, veroorzaakt door verschillen in de aard en samenstelling van het bodemprofiel, neerslag, verdamping en wegzijging of kwel, en de verdeling hiervan, is het verloop van de grondwaterstand in een jaar, maar ook van jaar tot jaar verschillend. Dit is te zien in figuur 2.1, waarin de grondwaterstanden voor een aantal afzonderlijke hydrologische jaren (1 april t/m 31 maart) zijn weergegeven. Door deze variatie zijn de jaarlijkse tijd-stijghoogtelijnen, die het grondwaterstandsverloop in een specifiek jaar weergeven, weinig hanteerbaar als karakteristiek van de grondwaterstand. De tijd-stijghoogtelijnen van de afzonderlijke hydrologische jaren werden daarom vervangen door een gemiddelde curve, die men kan beschouwen als de curve, die het verloop weergeeft van de grondwaterstand in een jaar met gemiddelde weersomstandigheden (Stol, 1958; van Heesen, 1971). Door de jaren heen zijn er veel verschillende termen voor deze curve gehanteerd. In de 50-er jaren maakte men vooral gebruik van de term gemiddelde tijd-stijghoogtelijn. In de 70-er jaren is voornamelijk de term gemiddelde grondwaterstandscurve gehanteerd, terwijl recentelijk gebruik wordt gemaakt van de term grondwaterregimecurve of kortweg regimecurve (Projectgroep Waternood, 1998; Vereniging voor Landinrichting, 2000). In deze studie wordt voor deze curve de term grondwaterregimecurve gehanteerd (Van der Gaast en Massop, 2005b).

Bij de herleiding van de grondwaterregimecurve zijn een aantal aspecten van belang (Stol, 1960; Knibbe en Marsman, 1961; van Heesen en Westerveld 1966). De afzonderlijke tijdstijghoogtelijnen laten een geleidelijke daling van het grondwater in het voorjaar zien. De bundel vernauwt zich dan opvallend. Na het bereiken van de laagste stand volgt tijdens de periode waarin de neerslag de verdamping gaat overtreffen, een snelle stijging. De snelheid van stijgen in de afzonderlijke jaren is nagenoeg constant, met andere woorden de lijnen lopen bij benadering evenwijdig. Alleen het tijdstip waarop deze stijging begint is meestal verschillend. De grondwaterregimecurve moet dan ook een stijgende tak hebben met dezelfde hel-

ling als de curven van de afzonderlijke jaren. De top en het dal van de grondwaterregimecurve geven het niveau aan tot waar de grondwaterstand gemiddeld in de winter stijgt (GHG) en in de zomer daalt (GLG) (figuur 2.1) (Knibbe en Marsman, 1961; Van Heesen en Westerveld 1966; van Heesen, 1971). Bovenstaande definitie komt overeen met de in de COLN-periode (Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding in Nederland) gekarteerde winter- en zomertoestand van het grondwater. In de COLN-periode heeft men immers ook de top en het dal van de grondwaterregimecurve gekarteerd (Stol, 1958). Uit onderzoek bleek dat de top en het dal van de grondwaterregimecurve bij benadering overeen komen met het gemiddelde van 3 specifieke meetdata (Freeve, 1958). Voor een klein gebied in de Achterhoek is door Colenbrander (1970) aan de hand van analyses van langere tijdreeksen van grondwaterstanden geconstateerd dat de COLN-kaarten ongeveer de GHG en de GLG weergeven ondanks de korte meetperiode waarin grondwaterstanden in de COLN-periode waren verzameld.

Figuur 2.1 Tijd Stijgh OogTelijnen en gr Ond WATERregimecurve Over de j Aren 1989-1998 Op bASiS vAn d AgWAArden v OOr hydr Ol OgiSche j Aren (nAAR: vAn der gAAST en mASSOp, 2005b)



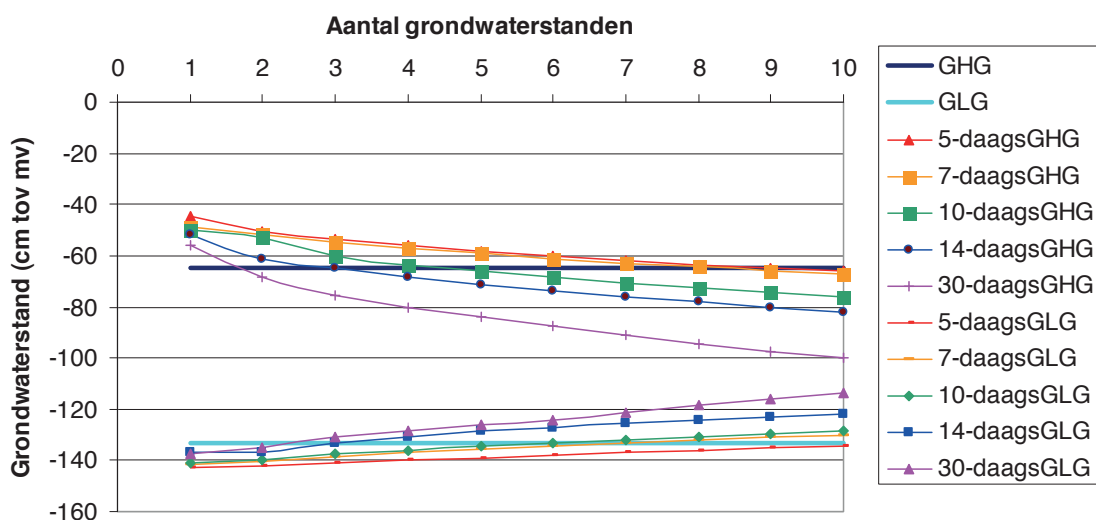
De grondwaterregimecurve is niet identiek aan de curve die verkregen wordt door het middelen van de grondwaterstanden op dezelfde data van de afzonderlijke jaren (Knibbe en Marsman, 1961; Van der Sluijs en van Egmond, 1976b). In de praktijk wordt voor het bepalen van de grondwaterregimecurve echter vaak gebruik gemaakt van de gemiddelde dagstanden over verschillende jaren. De op deze manier verkregen gemiddelde curve is hierdoor niet identiek aan de regimecurve. Voor deze curve wordt in dit rapport de term daggemiddelde regimecurve gehanteerd. De daggemiddelde regimecurve wordt dus bepaald door de grondwaterstand voor iedere datum over de afzonderlijke jaren te middelen, waardoor een middeling in de y-richting plaatsvindt. Een dergelijke middeling, waarbij de op hetzelfde tijdstip gemeten grondwaterstanden over een aantal jaren gemiddeld worden, levert een niet reële, afgevlakte curve op (Knibbe en Marsman, 1961; Van der Sluijs, 1982). De hoogste en laagste standen vallen immers niet elk jaar op hetzelfde tijdstip. Een dichter bij de werkelijkheid aansluitend beeld ontstaat als de jaarlijks optredende hoogste respectievelijk laagste standen,

ongeacht het tijdstip van voorkomen worden gemiddeld. Dit systeem ligt ten grondslag aan de grondwaterregimecurve, welke wordt verkregen door in de richting loodrecht op de te verkrijgen curve te middelen (Stol, 1958). In dit geval wordt er een middeling in zowel de x- als de y-richting uitgevoerd. Karakteristiek voor deze grondwaterregimecurve is dat zowel de helling van de dalende en stijgende tak als het tijdstip van dalen en stijgen overeenkomt met het gemiddelde beeld van de afzonderlijke jaren (Knibbe en Marsman, 1961; Van der Sluijs en van Egmond, 1976b). Uit figuur 2.1 komt duidelijk naar voren dat de daggemiddelde regimecurve is afgevlakt en de GHG en GLG door de daggemiddelde regimecurve niet wordt bereikt. Statistisch gezien geeft de daggemiddelde regimecurve de beste schatting van de grondwaterstand voor een bepaalde dag in een willekeurig jaar. De grondwaterregimecurve wordt daarentegen gekenmerkt door een langzame daling in het voorjaar en een snelle stijging van de grondwaterstand in het najaar. De GHG en GLG worden door deze curve bereikt en het gedrag van de grondwaterstand is in deze figuren goed af te lezen. In tegenstelling tot de daggemiddelde regimecurve geeft de grondwaterregimecurve ook informatie over de gemiddelde samenhang van de grondwaterstand in de tijd.

## 2.2 gr Ond WATER Tr Ap

Het samenstellen van een grondwaterregimecurve was vroeger bewerkelijk en enigszins subjectief. Ondanks de automatisering blijkt het nu nog steeds moeilijk deze grondwaterregimecurves automatisch te genereren. Aangezien men vroeger voor het karakteriseren van het grondwaterstandsverloop alleen de top en het dal uit de gemiddelde curve hanteerde, is gezocht naar een eenvoudiger werkwijze. Uit hydrologisch onderzoek in de 60er jaren is gebleken dat, wanneer gedurende een groot aantal jaren (minimaal 8) de grondwaterstand tweemaal per maand (op of omstreeks de 14<sup>e</sup> en de 28<sup>e</sup>) gemeten is, uit deze gegevens de top van de curve in de vorm van de GHG en het dal van de curve in de vorm van de GLG vrij eenvoudig te berekenen zijn (Knibbe en Marsman, 1961; van Heesen en Westerveld 1966; van Heesen, 1971). Deze worden berekend door het middelen van respectievelijk de drie hoogst gemeten (HG3) en de drie laagst gemeten (LG3) standen in een hydrologisch jaar (1 april – 31 maart), hetgeen proefondervindelijk is vastgesteld. (Knibbe en Marsman, 1961; Van der Sluijs en van Egmond, 1976b). Er is een periode geweest waarin de GHG en GLG alleen uit metingen in het hydrologische winter- respectievelijk zomerhalfjaar zijn berekend. Om de GHG en de GLG te bepalen worden respectievelijk de HG3 en de LG3 over minimaal 8 aaneengesloten hydrologische jaren gemiddeld. Figuur 2.2 geeft de invloed weer van het aantal waarnemingen dat wordt gemiddeld per hydrologisch jaar en de invloed van de waarnemingsfrequentie op de berekende GHG en de GLG. Uit de figuur komt duidelijk naar voren dat de GHG lager is en de GLG hoger is naarmate er gebruik wordt gemaakt van meer meetdata (de pieken worden door het gebruik van meer meetdata per jaar afgevlakt). Middeling over een groter aantal standen per jaar heeft dus tot gevolg dat de fluctuatie (verschil tussen GHG en GLG) afneemt en niet meer overeenkomt met de fluctuatie in de grondwaterregimecurve (Knibbe en Marsman, 1961). Uit de figuur komt tevens naar voren dat indien men de beschikking had gehad over een andere waarnemingsfrequentie het eveneens mogelijk is om rond GHG en GLG (respectievelijk de top en het dal van de grondwaterregimecurve) uit te komen door simpelweg het aantal waarnemingen per hydrologisch jaar dat gemiddeld wordt bij te stellen. De *Gt* (Grondwatertrap) is een combinatie van GHG- en GLG-klassen welke in de loop der jaren is verfijnd (figuur 1.2)

Figuur 2.2 i nvl Oed vAn heT AAnTAL gr Ond WATER STAnden per hydr OLogiSch j AAr d AT gemiddeld WOrd T, Op de berekende ghg en glg v00r ver Schillende WAArneming SFrequen TieS



### 2.3 de gemiddelde v 00rj AAr Sgr Ond WATER STAnd gvg

Voor het bepalen van de vochtleverantie aan gewassen wordt sinds de jaren 70 gebruik gemaakt van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). De GVG was indertijd gedefinieerd als de gemiddelde grondwaterstand op 15 april, het begin van het groeiseizoen. Uit de analyse van de grondwaterstand van een honderdtal stambuizen kon voor de GVG in zandgronden de volgende relatie met de GHG en de GLG worden afgeleid (Van Heesen en Van der Sluijs, 1974):

$$GVG = 0.2 (GLG - GHG) + GHG + 12 \quad 1$$

Bij berekening van de vochtleverantie volgens de door Rijtema (1971) ontwikkelde methode wordt uitgegaan van een bepaalde grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen. Hiervoor wordt de gemiddelde grondwaterstand op 14 april genomen. Deze wordt aangeduid als de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). De GVG dient te liggen tussen de GHG en de GLG. Uit grondwaterstandsgegevens van 147 in zandgrond gelegen stambuizen is de volgende relatie gevonden (Van der Sluijs en Van Egmond, 1976b):

$$GVG = 0.15 (GLG - GHG) + (1.01 * GHG) + 14.3 \quad 2$$

De formule laat zien dat de GHG een veel grotere invloed heeft op de GVG dan de fluctuatie tussen de GHG en GLG. Gezien de beperkte bijdrage van de fluctuatie in de bepaling van de GVG kan zonder bezwaar een vereenvoudiging worden toegepast. Vervanging van de fluctuatie door een gemiddelde fluctuatie, d.w.z. door een constante zal de nauwkeurigheid slechts weinig beïnvloeden. In de vereenvoudigde vergelijking komt dan alleen de GHG als onafhankelijke variabele voor (Van der Sluijs en Van Egmond, 1976b):

$$GVG = 1.03 * GHG + 27.3 \quad 3$$

Uit de bovenstaande formule kan worden afgeleid dat als vuistregel de GVG ongeveer 25 tot 30 cm lager is dan de GHG



Vanaf het begin van de jaren 80 van de vorige eeuw is voor het begin van het groeiseizoen 1 april aangehouden. Hierdoor is de definitie van de GVG veranderd. De GVG geeft dus de grondwaterstand die onder normale weersomstandigheden aan het begin van het groeiseizoen mag worden verwacht. De GVG zal altijd dieper zijn dan de GHG en des te dieper, naarmate de fluctuatie tussen de GHG en GLG groter is. Uit grondwaterstandsgegevens van 550 meetpunten is voor de GVG de volgende relatie met de GHG en GLG afgeleid (Van der Sluijs, 1982; Van der Sluijs, 1990; ten Cate, 1995):

$$\text{GVG} = 0.83 * \text{GHG} + 0.19 * \text{GLG} + 5.4 \quad 4a$$

$$\text{GVG} = 0.19 (\text{GLG} - \text{GHG}) + 1.02 * \text{GHG} + 5.4 \quad 4b$$

Deze laatste formule is in het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep herziening cultuurtechnisch vademecum, 1988) opgenomen in de volgende vorm:

$$\text{GVG} = \text{GHG} + 0.2 * (\text{GLG} - \text{GHG}) + 5 \quad 4c$$

Uit de bovenstaande relatie kan worden afgeleid dat bij een geringe fluctuatie (<50 cm, Gt I, II en VI) de GVG ongeveer 15 cm lager is dan de GHG en voor de overige gronden de GVG ongeveer 25 cm lager is dan de GHG.

Aan het eind van de jaren 80 van de vorige eeuw is door Van der Sluijs en Van Heesen (1989) voorgesteld de GHG en GLG berekening te veranderen. Zij hebben voorgesteld de GHG en GLG te berekenen uit respectievelijk het winterhalfjaar en het zomerhalfjaar in plaats van het hydrologische jaar. Dit heeft tot gevolg dat ook de GVG berekening veranderd. Daarnaast zijn twee verschillende functies afgeleid. Een functie voor polders en een functie voor stroomgebieden.

$$\text{Polders: GVG} = 0.17 (\text{GLG} - \text{GHG}) + 0.96 * \text{GHG} + 12 \quad 5$$

$$\text{Stroomgebieden: GVG} = 0.15 (\text{GLG} - \text{GHG}) + 0.97 * \text{GHG} + 4 \quad 6$$

Rond de eeuwwisseling is de berekeningswijze voor de GVG veranderd. Voor de bepaling van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand is een gemiddelde gebruikt van de 3 gemeten tweewekelijkse standen die het dichtst bij 1 april liggen nl: 14 en 28 maart en 14 april (Finke et al., 2005). Deze werkwijze heeft tot gevolg dat de berekeningswijze van de GVG meer overeenkomt met de berekening van de GHG en de GLG.

In het nieuwe Cultuurtechnisch Vademecum (Cultuurtechnische vereniging, 2000) wordt voor de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) de grondwaterstand rond 15 maart aangehouden. In bodems die zijn gedraineerd komt de GVG midden tussen de drains ongeveer overeen met een grondwaterstand van 10 cm boven drainniveau. In bodems met een natuurlijke grondwaterstandsfluctuatie kan de GVG worden benaderd met de volgende formule:

$$\text{GVG} = \text{GHG} + 1/6 (\text{GLG} - \text{GHG}) \quad 7$$

Door Van der Gaast et al., 2006c is op basis van een aantal stambuizen binnen het beheergebied van waterschap Regge en Dinkel, gebruik makend van de nieuwe berekeningswijze de volgende relatie afgeleid:

$$\text{GVG} = 0,70 \text{ GHG} + 0,25 \text{ GLG} + 13,7 \quad (\text{se} = 5,69) \quad 8$$

Voor het afleiden van de relatie is gebruik gemaakt van 93 stambuizen.

Om het verschil tussen de formules inzichtelijk te maken is een nadere analyse uitgevoerd. De analyse heeft betrekking op buislocaties waarvoor tijdreeksen van 30 jaar op basis van tijdreeksanalyse beschikbaar zijn (Van der Gaast en Massop, 2003). De berekende GHG en GLG op basis van de tijdreeksanalyse is gebruikt als invoer voor de beschikbare formules. Uit de vergelijking (tabel 2.1) komt naar voren dat de oude formules goed overeenkomen met de uit de tijdreeks gegenereerde GVG. De definitie en de berekeningswijze is echter verschillend. De GVG uit de tijdreeksen is het gemiddelde van drie standen (de VG3) terwijl de eerste formules betrekking hebben op de gemiddelde grondwaterstand op 15 april. Hierdoor mag verwacht worden dat formules 1, 2 en 3 ongeveer 6 cm droger uitkomen (zie tabel 2.1). De formules vanaf 1982 zijn structureel natter dan de GVG op basis van de tijdreeks. Deze nattere berekende situatie is ook gepaard gegaan met een verandering in de definitie. Vanaf 1982 is de GVG representatief voor 1 april in plaats van 15 april, hetgeen samengaat met een nattere situatie. Voor formule 4 a, b en c mag verwacht worden dat deze overeenkomt met de GVG op basis van de tijdreeksen, aangezien de berekeningsmethoden ongeveer overeenkomen. De formules uit 1989 hebben betrekking op een andere berekening (half hydrologisch jaar) van de GHG en GLG. Bij het gebruik van deze formules komt de GVG hierdoor nog natter uit. Dit kan worden verklaard, doordat vooral de GHG op basis van een berekening over alleen het winterhalfjaar gelijk kan zijn of droger uit kan vallen dan de berekening over het gehele hydrologische jaar. Deze formules kunnen alleen gebruikt worden indien de GHG en GLG bepaald is op basis van het winter en zomerhalfjaar. De formule uit 2006 komt redelijk overeen met de tijdreeks GVG. De resultaten zijn over het algemeen enkele cm droger, hetgeen waarschijnlijk verklaard kan worden doordat de functie is opgezet op basis van regionale gegevens.

In bijna alle situaties geeft het gebruik van de functie een nattere GVG dan de GVG op basis van de tijdreeksen. Alleen formule 8 geeft een drogere GVG. Dit is overigens de enige formule die gebaseerd is op een deelverzameling van de gebruikte peilbuisinformatie en dus ook gebaseerd is op GVG's uit tijdreeksanalyse.

De verschillen kunnen mogelijk worden verklaard door de gebruikte dataset. In de loop der tijd is bij het bepalen van de GxG steeds meer gebruik gemaakt van diepere buizen (Van der Gaast et al., 2006c). Dit heeft tot gevolg dat er in buizen een stijghoogte wordt gemeten die niet overeen hoeft te komen met de freatische grondwaterstand. Dit verschil kan worden veroorzaakt door het voorkomen van weerstand als gevolg van laagovergangen op geringe diepte. Deze gelaagdheid heeft afhankelijk van de gehanteerde schaal in meer of mindere mate anisotropie tot gevolg. Naast het voorkomen van gelaagdheid (anisotropie) is ook de aanwezigheid van een verticale flux van belang, welke rond GVG moment gemiddeld voor heel Nederland ongeveer -1 mm/dag bedraagt (Van der Gaast et al., 2006c). Het voorkomen van een verticale - of netto zijwaartse flux in combinatie met een al dan niet door anisotropie veroorzaakte weerstand tegen stroming heeft tot gevolg dat er geen hydrostatisch evenwicht aanwezig is. Door deze neerwaartse grondwaterstroming en de aanwezigheid van ont- en afwateringsmiddelen kan in tegenstelling tot de verwachting ook in kwelgebieden een neerwaartse grondwatergradiënt voorkomen (Van der Gaast et al., 2006c; Dalton et al., 2007). Het effect van dit aspect van numerieke verdroging op ondermeer de GHG en GVG is in figuur 2.4 schematisch weergegeven. Numerieke verdroging kan worden gedefinieerd als een onjuiste inschatting (meestal te droog) van de freatische grondwaterstand als gevolg van verkeerde meet- en/of rekentechnieken die direct of indirect als gevolg van numerieke methoden zijn geïntroduceerd (Van der Gaast et al., 2008).



gemiddeld verschil ontstaan van 16 cm. Dit verschil zal ten onrechte worden geïnterpreteerd als verdroging. Aangezien numerieke verdroging gedefinieerd is als een onjuiste inschatting (meestal te droog) van de freatische grondwaterstand als gevolg van verkeerde meet- en/of rekentechnieken (Van der Gaast et al., 2008), kan ook dit GVG verschil omschreven worden als een vorm van numerieke verdroging.

De analyse geeft aan dat het van belang is bij het bepalen van grondwaterstands­daling of verdroging gebruik te maken van consistente rekenmethodes, teneinde het gebruik van onjuiste misleidende informatie te voorkomen. Indien de GVG wordt gebruikt voor het evalueren van natuurdoelen met instrumenten zoals Natles of Waternood is het eveneens van belang dat de gehanteerde GVG overeenkomt met de GVG die aan de desbetreffende natuurdoelen zijn gekoppeld. Voor het vaststellen van de correcte rekenmethode dient te worden geredeneerd vanuit het grondwaterregime. De GVG is uitgaande van het grondwaterregime gedefinieerd als de grondwaterstand op 1 april, welke doorgaans wordt berekend op basis van het gemiddelde van de VG3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht hydrologische jaren waarin geen waterhuishoudkundige ingrepen hebben plaatsgevonden. De formule die aansluit bij de definitie is formule 8. Aangezien dit een formule is die voor een regio is opgezet, is nader onderzoek naar landelijke toepassing wenselijk. Daarnaast dient te worden vermeld dat eventuele toekomstige aanpassingen in de definitie of rekenmethodes van de GVG alleen plaats kunnen vinden indien ook het hydrologisch jaar en daarmee de grondwaterregime­curve wordt aangepast.

# 3

## GT-KARTERINGSMETHODEN

Om de grondwaterstandsituatie in kaart te brengen wordt veelal gebruik gemaakt van een bepaalde Gt-karteringsmethode. Bij het karteren wordt dan de grondwaterstand en de fluctuatie in de vorm van de GHG en GLG als samenvatting van de grondwaterregimecurve in kaart gebracht (Van Heesen en Westerveld 1966; Van Heesen, 1971; Wallenburg, 1973; Van der Gaast en Massop, 2006). Met deze afgeleide informatie wordt uiteindelijk het actuele grondwaterregime in kaart gebracht.

Door Winters en Van den Berg (2006) is een overzicht gegeven van een groot aantal GxG-karteringsmethoden. In dit overzicht zijn naast landsdekkend beschikbare methoden ook methoden opgenomen die nog niet beschikbaar zijn of geen vlakdekkend beeld geven van de Gt. Daarnaast is het gezien de invloed van de bodemkundige situatie (o.a. anisotropie) op de freatische grondwaterstand van belang dat de karteringsmethode zo goed mogelijk aansluit of samengaat met de bodemgesteldheid. Daarom is een methode ontwikkeld die landsdekkend beschikbaar is en een directe koppeling heeft met bodemkundige informatie.

### 3.1 gT Op bASiS vAn kAr Teerb Are kenmerken

In het kader van een landelijke studie is een methode ontwikkeld waarbij vooral is gelet op het behoud van patrooninformatie (Van der Gaast en Massop, 2005a; Van der Gaast *et al.*, 2005). Deze methode is toegepast om op een snelle en eenvoudige wijze de actuele Gt te kunnen bepalen, waarbij aangesloten wordt bij de beschikbare bodemkundige informatie en derhalve rekening wordt gehouden met patronen die herkenbaar zijn in het landschap. De resultaten van de methode zijn in het beheergebied van waterschap Regge en Dinkel gevalideerd (Van der Gaast *et al.*, 2006b).

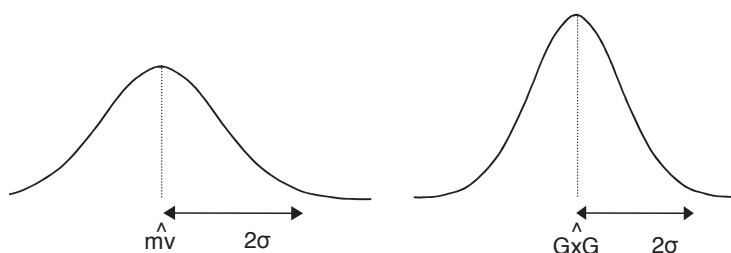
#### Werk Wijze

Door Van der Sluijs (1990) is onderzoek gedaan naar de gemiddelde waarden van de GHG en GLG voor de verschillende Gt's. Hierbij is gebruik gemaakt van peilbuizen, waarin langjarig grondwaterstanden zijn gemeten. Dit onderzoek heeft geresulteerd in de bekende 'Van der Sluijs tabel'. Recent is een onderzoek uitgevoerd naar de karakterisering van de freatische grondwaterstand op basis van puntgegevens (Van der Gaast en Massop, 2003). Hiervoor is de fluctuatie van de grondwaterstand op een groot aantal peilbuislocaties onderzocht, hetgeen heeft geresulteerd in een uitgebreide dataset die bestaat uit 3117 buislocaties. Op basis van deze gegevens is eveneens een tabel opgezet die de relatie weergeeft tussen de Gt en de GxG, welke bestaat uit de GHG, GVG en GLG (tabel 3.1).

De gegevens in tabel 3.1 kunnen worden vertaald in een kansverdeling. Deze kansverdeling komt ongeveer overeen met het klassegemiddelde van de desbetreffende Gt en de totale klasbreedte. Deze informatie kan worden gebruikt om de Gt-vlakken in de bestaande bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50 000 neer te schalen. Naast de kansverdeling van de Gt is immers ook de

maaiveldhoogteverdeling bekend. Door gebruik te maken van het AHN (25 x 25) kan ook voor het maaiveld een kansverdeling worden gemaakt. In figuur 3.1 zijn beide verdelingen schematisch weergegeven. Door de kansverdeling voor het maaiveld binnen een bodem/Gt-vlak op de bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50 000 te transformeren naar een kansverdeling voor de GxG, is het vervolgens mogelijk om kaarten te maken van de GxG. Op deze manier wordt op een eenvoudige wijze een neerschaling van de Gt naar gridcellen van 25 meter bewerkstelligd (Van der Gaast *et al.*, 2005). Het gebruik van tabel 3.1 voor het neerschalen van de Gt levert kaartbeelden van de GxG voor de situatie tijdens de karteringsperiode van de bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50 000.

Figuur 3.1 Schematische weergave van de kansverdeling voor het maaiveld (mv) en de g<sub>xg</sub> (nAAR: van der Gaast en Massop, 2005A)



Tabel 3.1 r Relatie tussen de gt en de g<sub>xg</sub> op basis van tijdreeksresultaten voor peilbuissgegevens S (cm min maaiveld) (nAAR: van der Gaast en Massop, 2005A)

gt	Aantal	ghg		gvg		glg			
		gemiddeld (cm)	Std (cm)	gemiddeld (cm)	Std (cm)	gemiddeld (cm)	Std (cm)		
I	102	-5,3	(-5)	12,2	10,6	11,0	36,5	(38)	9,2
II	178	4,8	(7)	14,4	28,1	13,5	65,6	(66)	8,7
II*	44	35,9	(32)	9,1	53,4	6,6	73,4	(67)	6,0
III	177	13,3	(17)	9,0	43,4	11,0	97,7	(103)	11,4
III*	108	32,7	(32)	4,2	60,4	7,0	101,9	(102)	11,0
IV	176	56,7	(56)	11,7	78,2	10,2	106,9	(104)	10,4
V	58	16,8	(17)	6,2	56,1	10,6	139,7	(135)	16,9
V*	118	33,5	(32)	4,3	70,5	10,1	145,6	(142)	22,4
VI	716	62,4	(61)	11,2	95,6	12,8	159,2	(155)	26,1
VII	1005	105,6	(101)	16,3	134,1	17,7	191,1	(190)	33,0
VIII	437	201,1	(185)	81,0	228,6	81,9	294,6	(281)	87,3

() waarde in de Van der Sluijs tabel

Door de jaren heen hebben allerlei ingrepen in de waterhuishouding plaatsgevonden die voornamelijk tot lagere grondwaterstanden hebben geleid (Braat *et al.*, 1989). Daarnaast is een deel van de grondwaterstands daling (vooral in de laatste decennia) ook toe te schrijven aan een voortgaande toename van de droge stofproductie (toename waterverbruik) bij de meeste landbouwgewassen door o.a. veredeling en de keuze van andere landbouwgewassen en door een toename van het verhard oppervlak als gevolg van bijvoorbeeld verstedelijking. Om meer inzicht in de verschuiving van de Gt te krijgen zijn in de eerder genoemde landsdekkende studie de buislocaties over de bodem/Gt-vlakken van de bodemkaart 1 : 50 000 gelegd (Van der Gaast en Massop, 2005a; Van der Gaast *et al.*, 2005). Vervolgens is het actuele zwaartepunt van de bodem/Gt-kaartvlakken die zijn weergegeven op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 bepaald (tabel 3.2). Op basis van deze gegevens kan worden geconcludeerd dat er een grondwater-

standsdaling en derhalve verdroging heeft plaatsgevonden. Het bepalen van de verdroging op basis van buisgegevens blijkt echter te resulteren in een overschatting van de grondwaterstandsdaling en de hiermee samenhangende verdroging (Van der Gaast *et al.*, 2006b; Van der Gaast *et al.*, 2008; Van der Gaast *et al.*, 2009). Deze overschatting wordt onder andere veroorzaakt door weerstand tegen verticale stroming en de hiermee samenhangende anisotropie hoog in het bodemprofiel en kan worden omschreven als numerieke verdroging.

Tabel 3.2 r elATie TuSSen de gT en de gXg Op bASIS vAn Tijdreek Sre Sul TATen vOOr peilbui Sl OcATieS (l Andelijk) in k AAr Tvl Akken v An de bOdemkAAr T 1 : 50,000 (cm min mAAiveld) (n AAr: vAn der gAAST en mASSOp, 2005A)

gt	Aantal	ghg		gvg		glg	
		gemiddelde (cm)	Std (cm)	gemiddelde (cm)	Std (cm)	gemiddelde (cm)	Std (cm)
I	65	9,0	33,8	29,6	36,8	61,9	45,3
II	302	28,3	34,3	51,7	34,8	87,8	38,9
II*	28	55,3	58,0	79,0	58,4	111,5	64,0
III	453	56,8	42,6	84,0	42,5	134,7	49,3
III*	144	68,6	40,1	97,9	40,0	142,4	41,8
IV	145	72,3	45,7	99,5	44,4	141,0	47,7
V	358	82,5	61,2	113,5	60,0	178,9	68,2
V*	217	77,8	41,7	111,8	41,2	174,0	48,6
VI	914	97,3	54,1	127,9	53,2	189,4	61,1
VII	381	138,3	70,0	166,7	70,5	234,4	77,4
VIII	103	154,3	152,4	180,1	153,2	239,8	153,1

Door gebruik te maken van de veldschattingen uit detailkarteringen is dit probleem te onder-  
vangen. Hierbij worden de puntgegevens uit de detailkarteringen in plaats van buisgegevens  
over de bodemkaart 1 : 50 000 gelegd om de verschuiving van de Gt te bepalen. In tabel  
3.3 is het gemiddelde en de spreiding op basis van de detailkarteringsinformatie weergege-  
ven. De tabel is opgezet op basis van 111208 veldschattingen, verdeeld over een groot aantal  
detailkarteringen in zandgebieden binnen Nederland (figuur 3.2) (Van der Gaast *et al.*, 2006a).  
Dankzij het grote aantal punten is het mogelijk meerdere regionale tabellen op te stellen. Uit  
vergelijkingen tussen regionale tabellen in het zandgebied van Nederland is gebleken dat de  
verschillen tussen de tabellen veelal gering zijn en maximaal enkele centimeters bedragen.  
Daarom is er voor gekozen om gebruik te maken van één landelijke tabel, die gebaseerd is op  
recent (na 1990) gekarteerde digitaal beschikbare detailkarteringen (figuur 3.2).

De GVG wordt in het algemeen niet geschat in detailkarteringen. Deze informatie is overgeno-  
men uit een eerdere studie die in het kader van een Gt-actualisatie in het beheersgebied voor  
Waterschap Regge en Dinkel is uitgevoerd (van der Gaast *et al.*, 2006b).

Bij vergelijking van de GxG binnen kaartvlakken op basis van peilbuisgegevens (tabel 3.2)  
en op basis van detailkarteringsinformatie (tabel 3.3) valt op dat de buisgegevens veel meer  
verdroging aangeven. Deze verschillen kunnen oplopen tot tientallen centimeters. De discre-  
pantie tussen de buisgegevens en de detailkarteringsinformatie wordt waarschijnlijk voor  
het grootste deel veroorzaakt door een verticale weerstand en de hiermee samenhangende  
anisotropie in de ondiepe ondergrond. Het kan hierbij gaan om het voorkomen van storende  
lagen zoals tertiaire klei, keileem of beekleem, maar ook om gelaagdheid in bijvoorbeeld  
leemhoudende horizonten in de vorm van leembandjes of als gevolg van een dichte pakking  
van bodemhorizonten in de ondergrond. De gebruikte peilbuizen zijn buizen met een maxi-  
male diepte van 5 tot 6 meter en met een filterlengte van veelal 0,5 of 1,0 meter.

Tabel 3.3 r el ATie TuSSen de gT en de gXg Op bASiS vAn pun Tin FOrMAtie ui T recen Te deTAlIk Ar Teringen in he T zAndgebied v An nederl And in kAAr TvI Akken v An de b OdemkAAr T 1 : 50 000 (cm min mAAiveld)

gt	Aantal	ghg		gvG		glg	
		gemiddelde (cm)	Std (cm)	gemiddelde (cm)	Std (cm)	gemiddelde (cm)	Std (cm)
I	1193	14.8	10.0	40.9	20	65.9	12.9
II	10314	22.9	17.3	62.8	23.4	84.3	24.8
II*	1045	35.2	16.3	62.8	23.4	98.7	25.1
III	16156	33.9	20.7	69.1	21.0	117.4	28.5
III*	9369	38.4	20.3	66.9	18.4	114.6	25.5
IV	3968	47.7	21.8	73.4	22.1	117.8	24.1
V	16662	35.2	24.0	76.7	19.9	156.1	31.4
V*	10015	46.8	26.5	81.3	21.1	151.2	36.7
VI	25929	62.3	33.1	95.8	30.9	157.4	37.1
VII	10475	100.1	50.4	126.0	48.0	178.6	40.5
VIII	6082	129.8	51.8	138.0	41.4	184.6	36.2

\* GVG gegevens zijn gebaseerd op detailkarteringsinformatie binnen het Waterschap Regge en Dinkel

Figuur 3.2 l igging v An de gebruik Te recen Te deTAlIk Ar Teringen



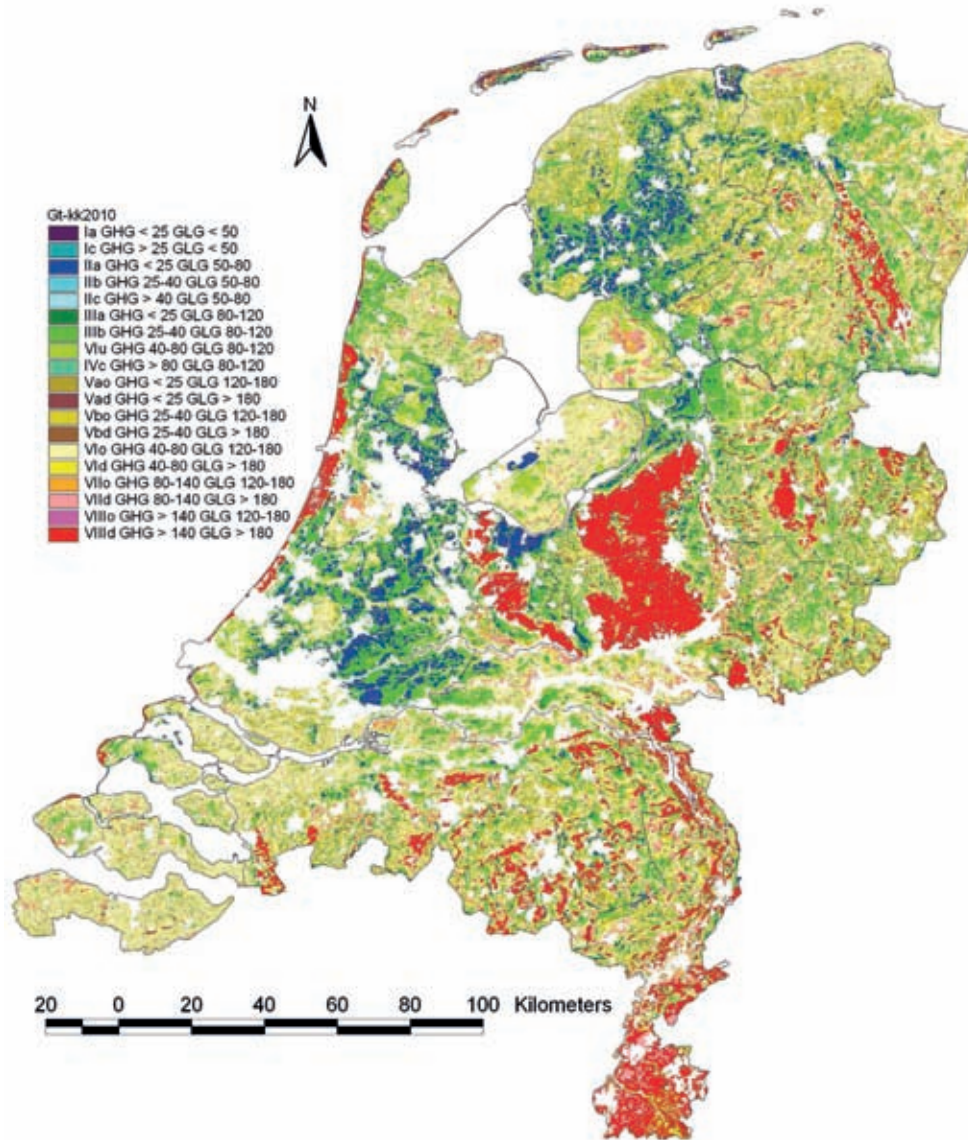
### 3.2 r eSul TAAT

In figuur 3.3 is het resultaat in de vorm van kaartbeelden weergegeven. In de figuur zijn de patronen met relatief hoog gelegen droge gebieden binnen het zandgebied en bijvoorbeeld de veel nattere veengebieden duidelijk zichtbaar. Voor verificatie van de kaart in vergelijking met andere kaarten wordt verwezen naar een studie die door Van der Gaast *et al.*, 2006 in het beheergebied van het waterschap Regge en Dinkel is uitgevoerd.

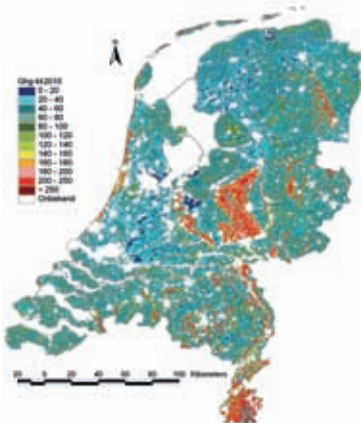


In figuur 3.4 en 3.5 zijn de cumulatieve relatieve frequentieverdelingen weergegeven. De rode lijn geeft de verdeling van de gebruikte detailkarteringspunten weer. Het enigszins getrapte verloop wordt veroorzaakt doordat bij de kartering de schatting wordt afgerond op 5 cm. De vloeiend verlopende blauwe lijn geeft het resultaat van de GHG op basis van karteerbare kenmerken (KK) weer. In vergelijking met de puntgegevens uit de detailkarteringen is de gebiedsdekkende KK-kaart droger. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de detailkarteringen niet gebiedsdekkend zijn (boordiepte beperkende factor). Waarschijnlijk is het merendeel van de digitaal beschikbare detailkarteringen iets natter dan het overige deel van het Nederland. Detailkarteringen worden, mede door de relatief hoge kosten, hoofdzakelijk uitgevoerd in gebieden waar het relevant is om de grondwaterstandsfluctuatie goed in beeld te hebben. Dit heeft tot gevolg dat relatief droge gebieden tegenwoordig veelal buiten de detailkarteringen vallen. Hierdoor is de set met detailkarteringen geen representatieve steekproef voor de landelijke situatie. Hierdoor komen de gebieden niet overeen hetgeen een vergelijking lastig maakt. Een groot aantal van de detailkarteringen liggen in gebieden met keileem en/of tertiaire klei in de ondergrond. Hierdoor kunnen schijngrondwaterspiegels voorkomen, waardoor het aandeel natte gronden relatief groot is.

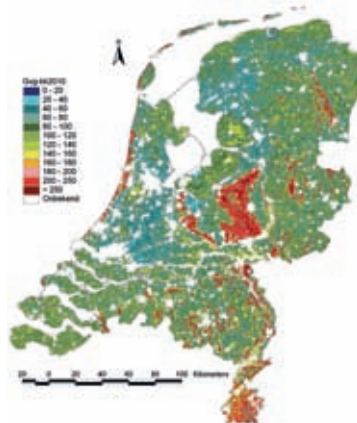
Figuur 3.3 KA r Teerb Are kenmerken gT



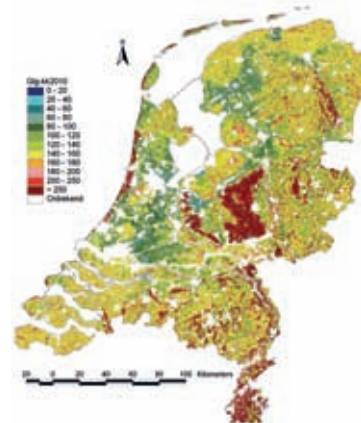
Karteerbare kenmerken Gt  
KK-GHG



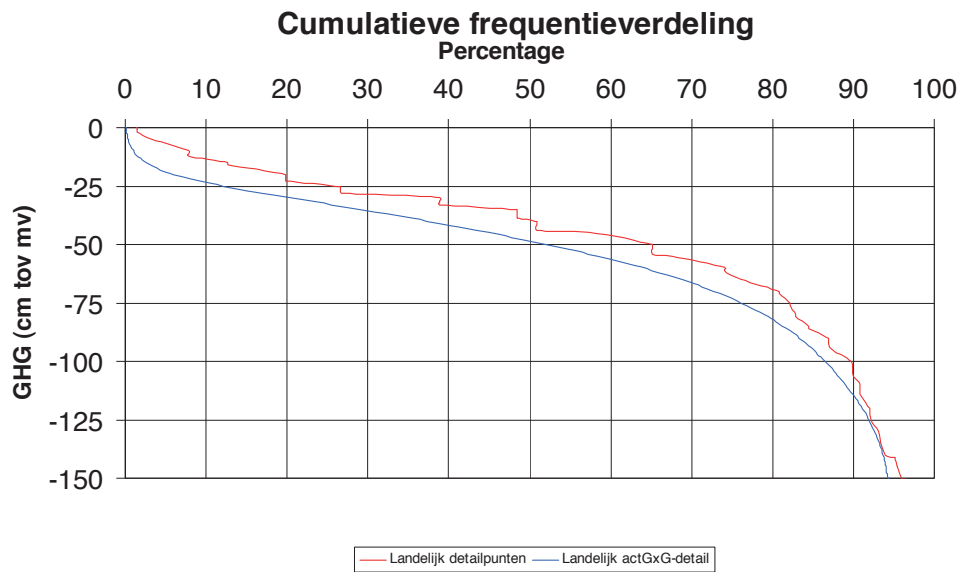
KK-GVG



KK-GLG

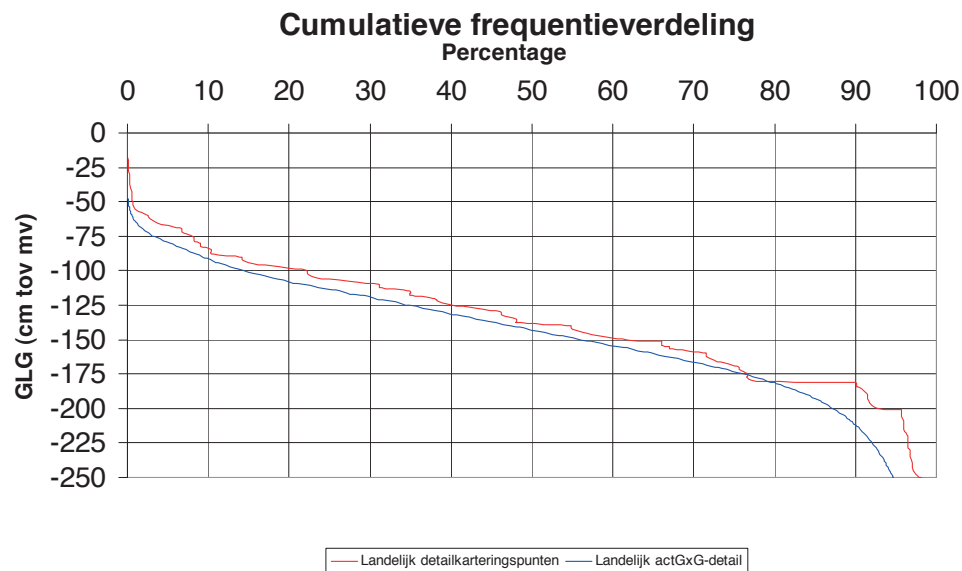


Figuur 3.4 cumulatieve relatieve frequentieverdeling van de grondwaterdiepte voor de taalkarakteristieke punten en de landdekkende invulling van de kaartbare kenmerken (versie 2006)



In figuur 3.5 zijn de relatieve cumulatieve frequentieverdelingen voor de GLG weergegeven. De rode lijn is wederom de verdeling van de puntgegevens van de detailkarteringen. Ook hier is het enigszins getrapte verloop als gevolg van de afronding op 5 cm zichtbaar. De blauwe lijn komt grotendeels overeen met de puntgegevens. Alleen in het natte traject en in het droge traject is er sprake van afwijking.

Figuur 3.5 cumulatieve relatieve frequentieverdeling van de grondwaterdiepte voor de taalkarakteristieke punten en de landdekkende invulling van de kaartbare kenmerken (versie 2006)



# 4

## DETAILKARTERINGEN

Een detailkartering is een kartering van de bodem en de grondwatertrap op een gedetailleerde schaal (meestal schaal 1 : 5 000, 10 000 of 25 000). De waarnemingsdichtheid is afhankelijk van de kaartschaal en varieert van ca. 2 boringen per ha (schaal 1 : 5 000) tot ca. 1 boring per 4 à 5 ha (schaal 1 : 25 000). Detailkarteringen geven gedetailleerdere informatie over de bodemgesteldheid dan de bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50 000. Ook wordt er dieper geboord (variërend van 1,50 tot maximaal 3,20 m-mv., tegenover maximaal 1,20 m-mv. voor de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000).

### 4.1 veld SchATting v An de ghg en glg

Ter voorbereiding op een bodemgeografisch onderzoek worden de beschikbare grondwaterstandsgegevens voor een gebied grondig onderzocht. In de praktijk komt het er op neer dat buisgegevens, gegevens over eventuele ingrepen in de waterhuishouding, grondwaterontrekkingen, maaiveldsgegevens en soms de waterstaatskaart worden geraadpleegd. Bij de start van de opname bestaat er hierdoor kennis over de grootte van de fluctuatie van de grondwaterstand, over de variatie van de fluctuatie binnen het gebied al dan niet gerelateerd aan het voorkomen van natte en droge gronden of aan bepaalde landschapskenmerken (Ten Cate *et al.*, 1995). Voor de veldschattingen van de GHG en de GLG worden profiel-, veldkenmerken en gemeten grondwaterstanden in boorgaten gebruikt. Verder wordt voor de onderbouwing van de veldschattingen ook de gemeten grondwaterstandsinformatie gebruikt van de in het onderzoeksgebied voorkomende en geselecteerde grondwaterstandsbuizen. Profielkenmerken worden veroorzaakt door de jaarlijkse fluctuatie van de grondwaterstand. Veldkenmerken geven de invloed van het jaarlijkse verloop van de grondwaterstand aan.

Met betrekking tot de fluctuatie van de grondwaterstand zijn in een bodemprofiel drie zones te onderscheiden:

- de zone boven de hoogste grondwaterstand, waarin door voldoende aëratie nauwelijks of geen reductieprocessen optreden. In gronden met een hoge grondwaterstand is deze afwezig;
- de zone waarin zich de fluctuatie van de grondwaterstand afspeelt. In deze zone met afwisselend oxydatie- en reductieprocessen ontstaan door herverdeling van bepaalde verbindingen (o.a. ijzer) roest en/of reductievlekken. In ijzerhoudende gronden zijn dit de klassieke gley-kenmerken, in ijzerloze gronden de blekingsvlekken. Het GHG niveau bevindt zich in deze zone, veelal in het bovenste gedeelte. Bij eenzelfde GHG zullen in sterk lemige, zeer fijnzandige gronden de grondwaterkenmerken hoger in het profiel voorkomen dan in zwak lemige, matig fijnzandige (zand)gronden. Dit wordt veroorzaakt door een dikkere volcapillaire zone in de eerstgenoemde gronden (Van Heesen, 1971). Hierdoor is het van belang naast profielkenmerken gebruik te maken van veldkenmerken en gemeten grondwaterstanden in de boorgaten;

- de zone beneden de diepste grondwaterstand (ook wel de permanent gereduceerde zone genoemd, Cr-horizont), waarin door permanente verzadiging met water oxydatieprocessen ontbreken. De GLG bevindt zich afhankelijk van de samenstelling van het moedermateriaal veelal net iets boven de permanent gereduceerde zone.

De veldschatting van de GLG geeft gewoonlijk minder problemen dan die van de GHG (Ten Cate et al., 1995). Voor zowel de GHG als de GLG is de verschijningsvorm afhankelijk van het moedermateriaal waarin deze zijn gevormd en slechts een deel van deze verschijnselen heeft betrekking op het actuele grondwaterstandsverloop. Profielkenmerken kunnen geheel of gedeeltelijk horen bij het vroegere grondwaterregime en dus fossiel zijn. Bovendien kunnen profielkenmerken verdwenen zijn door diepere grondbewerkingen. Profielkenmerken die mede bepalend zijn voor de veldschattingen van de GHG en de GLG zijn:

- het structuurprofiel;
- de profielontwikkeling;
- de aard en samenstelling van het moedermateriaal;
- de geologische opbouw;

het vochtgehalte en de grondwaterstand.

Naast profielkenmerken wordt bij veldschattingen ook gelet op veldkenmerken. Veldkenmerken zijn o.a. te ontleen aan de fysische geografie van het gebied (landschap, reliëf, dichtheid van het afwaterings- en ontwateringssysteem, slotwaterstand, begreppeling, buisdrainage en bodemgebruik) alsmede aan de vegetatie (vocht – en droogte-indicatoren). De veldkenmerken worden bij een kartering tevens gebruikt om de begrenzing van een gebied met dezelfde grondwatertrap vast te stellen.

Gewoonlijk geeft geen van de kenmerken een ondubbelzinnige aanwijzing over het GHG- en GLG-niveau. Zelden is een kenmerk zo uitgesproken dat geen twijfel behoeft te bestaan over de daaraan te ontleen gevolgtrekking. De veldschatting is meer dan een uit een combinatie van kenmerken opgebouwd totaalbeeld. Op den duur ontstaat door ervaring en gebiedskennis voor de GHG en de GLG een zekere verwachtingswaarde die voortdurend aan kenmerken getoetst wordt en zondig wordt gecorrigeerd. Een hulpmiddel hierbij is de kennis van de GHG-GLG-fluctuatie per grondwatertrap en in stambuizen (Ten Cate et al., 1995). Daarnaast wordt veelal gebruik gemaakt van gerichte opnames in een aantal boorgaten die vergeleken worden met relevante stambuizen in de omgeving.

De schattingen van de GxG's worden afhankelijk van de duur van het onderzoek meestal onderbouwd door 2 gerichte opnames van de freatische grondwaterstand in een groot aantal boorgaten en representatieve stambuizen ten tijde van het GHG en GLG moment. Indien gewenst wordt het meetnet van stambuizen verdicht met tijdelijke buizen. Hierdoor is het mogelijk gerichte opnames te relateren aan nabijgelegen buizen met een overeenkomstige bodemgesteldheid. Op deze manier wordt er voor gezorgd dat de kartering betrekking heeft op de actuele grondwaterstandssituatie.

Indien een detailkartering wordt uitgevoerd om als basis te dienen voor de ruilwaardebepaling van gronden in een landinrichtingsgebied dan wordt de bodem- en Gt-kaart gecontroleerd door de ingelanden. Zij kunnen namelijk bezwaar indienen als zij het niet eens zijn met ruilwaarde die aan hun percelen is toegekend. Deze ruilwaarde hangt in sterke mate af van het voortbrengend vermogen (bodem- en Gt) van de grond. De bezwaren worden vervolgens door een bodemkundige in het veld gecontroleerd en eventueel bijgesteld (ruilwaarde lees:

bodem en/of Gt). In het algemeen zijn er na de tervisielegging van de ruilwaardekaart weinig bezwaren ten aanzien van de bodemgesteldheid (bodem en Gt). Dit betekent dat de uiteindelijk goedgekeurde ruilwaardekaart wordt gedragen door de direct betrokkenen in de streek.

Verder zijn er ook detailkarteringen waarbij naast de gerichte opnames ook in elk boorgat een grondwaterstand wordt gemeten (zogenaamde waterwinkarteringen). Ook hier vindt controle plaats door de ingelanden. Zij kunnen bezwaar indienen als zij het niet eens zijn met de vlakkenkaart (homogene kaartvlakken ten aanzien van de bodemfysische eigenschappen van de bodem en Gt) en/of de hoogte van het uiteindelijk uit te keren schadebedrag. Bezwaren ten aanzien van de hoogte van het schadebedrag kan ondermeer afhangen van een fout in de vlakkenkaart (lees fout in o.a. bodem en/of Gt-kaart). Dit komt in de praktijk vrijwel niet voor. Detailkarteringen zijn en worden in heel Nederland uitgevoerd. Er is vanaf de jaren vijftig uit de vorige eeuw tot op heden ruim 80 % van Nederland op deze wijze gekarteerd. Een nadeel is echter, dat een deel van deze informatie niet meer actueel is en dat het merendeel van de bodem en/of Gt kaarten alleen analoog beschikbaar is.

Over de onzekerheid van veldschattingen is nog niet zo veel bekend. Het bepalen van de onzekerheid is complex, aangezien deze mede afhankelijk is van de ervaring van de karteerder en het type gebied. Doorgaans is men van mening dat men bij veldschattingen niet vaak een afwijking zal hebben van 20-30 cm of meer. Dit hangt ondermeer af van de boordiepte, waarop het onderzoek betrekking heeft. In de volgende paragraaf is een inschatting gegeven van de onzekerheid voor verschillende bodemtypes.

#### **4.2 bepaling van de Onzekerheid van de Veldschatting van de Informatie**

Om een inschatting te kunnen geven van de nauwkeurigheid is door een aantal bodemkundigen een landelijke toepasbare tabel samengesteld (op basis van expert judgement), waarin per groep van bodemeenheden en Gt-klassen een betrouwbaarheid (95 %) voor zowel de GHG als voor de GLG wordt gegeven (zie tabel 4.1). Het toekennen van een betrouwbaarheid aan een groep van bodemeenheden en Gt-klassen is gebaseerd op kennis vanuit de praktijk. In het veld blijkt namelijk dat het GHG-GLG traject onder bijv. natte bodemkundige/hydrologische condities (natte Gt's) nauwkeuriger is te schatten dan onder droge condities (droge Gt's). Daarnaast zijn er bodemeenheden of groepen van bodemeenheden, waarin het GHG-GLG traject op basis van profielkenmerken vrij nauwkeurig is in te schatten (b.v. roest in beekerdgronden of mineralisatie in veengronden). In het algemeen geldt, dat wanneer men te maken heeft met een drogere Gt het GHG-GLG traject minder nauwkeurig is in te schatten, omdat bepaalde profielkenmerken vager of geleidelijker (roest in keileem) in het bodemprofiel aanwezig zijn. Voorts kan nog worden opgemerkt dat het schatten van een GHG in een bodemprofiel met bijvoorbeeld een 2 meter dikke storende keileemlaag net onder de bouwvoor beginnend, in het algemeen nauwkeuriger wordt ingeschat dan de GLG die zich bijvoorbeeld in deze keileemlaag bevindt. De hydromorfe kenmerken (roest of blauwkleuring) in deze laag met relatief weinig berging zijn in het algemeen vaag en niet duidelijk begrensd, waardoor een veldschatting van de GxG parameters in dit materiaal minder nauwkeurig wordt.



Tabel 4.1 b eTr OuWbAArheid SinTerv Allen (95%) in cm v OOr de ghg en glg in de TAilk Ar Teringen

bodemcode	gt klasse	..i..	..iii..	..va..	..vb..	..vii..	..viii..
		..ii..	..iv..		..vi..		
..ez../..ek../..hn../..zn../..v en..W p/z/k/g	GHG	15	20	20	30	50	100
	GLG	15	25	50	50	80	200
..ez../..ek../..hn../..zn../..v en..W /..zg../x/t/l	GHG	15	20	25	40	60	110
	GLG	20	30	70	70	110	200
..kx../..kT..	GHG	15	20	30	40	60	120
	GLG	20	30	80	80	110	230
..md../..r d..	GHG	NVT*	NVT	NVT	25	45	100
	GLG	NVT	NVT	NVT	45	75	200
..mn../..r n..	GHG	15	15	20	25	45	NVT
	GLG	10	20	40	40	70	NVT
..mo../..Wo../..r o..	GHG	10	15	NVT	NVT	NVT	NVT
	GLG	10	15	NVT	NVT	NVT	NVT
..mn../v/..r n../v, ..mv../..r v..	GHG	15	15	20	25	NVT	NVT
	GLG	15	15	40	40	NVT	NVT
..vs../..vd..	GHG	20	20	20	30	40	50
	GLG	20	25	40	40	50	100
..vc../..vr../..vb..	GHG	15	20	20	30	40	50
	GLG	10	20	30	30	50	100
..y../..hd../..zd..	GHG	NVT	NVT	NVT	30	50	100
	GLG	NVT	NVT	NVT	50	80	200
..y../..hd../..zd../x/t/l	GHG	NVT	NVT	NVT	40	60	110
	GLG	NVT	NVT	NVT	70	110	200
..zg..	GHG	15	20	20	25	50	NVT
	GLG	15	20	30	30	70	NVT

\* nvt = niet van toepassing

De tabel met de gegevens over de nauwkeurigheid van de GHG en GLG schattingen is gebruikt voor het toekennen van voorspelfouten aan de GHG's en GLG's op de puntlocaties, waar gebruik is gemaakt van informatie uit de detailkarteringen. Voor het bepalen van de voorspelfout van de GVG is gezocht naar een pragmatische oplossing. De GVG schatting op de puntlocaties van de detailkarteringen wordt via de voorspelformule afgeleid uit de GHG en GLG. Aangezien zowel een directe schatting van de GVG en ook de betrouwbaarheid van deze schatting ontbreekt, is de voorspelfout van de GVG globaal uit de regressieformule van de GHG en GLG af te leiden. De regressieformule voor het bepalen van de GVG (§ 2.2) is in globale vorm toegepast voor het bepalen van de onzekerheid voor de GVG. Hiervoor is uiteindelijk de volgende regressieformule gebruikt:  $sdGVG (cm) = 0,25 * (sdGLG - sdGHG) + sdGHG$ .

Om de resultaten van de actuele Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken te kunnen beoordelen met de situatie in de praktijk zijn diverse verificaties uitgevoerd met behulp van een aantal recent uitgevoerde detailkarteringen in diverse gebieden van Nederland. De keuze voor deze gebieden is gemaakt in overleg met de opdrachtgever. In de volgende hoofdstukken wordt per gebied nader ingegaan op de resultaten van de verificatie.

# 5

## VERIFICATIE WATERSCHAP REGGE EN DINKEL

Voor het beheergebied van waterschap Regge en Dinkel is o.a. een verificatie van de actuele Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken uitgevoerd (Van der Gaast et al., 2006b). De beschreven verificatie in dit hoofdstuk is ontleend aan dit onderzoek. Naast de verificatie van de actuele Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken (KK-methode) zijn ook de GHG en GLG op basis van de GD-methode en op basis van modelberekeningen geverifieerd. Voor een beschrijving van deze methoden wordt verwezen naar het eerder genoemde onderzoek van Van der Gaast e.a. (2006b)

### 5.1 visuele vergelijking

Voor een eerste visuele vergelijking van GHG en GLG kaarten is gebruik gemaakt van zowel de Gd-kaarten conform de Gd-methode zoals beschreven in Van Kekem et al., 2005 en Van der Gaast et al., 2006 als van de GxG op basis van Karteerbare Kenmerken (KK-kaarten). Uit een visuele beoordeling blijkt dat er patroonverschillen in de Gd-kaart ten opzichte van detailarteringen tot uiting komen (figuur 5.1). Indien gekeken wordt naar de patroonverschillen tussen de KK-kaarten en de Gt-kaarten uit de detailarteringen dan blijkt dat de patroonverschillen niet groot zijn (figuur 5.1). Uit een vergelijking met de detailarteringen volgt verder dat de Gt patronen vooral in de omgeving van Diepenheim, Goor, ten noorden van Borne en Rijssen in hoofdlijnen redelijk tot goed overeenkomen met de Gt patronen op de detailkaarten. In het oostelijk deel van het waterschap wijken de patronen ook op hoofdlijnen enigszins af van de detailkaarten. In deze gebieden is de KK-Gt voornamelijk voor de droge gebieden niet droog genoeg geschat. Dit heeft vooral te maken met het feit dat er in deze gebieden meer gronden met schijnspiegels (als gevolg van b.v. keileemlagen) voorkomen. De patronen in de grotere beekdalen, zoals die in het dal van de Dinkel, komen echter wel redelijk overeen met de patronen op de detailkaarten. De Gt's die zijn geschat in de kleinere beekdalen zijn in het algemeen iets te droog ingeschat ten opzichte van de patronen op de detailkaarten. Ook zijn er minder patronen waar te nemen. Dit laatste is mede een gevolg van het gebruik van een andere kaartschaal.

### 5.2 verificatie op basis van peilbuisgegevens

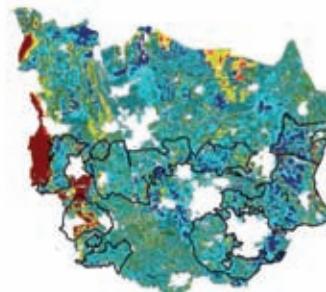
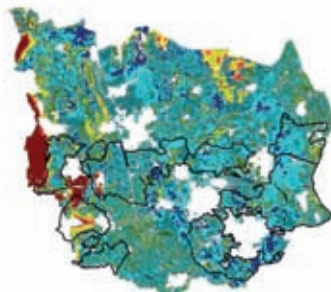
In eerste instantie is er een verificatie op basis van peilbuisgegevens uitgevoerd. Gedurende het onderzoek voor waterschap Regge en Dinkel bleek dat er binnen het waterschap 42 buizen niet waren meegenomen bij zowel de Gd-kartering als de modellering. Na controle van de gegevens bleek toch een aantal buizen te zijn meegenomen bij de Gd-kartering. Uiteindelijk konden voor de verificatie 34 onafhankelijke buizen worden gebruikt (tabel 5.1). Bij de analyse is gekeken naar het aantal klassen verschil tussen de peilbuisinformatie en Gt-informatie



uit kaarten. Het gaat hierbij om de Gd-kaart (Gd), de actuele Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken (KK) en de Gt-kaart die bepaald is op basis van modelberekeningen (model) met Modflow (NITG-TNO, 2004).

Figuur 5.1 v      vergelijking v      An de ghg en glg vOlgen S de gd-meThOde en de kk-meThOde meT deTAilk Ar Teringen

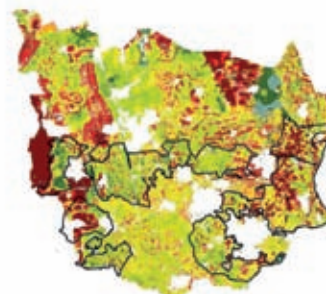
Gd-methode



Gd-GHG



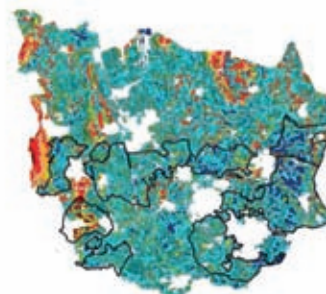
Detail-GHG over de Gd-GHG



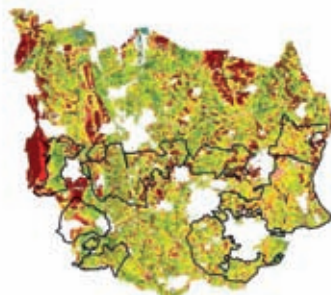
Gd-GLG  
KK-methode



Detail-GLG over de Gd-GHG



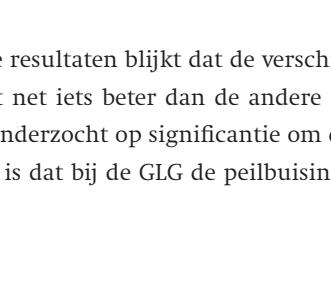
KK-GHG



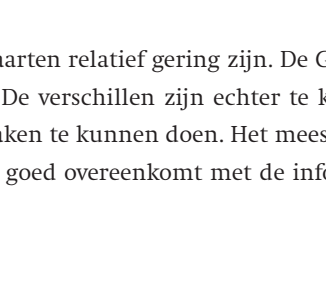
Detail-GHG over de KK-GHG



KK-GLG



Detail-GLG over de KK-GLG



Uit de resultaten blijkt dat de verschillen tussen de kaarten relatief gering zijn. De Gd-kaart scoort net iets beter dan de andere twee Gt-kaarten. De verschillen zijn echter te klein en niet onderzocht op significantie om duidelijke uitspraken te kunnen doen. Het meest opvallende is dat bij de GLG de peilbuisinformatie redelijk goed overeenkomt met de informatie

uit de kaarten, terwijl bij de GHG ruim een derde van de buizen een verschil van 1 of meer Gt-klassen heeft met de drie kaarten (Van der Gaast et al., 2006b). Een mogelijke verklaring hiervoor is de discrepantie tussen de GHG op basis van buisinformatie en op basis van de bodemkundige situatie zoals beschreven in hoofdstuk 3.

Tabel 5.1 v eri FicATiere Sul TAAT Op bASIS vAn OnAFhAnkelijke bui Sgegeven S in he T beheergebied v An WATerSchAp r egge en dinkel

verschil in aantal gt klassen	klasse verschil ghg			klasse verschil glg			klasse verschil gT		
	gd	kk	model	gd	kk	model	gd	kk	model
0	21	20	20	30	28	28	21	19	19
1	9	9	10	4	5	6	8	10	8
2	2	3	3	0	0	0	2	3	5
>2	2	1	1	0	0	0	3	2	2
Totaal	34	33	34	34	33	34	34	34	34

### 5.3 veri FicATie vOOr drink WATerK Ar Tering hengel 0-hASSel 0

Er is een verificatie voor verschillende Gt-kaarten uitgevoerd voor het drinkwaterwingebied Hengelo-Hasselo. Hierbij is gebruik gemaakt van de detailkartering uit 1989 die gemaakt is om eventuele veranderingen in gewasopbrengsten als gevolg van een drinkwaterwinning vast te kunnen stellen (Stoffelsen, 1989).

Bij detailkarteringen in waterwingebieden worden normaliter de GHG en GLG geschat door middel van boringen tot een diepte van maximaal 3,20 m-mv. De schatting van de GHG en GLG in deze karteringen vindt plaats op basis van profielkenmerken, lokale hydrologische omstandigheden (b.v. drainage), vegetatie en gemeten grondwaterstanden in alle boorgaten en in een groot aantal representatieve grondwaterstandsbuizen (zie ook hoofdstuk 4). In dit drinkwaterwingebied is dit ook gebeurd. Dit betekent ook dat er locaties zijn waar dieper is geboord en geschat dan de maximale boordiepte die is toegepast in de Gd-kartering (max. 2,50 m-mv). Om een objectieve vergelijking tussen de gebruikte methoden mogelijk te maken zijn voor de verificatie alleen de locatiepunten te gebruiken waar een GLG is geschat van  $\leq 2,50$  m-mv. De verificatie is uitgevoerd voor de volgende drie Gt-kaarten:

- Gd-kaart: Gd-kaart conform de Gd-methode zoals beschreven in Van Kekem et al., 2005 en Van der Gaast et al., 2006b (resolutie 25 x 25 m);
- KK-kaart: Actuele Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken waarbij gebruik is gemaakt van een neergeschalingstechniek (resolutie 25 x 25 m);
- Model-kaart: Gt-kaart op basis van een Modflow model die ontwikkeld is door NITG-TNO (resolutie 100 x 100 m) (NITG-TNO, 2004).

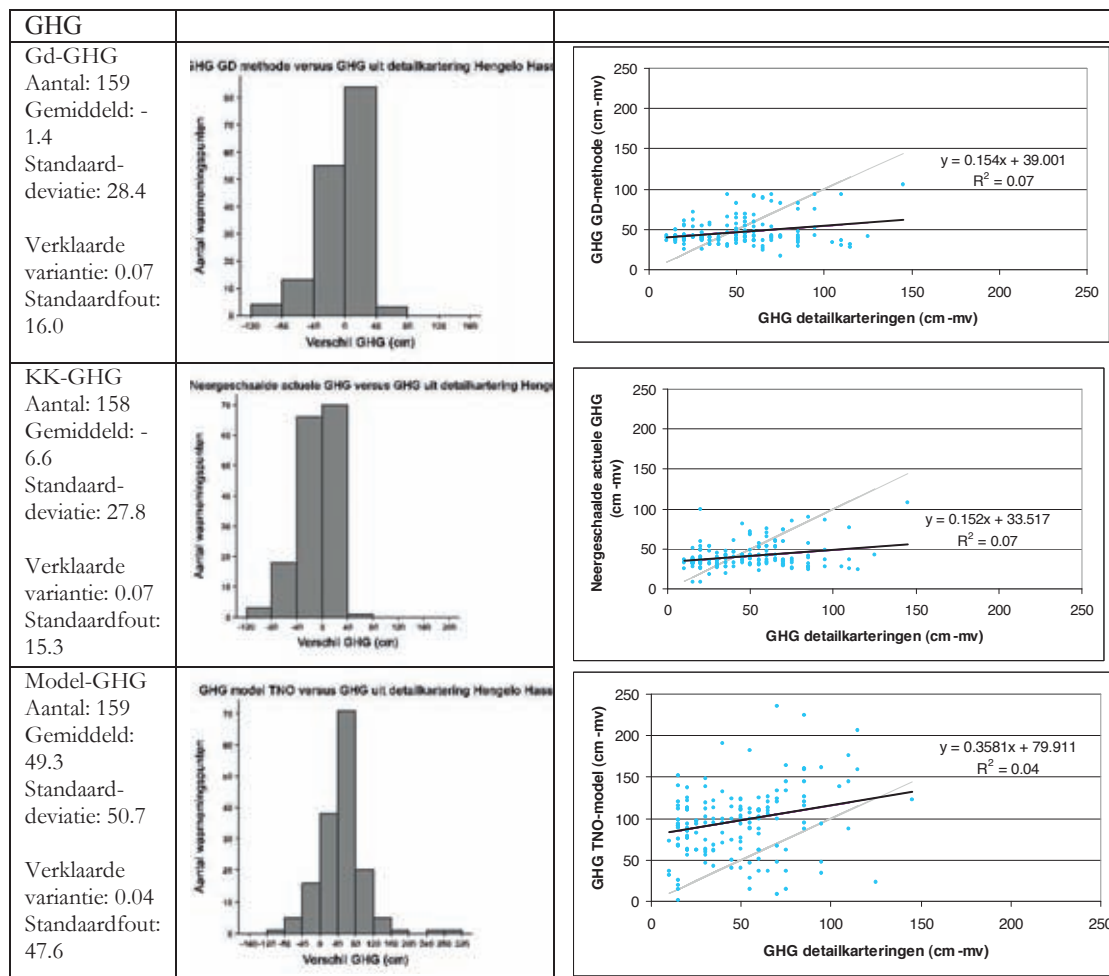
In figuur 5.2 en 5.3 zijn de verificatie-resultaten voor respectievelijk de GHG en de GLG kort samengevat. In deze figuren zijn het aantal detailkarteringspunten, het gemiddelde verschil en de standaarddeviatie opgenomen. Bij de vergelijking is de GHG en de GLG waarde van de detailkarteringspunten telkens afgetrokken van de waarde in de desbetreffende kaart. Uit de analyse blijkt dat het gemiddelde verschil voor alle vergelijkingen significant is. Naast de bepaling van het gemiddelde verschil is gekeken naar de relatie tussen de GHG en GLG voor de detailkarteringspunten en de drie eerder genoemde kaarten. Op basis van de regressie-relatie tussen de detailkaartinformatie en de Gt-kaarten is de verklaarde variantie alsmede de standaardfout weergegeven.

Uit de vergelijking tussen de GHG in de KK-kaart en de Gd-kaart blijkt dat deze gemiddeld iets te nat is. De verschillen zijn echter gering en bedragen respectievelijk -6.6 en -1.4 cm. Indien gekeken wordt naar de regressierelatie tussen de kaart en de detailkarteringspunten komt de geringe verklaarde variantie tot uiting. Kennelijk is het voor een drinkwaterwinningsgebied met o.a. keileem in de ondergrond niet eenvoudig om de GHG in kaart te brengen. De bodemkundige eigenschappen zijn naast de invloed van de winning voor een groot deel bepalend voor het niveau en patroon van de GHG, hetgeen niet tot uiting komt in de kaarten. Ook de Model-kaart heeft maar een beperkte relatie met de bodem, waardoor het gemiddelde verschil voor de GHG groot is nl. 49 cm droger. Voor alle kaarten geldt dat de verklaarde variantie laag is en het patroon van de GHG moeilijk is te bepalen. Dit komt vooral tot uiting in de lage richtingscoëfficiënt van de regressielijn.

Voor de GLG is te zien dat de KK-GLG in vergelijking met de Gd-kaart natter is. Dit verschil kan worden verklaard doordat de effecten van de winning in beide kaarten niet expliciet is meegenomen. De Modflow resultaten geven echter een veel te droog beeld van de GLG, hetgeen wellicht wordt veroorzaakt door een te groot effect van de winning die in het model wel expliciet is meegenomen. Voor de GLG is de relatie tussen de detailkarteringsinformatie en de modelinformatie uit Modflow duidelijk aanwezig, hetgeen zich uit in de regressielijn die nagenoeg parallel aan de 1 op 1 lijn loopt. Er is alleen sprake van een systematische overschatting van de grondwaterstands daling als gevolg van de winning, hetgeen tot uiting komt in de afstand tussen de regressielijn en de 1 op 1 lijn. Deze overschatting van het effect van de winning wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de c-waarde van het relatief dikke keilempakket die wellicht te laag is ingeschat.

De verificatie is uitgevoerd voor een relatief kleine winning (Hengelo-Hasselo). De verificatie resultaten hoeven mede hierdoor niet te gelden voor de overige drinkwaterwinningsgebieden. Er kan echter wel worden geconcludeerd dat vooral de GHG in hoge mate bepaald wordt door het wel of niet voorkomen van relatief ondiepe slecht doorlatende lagen. Hierdoor is de verbreiding en weerstand van dergelijke lagen, welke veelal moeilijk te modelleren zijn, ook in winningsgebieden van groot belang.

Figuur 5.2 v eri FicATiere Sul TATen v00r de ghg v00r he T drink WATER Wingebed hengel 0-hASSel0



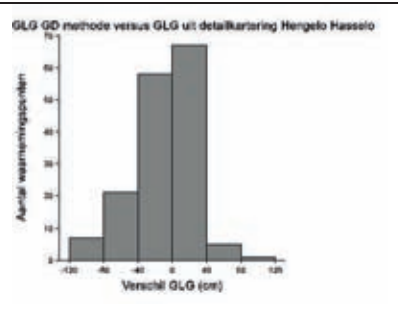
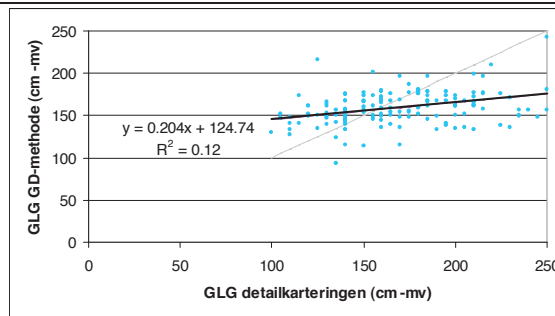
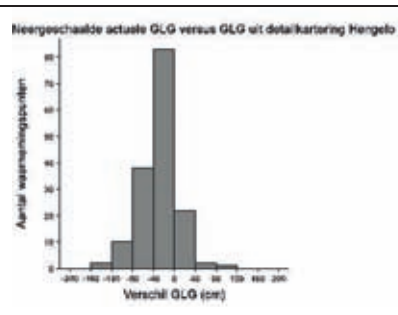
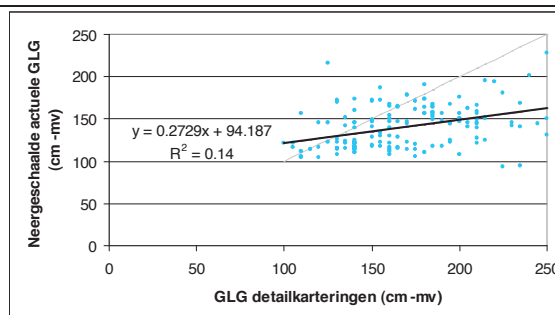
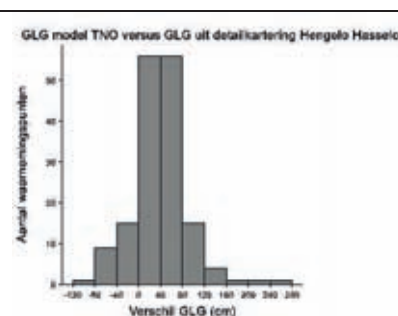
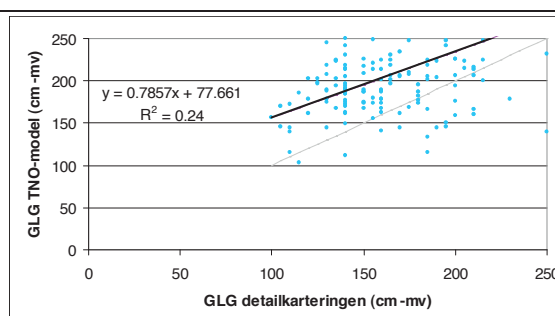
#### 5.4 veri FicATie Op bASiS vAn de TAilk Ar Teringen

Naast de verificatie voor een drinkwaterwingebied is een verificatie met behulp van de digitaal beschikbare detailkarteringen voor verschillende Gt-kaarten uitgevoerd (Van der Gaast et al., 2006b). Om een objectieve vergelijking tussen de gebruikte methoden mogelijk te maken zijn, vanwege het feit dat de karteringsdiepte van de Gd-methode is begrensd tot een diepte van 250 cm-mv, ook hier voor de verificatie alleen de detailkarteringspunten gebruikt waar een GLG is geschat van  $\leq 2,50$  m-mv.

De verificatie is wederom uitgevoerd voor dezelfde drie Gt-kaarten:

- Gd-kaart: Gd-kaart conform de Gd-methode zoals beschreven in Van Kekem et al., 2005 en Van der Gaast et al., 2006b (resolutie 25 x 25 m);
- KK-kaart: Actuele Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken waarbij gebruik is gemaakt van een neergeschalingstechniek (resolutie 25 x 25 m);
- Model-kaart: Gt-kaart op basis van een Modflow model die ontwikkeld is door NITG-TNO (resolutie 100 x 100 m) (NITG-TNO, 2004).

Figuur 5.3 v eri Fic ATiere Sul TATEN v00r de glg v00r he T drink WATER Wingebed Hengel 0-hASSel 0

GLG		
Gd-GLG Aantal: 159 Gemiddeld: -8.8 Standaard- deviatie: 34.1  Verklaarde variantie: 0.12 Standaard- fout: 19.4		
KK-GLG Aantal: 158 Gemiddeld: -27.5 Standaard- deviatie: 34.5  Verklaarde variantie: 0.14 Standaard- fout: 23.2		
Model-GLG Aantal: 159 Gemiddeld: 41.7 Standaard- deviatie: 50.0  Verklaarde variantie: 0.24 Standaard- fout: 49.6		

In figuur 5.4 en 5.5 zijn de verificatie resultaten voor respectievelijk de GHG en de GLG kort samengevat. Bij de vergelijking is de GHG en GLG waarde van de detailkarteringspunten telkens afgetrokken van de waarde in de desbetreffende kaart. Uit de analyse is gebleken dat het gemiddelde verschil voor alle vergelijkingen significant is. Naast de bepaling van het gemiddelde verschil is gekeken naar de relatie tussen de GHG en GLG voor de detailkarteringspunten en de drie eerder genoemde kaarten. In de figuur die de relatie weergeeft zijn de afzonderlijke puntgegevens niet weergegeven. Bij deze verificatie bestaat de puntenwolk uit ongeveer 30000 punten, waardoor geen structuur meer te zien is. Op basis van de regressierelatie tussen de detailkaartinformatie en de Gt-kaarten is wederom de verklaarde variantie alsmede de standaardfout weergegeven.

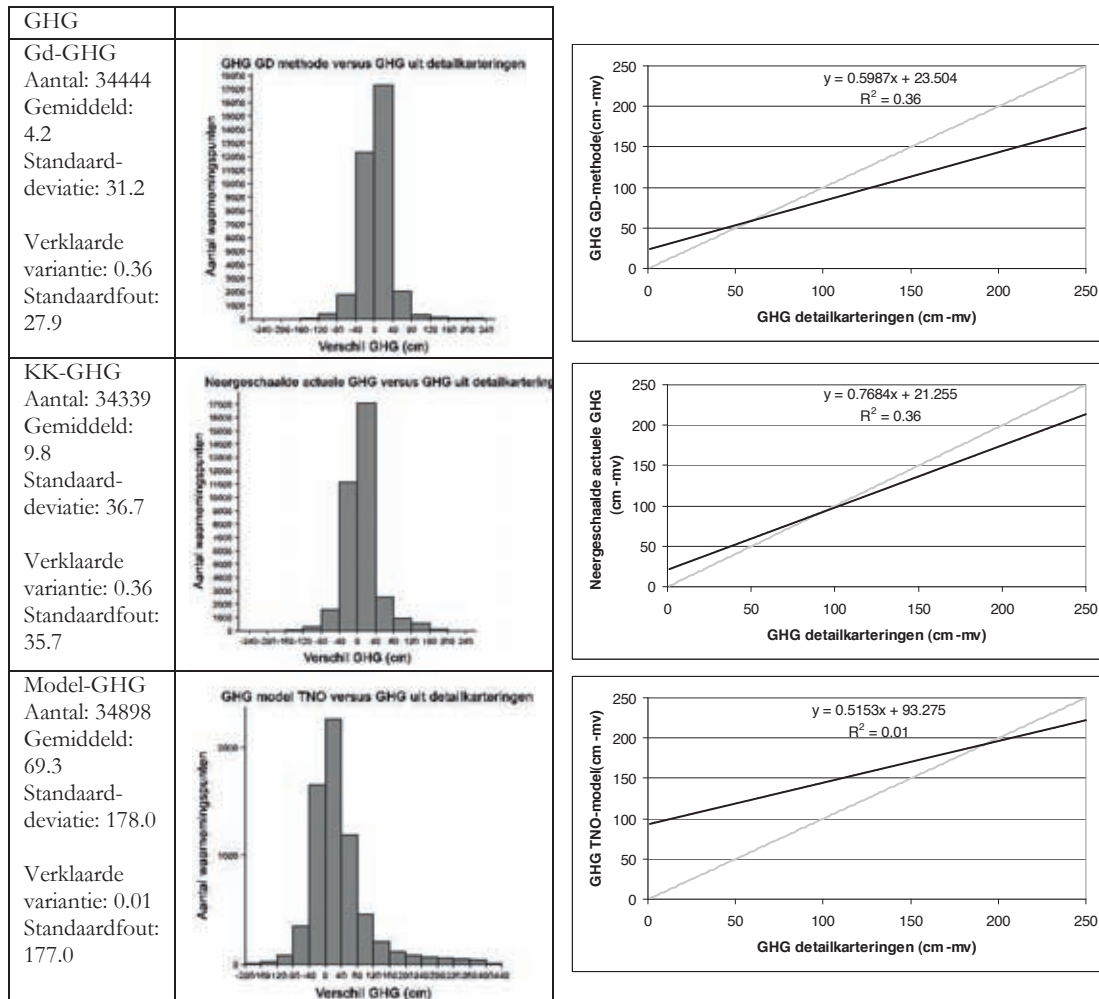
Uit deze vergelijking blijkt dat de GHG in de KK-kaart alsook in de Gd-kaart in vergelijking met de drinkwaterwinningskartering gemiddeld iets droger is. De gemiddelde waarden bedragen respectievelijk 9,8 en 4,2 cm. Indien gekeken wordt naar de regressierelatie tussen de kaart en de detailkarteringspunten komt een iets betere verklaarde variantie tot uiting. Het gemiddelde verschil tussen de modelresultaten en de detailkarteringen is echter groot en bedraagt

69,3 cm. Indien gekeken wordt naar de ruimtelijke verdeling van de verschillen komt tot uiting dat de verschillen vooral groot zijn in gebieden met keileem en tertiaire klei in de ondergrond. Hieruit kan een groot deel van het getalsmatige grote verschil worden verklaard. In de andere gebieden komen echter ook grote verschillen voor die voornamelijk locatie-specifiek zijn. Dit uit zich in clusters van punten in de kaart met een grote afwijkende waarde. Indien naar de regressierelatie gekeken wordt voor de vergelijking met het Modflow model komt de zeer lage verklaarde variantie tot uiting. Kennelijk is het voor het Modflow model zeer moeilijk het patroon van de GHG goed te bepalen, hetgeen voor een groot gedeelte bepaald wordt door het voorkomen van o.a. keileem in de ondergrond. De richtingscoëfficiënt is voor de KK-GHG het grootst. Kennelijk is met deze relatief eenvoudige methode het GHG patroon het beste te voorspellen en vindt de minste afvlakking plaats. Dat met deze methode het GHG patroon redelijk is te voorspellen is mede te wijten aan het feit dat er gebruik wordt gemaakt van de bodem- en Gt patronen op de oude Gt-kaart schaal 1 : 50 000, waardoor effecten van de destijds vastgestelde bodemkundige invloeden (b.v. storende lagen in het bodemprofiel) op de GHG en/of GLG impliciet worden meegenomen in de actuele GHG en GLG kaart op basis van karteerbare kenmerken. Er dient nog wel te worden opgemerkt dat de bodemgesteldheid in de loop van de decennia op diversen plaatsen behoorlijk is gewijzigd. Er zijn namelijk in land-inrichtingsgebieden grootschalige kavelverbeteringswerken uitgevoerd, waarbij grondverbetering is toegepast door bijvoorbeeld storende lagen te doorbreken. Daarnaast kunnen bijvoorbeeld grote arealen veengronden zijn verdwenen (Vriezenveen), als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding al dan niet in combinatie met grondverbeteringswerkzaamheden (Rutten en Zegers, 1968). Hierdoor kunnen de destijds vastgestelde Gt-patronen op de bodemkaart 1 : 50 000 als gevolg van deze ingrepen behoorlijk zijn gewijzigd. Voorts kan nog worden opgemerkt dat de Gd afvlakking duidelijk iets groter is en dat het Modflow model naast het grote gemiddelde verschil ook een grotere afvlakking voor de GHG heeft.

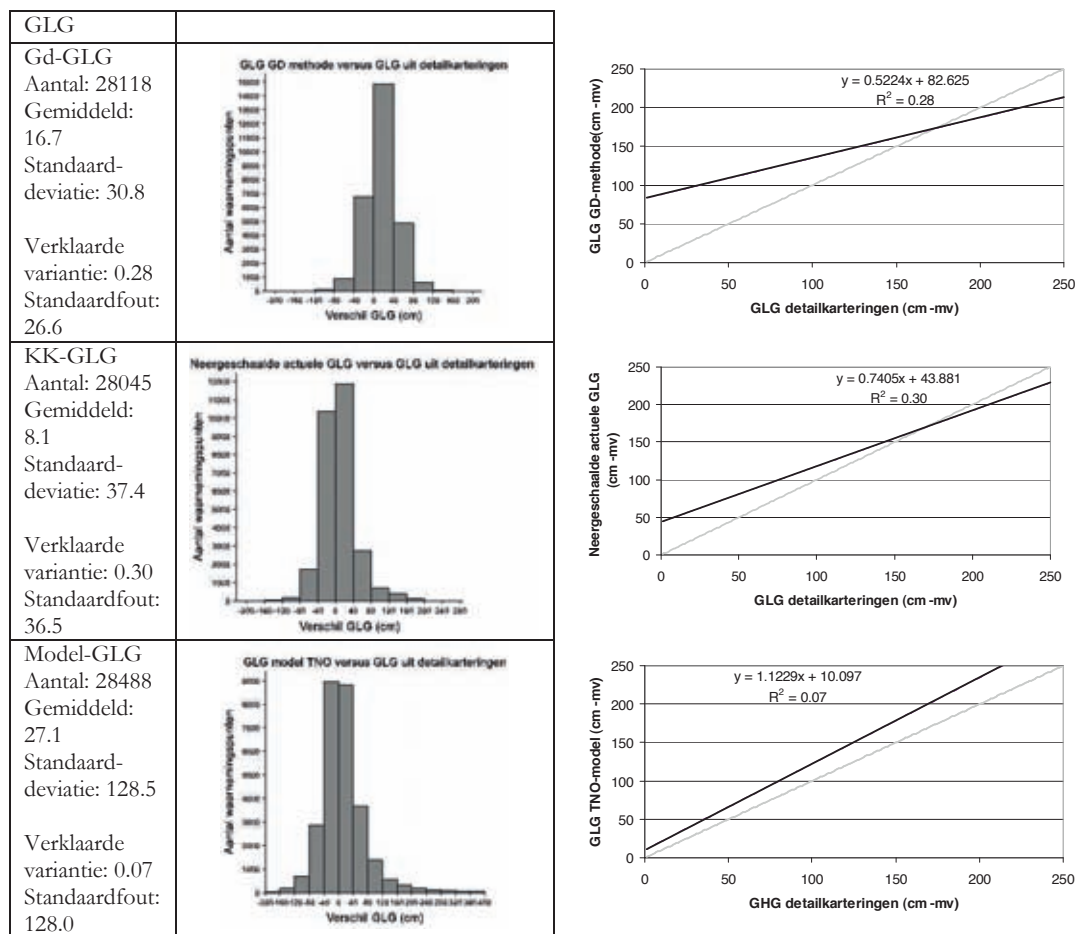
Bij de GLG is te zien dat het gemiddelde verschil bij de KK-GLG het kleinste is en 8.1 cm bedraagt. De Gd-methode geeft een gemiddeld verschil van 16,7 cm en de Modflowresultaten een gemiddeld verschil van 27,1 cm. Indien gekeken wordt naar de regressielijn kan worden geconcludeerd dat, gezien de geringe richtingscoëfficiënt, de afvlakking bij de Gd-methode het grootste is. Het Modflow model heeft een geringe afvlakking maar daarentegen ook een zeer geringe verklaarde variantie. Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat de actuele GLG op basis van karteerbare kenmerken het beste resultaat geeft indien gekeken wordt naar het gemiddelde en de regressielijn.



Figuur 5.4 v eri Fic ATiere Sul TATEN v00r de ghg v00r de digi TAAL be Schikb Are de TaiIk Ar Teringen



Figuur 5.5 v eri Fic ATiere Sul TATEN v00r de glg v00r de digi TAAI be Schikb Are de TAik Ar Teringen





# 6

## VERIFICATIE BEEKVLIET

### 6.1 gebiedSbeSchrijving v An heT nATuurgebied beekvlie T

Het gebied Beekvliet is als tweede verificatiegebied gekozen, omdat er een kwalitatief goede detailkartering (bodem- en Gt) beschikbaar is en omdat dit gebied een volledige natuurfunctie heeft. Hierdoor is het landschap weinig aangetast door grootschalige herinrichtingsmaatregelen. De informatie die voor het gebied 'Beekvliet' is gebruikt, is ontleend aan Van Delft et al. (2002). Het gebied heeft een oppervlakte van 186 ha en is gelegen ten zuiden van de weg Barchem-Borculo in de Achterhoek. Aan de oostzijde grenst het aan de Lebbinkbeek (Groenlosche Slinge).

De diepe ondergrond bestaat tot 30 á 35 m. uit grof, grindrijk zand van de Formatie van Kref-tenheye. De ondiepe ondergrond van het studiegebied bestaat tot 10 á 12 m diepte voornamelijk uit fluvioperiglaciale afzettingen van de Formatie van Boxtel. In het Weichselien is de basis gelegd voor het huidige landschap dat zich in dit gebied manifesteert door min of meer vlakke dekzandgebieden met hoge ruggen van jong dekzand. Deze ruggen grenzen vaak aan beekdalen. De latere holocene afzettingen, zoals beekklei, broek- en zeggeveen zijn alleen terug te vinden in de beekdalen en laagtes in de dekzandgebieden.

De bodemkaart weerspiegelt in grote lijnen de geologische opbouw van het gebied. De hoge en relatief droge dekzandruggen en koppen zijn al decennia lang in gebruik geweest en nog steeds in gebruik als bouwland. Als gevolg van eeuwenlange bemesting met materiaal uit de potstal worden in deze gebieden vooral de oude cultuurgonden in de vorm van enkeerd- en laarpodzolgronden aangetroffen. Hierdoor zijn de oorspronkelijke ruggen nog verder opgehoogd. De lage delen zijn op de bodemkaart te herkennen als beekerd- en vlakvaaggronden. Op de overgang tussen de dekzandruggen en de beekdalen liggen de podzolgronden (o.a. gehele Stelkampsveld). Binnen de beekdalen liggen nog enkele kleine arealen moerige en veengronden.

### 6.2 mATeri AAl

Voor natuur is de GVG een belangrijke variabele. Aangezien de GVG niet direct karteerbaar is en deze wordt afgeleid van de GHG en GLG (§ 2.4) is er bij de vergelijking van de gebruikte karteringsmethoden voor gekozen om gebruik te maken van de GHG-kaarten. In het kader van een pilotstudie naar de actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden zijn een aantal Gt-karteringsmethoden vergeleken met veldwaarnemingen. Voor een beschrijving van de gebruikte methoden wordt verwezen naar het door Van der Gaast et al., (2009) uitgevoerde onderzoek. Voor de vergelijking is gebruik gemaakt van de detailkartering die in Beekvliet is uitgevoerd (Van Delft et al., 2002). Deze Gt-kartering is uitgevoerd op een schaal 1 : 5000. Het betreft een relatief klein gebied van ca. 167 ha, waarbinnen op 171 puntlocaties metingen en/of schattingen zijn uitgevoerd. Voor de boorpuntinformatie wordt verwezen naar het onderzoek dat door Van Delft et al. (2002) is uitgevoerd. De gerichte opnames op puntlocaties

zijn door middel van stambuisregressie omgezet naar GxG's. Vervolgens is een vlakdekkende kaart gemaakt met een resolutie van 5 x 5 meter. Hierbij is gebruik gemaakt van interpolatie met behulp van de inverse distance methode en maaiveldshoogte informatie uit het AHN. Voorafgaande aan de verificatie heeft de projectgroep onder leiding van Van Delft een veldbezoek gebracht aan het pilotgebied (foto 1). Op basis van het veldbezoek kon worden vastgesteld, dat de detailkaart van Beekvliet een goed beeld geeft van de GxG. De GHG wordt minder goed ingeschat (te diep) op de locaties, waar anisotropie hoog in het bodemprofiel voorkomt. De goede kwaliteit van de kaart maakt het mogelijk om de kaart te gebruiken als verificatiekaart. Aangezien de informatie over de GxG voor zowel de puntinformatie als ook met betrekking tot de vlakdekkende informatie is berekend middels modellen en deze geen betrekking heeft op de werkelijke GxG betreft de vergelijking een verificatie in plaats van een validatie. Daarnaast dient echter wel te worden opgemerkt, dat uit het veldbezoek naar voren is gekomen, dat het op een juiste manier in beeld brengen van de GxG voor dit soort natuurgebieden alleen mogelijk is, indien gebruik wordt gemaakt van een zeer gedetailleerd schaalniveau.

FOTO 1

STelk AmpSvel T in he T n ATuurgebied beekvlie T



Om een objectieve vergelijking tussen de gebruikte methoden mogelijk te maken is, vanwege het feit dat de karteringsdiepte van de verschillende methoden begrensd is, alleen gebruik gemaakt van gegevens tot een diepte van 150 cm -m.v.. De verificatie is uitgevoerd voor de volgende 5 Gt-karteringsmethoden (Van der Gaast et al., 2009):

- GD-methode: Gd-kaart welke voor het zandgebied van Nederland beschikbaar is;
- Karteerbare kenmerken: actuele Gt op basis van karteerbare kenmerken waarbij gebruik is gemaakt van een neergeschalingstechniek op basis van een verschuivingstabel conform de beschrijving (§ 3.1). De kaart is landsdekkend beschikbaar;
- Tijdreeks (FTM): GxG informatie afgeleid van fysische tijdreeksen per pixel, gebaseerd op karteerbare kenmerken;
- Verwantschapsmethode:
  - Geïnterpoleerde GxG met behulp van een nieuwe interpolatiemethode op basis van verwantschap (AHN (25 m grid) en anisotropie (bodemkaart schaal 1 : 50.000)), waarbij gebruik is gemaakt van buisinformatie;
  - Geïnterpoleerde GxG met behulp van een nieuwe interpolatiemethode op basis van verwantschap (AHN (25 m grid) en anisotropie (bodemkaart schaal 1 : 50.000)), waarbij gebruik is gemaakt van veldschattingen uit een detailkartering.

### 6.3 methode

Voor de verificatie is het van belang inzicht te hebben in de gebruikte methode. Hierbij gaat het zowel om de methode die gebruikt is voor het verkrijgen van puntinformatie als om de methode die gebruikt is om het kaartbeeld vlakdekkend in te vullen. Bij de detailkartering van Beekvliet is gebruik gemaakt van gerichte opnames die op basis van stambuisregressie worden omgezet naar een GxG (Van Delft *et al.*, 2002). Deze methode, om puntinformatie op de kaart te zetten, wordt ook toegepast bij de GD-methode (Kekem *et al.*, 2005). Hierdoor is er een gedeeltelijke methodische overlap, waardoor de verificatie niet toereikend is voor het gehele traject om te komen tot een vlakdekkende kaart. Dit heeft tot gevolg dat de verificatieresultaten voor de GD-methode mogelijk te optimistisch worden ingeschat. De gebruikte stambuisenset is voor beide kaarten echter verschillend, waardoor de methodische overlap naar verwachting weinig effect heeft op de verificatie.

Voor het vlakdekkend in kaart brengen van de GxG is bij de kartering in Beekvliet gebruik gemaakt van de inverse distance methode in combinatie met maaiveldshoogtegegevens uit het AHN. Bij alle te verifiëren methoden wordt gebruik gemaakt van het AHN, waardoor deze, afgezien van de gebruikte resolutie, geen onderscheid geeft tussen de methoden. Bij de twee verwantschapsmethoden is gebruik gemaakt van een interpolatie op basis van verwantschap. De methode is afgeleid van de inverse distance methode, hetgeen een methodische overlap suggereert. Aangezien de methode is aangepast en er geen gebruik wordt gemaakt van een afstandsrelatie, zoals bij inverse distance, kan de methodische overlap worden verwaarloosd.

### 6.4 kwaliteit

In tabel 6.1 is het gemiddelde verschil (me) tussen de detailkartering Beekvliet en de 5 gebruikte karteringsmethoden weergegeven. In de tabel is te zien, dat bij het gebruik van de gehele kaart alle karteringen systematisch natter uitvallen dan de detailkartering Beekvliet. Dit resultaat wordt veroorzaakt door het droge deel van het natuurgebied. Voor het droge deel worden in de detailkartering Beekvliet GHG's tot ongeveer 3 m -mv. weergegeven. Aangezien de andere karteringen geen diepe GHG's weergeven, wordt het gemiddelde verschil in hoge mate door het droge gebied bepaald. Op grond hiervan is het droge gebied bij de verdere analyse buiten beschouwing gelaten, hetgeen is gerealiseerd door alleen gebruik te maken van het gebied waar de GHG in de detailkartering Beekvliet ondieper is dan 150 cm -mv. In de tabel komt het verschil duidelijk naar voren. Ook de interpretatie van de verificatieresultaten wordt sterk beïnvloed door het buiten beschouwing laten van het droge gebiedsdeel. De resultaten kunnen wellicht nog beïnvloed worden door de keuze van de grens van 150 cm.

Tabel 6.1 v

erificatie van de kaart op basis van de verschillen in de vorm van een frequentieverdeling weergegeven. Opvallend in de figuur is de hoge piek voor de verwantschapsmethode met behulp van buisgegevens. Deze piek wordt veroorzaakt door de hoge buisdichtheid in een relatief nat gedeelte van het natuurgebied. Daarnaast is te zien dat er een aanzienlijke spreiding is in de verschillen. Ook de cumulatieve verdeling van de verschillen geeft een grote spreiding aan (figuur 6.2). Daarnaast blijkt uit de cumulatieve verschillen duidelijk de scheve verdeling. Voor natuurgebieden is het vooral van belang dat relatief natte gebieden goed in de kaart tot uiting komen. Daarom is in figuur 6.3 het verschil in klassen van de GHG weergegeven. Op deze manier is het mogelijk om bij de verificatie meer gewicht te geven aan de relatief natte gebieden. Het natte traject is namelijk opgedeeld in meerdere klassen met een geringe klassebreedte terwijl

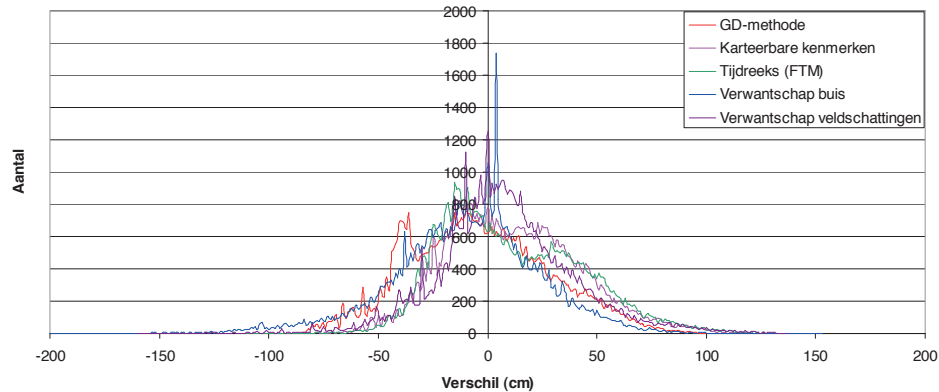
<b>gehele karteringsgebied</b>				
Karteringsmethode	Me (cm)	Std (cm)	Rmse (cm)	Hellingshoek (-)
GD-methode	13.4	52.1	53.8	0.23
Karteerbare kenmerken	23.2	41.6	47.7	0.44
Tijdreeks (FTM)	23.5	43.5	49.4	0.42
Verwantschap buis	1.4	43.8	43.9	0.58
Verwantschap veldschattingen	17.8	39.3	43.2	0.56
<b>gebied met ghg ondieper dan 150 cm</b>				
Karteringsmethode	me	Std	rmse	hellingshoek
GD-methode	-4.0	32.0	32.3	0.24
Karteerbare kenmerken	11.0	30.0	32.0	0.39
Tijdreeks (FTM)	10.8	31.8	33.6	0.39
Verwantschap buis	-9.7	33.4	34.8	0.82
Verwantschap veldschattingen	8.2	30.9	32.0	0.53

De GD-methode heeft indien alleen gekeken wordt naar het gebied met een GHG ondieper dan 150 cm, het geringste systematische verschil met de detailkartering Beekvliet (-4 cm), waardoor de zuiverheid het grootst is. De standaarddeviatie van de verschillen, de willekeurige of toevallige fout (precisie) is het kleinste bij de Gt op basis van karteerbare kenmerken. De Gt op basis van karteerbare kenmerken en de verwantschaps methode zijn het nauwkeurigst, aangezien de Root Mean Squared Error (RMSE), waarin zowel de systematische als de toevallige fout is verdisconteert, het kleinste is. Bij het gebruik van de buizen in combinatie met de verwantschapsmethode is het systematische verschil 9.7 cm droger dan de detailkartering. De beschikbare buizen liggen voornamelijk in het natte gedeelte (noorden en midden) van het natuurgebied, waardoor de GHG juist voor dit natte gebied goed wordt voorspeld. In het zuidelijke en oostelijk deel van het onderzoeksgebied ontbreken de buizen. In deze gebieden wordt de GHG juist te droog voorspeld. De afvlakkende werking van de methode is een mogelijke oorzaak voor de drogere voorspelling van de GHG op basis van buizen. De overige methoden, karteerbare kenmerken, tijdreeks (FTM) en verwantschapsmethode mbv veldschattingen geven een systematisch nattere situatie weer van ongeveer 10 cm. Het natter uitkomen van deze kaarten is wellicht veroorzaakt door de keuze van de grens van 150 cm -mv., welke bepalend is voor het gebied dat wordt vergeleken. Daarnaast zijn deze methoden direct of indirect gebaseerd op veldschattingen die doordat hierbij rekening gehouden wordt met alle facetten van de bodemgesteldheid waaronder gelaagdheid (anisotropie), veelal natter uitkomen.

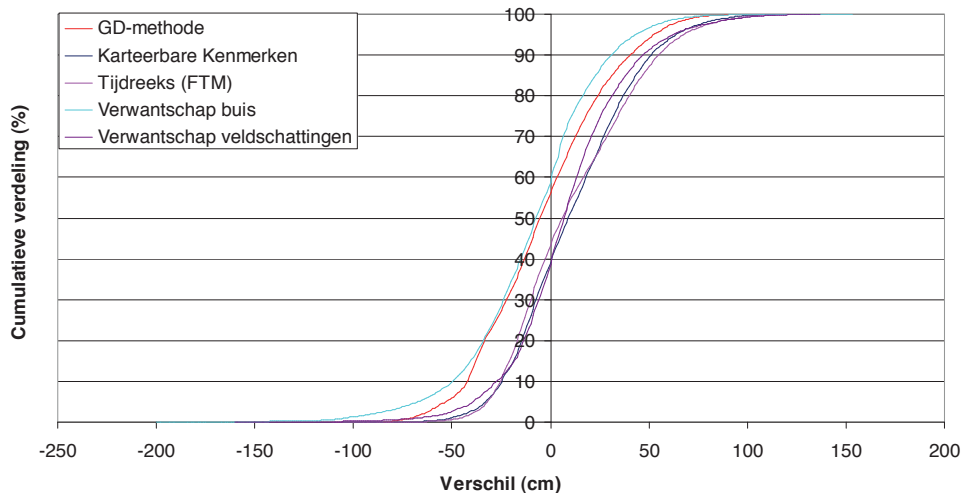
In figuur 6.1 zijn de verschillen in de vorm van een frequentieverdeling weergegeven. Opvallend in de figuur is de hoge piek voor de verwantschapsmethode met behulp van buisgegevens. Deze piek wordt veroorzaakt door de hoge buisdichtheid in een relatief nat gedeelte van het natuurgebied. Daarnaast is te zien dat er een aanzienlijke spreiding is in de verschillen. Ook de cumulatieve verdeling van de verschillen geeft een grote spreiding aan (figuur 6.2). Daarnaast blijkt uit de cumulatieve verschillen duidelijk de scheve verdeling. Voor natuurgebieden is het vooral van belang dat relatief natte gebieden goed in de kaart tot uiting komen. Daarom is in figuur 6.3 het verschil in klassen van de GHG weergegeven. Op deze manier is het mogelijk om bij de verificatie meer gewicht te geven aan de relatief natte gebieden. Het natte traject is namelijk opgedeeld in meerdere klassen met een geringe klassebreedte terwijl

het droge traject van de GHG is opgedeeld in een grotere klassebreedte. De beide interpolatietechnieken op basis van verwantschap komen voor ongeveer 50% overeen met de detailkartering Beekvliet. Indien gekeken wordt naar het percentage met een maximaal verschil van 1 klasse dan komt de verwantschapbuis methode voor 90 %, de Gt op basis van karteerbare kenmerken voor 86%, de verwantschapsmethode voor 84% en de beide andere methoden voor 80% overeen.

Figuur 6.1 Frequentieverdeling van de verschillen tussen de gT-kAr Tering SmeThOde en de vericAtiekAAr T



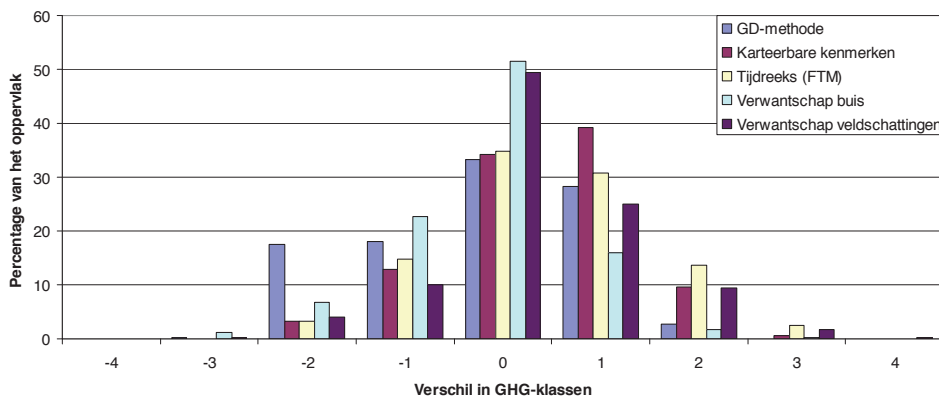
Figuur 6.2 c Cumulatieve Frequentieverdeling van de verschillen tussen de gT-kAr Tering SmeThOde en de vericAtiekAAr T



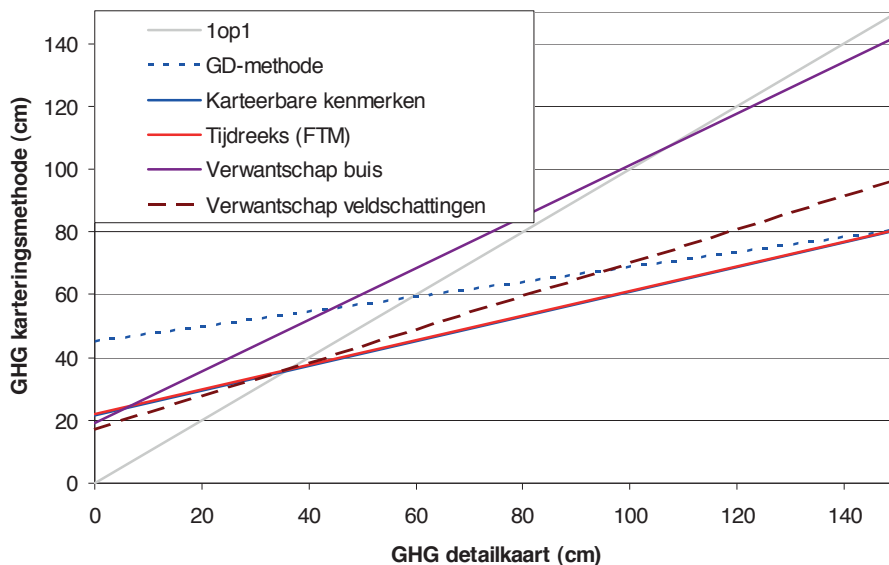
Om nog meer inzicht in de verschillen te krijgen is een regressieanalyse uitgevoerd. Hierbij is de GHG uit de detailkartering Beekvliet ('gemeten') uitgezet tegen de GHG volgens de verschillende karteringsmethoden (berekend). In het ideale geval zouden gemeten en berekend identiek moeten zijn. In figuur 6.4 is echter te zien dat alle methoden een afvlakking van het GHG verloop in het pilotgebied tot gevolg hebben. De natte locaties worden gemiddeld genomen droger voorspeld en de droge locaties natter. Bij alle methoden waarbij gebruik wordt gemaakt van interpolatie of regressie zal in meer of mindere mate afvlakking optreden. De afvlakking is inherent aan het gebruik van statistische interpolatie technieken en mede afhankelijk van het aantal gebruikte punten. Bij het vlakdekkend invullen van puntinformatie is het van belang de afvlakking te minimaliseren. De afvlakking is het geringst bij de kaart waarbij gebruik is gemaakt van de nieuwe interpolatietechniek op basis van verwantschap (zie ook tabel 6.1). De GD-methode geeft verreweg de grootste afvlakking, hetgeen bijvoor-

beeld in de beperkte patrooninformatie tot uiting komt (zie figuur 6.5). Uit de regressielijn komt naar voren dat bij een bereik van de GHG van 0 tot 150 cm in de detailkartering Beekvliet de GD-methode slechts een bereik heeft van ruim 40 tot 80 cm, hetgeen overeenkomt met slechts 1 GHG klasse. Ook in de kaart komt duidelijk naar voren dat de GD-methode een sterk afgevlakt beeld van de GHG geeft (figuur 6.5).

Figuur 6.3 Verschil in GHG-klasse die zijn gebaseerd op de GHG-klasse tussen de GHG-kartering Methode en de verifieerbare GHG



Figuur 6.4 Regressielijn tussen de verifieerbare GHG ('gemeten') en de GHG-kartering Methode (berekend) (Karteerbare kenmerken en Tijdreeks (FTM) vAllen Over elk AAr heen)



Op basis van alle verificatieresultaten kan een volgorde van de kwaliteit van de verschillende methoden worden bepaald. De volgorde is vastgesteld door de nauwkeurigheid (RMSE), waarin zowel de zuiverheid (me) als de precisie (std) worden meegenomen, de hellingshoek als maat voor patrooninformatie en de verschillen in GHG-klasse (maximaal 1 klasse verschil) te scoren. De score heeft plaatsgevonden door getallen van 1 t/m 5 toe te kennen op basis van de resultaten voor de desbetreffende parameter. Hierbij is gebruik gemaakt van een rangorde en is aan het beste resultaat een waarde 1 toegekend (tabel 6.2). Hierbij dient te worden opgemerkt dat de relevantie van de onderlinge verschillen in uitkomsten niet nader is onderzocht. Daarnaast bestaat er in meer of mindere mate een correlatie tussen de gehan-

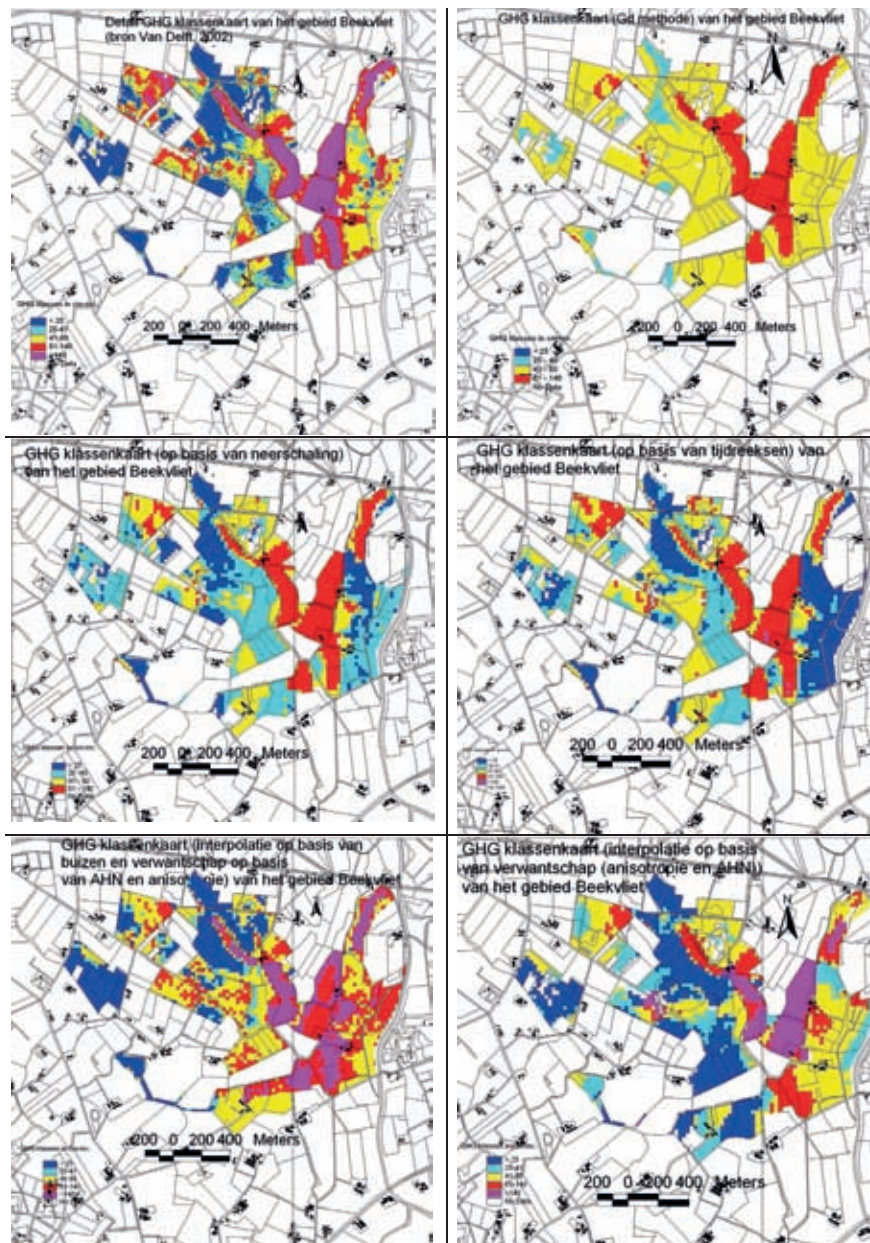


terde parameters. Hierdoor is het ook lastig om bijvoorbeeld een weging van de parameters mee te nemen. Samenvattend komt het er op neer dat het hanteren van een scoretabel en de hierbij gemaakte keuzes enigszins arbitrair is. Uitgaande van totaalscore ontlopen de karteerbare kenmerken methode en de beide verwantschapsmethoden elkaar nauwelijks en komen deze als beste naar voren.

Tabel 6.2 Scoretabel met betrekking tot de kaartkwaliteit

karteringsmethode	rmSe	hellingshoek	ghg-klasse	Totale score
GD-methode	3	5	4.5	12.5
Karteerbare kenmerken	1.5	3.5	2	7
Tijdreeks (FTM)	4	3.5	4.5	12
Verwantschap buis	5	1	1	7
Verwantschap veldschattingen	1.5	2	3	6.5

Figuur 6.5 Ghg klassenkaart van het gebied Beekvliet (bron Van Delft, 2002) op basis van de vijf methoden: GD-methode, karteerbare kenmerken, tijdreeks (FTM), verwantschap buis en verwantschap veldschattingen.



## 7

## VERIFICATIE SCHOUWEN-WEST

**7.1 gebiedsbeschrijving van het gebied Schouwen-West**

Het landinrichtingsgebied Schouwen-west is als derde verificatiegebied gekozen, omdat het representatief is voor een zeeklei- en een holoceen zandgebied en omdat er een kwalitatief goede en recente detailkartering (bodem- en Gt (figuur 7.1)) beschikbaar is (Kekem 2003). Daarnaast is een groot deel van het kleigebied gedraineerd. Dit heeft vooral invloed op de GHG en de fluctuatiegrootte van het grondwater, het verschil tussen GLG en GHG. Deze kaart wordt in het vervolg aangeduid als detailkartering.

In de detailkartering Schouwen-west is ondermeer het effect van (buis)drainage en de bodemopbouw op de waterhuishouding tijdens het schatten van de Gt in het veld meegenomen. Het is van belang dat dit effect ook tot uiting komt bij het bepalen van de Gt op basis van karteerbare kenmerken (aangeduid KK-Gtkaart).

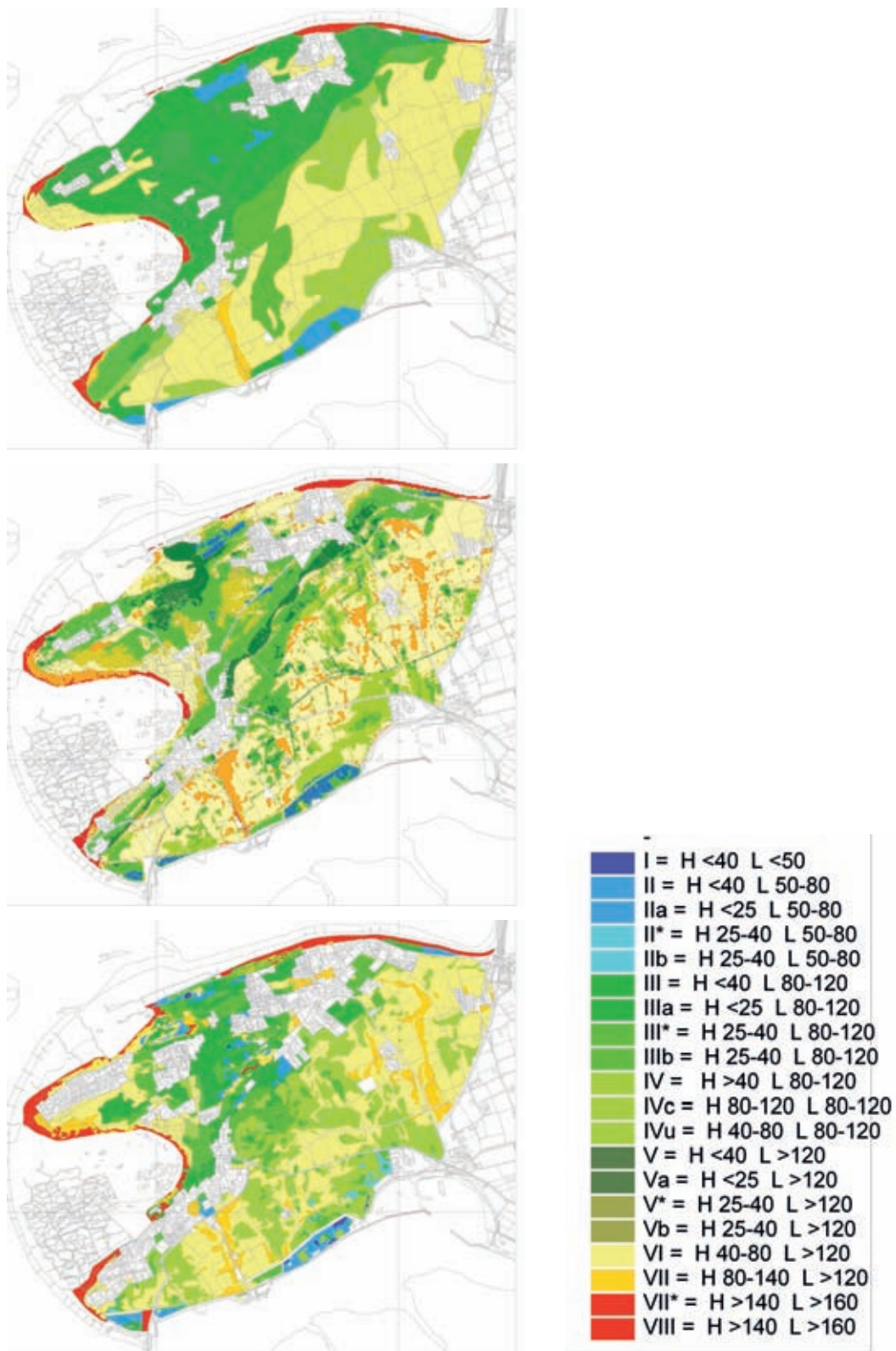
In het gebied zijn met behulp van een edelmanboor ruim 3100 boringen verricht. In de meeste situaties is geboord tot een diepte van 150 cm-mv. Van al deze boorlocaties is het bodemprofiel beschreven. De gemiddeld boordichtheid bedroeg in het zeekleigebied ca. 1 boring per ha en in het duingebied ca. 1 boring per 2 á 3 ha. Van het onderhavige gebied is uiteindelijk een gebiedsdekkende bodem- en grondwatertrappenkaart (schaal 1 : 10.000) gemaakt (figuur 7.1).

De pleistocene zandondergrond bevindt zich in het onderhavige gebied overal dieper dan 10 meter-mv. Daarop liggen de wadafzettingen van de formatie van Naaldwijk bestaande uit zand en klei (laagpakket van Wormer) met aan de kust de strandwallen (laagpakket van Zandvoort) en duinen (laagpakket van Schoorl). Daarachter onstond het Hollandveen (formatie van Nieuwkoop), dat het achterland en de oude strandwal geheel of gedeeltelijk bedekte. Nadat later de zee weer de overhand kreeg, ontstond er een stelsel van kreekruggen en poelen met in de geulen en op het veen de jonge afzettingen, ook wel het laagpakket van Walcheren genoemd, die momenteel overal aan het oppervlak liggen. Nog later zijn de jonge duinen gevormd, die gedeeltelijk over de kreekruggen en poelen liggen. Een belangrijke factor in dit gebied is de mens. De mens heeft ondermeer het kleigebied sterk ontwaterd en geëgaliseerd.

Het gebied kan vanuit bodemkundig-hydrologisch oogpunt worden opgedeeld in een duinengebied (figuur 7.1, noordelijk deel van het gebied) en een gebied met zeekleipolders. Binnen het duingebied bevindt zich een vrij vlak gebied dat gemakkelijk kan worden onderscheiden van de reliëfrijke duinen. In dit vlakke gebied liggen in hoofdzaak kalkloze goeddoorlatende vaaggronden met op veel plaatsen grondwaterstanden die niet beneden 100 cm-mv. (gt IIa en IIIa/b) uitkomen. De reliëfrijke hoge duinen hebben kalkrijke en kalkloze vaaggronden met diepe grondwaterstanden (Gt VII en VIII).



Figuur 7.1 gT -kAAr Ten vAn heT gebied Sch OuWen-WeST bØdem- en gT-kAArT 1:150.000 (bØven), gT-kAArT Op bASIS vAn kAr Teerb Are kenmerken (midden), deTAilk Ar Tering ( Onder)



De zeekleipolders bestaan voor verreweg het grootste deel uit kernland, ook wel oudland genoemd, en een aanwas ten oosten van Renesse. Kenmerkend voor het kernland is het systeem van kreekruigen en poelen. De kreekruiggronden bestaan uit kalkrijke zavelgronden met vrijwel geen weerstandsbiedende lagen en meestal een gunstige ontwatering. Binnen de poelgronden wordt een grote verscheidenheid aan bodemprofielen aangetroffen. Ze zijn vrijwel overal diep verwerkt en gedraineerd. In de ondergrond komen op veel plaatsen weerstandsbiedende (zware) kleilagen en veenlagen voor. De poelgronden hebben in het algemeen minder gunstige landbouwkundige eigenschappen dan de kreekruiggronden. Op plaatsen waar de zeedijk dreigde te verzakken (dijkval) werd landinwaarts een extra dijk opgeworpen. Het land tussen de twee dijken wordt inlaag genoemd (figuur 7.2). In het zuiden van het onderzoeksgebied komen de relatief zeer natte inlagen voor met veel ongerijpte kleigronden. De grond voor de extra dijk werd uit de inlaag gehaald, waardoor een gebied vol plassen en eilandjes ontstond. Deze gronden zijn grotendeels ongeschikt voor de landbouw en hebben daarom meestal een natuurfunctie.

Figuur 7.2 g gebied met inlaag (voor de dijk) en een deel van het gebied ontwaterd in landbouwgebied (achter de dijk) in het landinrichtingsgebied Schouwen-Weest

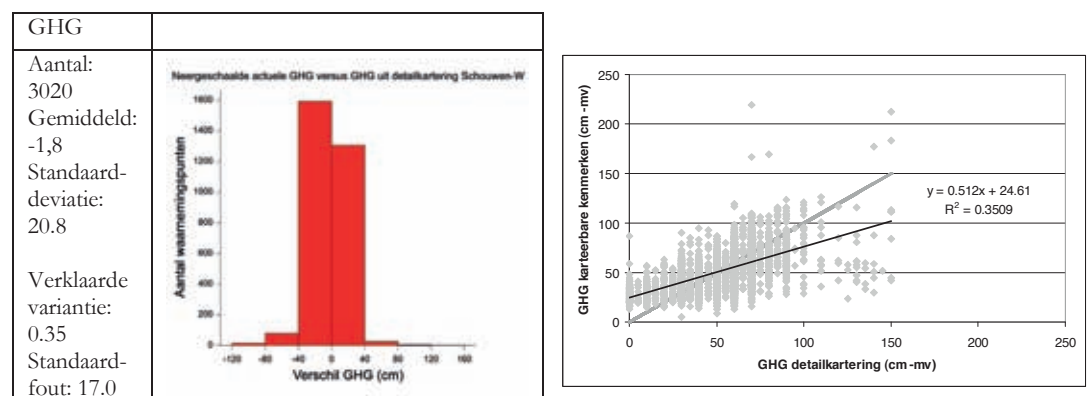


De grondwatertrappenkaart (figuur 7.1) die voor dit landinrichtingsgebied is vervaardigd is een kaart waarvan het grondwaterstandsverloop gebaseerd is op profielkenmerken, vegetatie, relatieve hoogteverschillen, stagnerende lagen, waterbeheersing en grondwaterstandsmetingen. In het onderzoeksgebied zijn in totaal 12 grondwatertrappen onderscheiden. Met toevoeging w/... worden gronden aangegeven, waarbij gedurende een aaneengesloten periode van meer dan 1 maand, tijdens de winterperiode, water boven het maaiveld staat.

## 7.2 verificatie GHG

Uit de vergelijking tussen de detailkartering en de KK Gt-kaart blijkt, dat de GHG in de KK Gt-kaart gemiddeld 1,8 cm natter is dan de GHG uit de detailkartering (figuur 7.3). Indien gekeken wordt naar de regressierelatie tussen de KK-GHG's en de GHG's uit de detailkarteringspunten dan blijkt, dat 35 % van de variantie wordt verklaard. Daarnaast geeft de KK Gt-kaart de GHG's in het relatief natte traject systematisch te droog weer ten opzichte van de GHG's uit de detailkartering. Vanaf een GHG van ca. 50 cm-mv. geldt het omgekeerde. De richtingscoëfficiënt is voor de KK-GHG laag (0,51). Dit betekent dat er voor het voorspellen van de GHG een afvlakking plaatsvindt. Dat met deze methode het GHG patroon toch redelijk kan worden voorspelt is te danken aan de directe koppeling van de Gt aan de patronen in de bodemkaart. Hierdoor worden effecten van de destijds vastgestelde bodemkundige invloeden (b.v. storende lagen in het bodemprofiel) op de GHG en/of GLG impliciet meegenomen in de KK Gt-kaart.

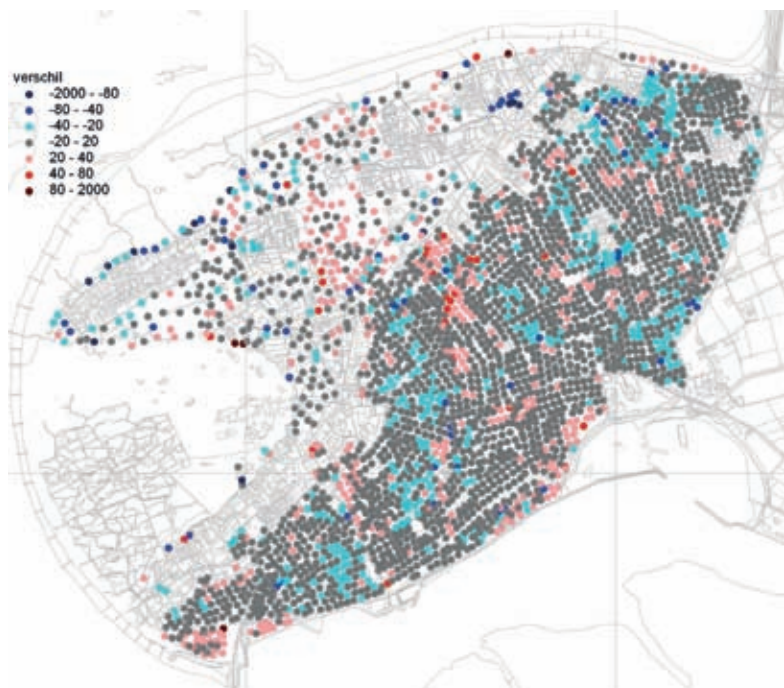
Figuur 7.3 v      verificatie van de KK-GHG met de Gt-informatie uit de Detailkartering Schouwen-West



Indien gekeken wordt naar de ruimtelijke verdeling van de verschillen (figuur 7.4) dan komt tot uiting dat de verschillen vooral aanwezig zijn in het duingebied (noordelijk deel) en in het gebied dat ligt op de overgang van het relatief laag- en vlakgelegen duingebied naar het zeekleigebied (midden van het onderzoeksgebied). De GHG's uit de detailkartering zijn in het noordelijk deel van het duingebied in het algemeen natter geschat dan de GHG's die met behulp van de neerschalingstechniek zijn berekend. Voor het overgangsgebied, waar de laatste decennia een aanzienlijk aantal percelen zijn gedraineerd, geldt het tegenovergestelde. Verder staan op de Gt-kaart uit de detailkartering in het duin- en het overgangsgebied een aantal kleinere drogere en nattere gebiedjes weergegeven die niet op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 voorkomen. Dit is een gevolg van het schaalverschil tussen beide typen karteringen (schaal 1 : 10.000 versus schaal 1 : 50.000) (figuur 7.1).

Voorts kan nog worden opgemerkt, dat de GHG's op bodemkaart schaal 1 : 50.000 (figuur 7.1) ten opzichte van de GHG's uit de detailkartering in de bovengenoemde gebieden in het algemeen natter zijn. Dit betekent dat de GHG informatie (tabel 3.3), die is gebruikt om met behulp van de neerschalingstechniek de verschuiving van de 'oude' GHG op de bodem- en Gt kaart schaal 1 : 50.000 te kunnen bepalen, voor het bovengenoemde duingebied in het algemeen te groot is geweest, waardoor de KK-GHG uiteindelijk te droog is geschat. Voor het overgangsgebied geldt het tegenovergestelde. Dit komt vooral doordat er hier in de laatste decennia meer gronden zijn gedraineerd.

Figuur 7.4 v er Schil in ghg TuSSen de kk-ghg en de ghg Op bASIS vAn deTAilk Ar Teringen



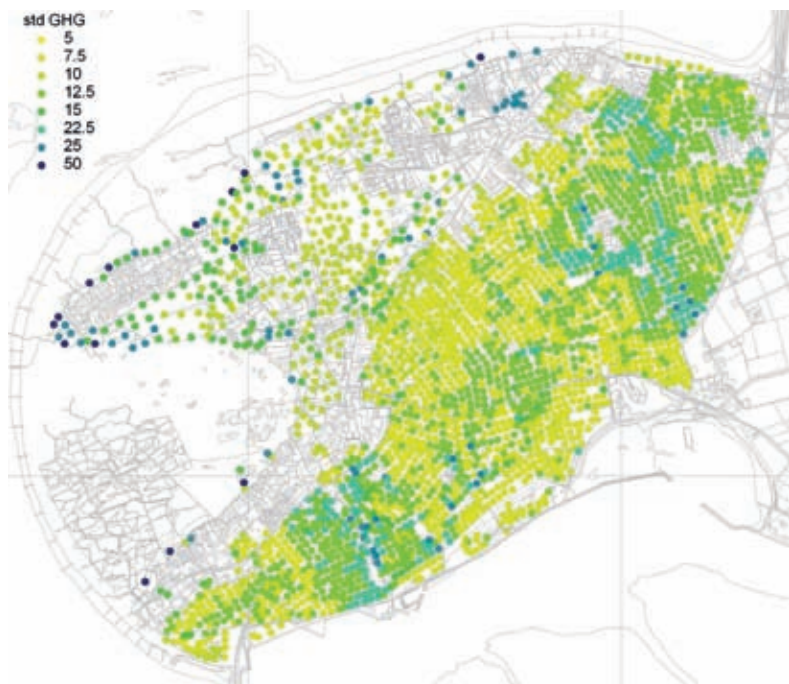
De KK-GHG's in het zeeleigebied vertonen een goede overeenkomst met de GHG's uit de detailkartering. Ook in dit gebied komen verschillen voor die het gevolg zijn van het schaalverschil tussen beide typen karteringen. De goede overeenkomst van de GHG's tussen de beide typen Gt karteringen geldt niet voor de gronden die gelegen zijn in de inlagen in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied. In deze gebieden komen veel natte en ongerijpte zeeleigegronden voor. De KK-GHG's zijn in deze gebieden soms iets droger en soms iets natter geschat ten opzichte van de GHG's uit de detailkartering. Deels is dit een gevolg van het schaalverschil tussen beide typen karteringen en een ander deel wordt veroorzaakt doordat de 'oude' GHG's op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 soms iets droger en soms aanzienlijk natter zijn geschat dan de GHG's uit de detailkartering. Voor de gebieden die de 'oude' GHG al te droog weergeven wordt dit nog versterkt door de neerschalingmethode waarbij de 'oude' GHG naar de droge kant is verschoven.

Het schatten van de GHG en de GLG in de detailkartering Schouwen-west is gebeurd aan de hand van veld- en profielkenmerken en gemeten grondwaterstanden in buizen en boorgaten. Om een inschatting te kunnen geven van de nauwkeurigheid van deze schattingen is gebruik gemaakt van de landelijke tabel, waarin per groep van bodemeenheden en Gt-klassen een betrouwbaarheid (95 %) voor zowel de GHG als voor de GLG wordt gegeven (zie tabel 4.1) in combinatie met de bodemkundige- en Gt-informatie uit de boorpunten van het onderhavige gebied. De voorspelfouten van de geschatte GHG's uit de detailkartering Schouwen-west zijn het grootst in het relatief hoog gelegen duingebied in het noordelijk en westelijk deel van het onderzoeksgebied waar voornamelijk leemarme duinvaaggronden voorkomen. Daarnaast komen ook grote voorspelfouten voor in het zeeleigebied, het zuidwestelijke en noordoostelijke deel van het onderzoeksgebied, waar de kreekruiggronden liggen (figuur 7.5). De GHG's zijn in deze gronden, vanwege vage profielkenmerken, minder nauwkeurig te schatten dan de GHG's die zijn geschat in de relatief natte inlagen (zuidelijk deel van het onderzoeksgebied), zoals de ongerijpte natte nesvaaggronden, waar de GHG aan de hand van veld- en profielkenmerken nauwkeuriger is in te schatten.



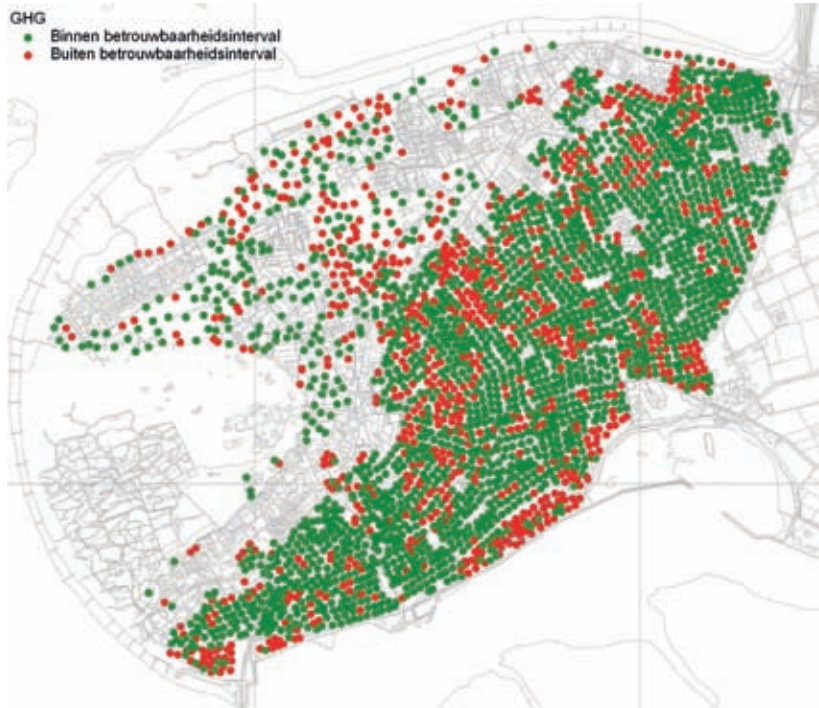
Figuur 7.5 v0

Or Spel F0uTen vAn de ghg per b 00rpun T uiT de deTAilk Ar Tering Sch OuWen-WeST



Om de kwaliteit van de gemiddelde waarde van de KK-GHG's te kunnen verifiëren is per locatie bekeken of het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de geschatte GHG uit de detailkartering is onder- of overschreden (figuur 7.6). Uit deze analyse blijkt dat de KK-GHG's in ca. 28 % van de locaties buiten het betrouwbaarheidsinterval liggen. Vooral in de natte inlagen in het zuiden van het gebied liggen veel locaties waar de KK-GHG buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de GHG uit de detailkartering ligt. Dit wordt vooral veroorzaakt door de relatief kleine voorspelfouten in deze gebieden (figuur 7.5) in combinatie met de mate waarin er een verschuiving van de GHG heeft plaatsgevonden ten opzichte van de oorspronkelijke situatie en het schaalverschil tussen beide typen karteringen. In het zeekele gebied ligt het merendeel van de KK-GHG's binnen het betrouwbaarheidsinterval van de GHG's uit de detailkartering. Voor het duingebied geldt dat het betrouwbaarheidsinterval vooral wordt overschreden bij de relatief natte beekerd- en vlakvaaggronden waar de GHG met behulp van profiel en/of veldkenmerken vrij nauwkeurig is te schatten. Hierdoor zorgen relatief kleine GHG verschillen er al voor, dat de KK-GHG's buiten het betrouwbaarheidsinterval van de GHG's uit de detailkartering komen te liggen. De relatief hoger gelegen duinvaaggronden, in het westen van het gebied, liggen merendeels wel binnen het 95 % betrouwbaarheidsinterval. Dit komt vooral door de relatief grote voorspelfouten (tot ca. 50 cm) van de GHG's in deze "vage" gronden, waardoor alleen bij aanzienlijke GHG verschillen de KK-GHG's buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de GHG's uit de detailkartering komen te liggen.

Figuur 7.6 LO cATieS meT in F0rmATie Over de be Tr OuWbAArheid v An de kk-ghg in he T gebied Sch OuWen-WeST.



Figuur 7.7 nA TTe inl AAg Ten n00rden v An de pl Ompe T0ren v An k0udekerke in he T gebied Sch OuWen-WeST

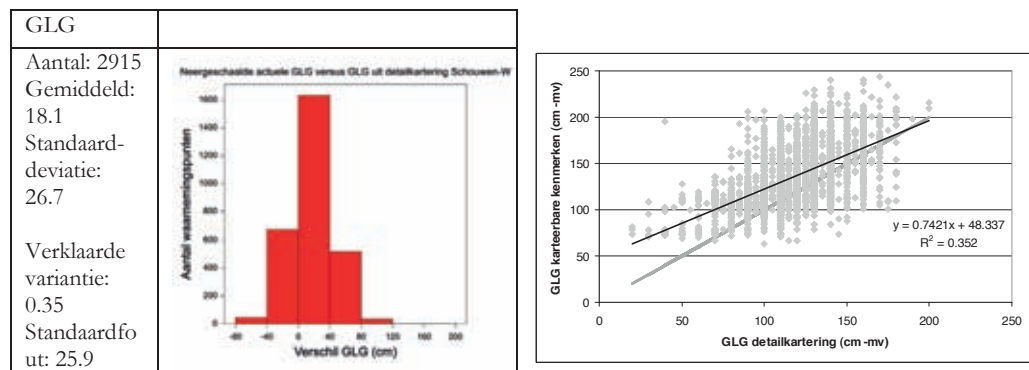


### 7.3 verifictie GLG

De GLG's uit de KK-Gt-kaart blijken na vergelijking met de GLG's uit de detailkartering Schouwen-west gemiddeld 18 cm droger te zijn. Wanneer gekeken wordt naar de regressierelatie tussen de KK-GLG's en de GLG's uit de detailkarteringspunten dan blijkt ook hier, dat 35 % van de variantie wordt verklaard. Daarnaast geeft de KK Gt-kaart de GLG's systematisch te droog weer ten opzichte van de detailkarteringspunten. Vanaf een GLG van ca. 200 cm-mv. geldt het omgekeerde. De richtingscoëfficiënt (figuur 7.8) is voor de KK-GLG is redelijk groot (0,74). Dit betekent dat er voor het voorspellen van de GLG weinig afvlakking plaatsvindt. Dit betekent ook dat het GLG patroon, mede dankzij de directe koppeling met de bodemkundige informatie, met behulp van deze methode redelijk goed is te voorspellen. Een nadeel is echter wel, dat het merendeel van de KK-GLG's in het onderhavige gebied systematisch te droog is geschat.

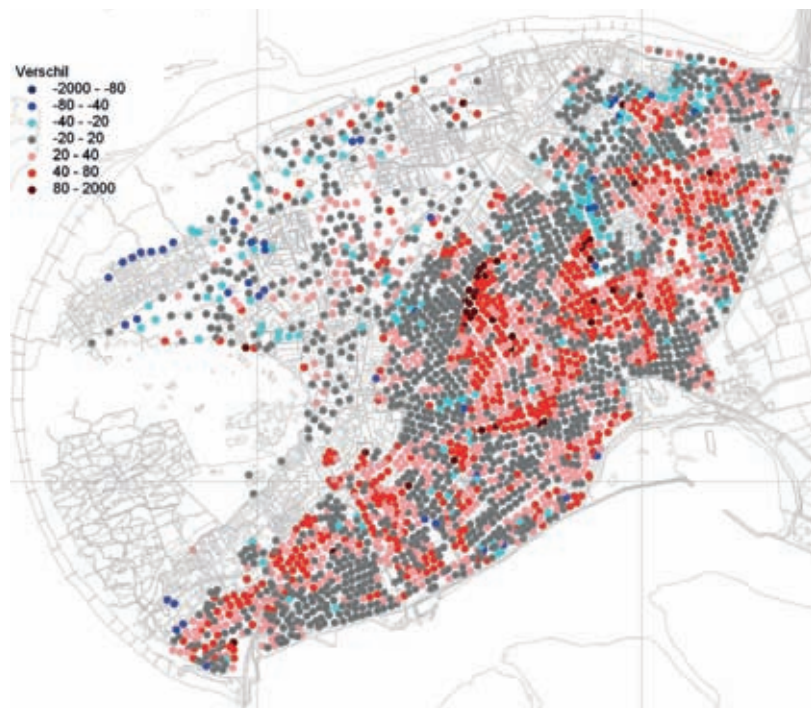
Indien gekeken wordt naar de ruimtelijke verdeling van de verschillen (figuur 7.9) dan komt tot uiting dat de verschillen overal in het gebied voorkomen. Verschillen tussen de KK-GLG's ten opzichte van de GLG's uit de detailkartering komen vooral in de inlagen voor. In deze gebieden zijn de KK-GLG's meestal te droog geschat. Dit is vooral te wijten aan opgelegde verschuiving van de GLG (zie tabel 3.3), waardoor de KK-GLG uiteindelijk te droog is geschat. Verder is een deel van de verschillen ook te verklaren als gevolg van het schaalverschil tussen beide karteringen.

Figuur 7.8 v      verifictie van de KK-GLG      Aan de hand van de GLG-informatie uit de Detailkartering Schouwen-West



Ook in het zeeleigebied zijn de KK-GLG's in het algemeen droger geschat dan de GLG's uit de detailkartering. De GLG's uit de bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50 000 blijken voor een deel overeen te komen met de GLG's uit de detailkartering. Dit betekent dat de gehanteerde verschuiving van de GLG bij de neerschalingstechniek te groot is geweest, waardoor uiteindelijk de KK-GLG te droog is geschat. Daarnaast is een deel van Gt-vlakken uit de bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50.000 droger geschat dan de Gt-vlakken uit de detailkartering, waardoor uiteindelijk, na de opgelegde GLG verschuiving de KK-GLG ook te droog is geschat. Voor die gebieden waar de GLG's op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 natter zijn geschat (midden en zuiden van het onderzoeksgebied) ten opzichte van de GLG's uit de detailkartering zijn de verschillen relatief klein. Dit betekent dat de opgelegde verschuiving van de GLG redelijk goed is geweest, waardoor uiteindelijk de KK-GLG's redelijk goed overeenkomen met de GLG's uit de detailkartering. Verder kunnen locale verschillen worden verklaard als gevolg van het schaalverschil tussen beide typen karteringen.

Figuur 7.9 v er Schil in glg TuSSen de kk-glg en de glg Op bASIS vAn de TAiIk Ar Teringen



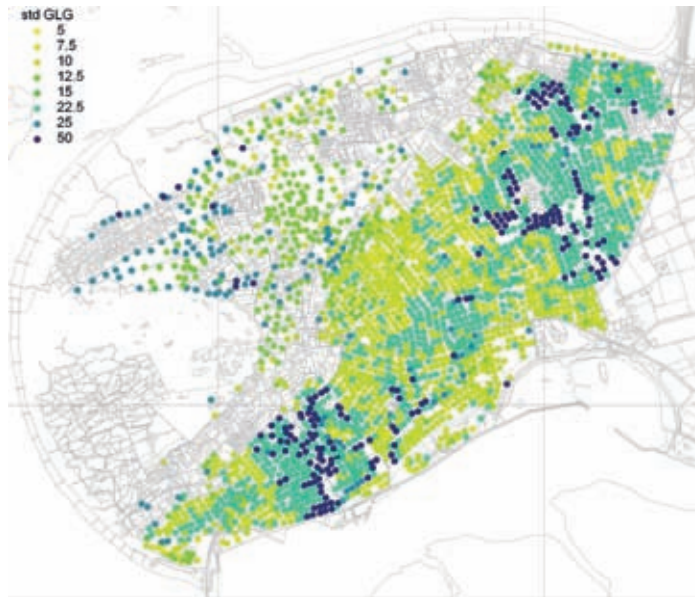
In het duingebied komen de KK-GLG's redelijk overeen met de GLG's uit de detailkartering. De verschillen die lokaal in dit gebied voorkomen worden veroorzaakt door het schaalverschil tussen beide typen karteringen. Vooral in het duingebied zijn veel kleine bodem- en Gt-vlakjes onderscheiden die niet op de bodemkaart schaal 1 : 50 000 voorkomen (figuur 7.1).

De voorspelfouten van de geschatte GLG's uit de detailkartering Schouwen-west zijn het grootst in het relatief hoog gelegen duingebied (noordwestelijk deel van het onderzoeksgebied) waar voornamelijk leemarme duinvaaggronden voorkomen. Ook in de gebieden waar de relatief hoog gelegen kreekruggronden (midden van het onderzoeksgebied) en de kleiplaatgronden (zeekleigronden met zand hoog in het bodemprofiel in het noordoosten van het onderzoeksgebied, veelal ook kreekruggronden) voorkomen zijn de voorspelfouten relatief groot (figuur 7.10). De GLG's zijn in deze gronden vanwege vage profielkenmerken minder nauwkeurig te schatten. Dit in tegenstelling tot de relatief laag gelegen gronden die liggen in de inlagen, zoals de ongerijpte natte nesvaaggronden, waar de GLG aan de hand van veld- en profielkenmerken nauwkeuriger is te schatten.

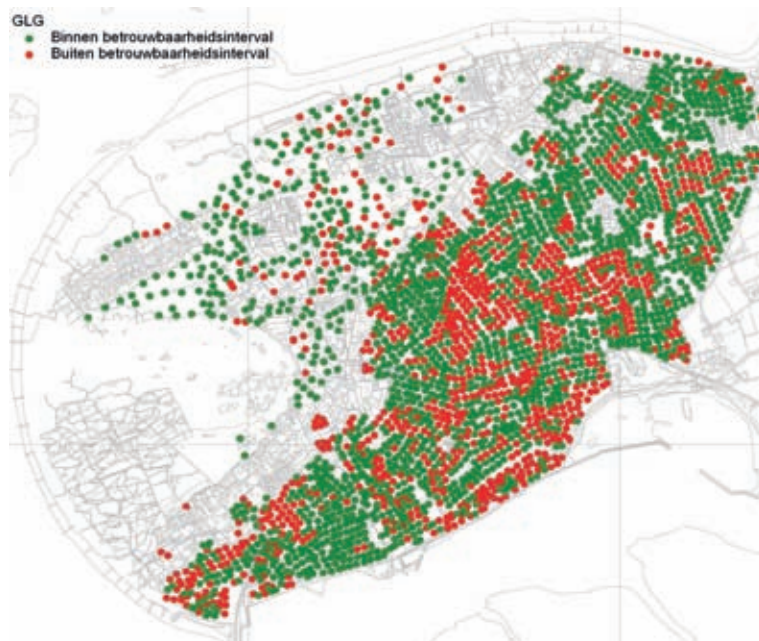
De nauwkeurigheid van de KK-GLG's is per locatie geverifieerd aan de hand van het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de geschatte GLG's uit de detailkartering (figuur 7.11). In de kaart is per locatie aangegeven of het betrouwbaarheidsinterval al dan niet is overschreden. Uit deze figuur blijkt dat de KK-GLG in ca. 34 % van alle boorpuntlocaties wordt overschreden. Vooral in de natte inlagen in het zuiden van het gebied en in het overgangsg gebied (midden van het onderzoeksgebied) liggen veel locaties waar de KK-GLG buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval ligt. Dit wordt vooral veroorzaakt door de relatief kleine voorspelfouten in deze gebieden (figuur 7.10) al dan niet in combinatie met de mate waarin de 1 : 50.000 kartering te droog is geweest, de gehanteerde verschuiving van de GLG bij de neerschalingstechniek te groot is geweest en/of het schaalverschil tussen beide typen karteringen.



Figuur 7.10 v0 Or Spel FOuTen vAn de glg per b 00rpun T ui T de deTAik Ar Tering Sch OuWen-WeST



Figuur 7.11 Weerg Ave vAn de be Schikb Are b 00rpun TL 0cATieS in he T gebied Sch OuWen-WeST WAArV 00r de kk-glg binnen d AnWel bui Ten he T 95% beTr OuWbAArheid in Terv Al v An de veld Sch ATtingen gelegen i S



In het zeeleigebied ligt in het midden, het zuidwestelijk en zuidoostelijk deel van het onderzoeksgebied een groot deel van de locaties buiten het betrouwbaarheidsinterval van de GLG's uit de detailkartering. Dit wordt veroorzaakt doordat de GLG's uit de bodemkaart schaal 1 : 50.000 (figuur 7.1) ten opzichte van de GLG's uit de detailkartering in een aantal vlakken droger is geschat. Daarnaast heeft er ook nog eens op basis van de GLG informatie (tabel 3.3. een verschuiving van de "oude GLG" plaatsgevonden, waardoor uiteindelijk de KK-GLG's aanzienlijk droger zijn geschat ten opzichte van de GLG's uit de detailkartering. Een andere oorzaak waardoor de KK-GLG's in dit gebied buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval liggen is te wijten aan het schaalverschil tussen beide typen karteringen.

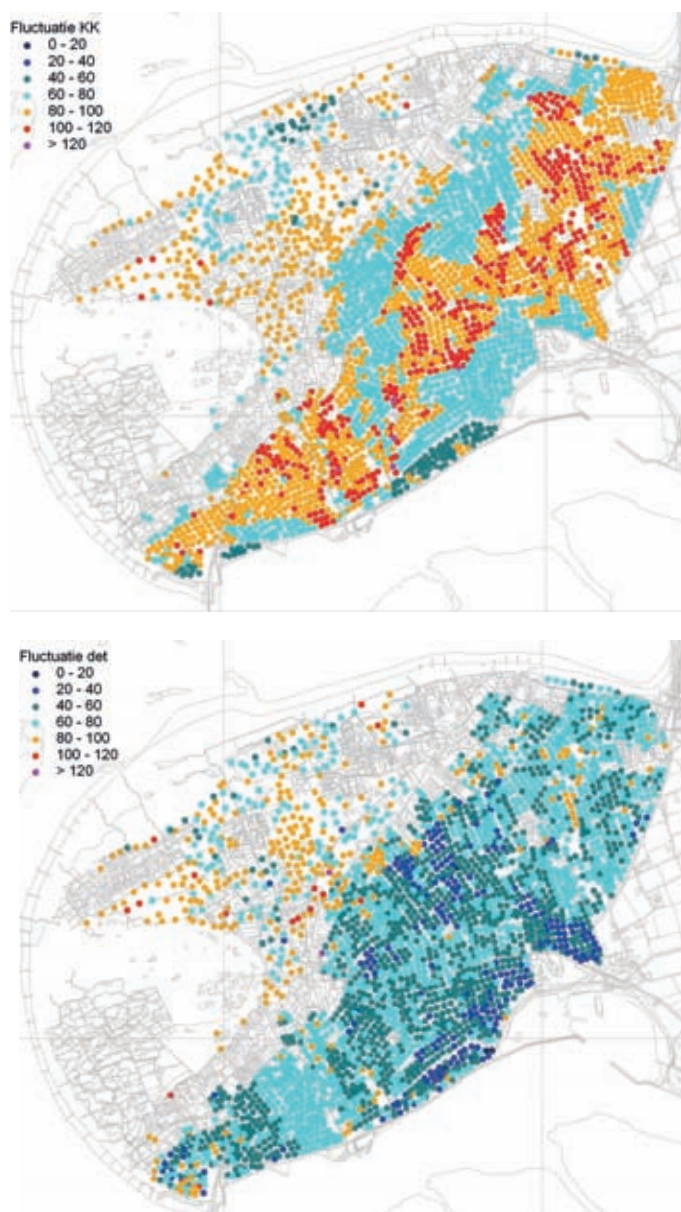
Voor het duingebied geldt dat het betrouwbaarheidsinterval soms wordt overschreden bij de relatief natte beekeerd- en vlakvaaggronden waar de GLG met behulp van profiel en/of veldkenmerken vrij nauwkeurig (kleine voorspelfouten) is te schatten. Deels is dit ook een gevolg van het schaalverschil tussen beide karteringen en een ander deel wordt veroorzaakt doordat de Gt-vlakken op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 soms iets droger en soms iets natter zijn geschat dan de Gt-vlakken uit de detailkartering. Verder zijn deze verschillen ook het gevolg van de mate waarin er een verschuiving van de GLG heeft plaatsgevonden ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. De relatief hoger gelegen duinvaaggronden in het noordelijk en noordwestelijk deel van het gebied liggen merendeels wel binnen het 95 % betrouwbaarheidsinterval. Dit wordt ondermeer veroorzaakt door de relatief grote voorspelfout (tot ca. 50 cm) van de GLG in deze “vage”gronden, waardoor alleen bij aanzienlijke GLG verschillen de KK-GLG's buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de GLG's uit de detailkartering komen te liggen.

#### 7.4 Fluc TuATie

De fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG) in het grootste deel van het onderzoeksgebied blijkt groter is dan de fluctuatie uit de detailkartering Schouwen-west (figuur 7.10). In deze figuur is te zien dat de fluctuatie van het grondwater die met behulp van de KK-methode is berekend in het zeeleigebied voor een groot deel van dit gebied ca. 20 cm groter is dan de fluctuatie uit de detailkartering. De geringe fluctuatie is te verklaren uit het feit dat dit gebied zich karakteriseert als een gebied met een relatief intensief ont- en afwateringsstelsel, waardoor de fluctuatie van het grondwater minder groot is. Men zegt dan ook wel dat in deze gebieden de “kop” eraf is. Dat wil zeggen, dat vooral de GHG door waterhuishoudkundige maatregelen in het gebied aanzienlijk is verlaagd.

In de hoogste delen van het duingebied zijn de verschillen minder groot (tot ca. 20 cm). In deze gebieden met goed doorlatende leemarme duinvaaggronden komt veel wegzijging voor, waardoor de fluctuatie van het grondwater relatief groter is (ca. 80 tot 100 cm) dan de fluctuatie (ca. 40 tot 80 cm) in de aangrenzende laag gelegen duinpannen waar veel lokale kwel voorkomt. Dit geldt zowel voor de fluctuatie die is berekent met behulp van de neerschalingstechniek als ook voor de fluctuatie uit de detailkartering Schouwen-west.

Figuur 7.10 Fluctuatie van het grondwater (glg -ghg) in het gebied Schouwen-West op basis van kaartbare kenmerken (boven) en de daalkartering (onder)



## 8

## VERIFICATIE SCHEERWOLDE

**8.1 gebiedsbeschrijving van het gebied Scheerwolde**

Het landinrichtingsgebied Scheerwolde is als verificatiegebied gekozen omdat het zowel landschappelijk als bodemkundig gezien ten opzichte van de andere verificatiegebieden afwijkt. Het betreft een grotendeels afgegraven veengebied met permanente kwel. Hierdoor is een groot deel van het gebied gedraineerd en kent het gebied een intensief afwateringsstelsel (figuur 8.1). Daarnaast is er een kwalitatief goede en recente detailkartering beschikbaar (Stoffelsen 2008) (figuur 8.2).

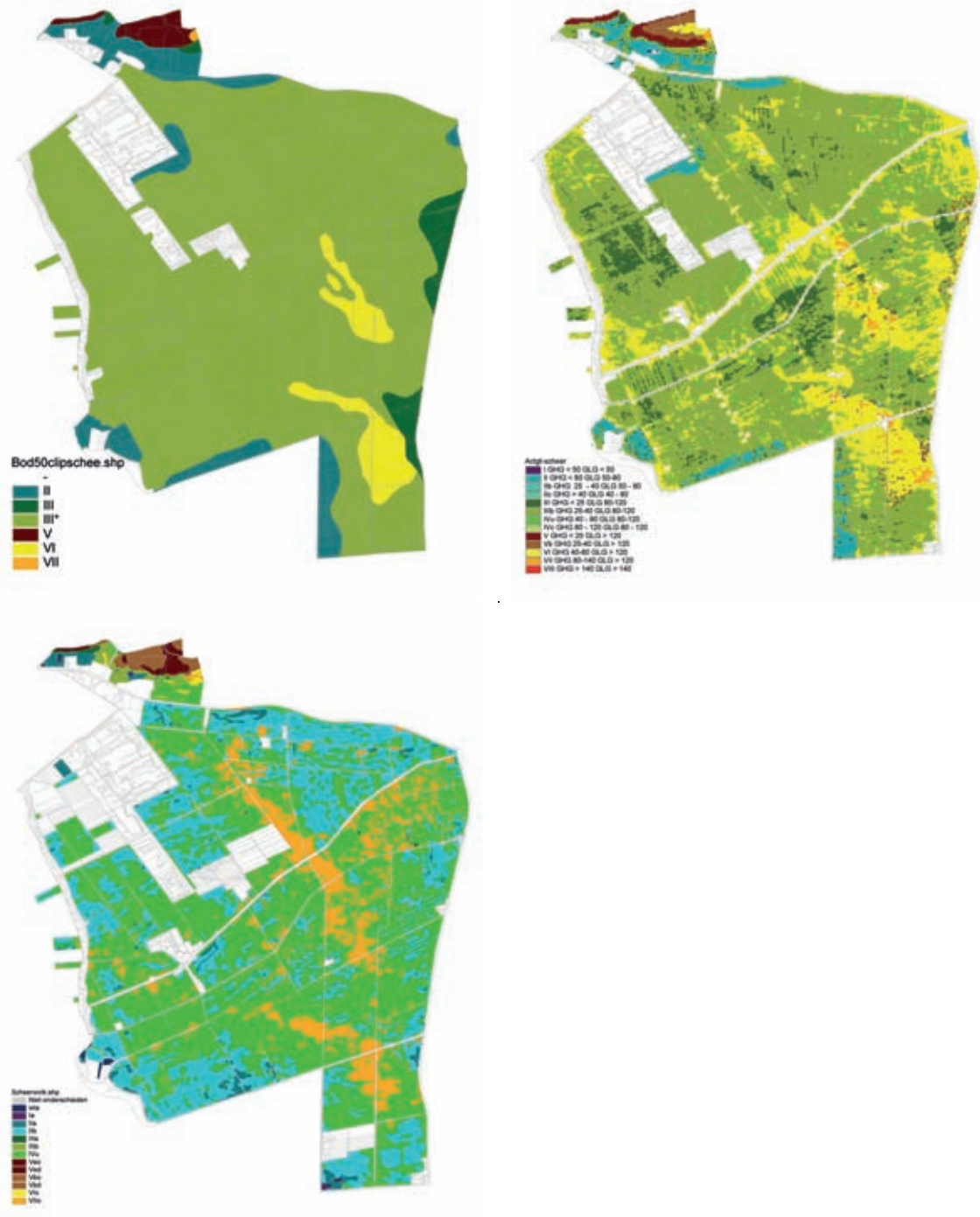
Figuur 8.1 | Intensief afwateringsstelsel in het gebied Scheerwolde



Het intensieve drainagestelsel heeft naast de aanwezigheid van permanente kwel aanzienlijke invloed op de GHG, de GLG en de fluctuatie van het grondwater. In de kartering is het effect van de kwel, drainage, het afwateringsstelsel en de bodemopbouw op de waterhuishouding tijdens het schatten van de Gt in het veld meegenomen. Het is van belang dat dit effect ook tot uiting komt indien andere karteringstechnieken worden gebruikt.



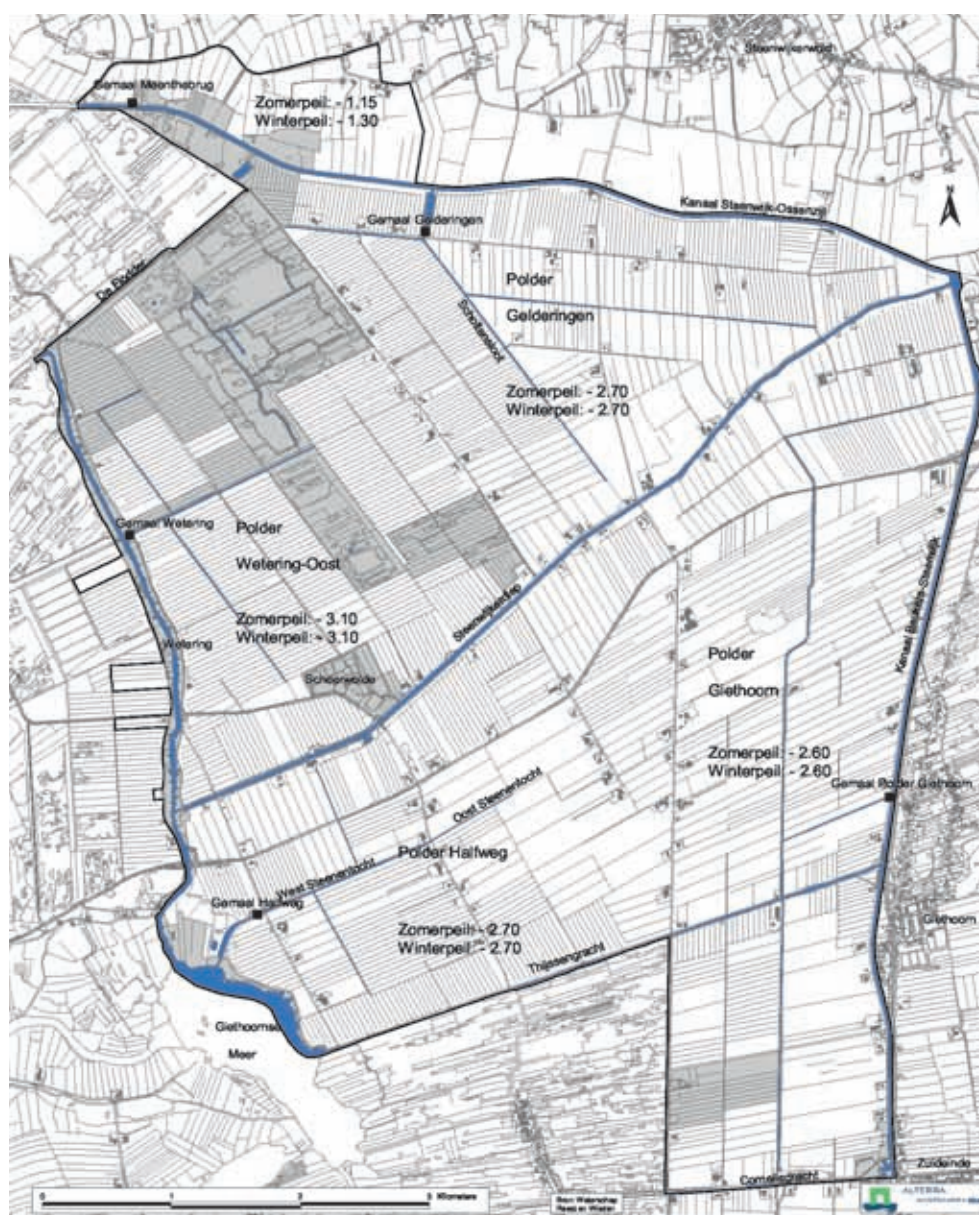
Figuur 8.2 gT -kAAr Ten vAn heT gebied Scheer WOlde gT-kAArT 1:50.000 link S bOven, kk-gT rech TS bOven, de TAilk Ar Tering link S Onder



In het gebied zijn tijdens de kartering met behulp van een edelmanboor ruim 4300 boringen verricht tot een diepte van maximaal 180 cm-mv. Van al deze boorlocaties is het bodemprofiel beschreven en zijn er grondwaterstanden in alle boorgaten gemeten. De gemiddelde boordichtheid bedroeg ca. 1 boring per 0,8 ha. Om de kaartvlakgrenzen goed vast te kunnen stellen zijn naast de beschreven boringen een groot aantal tussenboringen uitgevoerd (ca. 4 maal de hoeveelheid beschreven boringen). Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in een gebiedsdekende bodem- en grondwatertrappenkaart met een schaal van 1 : 10.000.

De afzettingen uit het Pleistoceen die aan of nabij het oppervlak voorkomen bestaan voor een deel uit dekzand en fluvioperiglaciaal zand. Deze afzettingen worden tot de Formatie van Bortel gerekend. Verder worden ook keileem en keizand behorende tot de Formatie van Drenthe, aangetroffen. De stuifzandgronden behorende tot het Laagpakket van Kootwijk en de veengronden behorende tot de Formatie van Nieuwkoop dateren uit het Holoceen. Door de ontginning van de afgeveende gronden ontstond geleidelijk een cultuurlandschap. Ingren door de mens zoals ontwatering, bemesting, het winnen van veen en zand, bezanden, diepploegen, diepspitten, egaliseren, het aanleggen van wegen en waterlopen en bodemgebruik hebben de bodem en het landschap in de loop der jaren (eeuwen) doen veranderen. Het landinrichtingsgebied Scheerwolde bestaat thans, voor wat het gebied ten zuiden van het Kanaal Steenwijk-Ossenzijl betreft, nagenoeg geheel uit veenontginningsgronden. Naast veenwinning, diepe grondbewerking en ontwatering is ook een deel van het veen verdwenen als gevolg van oxidatie.

Figuur 8.3 d e d0meinpolder S meT polderpeilen en de bel Angrijk STe WATerL Open (STOFFelSen 2008)





De polders in het gebied Scheerwolde (zogenaamde domeinpolders) hebben relatief diep liggende peilen waardoor ook onder de huidige omstandigheden een continue kwelstroom vanaf het Drentsch Plateau en vanuit de boezem (zogenaamde Boezem van Vollenhove) richting deze polders plaatsvindt (polder- en boezempeilen etc. figuur 8.3). Waterhuishoudkundig is de Boezem van Vollenhove van belang voor het hele gebied. De boezem ontvangt water door afvoer van de Steenwijker Aa (ten noorden van Steenwijk), bemaling vanuit de nabij gelegen polders, schut- en lekverliezen bij sluizen en de afvoer van de rioolzuivering bij Steenwijk. Afvoer vanuit de boezem vinden plaats via het gemaal Stroink. Vanuit de boezem kan in droge perioden wateraanvoer plaatsvinden naar nabijgelegen polders. Daarnaast verliest de boezem water door verdamping en wegzijging. Het peil van de boezem, waar De Wieden en De Weerribben deel van uitmaken, wordt gehandhaafd tussen NAP -0,80 en NAP -0,70. Het Waterschap Reest en Wieden beheert in dit gebied de waterkwantiteit en waterkwaliteit.

Het huidige stelsel van waterlopen voldoet niet overal aan de landbouwkundige wensen met betrekking tot de detailontwatering (Stoffelsen, 2008). Dit wordt veroorzaakt door de hoogte- en detailontwatering, perceelsbreedte maar ook door de profielopbouw die op korte afstand aanzienlijk kan variëren (figuur 8.4). Daarom is het, mede door de holle ligging van percelen, niet eenvoudig om in dit gebied een optimaal waterpeil te realiseren.

Figuur 8.4

Slech Te en WiSSelv Allige gr Oei vAn mAiS (Augu STuS 2007) AlS gev Olg v An een STAgnerende meerb Odeml AAg h 00g (ca. 40 à 50 cm – mv.) in he T bOdempr OFiel



In het gebied zijn de laatste decennia door het dempen van sloten een groot aantal percelen samengevoegd. Door het aanleggen van (extra) buisdrainage is getracht de afname in de ontwateringsintensiteit te compenseren. Dit blijkt in de praktijk op een aantal locaties niet het gewenste effect te hebben. Dit is het gevolg van de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen zoals een meerbodemplaat en/of lössleemlaagjes hoog in het bodemprofiel. Hierdoor blijven deze percelen, ondanks de intensieve ontwatering, meestal te nat voor een optimale bedrijfsvoering.

Verder komen in dit gebied naast gronden met wateroverlast ook gronden voor die tijdens het groeiseizoen periodiek droogtegevoelig zijn. Met name tijdens perioden met neerslagtekorten treden op deze gronden als gevolg van vochttekorten vrij snel gewasopbrengstdepressies op. Dit geldt voor de meeste gewassen die worden verbouwd op de leemarme podzolgronden met Gt VIIo die voorkomen op de dekzandruggen in het midden en zuiden van het onderzoeksgebied.

Bodemkundig bestaat dit gebied vooral uit madeveengronden. Dit zijn veengronden zonder een mineraal dek. In de omgeving van de voormalige Steenwijker Aa (noorden en noordoostelijk deel van het gebied) zijn deze bovengronden zelfs ijzerrijk. De meest voorkomende veensoorten die in het gebied zijn aangetroffen zijn veenmosveen, zeggeveen, rietzeggeveen, mesotroof broekveen en baggerachtig veen. In het gebied komen naast veengronden ook, moerige gronden, zandgronden en keileemgronden voor.

Veel moerige gronden hebben als gevolg van diepe grondbewerking en/of bezanding een zanddek gekregen. Het grootste oppervlak van de moerige gronden wordt ingenomen door de broekeerdgronden met een zanddek. Veelvuldig worden er in de ondergrond sterk tot zeer sterk lemige, zeer fijn zandige meerbodemplagen aangetroffen, die meestal stagnerend werken met betrekking tot de waterhuishouding. Tijdens het schatten van de Gt is hiermee rekening gehouden. Aangezien de dikte van het veenpakket door oxidatie en inklinking geleidelijk aan afneemt, zal het areaal moerige podzolgronden en broekeerdgronden ten koste van de veengronden in de toekomst groter worden. Dit verschijnsel is thans goed waarneembaar indien de huidige bodemkaart vergeleken wordt met de Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50.000, uit de tachtiger jaren.

Binnen de zandgronden zijn de veldpodzolgronden het meest vertegenwoordigd. Ze worden gekenmerkt door een dunne humushoudende bovengrond en een duidelijke humuspodzol-B-horizont (inspoelingslaag) die meestal direct onder de bouwvoor is gelegen. Bij veel veldpodzolgronden ten noorden van het Kanaal Steenwijk-Ossenzijl komt keileem in de ondergrond voor. Ten zuiden van dit kanaal wordt binnen de boordiepte van 150 cm-mv. geen keileem aangetroffen. Wel worden er plaatselijk in de ondergrond storende 'waterhardlagen' aangetroffen. Een 'waterhardlaag' kan ontstaan indien regenwater humus uit een hoogveenpakket uitspoelt en dit vervolgens als één of meerdere lagen in de dekzandondergrond worden afgezet (Dekker et al 1991; Vroon et al., 1988). Deze humusrijke waterhardlagen zijn in het algemeen hard, hebben een hoge dichtheid, zijn verkit en hebben, net als keileem, veelal een stagnerende werking voor de neerwaarts stroming van regenwater. De gooreerdgronden, die ook veelvuldig in het gebied voorkomen, zijn min of meer vergelijkbaar met de veldpodzolgronden. Bij de gooreerdgronden ontbreekt de humuspodzol-B-horizont of is deze zeer zwak ontwikkeld. In de lagere terreindelen worden in de ondergrond veelvuldig weerstandbiedende lösslemlagen aangetroffen die meestal storend werken op de waterbeweging.

De oude kleigronden in dit gebied bestaan alleen uit keileemgronden. Deze gronden worden aangetroffen op de hogere plateaus in het noordelijk deel van het onderzoeksgebied. Meestal is boven de keileem een laagje sterk lemig dekzand of keizand aanwezig. Op sommige plaatsen heeft zich hierin een min of meer duidelijke podzol-B ontwikkeld, die plaatselijk 'kazig' cq. smerend is en zich soms tot in de keileem voortzet. Typerend voor keileemgronden is het geringe waterbergend vermogen. Hierdoor zal er na een neerslagrijke periode vooral in kleine depressies vrij snel plasvorming plaatsvinden.



De fluctuatie van het grondwater varieert van ca. 35 cm in het veenontginningsgebied tot meer dan 300 cm op het stuwwalgedeelte in het noorden van het gebied. De natte gronden met grondwatertrap (Gt) Ia, IIa IIIa, Vao, en Vad zijn het minst goed ontwaterd en hebben vooral in de winterperioden te kampen met relatief hoge grondwaterstanden. Het zijn vooral de veengronden in de omgeving van natuurgebieden waar hoge slootpeilen en kwel een belangrijke invloed uitoefenen. Ook op plaatsen waar keileem stagnerend werkt op de verticale waterbeweging van het neerslagoverschot komen periodiek natte omstandigheden voor.

De gronden die gekarakteriseerd zijn met Gt IIb, Gt IIIb, Gt Vbo en Gt Vbd kunnen getypeerd worden als gronden met een redelijke ontwatering. In het poldergebied van het landinrichtingsgebied Scheerwolde worden, vanwege de geringe grondwaterstandsfluctuaties, voornamelijk Gt IIb, IVu, en Gt VIIo aangetroffen. De gronden (meestal broekeerdgronden, zWz) die zijn gekarakteriseerd met Gt IIIb hebben een weerstandsbiedende laag in het bodemprofiel die invloed heeft op de waterhuishouding. Dit geldt ook voor een deel van de bodemtypen met Gt IIb en Gt IVu. Hierdoor is in deze gronden de fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG) groter dan de fluctuatie in de 'open' profielen. Uit landbouwkundig oogpunt zijn de gronden met Gt-klasse IVu qua vochtvoorziening en ontwatering optimaal. Indien er een weerstandsbiedende laag in het bodemprofiel voorkomt kan deze tijdelijk wateroverlastproblemen geven in periodiek natte omstandigheden. Gronden met grondwatertrap Vbd wordt voornamelijk aangetroffen in het uiterste noorden van het gebied. Ze komen voor op plaatsen waar de keileemondergrond tussen de 40 en 80 cm-mv. begint.

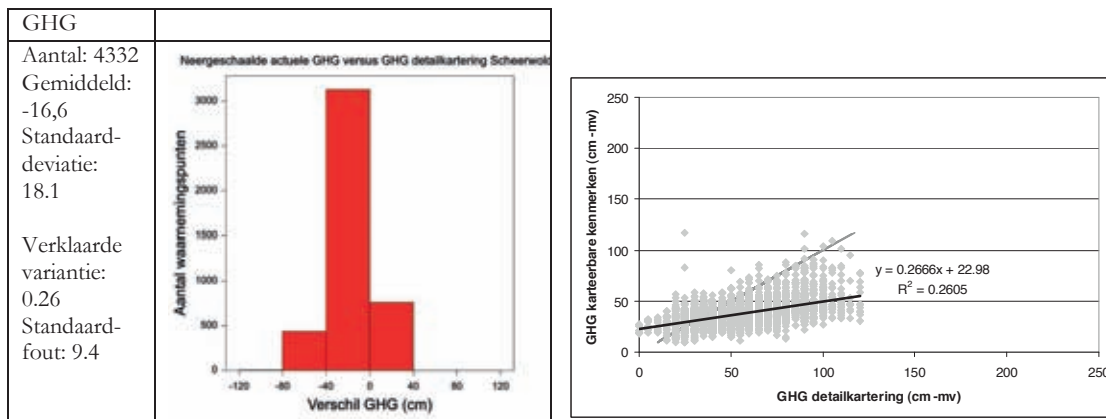
Goed tot zeer goed ontwaterde gronden zijn getypeerd met Gt VI en Gt VIIo. Afhankelijk van de bovengronddikte, de profielopbouw en de GLG kunnen de gronden met Gt-klasse VIo en droger in meer of mindere mate droogtegevoelig zijn. Vooral de gewassen op meestal leemarme bovengronden met grondwatertrap VIIo hebben in een gemiddeld jaar of droger te kampen met aanzienlijke opbrengstdepressies door vochttekorten.

Ten aanzien van de relatie hoogteligging en bodemgesteldheid kan voor dit gebied nog worden opgemerkt, dat deze relatie maar voor een deel opgaat. Daar waar veel verwerkte gronden voorkomen, is de relatie tussen de bodemgesteldheid en de relatieve hoogteverschillen verstoord. Verder vertonen de begindiepte en dikte van meerbodem-, waterhard- en keileemlagen weinig samenhang met de hoogtekaart. Hierdoor kunnen relatief hoog gelegen gronden als gevolg van storende lagen in het bodemprofiel relatief nat zijn. Dit komt met name in het oostelijk deel van het gebied voor. Daarnaast zijn ook de relatief hoog gelegen keileemgronden in het noorden van het gebied relatief gezien nat en vertonen nauwelijks of geen samenhang met de hoogteligging op regionale schaal. Hierdoor is het van belang bij de bepaling van de grondwaterstandsituatie de bodemkundige situatie mee te nemen.

## 8.2 verifiCATie vAn de ghg

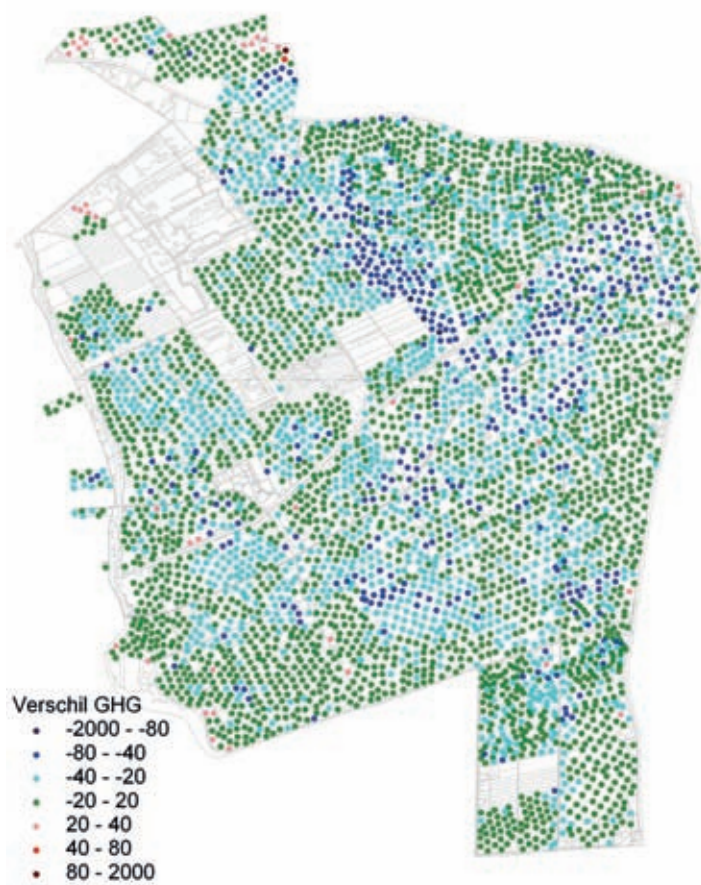
Uit de vergelijking tussen beide typen Gt-karteringen blijkt, dat de KK-GHG gemiddeld 16,6 cm natter is dan de GHG in de detailkarteringen (figuur 8.5). Indien gekeken wordt naar de regressierelatie tussen de KK-GHG's en de GHG's uit de detailkarteringspunten blijkt dat 26 % van de variantie wordt verklaard. Daarnaast geeft de KK-kaart de GHG's vanaf ca. 30 cm-mv systematisch te droog weer (figuur 8.5) ten opzichte van de detailkarteringspunten. De richtingscoëfficiënt is voor de KK-GHG laag (0,26). Dit betekent dat er voor het voorspellen van de GHG een afvlakking plaats vindt.

Figuur 8.5 v eri FicATiere Sul ATen vAn de kk-ghg AAn de h And v An de gT- in F0rmATie ui T de deTAilk Ar Tering Scheer WOLde



Indien gekeken wordt naar de ruimtelijke verdeling van de verschillen (figuur 8.6) dan komt tot uiting dat de verschillen overal in het gebied voorkomen. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door het schaalverschil tussen de bodem- en Gt-kaart 1:50.000 en de detailkartering (schaal 1 : 10.000)(figuur 8.2). Op de Gt-kaart uit de detailkartering Scheerwolde zijn namelijk een groot aantal kleinere drogere en nattere gebiedjes onderscheiden die niet op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 voorkomen.

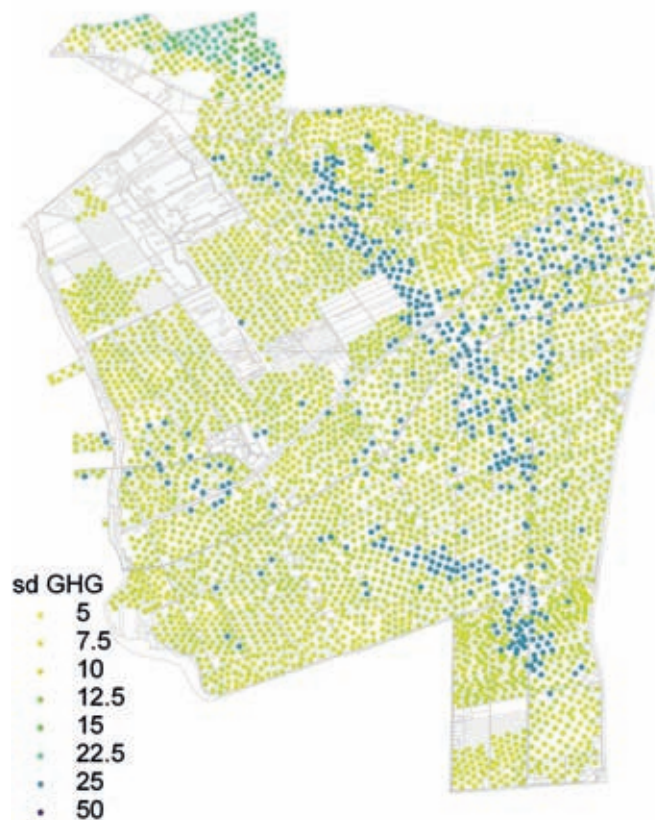
Figuur 8.6 v er Schil in ghg TuSSen de kk-ghg en de ghg Op bASIS vAn deTAilk Ar Teringen



De verschillen zijn in het centrum van het gebied en aan de westkant van het gebied het grootst. Het aan de westkant relatief laag gelegen gebied bestaat uit redelijk tot goed doorlatende moerige- en veengronden met een intensief ont- en afwateringsstelsel. Dit is naast de afvlakking een mogelijke verklaring voor de nattere GHG's in de detailkartering. Voorts kan nog worden opgemerkt, dat de GHG's op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 voornamelijk bestaan uit Gt IIIb en VIo terwijl de GHG's in de detailkartering voornamelijk betrekking hebben op Gt IIb, IVu en VIIo (figuur 8.2). Dit betekent dat de GHG in de detailkartering over het algemeen droger is dan de 1 : 50.000 kaart. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de gehanteerde verschuiving voor de GHG die is gebruikt bij de neerschaling voor vrijwel het gehele gebied te klein is geweest, waardoor de actuele KK-GHG uiteindelijk te nat uitkomt. Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van twee markante dekzandruggen die in het midden en in het zuiden van het poldergebied voorkomen. Op basis van de informatie uit de detailkartering komen in deze dekzandruggen vooral leemarme podzolgronden met Gt VIIo voor. Op de 1 : 50 000 bodem- en Gt-kaart komen in deze dekzandruggen vooral podzolgronden met Gt VI voor. De gehanteerde verschuiving van de oude GHG blijkt te gering om de KK-GHG uit te laten komen op een Gt VIIo.

In het oostelijk deel van het gebied waar meer 'open' zandgronden voorkomen zijn de verschillen tussen beide typen karteringen minder groot. De verschillen zijn ook minder groot in het noordoostelijk deel van het poldergebied waar voornamelijk moerige gronden en zandgronden voorkomen. Vrijwel al deze gronden zijn gedraineerd en hebben een redelijk intensief afwateringsstelsel. Verder zijn de verschillen ook minder groot in het noordelijk deel van het gebied waar de keileem binnen boorbereik is aangetroffen (stuwwal). Deze gronden zijn meestal niet gedraineerd en er is nauwelijks een afwateringsstelsel aanwezig.

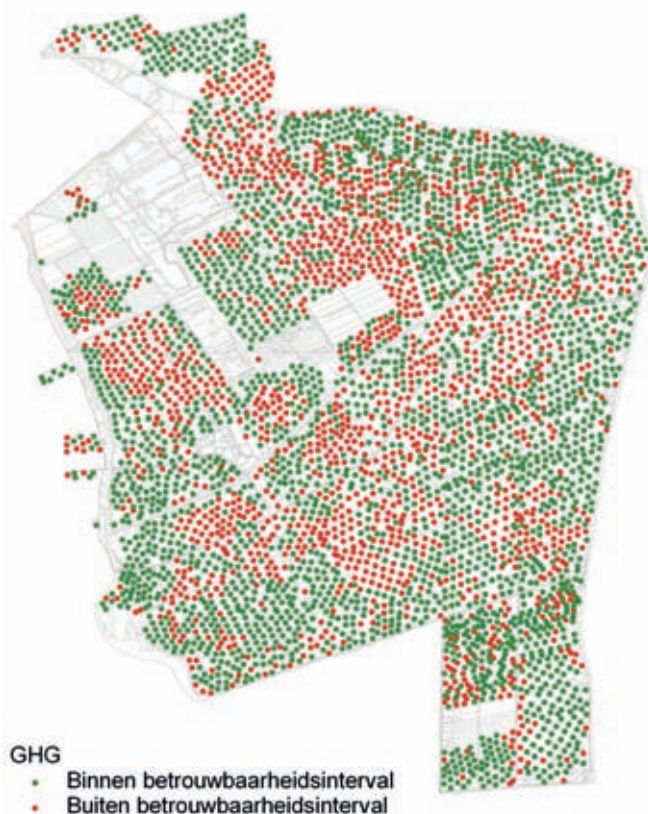
Figuur 8.7 v0 Or Spel FOuTen v An de ghg per b 00rpun T uiT de deTAilk Ar Tering Scheer WOLde



Om een inschatting te kunnen geven van de nauwkeurigheid van deze schattingen is ook voor dit gebied gebruik gemaakt van een landelijke tabel, waarin per groep van bodemeenheden en Gt-klassen een betrouwbaarheid (95 %) voor zowel de GHG als voor de GLG is geschat (zie tabel 4.1). De voorspelfouten van de geschatte GHG's uit de detailkartering Scheerwolde zijn het grootst in de relatief hoog gelegen dekzandruggen en in het poldergebied waar vooral leemarme en zwak lemige podzolgronden voorkomen (figuur 8.7). De GHG's zijn in deze gronden vanwege vage profielkenmerken minder nauwkeurig te schatten dan de GHG's die zijn geschat in de nattere gronden. Voorbeelden van de nattere gronden zijn de madeveengronden met Gt IIb rondom de natuurgebieden in het westelijk deel van het gebied en de koopveengronden met Gt IIa en IIb in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied.

De kwaliteit van de gemiddelde waarde van de KK-GHG is per locatie geverifieerd aan de hand van het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de geschatte GHG's uit de detailkartering. Hiervoor is per locatie aangegeven of het betrouwbaarheidsinterval al dan niet is overschreden (figuur 8.8). Uit deze figuur blijkt dat de KK-GHG in ca. in 37 % van de locaties wordt overschreden. Vooral in het relatief laag gelegen gebied in het westelijk deel van het onderzoeksgebied liggen veel locaties waar de KK-GHG's buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval vallen. Dit wordt vooral veroorzaakt door de relatief kleine voorspelfouten in dit gebied (figuur 8.7) al dan niet in combinatie met het schaalverschil tussen beide typen karteringen en de gehanteerde verschuiving. Dit geldt ook voor de gronden in het centrum van het onderzoeksgebied. Ook in de dekzandruggen ligt het merendeel van de locaties buiten het betrouwbaarheidsinterval van de GHG's uit de detailkartering ondanks de grote voorspelfouten van de GHG's uit de detailkartering. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt, doordat de verschuiving van de 'oude' GHG's op basis van de GHG informatie uit tabel 4.1 te gering is geweest, waardoor uiteindelijk de KK-GHG te nat is geschat.

Figuur 8.8 10 cATies vAn de kk-ghg 'S die liggen binnen (0) en bui Ten (1) heT 95 % beTr OuWbAArheid SinTerv Al v An de ghg 'S uiT de deTAiIk Ar Tering Scheer WOLde.



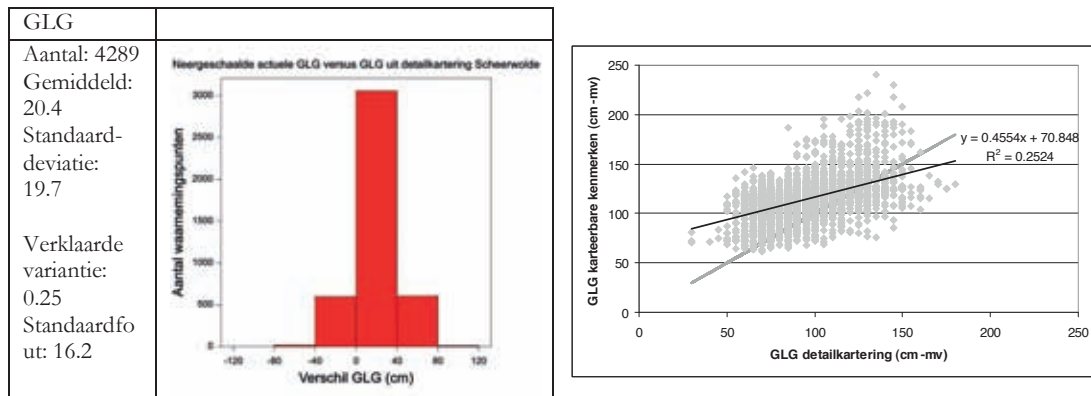


De relatief lager gelegen moerige gronden (Gt IIB), in het oostelijk en noordelijk deel van het gebied, liggen merendeels wel binnen het 95 % betrouwbaarheidsinterval. Dit komt door de relatief geringe verschuiving van de 'oude' GHG op basis van de GHG informatie uit tabel 3.3, waardoor de KK-GHG redelijk overeenkomt met de GHG uit de detailkartering. Dit geldt ook voor het zuidelijk deel van het gebied waar voornamelijk zwak lemige en leemarme veldpodzolgronden met Gt IIB voorkomen.

### 8.3 verificatie GLG

De GLG's uit de KK Gt-kaart blijken na vergelijking met de GLG's uit de detailkartering Scheerwolde gemiddeld 20,4 cm droger te zijn (figuur 8.9). Indien gekeken wordt naar de regressierelatie tussen de KK-GLG's en de GLG's uit de detailkarteringspunten dan blijkt, dat 25 % van de variantie wordt verklaard. Daarnaast geeft de KK Gt-kaart de GLG's systematisch te droog weer ten opzichte van de detailkarteringspunten. Vanaf een GLG van ca. 130 cm-mv. geldt het omgekeerde. Dit betekent voor het poldergebied Scheerwolde dat het merendeel van de karteerbare kenmerken GLG's te droog zijn geschat. Als gevolg van een lage richtingscoëfficiënt (0,46) vindt er een afvlakking van de GLG plaats.

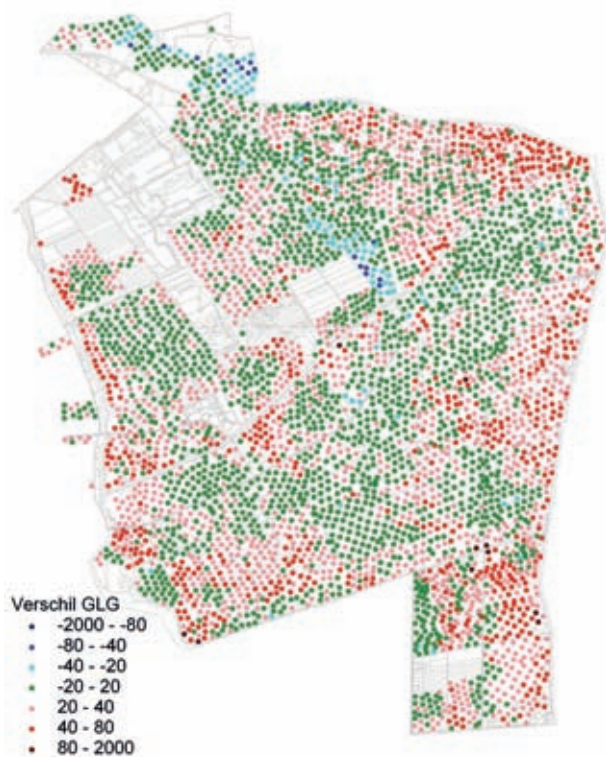
Figuur 8.9 verificatie van de KK-GLG op basis van de GLG-informatie uit de detailkartering Scheerwolde



Indien gekeken wordt naar de ruimtelijke verdeling van de verschillen (figuur 8.10) dan komt tot uiting dat de verschillen overal in het gebied voorkomen. In het algemeen zijn de KK-GLG's ten opzichte van de GLG's uit de detailkartering te droog geschat. Dit wordt ondermeer veroorzaakt, doordat de GLG's in een aantal bodem- en Gt vlakken (vooral Gt IIIb) op bodemkaart schaal 1 : 50.000 (figuur 8.2) ten opzichte van een groot aantal bodem- en Gt vlakken uit de detailkartering (voornamelijk Gt IIB) droger is. Daarnaast vindt er met behulp van de neerschalingstechniek ook nog eens een verschuiving van de 'oude' GLG plaats, waardoor uiteindelijk de KK-GLG te droog is geschat. Dit is goed te zien in het noordoosten van het onderzoeksgebied. In de detailkartering komen hier vooral gronden met Gt IIB voor terwijl dat op de Bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50 000 hier voornamelijk gronden met Gt IIIb voorkomen. Het is opmerkelijk dat de oudere informatie uit de Bodem- en Gt-kaart schaal 1 : 50 000 de GLG droger weergeeft dan de recentere informatie op basis van detailkarteringen. Een deel van de verklaring zou gezocht kunnen worden in het feit dat er, nadat de bodemkaart schaal 1 : 50.000 voor dit gebied is vervaardigd, nog aanzienlijk wat veen door oxidatie is verdwenen, waardoor delen van het onderzoeksgebied zelfs natter kunnen zijn geworden. Verder worden de verschillen ook veroorzaakt door het verschil in kaartschaal tussen beide typen karteringen. De verschillen zijn daarentegen minder groot in de bodem- en Gt-vlakken (vooral het

midden en zuiden van het onderzoeksgebied) waar in de detailkartering een Gt IVu en VIlo is onderscheiden. De verschillen zijn ook minder groot in de keileemgronden die liggen in de stuwwal in het uiterste noordwesten van het onderzoeksgebied.

Figuur 8.10 v er Schil in glg TuSSen de kk-glg en de glg Op bASiS vAn de TAiIk Ar Teringen



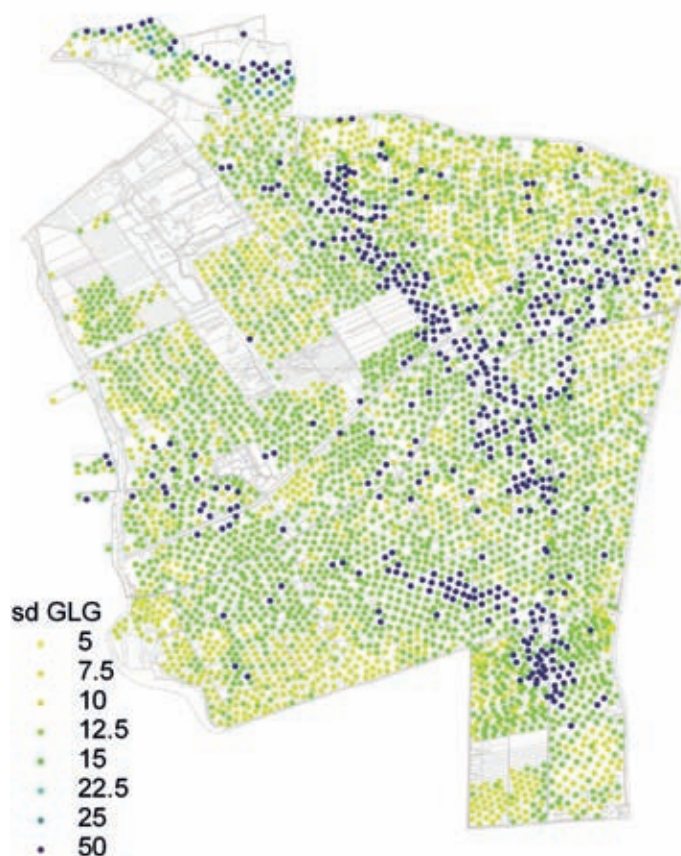
De voorspelfouten van de geschatte GLG's uit de detailkartering Scheerwolde zijn het grootst (ca. 40 cm) in de relatief hoog gelegen dekzandruggen in het poldergebied waar vooral leemarme en zwak lemige podzolgronden voorkomen (figuur 8.11). De voorspelfouten van de GLG's die zijn geschat in de nattere gronden, zoals in de madeveengronden met Gt IIB rondom de natuurgebieden in het westelijk deel en het noordelijk deel van het gebied of in de koopveengronden met Gt IIA en IIB in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied zijn relatief klein (ca. 7,5 cm). Aan de hand van profielkenmerken is de GLG in deze gronden vrij nauwkeurig te schatten.

De kwaliteit van de gemiddelde waarde van de KK-GLG is per locatie geverifieerd aan de hand van het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de geschatte GLG's uit de detailkartering, door per locatie aan te geven of het betrouwbaarheidsinterval al dan niet is overschreden (figuur 8.12). Uit deze figuur blijkt dat de KK-GLG in ca. 44 % van alle onderscheiden locaties wordt overschreden. Vooral in de nattere gebieden, zoals langs de randen van het onderzoeksgebied, liggen veel locaties waar de KK-GLG buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval ligt. Dit wordt grotendeels, in 62 % van de gevallen, veroorzaakt doordat de GLG's in de bodemkaart schaal 1 : 50.000 (figuur 8.2) ten opzichte van de GLG's uit de detailkartering in een aantal kaartvlakken (Gt IIIb versus Gt IIB) droger is geschat. Indien deze drogere schattingen in de bodemkaart schaal 1 : 50.000 buiten beschouwing worden gelaten valt 17 % van de puntlocaties buiten het betrouwbaarheidsinterval. Daarnaast komen in deze gebieden ook relatief kleine voorspelfouten voor, waardoor uiteindelijk een deel van de karteerbare kenmerken GLG's buiten

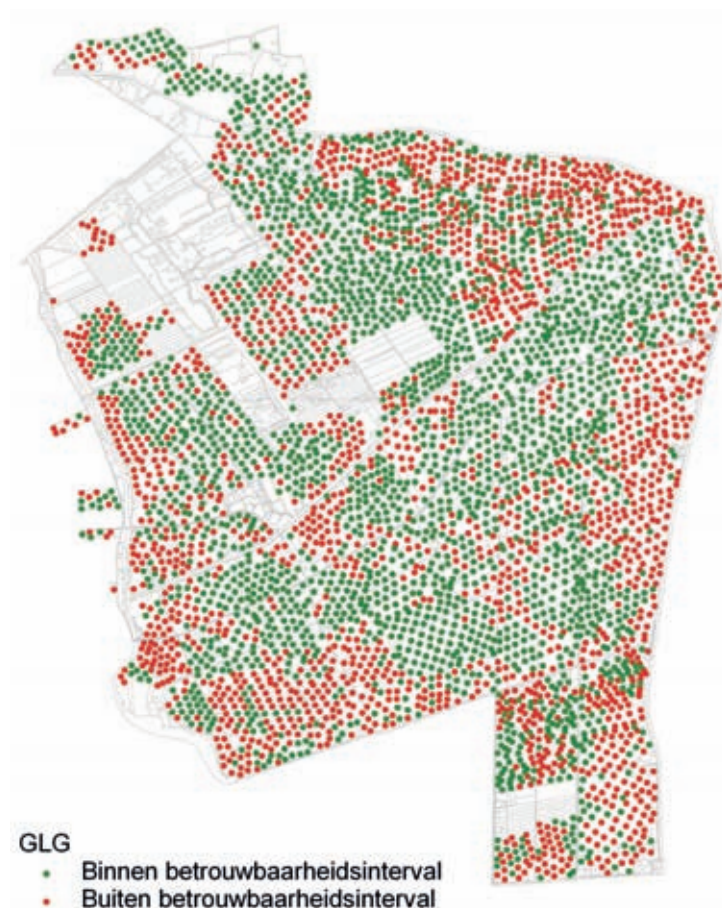
het 95 % betrouwbaarheidsinterval ligt. Een andere oorzaak waardoor de KK-GLG in dit gebied buiten het betrouwbaarheidsinterval ligt is te wijten aan het schaalverschil tussen beide typen karteringen.

De relatief hoog gelegen podzolgronden in de dekzandruggen in het midden en zuiden van het gebied liggen merendeels wel binnen het 95 % betrouwbaarheidsinterval. Dit komt door de relatief grote voorspelfouten (tot ca. 40 cm) van de GLG's in deze 'vage'gronden. Ook in de relatief gezien wat drogere gronden (gooreerd- en broekeerdgronden) met Gt IVu (detailkartering) liggen grotendeels binnen het 95 % betrouwbaarheidsinterval.

Figuur 8.11 v0 Or Spel F0uTen vAn de glg per b 00rpun T uiT de deTAilk Ar Tering Scheer WOlde



Figuur 8.12 10 cATieS vAn de kk-glg 'S die liggen binnen en bui Ten heT 95 % beTr OuWbAArheid Sin Terv AL v An de glg 'S uiT de deTAlk Ar Tering Scheer WOLde

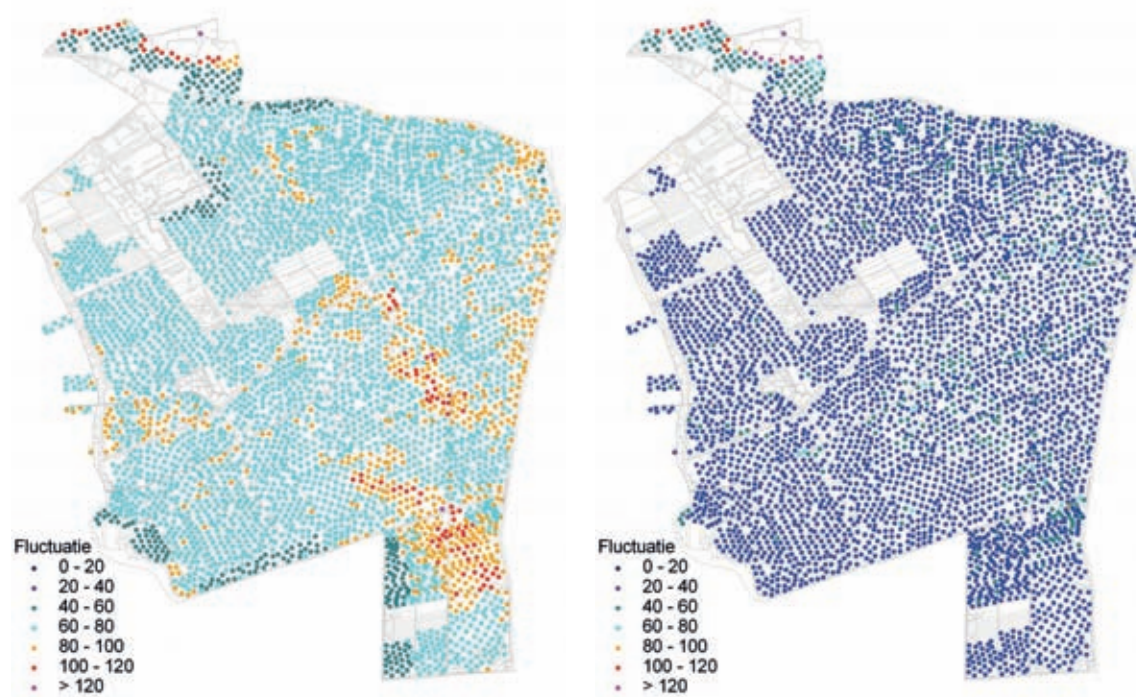


#### 8.4 Fluc TuATie

In het algemeen geldt voor het onderhavige gebied dat de KK-GHG te nat is geschat terwijl de KK-GLG daarentegen voor een groot deel van het gebied juist te droog is geschat. Dit betekent ook dat de fluctuatie van het grondwater in een groot deel van het gebied te groot is ten opzichte van de fluctuatie uit de detailkartering Scheerwolde (figuur 8.13). In deze figuur is te zien, dat de fluctuatie van het grondwater die met behulp van de KK-methode is berekend, ca. 40 groter is dan de fluctuatie in het poldergebied uit de detailkartering. De fluctuatie zal in dit gebied niet groot zijn, omdat dit gebied wordt gekarakteriseerd door een gebied met relatief veel permanente kwel en een intensief ont- en een afwateringsstelsel in combinatie met veelal redelijk doorlatende diepere ondergronden, waardoor de fluctuatie van het grondwater aanzienlijk wordt gedempt. In de gebieden met storende lagen hoog in het bodemprofiel is de fluctuatie van het grondwater in de meeste situaties wat groter. In figuur 8.13 zijn dit vooral de locaties met een fluctuatiegrootte tussen de 40 en 80 cm.



Figuur 8.13 Fluctuatie van het grondwater (glg -ghg) in het gebied Scheerwolde op basis van kaartbare kenmerken (links) en de taalkartering (rechts)



# 9

## DISCUSSIE

### **gr Ond WATerregime**

In droge gebieden (Gt VIII, deels VII) kan het grondwaterstandsverloop naast een jaarcyclus ook een cyclus hebben die meerdere jaren kan bestrijken. Het gaat hierbij voornamelijk om permanente wegzijgingsgebieden waar doorgaans een grotere fluctuatie voorkomt. Een voorbeeld hiervan zijn grootschalige bosgebieden met nauwelijks of geen aan of afvoer van water door sloten. Het systeem regeert bij zeer droge gronden traag en zakt diep uit waardoor een cyclus van een jaar meestal onvoldoende is voor het tot stand komen van een volledige regimecurve. In deze situatie kan moeilijk worden gesproken van een grondwaterregime voor een gemiddeld hydrologisch jaar. Hierdoor voldoen een deel van de droge Gt's eigenlijk niet aan de definitie van de Gt. Er kan echter wel met behulp van de HG3 en LG3 methode een Gt worden toegekend. Indien gekeken wordt naar bijvoorbeeld de overschrijdingsduur van de GHG mag worden verwacht dat deze in de orde van 20 tot 40 dagen per jaar wordt overschreden. Voor de droge Gt's kan de overschrijdingsduur als gevolg van de meerjarige fluctuatie echter aanzienlijk afwijken van de 20 tot 40 dagen per jaar. Ook dit aspect geeft aan dat de droge Gt's eigenlijk niet voldoen aan de definitie van de GHG en GLG, zijnde respectievelijk de top en de onderkant van de grondwaterregimecurve voor een gemiddeld hydrologisch jaar.

### **veri FicATie**

Voor de verificatie is gebruik gemaakt van een aantal recent gekarteerde detailkarteringen. Het betreft detailkarteringen met een relatief hoge boorpunt dichtheid van ca. 1 boring per hectare. De gebruikte kaartschaal is 1:10:000. Hierdoor is er met betrekking tot de mate van detail een schaalverschil tussen de Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken (schaal 1 : 50 000) en de detailkarteringen. Dit heeft tot gevolg dat het een relatief 'zware' vergelijking is. Uit de vergelijkingen die zijn uitgevoerd tussen de detailkarteringen en de KK Gt-kaart komt naar voren dat het gemiddelde verschil voor de GHG in het voor dit onderzoek onderzochte zandgebied in de KK-kaart ca. 10 cm droger is dan de detailkarteringen (tabel 9.1). Voor het kleigebied komt de gemiddelde KK-GHG ongeveer overeen met detailkartering en in het veengebied is de gemiddelde KK-GHG natter dan de detailkartering aangeeft. De gemiddelde KK-GLG is in de verificatiegebieden droger dan de GLG uit de detailkarteringen. De willekeurige of toevallige fout is al snel in de orde van 20 tot 35 cm. In alle verificatiegebieden wordt zowel de GHG als de GLG in meer of mindere mate ten opzichte van de detailkarteringen afgevlakt. Hierdoor zijn de natte GHG's en GLG's in de KK-kaart over het algemeen droger en de droge GHG's en GLG's over het algemeen natter dan de detailkarteringen. Naast de gebruikelijke afvlakking als gevolg van interpolatie kan ook het schaalverschil tussen beide kaarten hiertoe bijdragen.

Tabel 9.1 Samenstelling van de verificatie van de resultaten van de simulatie

gebied	dataset		regressie	
	Gemiddeld verschil (cm)	Standaarddeviatie (cm)	Verklaarde variantie (-)	Standaard fout (cm)
GHG				
Regge en Dinkel (zand)	9.8	36.7	0.36	35.7
Beekvliet (zand)	11.0	30.0	-	-
Schouwen (klei)	-1.8	20.8	0.35	17.0
Scheerwolde (veen)	-16.6	18.1	0.26	9.4
GLG				
Regge en Dinkel (zand)	8.1	37.4	0.30	36.5
Beekvliet (zand)	-	-	-	-
Schouwen (klei)	18.1	26.7	0.35	25.9
Scheerwolde (veen)	20.4	19.7	0.25	16.2

Uit de verificatie is naar voren gekomen dat het generiek toepassen van een verschuivings-tabel niet altijd het gewenste resultaat heeft. Het generiek toepassen van een verschuivings-tabel voor heel Nederland heeft tot gevolg dat regionale of lokale ingrepen in de waterhuis-houding niet tot uiting kunnen komen in de kaart. Het kan hierbij gaan om peilaanpassin-gen, herinrichting van het watersysteem of de aanleg van buisdrainage. Naast waterhuis-houkundige ingrepen zullen ook grondwaterwinningen (locatie, onttrekkingshoeveelheid) in de loop der tijd veranderen. Verder dient ook te worden opgemerkt, dat de verschuivings-tabel voor het merendeel is afgeleid op basis van de informatie uit detailkarteringen die voor-komen in het pleistocene zandgebied. Dit betekent dat de informatie in de verschuivings-tabel in feite ook alleen geldig is voor het pleistocene gebied. Voor gebieden met een totaal andere aard en samenstelling van de bodem in combinatie met een totaal ander werking van het hydrologisch systeem, zoals de holocene klei- of veengebieden in Nederland, is deze tabel mogelijk minder geschikt. De grondwaterstandveranderingen die in de loop der tijd hebben plaatsgevonden kunnen voor het holocene gebied anders hebben uitgedrukt dan voor het pleistocene gebied. Daarnaast bestaat er in beide gebiedstypen een grote verscheidenheid in opnamemoment van de 1:50000 bodemkaart waardoor verschillen in de berekende veran-deringen van de grondwaterstand kunnen optreden. Uit de verificatie is ook naar voren geko-men dat het gehanteerde uitgangsmateriaal in hoge mate bepalend is voor de resultaten van de Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken. In een aantal situaties blijkt de Gt-informa-tie op de bodem- en Gt-kaart 1:50.000 in tegenstelling tot de verwachting droger te zijn dan de recentere detailkartering. Over het algemeen wordt namelijk aangegeven dat de freatische grondwaterstand in de loop der tijd is gedaald. Daarnaast is gebleken dat ieder gebied een eigen specifieke situatie heeft waardoor de GHG of de GLG in meer of mindere mate af kan wijken van de detailkarteringen. Indien het verschil een grotere omvang heeft zijn hiervoor mede dankzij de eenvoud van de methode veelal goede verklaringen te geven. Dit geeft ook de mogelijkheid om verbeteringen uit te voeren.

#### gebruik SWAarde

De karteerbare kenmerken Gt-kaart is gebiedsdekkend op een schaal 1 : 50.000 beschikbaar. De gebruikte techniek kan worden gezien als een methode om op een snelle en eenvoudige wijze de Gt-informatie te actualiseren. Bij de techniek wordt gebruik gemaakt van de bodem en Gt-kaart met een schaal 1 : 50 000, in combinatie met maaiveldhoogte informatie met een hoge resolutie (25x25 m). Door de combinatie van beide gegevensbronnen mag verwacht wor-

den dat de gebruiksschaal gedetailleerder is dan 1 : 50 000. Aan de andere kant wordt gebruik gemaakt van een grondwaterstanddaling welke per Gt-klasse landsdekkend wordt opgelegd. Hierdoor wordt naar schatting een deel van de verhoogde gedetailleerdheid weer tenietgedaan. De gebruiksschaal van de kaart blijft hierdoor naar schatting 1 : 50 000. De kaart is vooral geschikt voor toepassingen waarbij naast de absolute waarde van de kaart ook patrooninformatie van belang is, zoals bij het bepalen van afvoer of kwel/wegzijgings informatie.

### **regiOnAli Sering**

Door gebruik te maken van een frequentieverdeling voor het maaiveld en een frequentieverdeling voor de GxG binnen een Gt-vlak wordt aangenomen dat binnen ieder Gt-vlak een uniek lineair verband bestaat tussen de GxG en de maaiveldshoogte. Voor het bepalen van de actuele Gt wordt, zoals eerder aangegeven binnen de gebruikte neerschalingmethode, uitgegaan van een integrale grondwaterstands daling conform de gegenereerde tabel. Binnen dit onderzoek is gebruik gemaakt van detailkarteringsinformatie. Bij detailkarteringen (schaal 1 : 10 000) worden veldschattingen gedaan van de GxG op basis van profielkenmerken, waterhuishoudkundige situatie, nabijgelegen (tijdelijke) peilbuizen, vegetatie en bodemgebruikskenmerken. Deze schattingen worden uitgevoerd met een gemiddelde punt dichtheid van 1 boring per hectare. Recent uitgevoerde detailkarteringen maken het mogelijk om regionale Gt-tabellen op te stellen. Op deze manier kan regionale informatie worden gebruikt, waardoor de opgelegde gebiedsdekkende grondwaterstands daling past bij de regio. Deze regionale aanpak kan worden gezien als methode om het gebied tussen de detailkarteringen op te vullen. De regionale verschillen blijken binnen het zandgebied echter klein te zijn, waardoor een nadere stratificatie binnen het zandgebied in de vorm van regio's niet veel extra informatie geeft. Een regio-indeling op basis van zand, veen en klei geeft mogelijk wel betere resultaten. Uit de detailkarteringen blijkt, dat gronden met o.a. een geringe berging (bijvoorbeeld keileemgronden) in het bodemprofiel in het algemeen grotere fluctuaties hebben dan bodemprofielen met een grote berging (bijvoorbeeld grof zand). Hierdoor kan een deel van de variatie van de GHG en GLG binnen een Gt-klasse door te stratificeren op basis van bodemcode (inclusief toevoegingen) worden verklaard. Hierbij kan worden gedacht aan een opdeling op verschillende schaalniveaus. Samenvattend kan worden aangegeven dat een nadere indeling op basis van zowel een regionale indeling als bodemgroepen kan worden gemaakt. In welke mate dit invloed heeft op een verbetering van de resultaten van de GxG voorspellingen is nog niet onderzocht.

Naast het toepassen van een regionale tabel met een integrale verdroging, is het ook mogelijk om de GxG verschuiving voor individuele vlakken bij te stellen, teneinde naast verdroging ook het voorkomen van bijvoorbeeld vernatting in de kaart tot uiting te laten komen. Dit aspect is vooral van belang voor de periode na de eeuwwisseling aangezien er sinds die tijd veel meer vernattings dan verdrogingsmaatregelen zijn genomen. Deze aanpak vraagt echter extra informatie die in het veld moet worden verzameld. Indien extra veldinformatie wordt verzameld is het ook mogelijk om gebruik te maken van andere interpolatietechnieken zoals interpolatie op basis van verwantschap, waarbij de bodemgesteldheid expliciet kan worden meegenomen.

### **SchemATiSering**

De gebruikte methode is sterk afhankelijk van de gebruikte ruimtelijke schematisatie van de kaartvlakken. Binnen een kaartvlak wordt immers een verdeling gemaakt van de maaiveldshoogte, die vervolgens representatief wordt geacht voor de verdeling van de GxG binnen het desbetreffende kaartvlak. Indien de kaartvlakken te groot worden mag verwacht worden dat

de maaiveldshoogte niet meer representatief is voor de GxG verdeling. Het gebruikte lineaire verband tussen het maaiveld en de GxG geeft bij grotere vlakken meer afwijking met het werkelijke verloop. Vooral bij langgerekte ruimtelijke eenheden langs bijvoorbeeld beken is de maaiveldshoogteverdeling meestal niet meer representatief voor de GxG verdeling. Het verloop van hoog naar laag vindt in dit geval namelijk plaats in de lengterichting van de beek, terwijl het GxG verloop voornamelijk plaatsvindt loodrecht op de beek. Nader onderzoek naar goede opdeling van dergelijke ruimtelijke eenheden is aan te bevelen.

### **invl Oed vAn bui Sdr Ain Age Op de gT**

De gebruikte detailkarteringen liggen verspreid door het land. De aanwezigheid van buisdrainage is echter van invloed op de fluctuatie van het grondwater, "haalt de kop er af". Gedurende en na de opname voor de bodemkaart 1 : 50 000 zijn aanzienlijke oppervlakten cultuurgrond gedraineerd. Van de gebruikte detailkarteringsinformatie is niet bekend of het ligt in een gedraineerd of een niet gedraineerd perceel. Voor de afgeleide tabel is de boorpuntinformatie geclassificeerd naar Gt. De frequentieverdeling per Gt bestaat daardoor namelijk uit 2 verschillende sets met boorpuntinformatie, nl. boorpuntinformatie in gedraineerde en boorpuntinformatie in niet gedraineerde percelen. Dit betekent dat bij toekenning van de geactualiseerde GxG aan niet gedraineerde percelen impliciet een stukje buisdrainage-effect wordt meegenomen en voor gedraineerde percelen wordt het effect van buisdrainage slechts gedeeltelijk meegenomen. Daarnaast is niet bekend of de vlakken uit de 1 : 50 000 kaart bij de opname wel of niet (gedeeltelijk) gedraineerd waren en inmiddels wel gedraineerd zijn.

Tabel 9.2 i

inge Sch ATTe uitWerking

Opname 1 : 50 000	heden	effect tabel
Gedraineerd	Gedraineerd	Te droog
Niet gedraineerd	Gedraineerd	Te nat
	Niet gedraineerd	-

### **de beTr OuWbAARheid v An de gr Ond WATer Tr AppenkAAR T**

De gebruikswaarde van de grondwatertrappenkaart wordt in belangrijke mate bepaald door haar betrouwbaarheid. De kaartschaal, waarnemingsdichtheid en legenda dient op elkaar en op de voorkomende Gt-verschillen te zijn afgestemd. Om te bepalen in hoeverre een Gt-kaart een betrouwbaar beeld van de werkelijkheid geeft zijn de volgende drie aspecten van belang:

- 1 De betrouwbaarheid van de Gt-schatting per boring;
- 2 De betrouwbaarheid van de Gt-grenzen;
- 3 De zuiverheid van de kaartvlakken.

De betrouwbaarheid van de Gt-schatting kan alleen worden gecontroleerd aan de hand van grondwaterstandmetingen in peilbuizen die correct geplaatst zijn en die qua bodemgesteldheid te vergelijken zijn met de bodemgesteldheid ter plekke van de boorlocaties waar schattingen van de Gt zijn gedaan. De betrouwbaarheid van de Gt-grenzen wordt bepaald door de beschikbaarheid en kwaliteit van veldkenmerken, de ervaring van karteerders en het gebruik van hulpinformatie, zoals het AHN. Deze aspecten zijn moeilijk in cijfers uit te drukken. De zuiverheid van de kaartvlakken worden onafhankelijk van onnauwkeurigheden in de Gt-grenzen bepaald door afwijkende Gt-waarden binnen kaartvlakken. Het betreft te kleine insluitels die hetzij niet meer op de kaart kunnen worden weergegeven of als gevolg van de gehanteerde waarnemingsdichtheid niet meer door een ervaren karteerder worden opgemerkt. De totale oppervlakte van deze onzuiverheden is evenals op de bodemkaart sterk afhankelijk

van de bodemgesteldheid, de gebruikte hulpinformatie en de karteerder. Bij de Nederlandse bodemkartering wordt aangehouden dat dit percentage onzuiverheden niet meer dan 30% van de oppervlakte van ieder afzonderlijk kaartvlak mag bedragen (Steur, 1966). Marsman en de Gruijter (1986) geven aan dat de kaartzuiverheid vaak lager uitkomt dan de beoogde 70%. Door het gebruik van digitaal beschikbare hulpinformatie bij recente karteringen is de verwachting dat de kaartzuiverheid is toegenomen. Uit de vergelijking tussen de boorpuntinformatie uit de detailkartering en de KK-GHG en GLG komt naar voren dat ca. 70% – 60% van de KK-kaart binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval van de boorpuntinformatie ligt. Met betrekking tot het 95% betrouwbaarheidsinterval kan worden opgemerkt dat het gehanteerde 95% betrouwbaarheidsinterval voor de GHG geringer is dan voor de GLG. Ten Cate et al., (1995) geeft echter aan dat de GLG nauwkeuriger kan worden geschat dan de GHG. Ook het schatten van een betrouwbaarheidsinterval zal niet zonder onzekerheden zijn.

#### **TOevOegen in FOrmAATie Over de Onzekerheid**

Bij de KK-methode wordt de onzekerheid niet bepaald. Aan de hand van nader onderzoek is het waarschijnlijk relatief eenvoudig om naast de GxG ook informatie over de bijbehorende onzekerheid te genereren op basis van lokale variatie in het AHN en nauwkeurigheden van de GxG op puntniveau. De invloed van de onzekerheid op de uitkomsten van de methode kan vervolgens worden onderzocht. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat ook meer onderzoek gewenst is naar de wijze waarop de onzekerheid wordt bepaald en de kwantificering van de onzekerheid. Daarnaast is meer onderzoek gewenst naar het gebruik van informatie over de onzekerheid. Vooral het gebruik van ruimtelijke verschillen in onzekerheid kunnen verschillen geven in de uiteindelijke uitkomsten indien gebruik wordt gemaakt van deze informatie. Hierbij kan gedacht worden aan het gebruik van onzekerheid bij de bepaling of een grens wordt overschreden. Indien bijvoorbeeld de werkelijke GHG op twee verschillende locaties 60 cm bedraagt maar het 95% betrouwbaarheidsinterval op de ene locatie 15 cm en op de andere locatie 25 cm bedraagt, zal de vraag of met zekerheid kan worden aangegeven of een grenswaarde van 80 cm al dan niet wordt overschreden, worden beïnvloed door het betrouwbaarheidsinterval. Het is de vraag of het wenselijk is dat uitkomsten worden beïnvloed door ruimtelijke verschillen in onzekerheid. Het gebruik van onzekerheid voegt namelijk een extra variabele toe die van invloed is op resultaten waardoor verschillen kunnen ontstaan in de gelijke behandeling van ruimtelijke informatie. Nader onderzoek naar het gebruik van ruimtelijke verschillen in onzekerheid bij beleidsbeslissingen is wenselijk.

# 10

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### **conclusies**

Aangezien de bodemopbouw in hoge mate bepalend is voor de grondwaterbeweging is voor een Gt-karteringsmethode een directe koppeling met bodemkundige informatie noodzakelijk teneinde kwalitatief goede Gt-informatie te kunnen genereren. Bij bodem en Gt-karteringen komen hierdoor een deel van de Gt-grenzen overeen met bodemkundige grenzen. Doordat bij de KK-methode gebruik is gemaakt van deze bodem en Gt-grenzen is er een directe koppeling met bodemkundige informatie en geeft de KK-kaart een redelijk goed beeld van het actuele grondwaterregime. De gebruikte neerschalingstechniek kan gezien worden als een techniek om op een snelle en eenvoudige wijze de Gt-informatie te actualiseren. De gebruiksschaal van de kaart is naar schatting 1 : 50 000. De kaart is vooral geschikt voor toepassingen waarbij naast de absolute waarde van de kaart ook patrooninformatie van belang is, zoals bij het bepalen van afvoer of kwel/wegzijging. Door de eenvoudige werkwijze kan de gebruiker beoordelen of de kaart geschikt is voor een gewenste toepassing. Uit de vergelijking tussen de boorpuntinformatie uit detailkarteringen (Scheerwolde en Schouwen-West) en de KK-GHG en GLG komt naar voren dat ca. 60% - 70% van de KK-kaart binnen het geschatte 95% betrouwbaarheidsinterval van de boorpuntinformatie ligt.

De gebruikte methode blijkt in hoge mate afhankelijk te zijn van de gebruikte gegevens. Indien in het uitgangsmateriaal onvolkomenheden voorkomen werken deze door in de GxG kaarten. Hierdoor kunnen systematische afwijkingen ontstaan die over het algemeen beperkt zijn en worden beïnvloed door de schaal van het uitgangsmateriaal. De gevonden systematische afwijkingen blijken in de meeste gevallen eenvoudig te verklaren. Hierdoor is het ook mogelijk de GxG kaart te verbeteren.

In het verleden zijn meerdere formules voor de GVG afgeleid, waardoor een grote verscheidenheid in uitkomsten is ontstaan. In de loop der tijd zijn er meerdere regressieformules voor het bepalen van de GVG uit GHG en GLG informatie afgeleid. Veranderingen in de definitie van de GVG, in de berekeningsmethode van de GHG en GLG en de gebruikte buizen resultaten in relatief grote verschillen in uitkomsten. Daarnaast is als gevolg van veranderingen in de definitie van de GVG, waarbij de gehanteerde datum voor de bepaling van de GVG is vervoegd van 15 april naar 1 april en later naar 15 maart, de GVG natter geworden. In onderzoek waarbij de GVG wordt gebruikt dient men hiermee rekening te houden. In de toekomst dient de GVG te worden bepaald voor de datum 1 april.

### **Aanbevelingen**

Bij de verificatie is gebruik gemaakt van de boorpuntinformatie van de detailkarteringen. Deze puntinformatie heeft een zeer hoge dichtheid (ca. 1 boring per ha.). Nader onderzoek naar de invloed van de gebruikte dichtheid van de boorpunten kan meer inzicht geven in de waarde van het verificatieresultaat. Daarnaast kan uit zo'n onderzoek naar voren komen wat de optimale boorpuntichtheid is voor het verifiëren van GxG kaarten.



Het actuele grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken kan worden verbeterd teneinde systematische regionale en/of locale afwijkingen te verminderen. Bij Gt-actualisaties van grotere gebieden verdient het de voorkeur om uit te gaan van regionale samengestelde verschuivingstabellen, waarbij de bodemgesteldheid in overeenstemming is met het hydrologische systeem. De verbetering kan echter het beste worden uitgevoerd door de GxG verschuiving voor individuele vlakken bij te stellen. Dit kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door in ieder kaartvlak één of meerdere veldschattingen uit te voeren zodat een inschatting kan worden gemaakt van de bijstelling van de verschuiving. Aan de hand van gegevens uit beschikbare detailkarteringen kan op voorhand worden onderzocht of deze werkwijze de gewenste verbetering tot gevolg heeft. Hierbij kan de relatie worden gelegd met het optimale aantal veldschattingen.

# LITERATUUR

- Amstel, A.R. van, L.C. Braat, A.C. Garritsen, C.R. van Gool, N. Gremmen, C.L.G. Groen, H.L.M. Rolf, J. Runhaar en J. Wiertz, 1989. Verdroging van natuur en landschap in Nederland. RIZA, Lelystad.
- Braat, L., A. van Amstel, A. Gerritsen, C. van Gool, N. Gremmen, C. Groen, H. Rolf, J. Runhaar en J. Wiertz, 1989. Verdroging van natuur en landschap in Nederland. Beschrijving en analyse. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp. 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften Deel B: Grondwater. Technisch document 19B, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Colenbrander H. (1970). Waarneming en bewerking van grondwaterstand en bodemvochtgegevens. In: Colenbrander, H., H. Wassink, T. Blok en E. Schierbeek; Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied. Provincie Gelderland.
- Dalton M.G., B.E. Huntsman and K. Bradbury, 2007. Acquisition and interpretation of water-level data. In: The essential handbook of ground-water sampling. D.M. Nielsen and G.L. Nielsen. CRC Press, New York.
- Dekker, L.W., A.H. Booij, H.R.J. Vroon en G.J. Koopman, 1991. Waterhardlagen indicatoren van een voormalig veendek. Grondboor en Hamer, nr. 2, p. 25-30.
- Delft, S.P.J. van, J. Holtland, J. Runhaar, P. Mekking en P.C. Jansen, 2002. Verdrogingskartering in natuurgebieden. Proefkartering Beekvliet. Alterra-rapport 556.2, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Finke, P.A., D.J. Groot Obbink en A.F. van Holst, 1994. Methode voor de bepaling van de prioriteitsvolgorde van Gt-actualisatie. DLO-Staring Centrum, Rapport 322, Wageningen.
- Finke, P.A., D.J. Brus, T. Hoogland, J. Oude Voshaar, F. de Vries en D. Walvoort, 1999. Actuele grondwaterinformatie schaal 1 : 10 000 in de Waterschappen Wold en Wieden en Meppelerdiep; Gebruik van digitale maaiveldhoogten bij de kartering van gemiddelde hoogste, laagste en voorjaars-grondwaterstanden. DLO-Staring Centrum, Rapport 633, Wageningen.
- Finke, P.A., D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, T. Hoogland, M. Knotters en F. de Vries, 2005. Kartering van de grondwaterdynamiek met behulp van geo-informatie van hoge resolutie. *Stromingen* 11(1): 27-41.
- Freeve, J. 1958. De *landbouwwaterhuishouding in de provincie Overijssel*. Commissie onderzoek landbouwwaterhuishouding Nederland – T.N.O.
- Gaast, J.W.J. van der en H.Th.L. Massop, 2003. Karakterisering van de freatische grondwaterstand in Nederland; Bepaling van de GxG en xG3 voor 1995 op puntlocaties. Alterra-rapport 819, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Gaast, J.W.J. van der en H.Th. L. Massop, 2005a. De verdroging in beeld met historische en actuele grondwatertrappen op basis van karteerbare kenmerken; in: *H<sub>2</sub>O*, nr14/15, pag43-46.
- Gaast, J.W.J. van der en H.Th.L. Massop, 2005b. Het grondwaterregime als basis voor de grondwatertrap; in: *H<sub>2</sub>O*, nr22, pag36-38.
- Gaast, J.W.J. van der en H.Th.L. Massop, 2005c. Hoe nauwkeurig is de grondwatertrap op buislocaties te bepalen? *Stromingen* 11(4): 5-17.

- Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop en G.B.M. Heuvelink, 2005. Monitoring van verdroging; Methodische aspecten van meetnetoptimalisatie. Alterra-rapport 1102, ISNN 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop, H. R. J. Vroon & I. G. Staritsky, 2006a. Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken. Alterra-rapport 1339, ISNN 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Gaast, J.W.J. van der, H.R.J. Vroon & M. Pleijter, 2006b. De grondwaterdynamiek in het waterschap Regge en Dinkel. Alterra-rapport 1335, ISNN 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Gaast, J.W.J. van der, H. Vroon & H.Th.L. Massop, 2006c. Verdroging veelal systematisch overschat. H<sub>2</sub>O, nr 21., blz 39-43.
- Gaast, J.W.J. van der, H.R.J. Vroon en H.Th.L. Massop, 2008. Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging; in: H<sub>2</sub>O, nr 5, pag 51-56.
- Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop en H.R.J. Vroon, 2009. Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden; Een Pilotstudie. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 94.
- 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, Stichting voor bodemkartering.
- Heesen, H.C. van en P. van der Sluijs., 1974. De vochtleverantie van een grond aan het gewas. Interne mededeling / Stichting voor Bodemkartering (nr. 29).
- Kekem, A.J. van, 2003. Het ABC van het landinrichtingsgebied Schouwen-West: een integraal bodemkundig-hydrologisch en cultuurhistorisch onderzoek. Wageningen, Alterra. Rapport nr. 317.
- Kekem, A.J. van, T. Hoogland en J.B.F. van der Horst. 2005. Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart; werkwijze en resultaten. Wageningen, Alterra, Alterra-1080
- Knibbe M. en B. Marsman, 1961. Grondwatertrappenindeling in Overijsselse zandgronden. Voorlopige wetenschappelijke mededelingen (no 16). Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Marsman, B.A. en J.J. de Gruijter, 1986. Quality of soil maps. A comparison of survey methods in a sandy area. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering, Soil Survey Papers 15, 103 blz.
- NITG-TNO, 2004. Grondwatermodel en IR-database ter ondersteuning van het waterbeheer in Twente, NITG-TNO, Utrecht..
- Projectgroep Waterlood, 1998. Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater. DLG publicatie 98/2. Dienst Landelijk Gebied en Unie van Waterschappen. Utrecht, Den Haag
- Rijtema, P.E., 1971. Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking. ICW-nota 587, Wageningen.
- Rutten, G. en H.J.M. Zegers 1968. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Daarle-Hellendoorn. Stibokarapport 714, STIBOKA, Wageningen.
- Sluijs, P. van der, 1982. De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. H<sub>2</sub>O 15: 42-46.
- Sluijs, P. van der en Th. van Egmond, 1976a. De grondwatertrap op de bodemkaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) Polytechn. Tijdschrift, editie Bouwkunde wegen- en waterbouw 31 (10): 628 – 633.

- Sluijs, P. van der en Th. van Egmond, 1976b. Facetten van grondwatertrappen in zandgronden. Rapport nr. 1329, Stiboka, Wageningen.
- Sluijs, P. van der en H. van Heesen, 1989. Veranderingen in de berekening van de GHG en de GLG. Landinrichting 1989/29: 18-21.
- Sluijs, P. van der, 1990. Hoofdstuk 11: Grondwatertrappen. In: Locher, W.P. en H. de Bakker (red.) Bodemkunde van Nederland deel 1: Algemene bodemkunde. Malmberg, Den Bosch.
- Steur, G.G.L., 1966. Legenda-indeling en nomenclatuur van de kaartenheden op de bodemkaart, schaal 1 :50000. Boor en Spade XV, 4,3-58.
- Stoffelsen, G.H., 1989. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied Hengelo-Hasselo. Rapport 4, Staring Centrum, Wageningen.
- Stoffelsen, G.H., 2008. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek van de deelgebieden Scheerwolde en Oldemarkt in het strategisch groenproject Noordwest-Overijssel: bodemgesteldheid en waterhuishouding. Wageningen, Alterra. Rapport nr. 1684.
- Stol, Ph., 1958. De waterhuishouding van de landbouwgronden, p. 7 – 274. In: Stol, Ph. en B. Vrijhof. De landbouwwaterhuishouding in de provincie Zuid-Holland. Rapport 9, Commissie onderzoek landbouwwaterhuishouding Nederland – T.N.O.
- Stol, Ph., 1960. Grondwaterstanden onder verschillende klimatologische omstandigheden. Overdruk uit het Landbouwkundig tijdschrift 72<sup>ste</sup> jaargang no. 18.
- Vereniging voor Landinrichting, 2000. Cultuurtechnisch Vademecum, Elsevier, Doetinchem.
- Vroon, H.R.J., L.W. Dekker en J.M.H. Hendricks, 1988. A method for measuring hydrolic properties of brittle soil horizons. Soil Sci. Soc. Am. J. 52, nr. 1, p. 292-294.
- Wallenburg, C. van, 1973. Hydromorphic soil characteristics in alluvial soils in connection with soil drainage. In: Pseudogley and gley-genesis and use of hydromorphic soils. E. Schlichting and U. Schwertmann (Eds.). Trans. Comm. V and VI Int. Soc. Soil Sci., Verlag Chemie, Weinheim. 393-403.
- Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988. Cultuurtechnisch Vademecum. Cultuurtechnische vereniging, Utrecht.
- Winters, G en J.J. van den Berg, 2006. GXG-karteringsmethoden : een verkenning naar de methoden, toepassingen en mogelijke ontwikkelingen. STOWA rapport nummer 2006-26.