

32/446(023) 2e ed.

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

**Actualisatie Gt-kaarten 1 : 50 000 Drents deel kaartbladen
16 Oost (Steenwijk) en 17 West (Emmen)**

**P.A. Finke
D.J. Groot Obbink
H. Rosing
F. de Vries**

Rapport 439



DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1996

+ 4 ket.

29 MEI 1996

ISBN 2200900

REFERAAT

P.A. Finke, D.J. Groot Obbink, H. Rosing en F. de Vries, 1996. *Actualisatie Gt-kaarten 1 : 50 000 Drents deel kaartbladen 16 Oost (Steenwijk) en 17 West (Emmen)*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 439. 46 blz.; 2 fig.; 13 tab.; 23 ref.; 4 kaarten.

De grondwatertrappenkaarten van de provincie Drenthe zijn geactualiseerd en er is een veendiktekaart gemaakt. Daartoe zijn op aselechte plaatsen de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG resp. GLG) en de veendikte vastgesteld. Plaatselijk zijn de grondwaterstanden sterk gedaald. Algemeen geldt een verlaging van de GHG in de gebieden met voorheen grondwatertrap III en V tot dieper dan 25 cm. Grondwatertrap I en II komen nergens meer als vlak voor. De oppervlakte veengronden is met 80% afgenomen, maar het restant lijkt niet onmiddellijk door oxidatie te worden bedreigd. De eveneens afgenomen oppervlakte moerige gronden zal waarschijnlijk wel verder afnemen door oxidatie van veen.

Trefwoorden: aselechte steekproef, grondwatertrappenkaart, kriging, veendiktekaart

ISSN 0927-4499

©1996 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Onderzoekdoelen	11
1.2 Beschrijving onderzoeksgebied	11
1.2.1 Ontstaan van bodem en landschap	11
1.2.2 Het ontstaan van het huidige landschap	13
1.2.3 Ecohydrologische districten en ingreepgebieden	15
2 Onderzoeksmethode	19
2.1 Kwaliteitsparameter voor Gt-kaarten	19
2.2 Gegevensverzameling	21
2.2.1 Selectie en toetsing van stambuizen	21
2.2.2 Gebiedsstratificatie en keuze van onderzoekslocaties	23
2.2.3 Gegevensverwerking	24
2.3 Actualisatie van grondwatertrappenkaarten	26
2.3.1 Methoden van Gt-actualisatie	26
2.3.2 Keuze voor de best presterende methode in het onderzoeksgebied	29
2.4 Methode van maken veendiktekaart	29
3 Resultaten	31
3.1 Gegevensverzameling	31
3.2 Keuze voor actualisatiemethode	34
3.3 Geactualiseerde grondwatertrappenkaart	34
3.3.1 Kaartlegenda	34
3.3.2 Beschrijving geactualiseerde Gt-kaart	36
3.4 Actuele veendiktekaart	40
4 Conclusies	43
4.1 Veranderingen in de Gt	43
4.2 Globale veranderingen in de veendikte	43
Literatuur	45
Tabellen	
1 Beschrijving EHD in het onderzoeksgebied	16
2 Indicatie van GHG- en GLG-trajecten voor verschillende Gt's	20
3 Verdeling van goedgekeurde stambuizen over Gt, Ecohydrologische Districten (EHD) en ingreepgebieden	22
4 Parameters van een IRFk-model met restricties	28
5 Verdeling van de observaties over de strata	32

6 Parameters en kwaliteit van de lineaire regressie tussen de grondwaterstand op een bepaalde datum en de GHG of GLG	33
7 Parameters en kwaliteit van de lineaire regressie tussen de in het veld geschatte GHG of GLG en de GHG of GLG resulterend uit de gerichte opname	34
8 IRFk-parameters voor GHG en GLG	34
9 Resultaat van een onafhankelijke kwaliteitstoets op uit twee proefactualisaties verkregen Gt-kaarten	34
10 Gt-indeling gehanteerd bij actualisatie	35
11 Verdeling naar oppervlakte van oude en geactualiseerde Gt's	37
12 Geactualiseerde Gt per stratum	38
13 Areaal gronden met veen vóór en na actualisatie	41

Figuren

1 Onderverdeling van het studiegebied in Ecohydrologische districten	17
2 Onttrekkingsgebieden binnen het studiegebied	18

Kaarten

1 Herziene Gt-Kaart van Drentse deel blad 16 Oost en 17 West
2 Actuele veendikte bij moerige gronden en veengronden
3 Verschil geactualiseerde Gt-kaart met eerste uitgave
4 Veendikte en gevoeligheid van veen voor oxidatie

Woord vooraf

Dit rapport beschrijft de totstandkoming van een actuele grondwatertrappen- en veendiktekaart, beide met kaartschaal 1 : 50 000, in het Drentse deel van de kaartbladen 16 Oost en 17 West. Het onderzoek is in 1995 uitgevoerd in opdracht van de Provincie Drenthe.

De auteurs zijn dank verschuldigd aan Ing. H. van den Eerenbeemt (contactpersoon van de Provincie Drenthe) voor zijn begeleiding, en aan de heren W. Hut, E. Blom, R. van Veen, T. Ottens en G. Vos van de buitendienst van de Provincie Drenthe voor het uitvoeren van een deel van de 'gerichte opname'. De SC-DLO-medewerkers E. van Dodewaard en R. Visschers voerden een deel van het veldwerk uit, en Ir. J. Dijkstra, Ing. W. de Groot, H. van het Loo en Ir. J. Verstraate assisteerden bij de gerichte opnames.

Samenvatting

In opdracht van de Provincie Drenthe zijn de grondwatertrappen(Gt-)kaarten schaal 1 : 50 000 van het Drentse deel van kaartblad 16 Oost en 17 West geactualiseerd. Deze actualisatie is uitgevoerd met een steekproefmethode welke voor groepen van bestaande kaartvlakken een nieuwe Gt vaststelt. De onderscheiden groepen kaartvlakken (strata) worden gedefinieerd door unieke combinaties van oude Gt, Ecohydrologisch District en de aan- of afwezigheid van gedocumenteerde hydrologische ingrepen.

Per stratum zijn, proportioneel met het oppervlak van dat stratum, op een aantal locaties door twee gerichte opnames de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) berekend en tevens in het veld geschat. In totaal zijn op deze manier 756 locaties bezocht. Bovendien zijn op 2211 extra locaties de GHG en GLG in het veld geschat. Deze veldschattingen zijn gecorrigeerd met behulp van de gegevens uit de gerichte opname. Per stratum is vervolgens een nieuwe Gt vastgesteld door optimalisatie van een statistische doelfunctie. Tevens zijn per stratum de gemiddelde GHG en GLG met bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen berekend.

De Gt-kaart is door de actualisatie aanzienlijk veranderd. Rondom Nijeveen en ten oosten van Hoogeveen is een verdroging van 1 of meer Gt-klassen opgetreden. Vrijwel algemeen geldt, dat de GHG voor de gronden met voorheen een Gt III of V is verlaagd tot dieper dan 25 cm - mv. Gt I en Gt II komen niet meer in op schaal 1 : 50 000 afgrensbare oppervlaktes voor in het gebied.

Door op alle bezochte locaties de veendikte te bepalen, kon ook een actuele veendiktekaart worden gemaakt. De afname van het areaal met veengronden (meer dan 40 cm veen tussen 0 en 80 cm - mv) is dramatisch: er is nog slechts 20% van het areaal op de oude Bodemkaarten 1 : 50 000 over. Ook het areaal moerige gronden is verminderd. In feite kunnen de moerige gronden in uitgestrekte gebieden nu als onzuiverheid binnen minerale gronden worden beschouwd, waar ze voorheen naamgevend waren aan de kaartenheid. Door combinatie van de huidige Gt met de huidige veendikte en veensoort kunnen globale uitspraken over de gevoeligheid van het resterende veen voor oxidatie worden gedaan. Het zijn vooral de moerige gronden bij Hoogeveen en Hoogersmilde die dreigen te verdwijnen. De resterende veengronden lijken op korte termijn niet te zullen verdwijnen, tenminste zolang het landgebruik (ploegen en scheuren van grasland) daar geen aanleiding toe geeft.

1 Inleiding

1.1 Onderzoeksdoelen

Als basismateriaal voor o.a. het maken van plannen voor de waterhuishouding heeft de Provincie Drenthe behoefte aan actuele informatie over het grondwaterstandsverloop. In het verleden heeft deze behoefte geleid tot actualisatie van de grondwatertrappen- (Gt-)kaart schaal 1 : 50 000 van het Drentse deel van de kaartbladen 12 Oost (Assen) en 17 Oost (Emmen). Hierover is gerapporteerd door Makken en De Vries (1989).

Omdat er gereede twijfel bestond over de actualiteitswaarde van de kaartbladen 16 Oost (Steenwijk) en 17 West (Emmen), heeft de Provincie Drenthe in 1994 opdracht gegeven tot actualisatie van de Gt-kaarten van het Drentse deel van de kaartbladen 16 Oost en 17 West (Makken, 1988; Anonymus, 1978). Bovendien werd opdracht gegeven tot het maken van een actuele veendiktekaart voor dit gebied.

1.2 Beschrijving onderzoeksgebied

1.2.1 Ontstaan van bodem en landschap

De landschappelijke ontwikkeling van het onderzoeksgebied is voor een belangrijk deel bepaald door de geologische opbouw van het gebied. De afzettingen die hierbij een rol hebben gespeeld, zijn voornamelijk in het Midden- en Laat-Pleistoceen gevormd. Het landschap kreeg echter zijn huidige vorm vooral door toedoen van de mens en in mindere mate door de geologische ontwikkelingen in het Holoceen. In geologisch opzicht behoort het gehele gebied tot het Drents keileemplateau. We hebben het gebied landschappelijk verder onderverdeeld in:

- de essen;
- de oude en jonge ontginningen;
- de stroomdalen;
- de stuifzanden;
- de veenkoloniale gebieden.

De geologische opbouw

Het onderzoeksgebied omvat het zuidwestelijke deel van het Drents keileemplateau. Dit plateau is gevormd in het Saalien, toen het gebied met landijs was bedekt. De landijsbedekking heeft in verschillende fasen en richtingen, elk met een eigen herkomstgebied, plaatsgevonden (Rappol, 1984 en 1985; Van den Berg en Beets, 1987). De vergletsjering heeft grote morfologische veranderingen teweeggebracht. Langs de voortschuivende ijslobben werd de bevroren ondergrond zijdelings weggedrukt en ontstonden stuwwallen, zoals de Havelterberg. Vooral tijdens de oudere fasen werden lage keileemruggen met een noordoost-zuidwest gerichte strekking gevormd. Onder het ijs werd een grondmorene afgezet, bestaande uit een

laag lemig fijn zand met grind en keien, de zgn. keileem (Formatie van Drente). Door vrijkomend smeltwater werden dalen uitgeschuurd, die later bij het afsmelten van het landijs weer ten dele werden opgevuld met fluvioglaciale afzettingen bestaande uit fijne tot vaak grove zanden met veel grind en stenen. Na het verdwijnen van het landijs bleef een reliëfrijk landschap, waarvan de hoofdstructuur ook nu nog duidelijk herkenbaar is aan de lage keileemruggen en -plateaus met daartussen de stroomdalen, zoals het Oude Diep, de Oude Vaart en de Vledder Aa met een noordoost-zuidwest gerichte strekking.

Een volgende periode, waarin zich in dit gebied veel veranderingen voordoen, is het Weichselien. Er heerste opnieuw een zeer koud, periglaciaal klimaat, waarin het landijs dit gebied niet bereikte. Aanvankelijk was het nog vrij vochtig en vond zowel op de keileemplateaus als in de stroomdalen erosie plaats. Ook werden nieuwe dalen gevormd.

Na de erosiefase begon de verdere opvulling van het dalsysteem. In veel stroomdalen werden matig gesorteerde, fluvioperiglaciale zanden aangevoerd. Plaatselijk kwam ook lössachtig materiaal (verspoelde keileem) tot afzetting. Ook het hypnaceeënveen dat in sommige stroomdalen wordt gevonden, dateert uit deze periode (Koelbloed, 1975).

In de tweede helft van het Midden Weichselien en tijdens de koude perioden van het Laat Weichselien werd het zo droog en koud dat vrijwel alle vegetatie ontbrak. In deze perioden is door de wind veel materiaal verplaatst. Eerst werd het oude dekzand afgezet en later in het Laat Weichselien werd veel jong dekzand aangevoerd, waarbij soms ook delen van de stroomdalen werden afgesnoerd. Het oude dekzand onderscheidt zich van het jongere door een duidelijker gelaagdheid, een veelal hoger leemgehalte en een grotere fijnheid van het zand. Beide afzettingen behoren, evenals het fluvioperiglaciale zand, tot de Formatie van Twente. De dikte van de dekzandafzettingen varieert van enkele decimeters tot soms meerdere meters, zodat op veel plaatsen keileem binnen 120 cm - mv. wordt gevonden.

Omstreeks 10 000 jaar geleden bij het begin van het Holoceen trad een duidelijke klimaatsverbetering op. Het werd warmer en vooral ook vochtiger. Op de hogere delen ontstonden bossen en vond met name in het Boreaal bodemvorming plaats. In veel dekzandgronden ontstond een humuspodzolprofiel. In de lagere delen, zoals komvormige laagten in het dekzandgebied en in de stroomdalen, vond veenvorming plaats. In de stroomdalen werd rietzeggeveen gevormd, in andere laagten ontstond veelal mesotroof broekveen of zeggeveen. De veengroei kwam vooral in het Boreaal goed op gang en hield tot in het Atlanticum gelijke tred met de nog steeds stijgende grondwaterstanden. Tot het begin van het Subboreaal hielden de inmiddels in de afgesnoerde stroomdalen ontstane meertjes stand. Toen deze doorbraken kregen de stroompjes min of meer hun huidige loop en ontwikkelde zich in de drooggevallen meertjes zeggeveen. Geleidelijk werden de stroomdalen verder opgevuld met mesotroof broekveen, terwijl plaatselijk in de bovenstroomse gedeelten het milieu zodanig verarmde dat oligotrofe veenvorming mogelijk werd.

Verder van de stroomdalen af ontstonden in de omgeving van het huidige Nijeveen,

Ruinerwold, Hoogetveen, Hijkersmilde en Oude Willem geleidelijk uitgebreide hoogveengebieden, doordat het milieu waarin de veengroei plaatsvond steeds meer verarmde. Het oud veenmosveen kwam tot ontwikkeling en overgroeide door middel van uitgestrekte veenmoskussens ook de hogere zandgronden. Door nog verdere verarming van het milieu kon zich in deze gebieden ten slotte jong veenmosveen ontwikkelen. De veengroei ging door tot de mens door ontwatering en verving hieraan een eind maakte.

Hoewel ook in het begin van het Holoceen sprake is van enige verstuiwing, zijn de meeste stuifzanden in het onderzoeksgebied ontstaan door verstoring van de vegetatie door de mens. Vooral na de invoering van de plaggenbemesting in de Late Middeleeuwen kreeg de wind vat op de van hun vegetatie ontdane dekzandgronden. Er ontstonden hoog opgestoven ruggen en dikwijls tot op de keileem uitgestoven laagten. De meeste stuifzandgebieden zijn nu met bos ingeplant.

1.2.2 Het ontstaan van het huidige landschap

Essen

De essen zijn de bij de oude dorpen behorende akkerbouwgronden met een humushoudende bovengrond die ten minste 30 cm dik is. Deze cultuurdekken zijn ontstaan door het eeuwenlange gebruik van potstalmest als bemesting op deze gronden (Spek, 1992 en 1993). De potstalmest bestaat uit koeienmest of schapenmest vermengd met plaggen van de heidevelden of uit de stroomdalen. De meeste essen zijn aangelegd op de betere gronden met een goede ontwatering. In de ondergrond wordt dan ook meestal een moderpodzolprofiel aangetroffen. De meeste essen liggen nu als licht gewelfde, hoge delen in het landschap. Werden de esgronden in het verleden uitsluitend als bouwland gebruikt, tegenwoordig komt er steeds meer grasland op voor.

Oude en jonge ontginningen

De oude ontginningen liggen veelal aansluitend aan de esgronden, soms liggen ze ook apart hiervan. Ze zijn evenwel later in cultuur genomen dan de essen, maar de vorming van de cultuurdekken is identiek. Deze kamontginningen, zoals ze lokaal wel worden genoemd, zijn veelal aangelegd op humuspodzolgronden. Het bodemgebruik was van oorsprong bouwland, maar evenals op de essen wordt nu ook dikwijls grasland aangetroffen.

De jonge ontginningen beslaan een groot deel van het vroegere 'veld', zoals de uitgestrekte heidevelden tussen de stroomdalen en de escomplexen rondom de dorpen worden genoemd. Van dit vroegere veld zijn nog slechts hier en daar resten bewaard gebleven, zoals het natuurreservaat 'De Dwingeloosche Heide'. De jonge ontginningen kwamen pas goed op gang met de komst van de kunstmest aan het begin van deze eeuw. Vooral na 1920 en speciaal in de crisistijd zijn veel heidevelden omgezet in landbouwgrond. Een niet onbelangrijke oppervlakte werd na de ontginning met bos ingeplant om het sterk geslonken bosareaal in Drenthe weer enigszins op peil te brengen. De jonge ontginningen bestaan voor het grootste deel uit veldpodzolgronden,

al dan niet met keileem in de ondergrond. Ze zijn zowel als bouwland en als grasland in gebruik.

Stroomdalen

De stroomdalen, die het overtollige water van de keileemplateaus afvoeren, bestaan uit veengronden met een veraarde bovengrond. In de bredere dalen is het veenpakket in het midden van het dal vaak dikker dan 120 cm. Naar de randen toe neemt de veendikte geleidelijk af. Op veel plaatsen komt langs de randen van het stroomdal nog een strook beekerdgronden voor. Soms bestaat het bovenstroomse deel van de dalen geheel uit deze gronden.

In het verleden hadden de gronden in de stroomdalen een slechte ontwaterings-toestand, maar door ruilverkavelingen en waterschapswerken is deze situatie in het algemeen sterk verbeterd. Dankzij de betere ontwatering neemt het veenpakket door oxidatie geleidelijk in dikte af. Van oudsher werden de stroomdalgronden vrijwel uitsluitend als hooiland gebruikt. Door de verbeterde ontwatering komt nu plaatselijk ook bouwland voor, hoewel het grondgebruik nog overwegend grasland is.

Stuifzanden

In het onderzoeksgebied liggen veel stuifzandgebieden in de nabijheid van de esgronden rondom de oude nederzettingen, zoals bij Havelte, Uffelte, Diever, Dwingeloo, Kraloo en Westerbork. Ook op verschillende andere plaatsen komen nog stuifzandgebieden voor. Deze gebieden zijn ontstaan door het steken van plaggen, waarbij de heidevegetatie met de een deel van de bovengrond werd verwijderd en gebruikt om de mest in de potstallen op te vangen. Ook beschadiging van de vegetatie door berijding is in een aantal gevallen door oorzaak voor de verstuiwing geweest. De stuifzandgebieden zijn meestal reliëfrijk, hoge stuifzandruggen wisselen op korte afstand af met uitgestoven laagten. De ruggen hebben dikwijls de vorm van een paraboolduin, terwijl de laagten op diverse plaatsen tot op de keileem zijn uitgestoven. Dit is bijvoorbeeld het duidelijkst het geval in het Lheederzand. Onder de hoge ruggen wordt vaak onder het stuifzandpakket nog het oorspronkelijke podzolprofiel gevonden. Plaatselijk zijn oorspronkelijk aanwezige dobben geheel overstoven en vinden we onder het stuifzandpakket nog een laag veen, zoals in het Nuilerveld ten noordoosten van Pesse. De bodemgesteldheid in de stuifzandgebieden is dan ook zeer gevarieerd. Veel stuifzandgebieden zijn met bos ingeplant of begroeid met heide.

Veenkoloniale gebieden

Tot de veenkoloniale gebieden behoren de gebieden rondom Ruinerwold, Nijeveen, Hoogeveen, Hijkersmilde en Oude Willem. In deze gebieden is het veen op een systematische wijze afgegraven voor de turfwinning. De voormalige veenmosveenbedekking rondom Ruinerwold is vermoedelijk vrij dun geweest. Bij de vervening is het veen tot op de zandondergrond afgegraven zonder dat men daarbij wateroverlastproblemen kreeg. Ook in het gebied rondom Nijeveen is het veenpakket afgegraven tot een diepte waarop men het overtollige water nog op een natuurlijke wijze kon afvoeren. Het resterende veenpakket was op veel plaatsen zo dun dat toepassing van andere verveningsmethoden niet de moeite loonde.

In de voormalige hoogveengebieden rondom Hoogeveen en Hijkersmilde/Oude Willem is de vervening veel grootschaliger aangepakt. Met behulp van Hollands kapitaal is de vervening in deze gebieden in de eerste helft van de 17e eeuw begonnen. De vervening gebeurde hier door het graven van kanalen en wijken, die enerzijds voor de afwatering zorgden en anderzijds werden gebruikt om de turf af te voeren. Eerst werd het veen ter plaatse van het kanaal of de hoofdwijk zover afgegraven dat een wijk loodrecht hierop kon worden gegraven (Booij, 1956). Vervolgens werd jaarlijks een smalle strook evenwijdig aan de wijken afgeveend. Het zand dat uit de kanalen en wijken vrijkwam werd ter weerszijden er van in depot gelegd, de zgn. klemsloot. Dit zand werd na de veenafgraving gebruikt voor bezanding van de afgeveende gronden, waarop behalve dikwijls een laag niet-vergraven veen ook een laag teruggestort veen (bolster) achterbleef. Rondom Hoogeveen is deze bezanding dikwijls pas veel later uitgevoerd, omdat door het gebrek aan mest veel gronden in eerste instantie met bos werden ingeplant. Waar de gronden hier wel in cultuur werden genomen, bestond het bodemgebruik uitsluitend uit grasland. Voor de bemesting gebruikte men potstalmest, waarvoor zand in de potstal werd gebracht om de mest op te vangen. Als gevolg hiervan hebben deze gronden duidelijk dikkere zanddekken dan de veenkoloniale gronden elders. Veel bos is in dit gebied nu omgezet in bouwland, waarop evenals in het gebied rondom Hijkersmilde veel fabrieksaardappelteelt plaatsvindt. Een groot deel van de vroegere graslandgronden rondom Hoogeveen zijn nog steeds als zodanig in gebruik. Ook in het gebied bij Oude Willem komt vrij veel grasland voor.

1.2.3 Ecohydrologische districten en ingreepgebieden

Moderne Gt-actualisatiemethoden (Finke et al., 1995) richten zich op het opnieuw karakteriseren van bestaande vlakken op de Gt-kaart. Als een aantal van deze vlakken een gelijke Gt hebben, en in hetzelfde hydrologische systeem liggen, dan kunnen ze als groep worden geactualiseerd. Hiertoe moeten hydrologische systemen ruimtelijk worden omgrensd. Dit is gerealiseerd door de bestaande indeling van Nederland in Ecohydrologische Districten (EHD) over te zetten op de oude 1 : 50 000 Bodem- en Gt-kaart. In Finke et al. (1995) wordt geconcludeerd, dat de onderverdeling (stratificatie) van een gebied naar EHD een kwalitatief betere actualisatie mogelijk maakt.

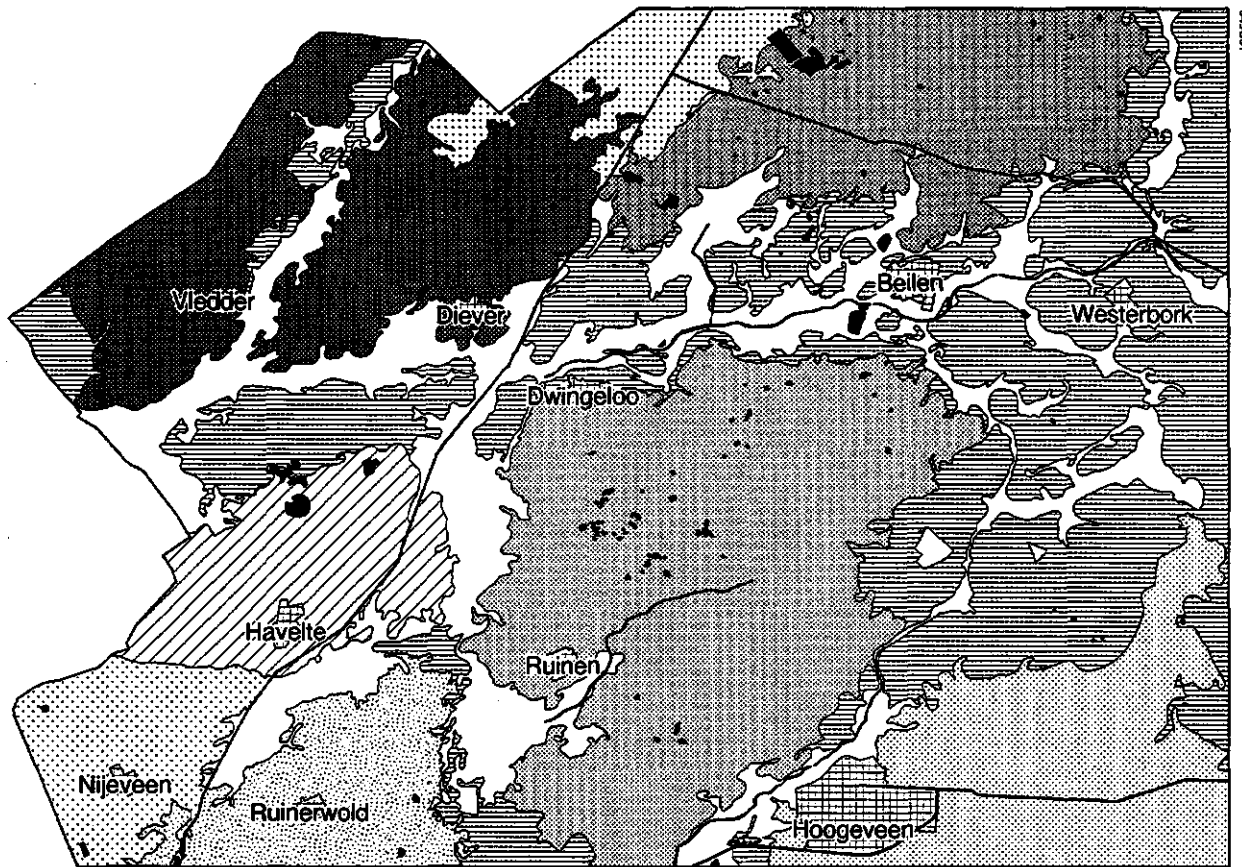
Een EHD kan worden gedefinieerd als een ruimtelijke eenheid met bepaalde ecohydrologische kenmerken. EHD zijn geïntroduceerd door Braat et al. (1989) en toegepast ten behoeve van het landelijk verdrogingsonderzoek. Ze zijn in feite een onderverdeling van de Ecodistricten van Klijn (1988) met behulp van geohydrologische en waterhuishoudkundige criteria.

In het onderzoeksgebied komen tien EHD voor. Een korte omschrijving wordt gegeven in tabel 1, en de ligging is aangegeven in figuur 1. Omdat de grenzen van de EHD door Braat et al. (1989) op een schaal van ca. 1 : 1 miljoen zijn getrokken, zijn ze overgezet op schaal 1 : 50 000, waarbij bestaande grenzen op de Bodem- en

Gt-kaart 1 : 50 000 zijn gebruikt als EHD-grenzen door Bodem- en Gt-vlakken toe te wijzen aan de hydrologische systemen die door de EHD worden beschreven.

Tabel 1 Beschrijving EHD in het onderzoeksgebied

Code	Omschrijving
MhvH	Middelhoog van Hooghalen Dekzandgebied, overwegend op keileem, grotendeels bestaand uit oude en jonge ontginningen en voor een deel uit stuifzanden. De afwatering vindt o.a. plaats door de Hijkerleek en het Amerdiep, die smalle stroomdalen volgen. Dwars door het gebied loopt het Oranjekanaal.
FrDrHv	Fries-Drents Hoogveengebied Afgeveend zandontginningslandschap, voor een deel op keileem. Een stelsel van wijken en sloten verzorgt de afwatering. In het gebied is recentelijk een ruilverkaveling uitgevoerd, en is de ontwatering sterk verbeterd.
MhvS	Middelhoog van Smilde Dekzandgebied, overwegend op keileem, bestaand uit oude en jonge ontginningen en stuifzanden. De Vledder Aa doorsnijdt het gebied in noordoost-zuidwestelijke richting. De Wapserveense Aa stroomt door een dal met veen- en zandgronden op keileem.
StH	Stuwwal Havelterberg Stuwwallandschap zonder oppervlakkige afwatering.
MhvD	Middelhoog van Dwingeloo Dekzandgebied, overwegend op keileem, doorsneden met enkele beekdalen en voor een deel bestaand uit een heide en stuifzandlandschap dat in het zuidoosten wordt doorsneden door de Ruiner Aa. Aan de west- en oostzijde liggen stroomdalen, waar de Oude Vaart en het Oude Diep voor de afwatering zorgen.
ZvW	Zuidenveld West Dekzandgebied, overwegend op keileem, doorsneden met enkele beekdalen en voor een deel bestaand uit een heide en stuifzandlandschap. Aan de westzijde vormt het stroomdal van het Oude Diep de gebiedsgrens.
HvZvC	Hoogveenlandschap Zuidenveld Centraal Afgeveend zandontginningslandschap, grotendeels op keileem. Het gebied is doorsneden met kanalen en wijken. Het wordt aan de westzijde begrensd door het Linthorst Homankanaal en in het zuidelijk deel is de Verlengde Hoogeveense Vaart door dit landschap aangelegd.
GOZW	Gelders-Overijssels Zandgebied West Dekzandgebied, voor een deel een afgeveend, jong ontginningslandschap. De vrijwel centraal gelegen Wold Aa met een aantal zijleidingen en een daarop aansluitend slotenstelsel, vormen de hoofdafwatering en detailontwatering van het gebied.
VNWO	Veenpoldergebied Noord-West Overijssel Veenpolderlandschap met enkele dekzandruggen. In dit gebied wordt met hoofdleidingen en met sloten een beheerst polderpeil nagestreefd.
DrKZ	Dekzandgebied op keileem met verspreid voorkomende stuifzandafzettingen, doorsneden met beekdalen. De stroomdalen zijn van uiteenlopende breedte. De van oorsprong kronkelende waterlopen zorgen voor de afwatering van het gebied. In de bredere stroomdalen verloopt de afwatering via de Dwingelerstroom, de Beilerstroom en de Westerborker stroom. In de smallere stroomdalen wordt de afwatering verzorgd door o.a. de Brunstingerleek, de Hijkerleek, de Eursingerstroom, de Noordelijke St.Niklaasbeek en het Oude Diep.



LEGENDA

Ecohydrologische districten














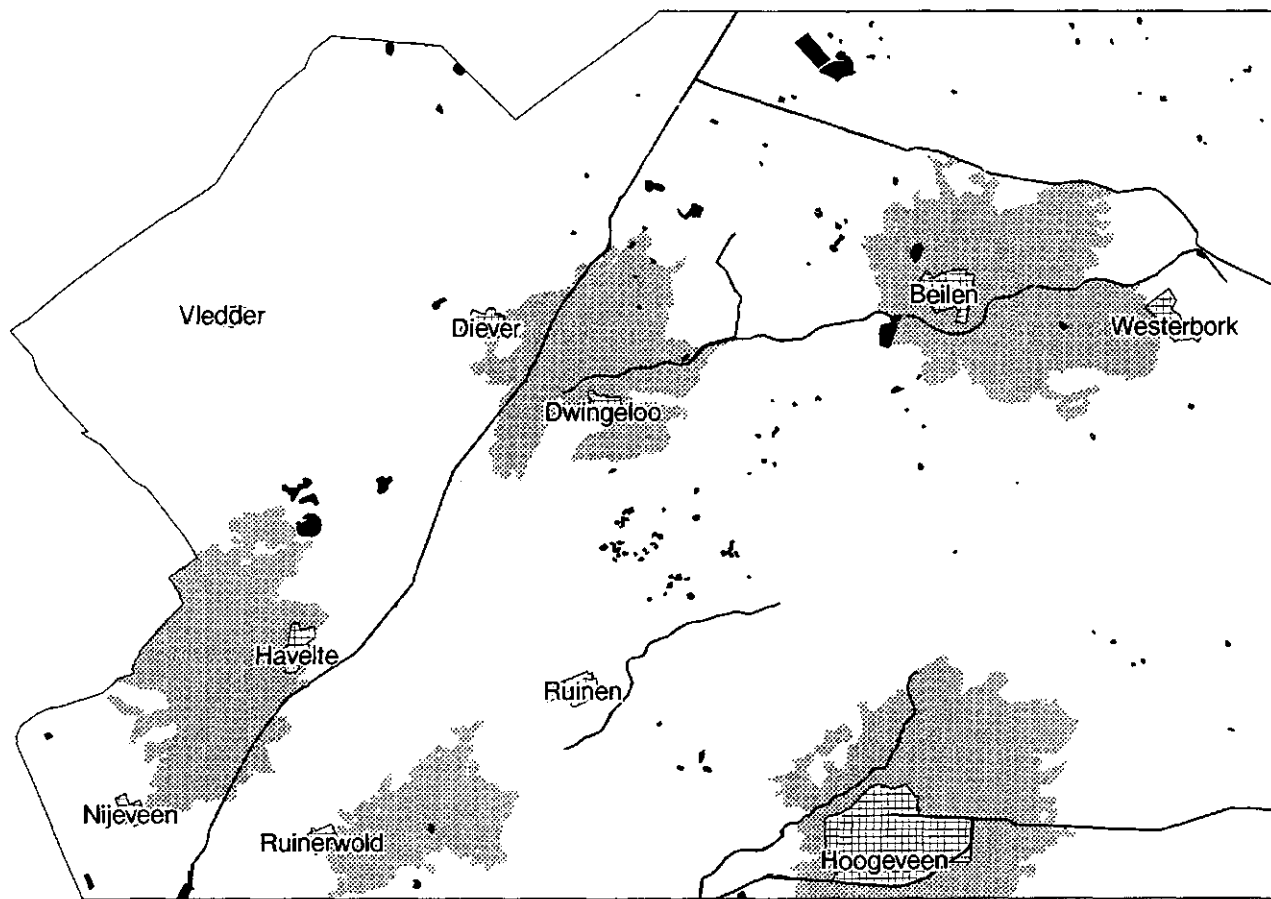
	Drents keileemplateau matrix zuid		Fries Drents Hoogveengebied
	Drents keileemplateau matrix zuid (beekdalen)		Hoogveenlandschap Zuiderveen Centraal
	Middelhoog van Dwingeloo		Veenpoldergebied Noordwest Overijssel
	Middelhoog van Hooghalen		Overige
	Middelhoog van Sniide		Water
	Stuwwal Havelterberg		Bebouwing
	Gelders Overijssels Zandgebied West		

Fig. 1 Onderverdeling van het studiegebied in Ecohydrologische districten

Als ingreepgebieden zijn gekarakteriseerd, de gebieden rond pompstations waar de volumina onttrokken water sinds de opname van de oude Bodem- en Gt-kaarten zijn veranderd. De omgrenzing van een ingreepgebied is gebaseerd op de 25-jaars-zone rondom de onttrekking, zoals gedocumenteerd in Kleijer (1985). De onderscheiden onttrekkingen zijn aangegeven in figuur 2. Ook hier zijn bestaande grenzen op de oude Bodem- en Gt-kaart 1 : 50 000 gebruikt als grenzen van de ingreepgebieden.



LEGENDA

 Waterwingebieden

 Water

 Bebouwing

Fig. 2 Onttrekkingsgebieden binnen het studiegebied

2 Onderzoeksmethode

2.1 Kwaliteitsparameter voor Gt-kaarten

Gt-kaarten geven het jaarlijks grondwaterstandsverloop weer in klassen. De kwaliteit van een Gt-kaart wordt bepaald door de mate waarin het feitelijke grondwaterstandsverloop wordt weergegeven door de Gt-kaart. Het kan op twee momenten noodzakelijk zijn om de kwaliteit van een Gt-kaart te kwantificeren: Ten eerste om een objectieve beslissing te kunnen nemen omtrent het al dan niet actualiseren van een Gt-kaart. Ten tweede om de resultaten van een actualisatie te kunnen beoordelen. Hiertoe is het noodzakelijk een kwaliteitsparameter te definiëren.

Finke et al. (1994) definiëren een tweetal kwaliteitsparameters welke beschrijven in welke mate de Gt-kaart het feitelijk grondwaterstandsverloop beschrijft. Deze parameters worden hieronder kort toegelicht.

Omdat de Gt een kwalitatieve (klasse-)variabele is, kan de kwaliteit van een Gt-kaart niet simpelweg worden bepaald door metingen te vergelijken met waarden afgelezen van de kaart. Daarom is gekozen voor een kwaliteitsmaat die wordt bepaald door de mate waarin aan het door de Gt gedefinieerde GHG- en GLG-traject wordt voldaan.

Als kwaliteitsmaat wordt een doelfunctie berekend voor elke combinatie van de Gt, GHG en GLG. De Gt wordt hierbij voor een kaartvlak voorspeld door de kaarteenheden; de GHG en GLG zijn voor een locatie binnen een kaartvlak berekend. Als de GHG binnen het door de Gt voorspelde GHG-traject ligt, krijgt de doelfunctie de waarde 0. Waar de GHG buiten het gedefinieerde traject ligt, krijgt de doelfunctie een waarde groter dan 0.

Een afwijking van 5 cm bij een natte Gt heeft in het algemeen grotere consequenties voor allerlei processen dan dezelfde afwijking bij een droge Gt. Hiermee wordt bij de berekening van de doelfunctie rekening gehouden. In formulevorm wordt de doelfunctie voor de GHG:

$$G_{GHG} = \begin{cases} 0 & | GHG_{Gt,o} \leq GHG_m \leq GHG_{Gt,d} \\ abs\left(\frac{GHG_{Gt,o} - GHG_m}{GHG_{Gt,o}}\right) & | GHG_m < GHG_{Gt,o} \\ abs\left(\frac{GHG_{Gt,d} - GHG_m}{GHG_{Gt,d}}\right) & | GHG_m > GHG_{Gt,d} \end{cases} \quad (1)$$

waarin $GHG_{Gt,o}$ de ondiepste en $GHG_{Gt,d}$ de diepste GHG is uit het traject dat door de Gt wordt voorspeld en GHG_m de gemeten GHG is. Tabel 2 geeft een overzicht van de GHG- en GLG-trajecten die gelden voor verschillende Gt's.

Tabel 2 Indicatie van GHG- en GLG-trajecten voor verschillende Gt's (De Vries en Van Wallenburg, 1990)

Gt	GHG-traject (cm - maaiveld)		GLG-traject (cm - maaiveld)	
	'ondiep'	'diep'	'ondiep'	'diep'
I	0	40	0	50
II	0	40	50	80
IIb	25	40	50	80
IIc		> 40	50	80
III	0	40	80	120
IIIb	25	40	80	120
IV		> 40	80	120
IVc		> 80	80	120
V	0	40		> 120
Vb	25	40		> 120
VI	40	80		> 120
VII		> 80		> 120
VIII		> 140		> 160

Een voorbeeld: In een kaartvlak met Gt VI wordt op een locatie een GHG van 30 cm berekend, bijvoorbeeld in een stambuis. Dit is ondieper dan de ondiepste GHG-klassegrens van 40 cm. De waarde van de doelfunctie voor de GHG wordt dan $(40-30)/40 = 0,25$. Op dezelfde locatie wordt een GLG van 135 cm berekend. Dit correspondeert met de definitie van een Gt-VI, dus de waarde van de doelfunctie voor de GLG wordt 0.

De kwaliteitsparameter G is dan gedefinieerd als:

$$G = G_{GHG} + G_{GLG} \quad (2)$$

De kwaliteitsparameter G kan worden uitgerekend voor elke locatie waarvan de kaart-Gt, de punt-GHG en de punt-GLG bekend zijn, en heeft dus betrekking op een punt. In het bovengenoemde voorbeeld is de G dus 0,25.

Om de kwaliteit van de Gt-kaart te kunnen bepalen, worden puntberekeningen gecombineerd volgens:

$$MG = \frac{1}{n} \sum_i^n G_i \quad (3)$$

waarin MG een schatting is voor de gemiddelde kwaliteit van de Gt-kaart voor een gebied, bijvoorbeeld een kaartblad, waarin op n locaties de doelfuncties zijn berekend.

Het voorkomen van extreme waarden van de doelfuncties wordt berekend met:

$$FEXG = \frac{\text{aantal lokaties waar } G > 1}{n} \quad (4)$$

waar *FEXG* een maat is voor het aantal locaties waar de Gt-kaart ernstig fout is.

2.2 Gegevensverzameling

2.2.1 Selectie en toetsing van stambuizen

Moderne Gt-kaarten zijn gebaseerd op een ruimtelijk beeld van de GHG en de GLG. Zowel GHG als GLG zijn tijdreeksparameters die kunnen worden bepaald aan langjarige meetreeksen in ondiepe grondwaterstandsbuizen. Hiertoe zijn uit het On Line Grondwaterstanden Archief (OLGA) van TNO-GG landbouwbuizen en peilbuizen met filterdieptes van minder dan 6 meter geselecteerd.

Deze selectie is vervolgens getoetst op het criterium dat de meetreeks zonder onderbreking minimaal 8 jaren moet omvatten tot heden, en dat de meetfrequentie minimaal 10 maal per halfjaar moet zijn. De resterende buizen worden gemakshalve verder 'stambuizen' genoemd. Deze stambuizen zijn in het veld bezocht, waarbij is bekeken of de locatie en het referentieniveau ten opzichte van maaiveld kloppen met de opgave van TNO-GG. Bovendien zijn de stambuizen getoetst tegen het criterium dat ze op meer dan 50 meter afstand van een A-leiding (beek, kanaal) en meer dan 25 meter afstand van een watervoerende sloot moeten liggen. Binnen de kaartbladen 16 Oost en 17 West zijn 77 stambuizen goedgekeurd. Bij de Gt-actualisatie zijn 54 stambuizen gebruikt (tabel 3) om een relatie te leggen tussen de grondwaterstand op een bepaald tijdstip en de GHG of GLG.

Tabel 3 Verdeling van goedgekeurde stambuizen over Gt, Ecohydrologische Districten (EHD) en ingreepgebieden

Buiscode	Gt op kaart	EHD	Ingreep	GHG	GLG
16EL0008	II	FrW		27	121
11GL0057	II	FrW		33	75
22AL0034	II	HvZvC	ingreep	96	146
22AP0093	II	HvZvC	ingreep	66	102
22AP0022	II*	DrKZ		125	166
16BP0109	III	FrW		156	205
12DP0110	III	DrKZ		64	140
11GL0042	III	FrW		95	122
16EP0025	III	FrW		93	159
22AL0032	III	HvZvC	ingreep	59	155
17BP0038	III	DrKZ1	ingreep	104	183
22EL0004	III*	HvZvC		68	145
16DL0016	III*	VNWO		113	139
16GL0096	III*	VNWO	ingreep	144	162
16GL0097	III*	VNWO	ingreep	76	112
16HL0004	III*	GOZW	ingreep	21	82
11HP0022	III/V	MhvS	ingreep	57	154
21EL0013	IV	VNWO		93	111
16EL0052	V	MhvS		101	203
16FL0013	V	DrKZ		119	205
17CP0096	V	MhvD		80	161
16EL0061	V	FrW		58	114
17AP0026	V	DrKZ	ingreep	111	151
17AL0012	V	DrKZ	ingreep	130	189
17BL0019	V	DrKZ	ingreep	157	239
16EL0006	V	FrW	ingreep	126	210
16EL0055	V	FrW	ingreep	155	210
16EP0023	V	FrW	ingreep	166	231
16BL0080	V	FrW	ingreep	146	216
21FL0002	V*	GOZW		78	154
21FL0032	V*	GOZW		58	122
21FP0043	V*	GOZW		54	130
16HL0002	V*	GOZW	ingreep	88	160
22BL0005	V*	HvZvC	ingreep	41	114
16BP0035	V*	FrW	ingreep	183	242
12DP0192	V/V*	MhvH		125	207
21FP0044	VI	GOZW		90	170
21FP0061	VI	GOZW		78	138
17EP0016	VI	DrKZ		151	205
17EL0014	VI	DrKZ		130	222
17CP0099	VI	MhvD		168	255
21FP0045	VI	GOZW		89	166
21FL0003	VI	GOZW		85	174
11HL0083	VI	MhvS		86	197
11HL0064	VI	MhvS		42	143
16HP0049	VI	GOZW	ingreep	72	165
17BL0013	VI	MhvH	ingreep	72	175
17AP0031	VI	DrKZ	ingreep	170	225
21FP0040	VII	GOZW		63	135
12GP0083	VII	DrKZ		163	235
21EL0001	VII	VNWO		37	102
11HL0017	VII	MhvS	ingreep	169	265
17BL0026	VII	DrKZ	ingreep	82	189
11HL0018	VII	MhvS	ingreep	97	185

2.2.2 Gebiedsstratificatie en keuze van onderzoekslocaties

De gegevensverzameling was gericht op het uiteindelijk karakteriseren van alle voorkomende Gt's op de huidige Gt-kaart, waarbij zoveel mogelijk voorkennis omtrent de aanwezige hydrologische systemen en uitgevoerde hydrologische ingrepen in beschouwing moest worden genomen. Dit heeft geleid tot een stratificatie (onderverdeling) van het gebied in gebieden met en zonder hydrologische ingreep, in een onafhankelijke stratificatie naar ecohydrologisch district en, tenslotte, een stratificatie naar de Gt op de te actualiseren kaart. De ruilverkavelingen die na de opname van de oude Gt-kaart in uitvoering zijn gekomen, vallen vrijwel samen met reeds onderscheiden EHD (ruilverkaveling Havelte met het EHD StH; ruilverkaveling Ruinerwold-Koekange met het EHD GOZW), of vallen samen met reeds onderscheiden ingreepgebieden (ruilverkaveling Ruinen), zodat het niet nodig was hierop apart te stratificeren.

De door Braat et al. (1989) onderscheiden EHD zijn na vergelijking met de in het gebied aanwezige hydrologische systemen iets aangepast: het EHD 'Drents Keileem-plateau matrix Zuid' is opgesplitst in een deel met de beekdalen en een deel met het feitelijke plateau. De afgescheiden beekdalen zijn die van de Ruiner Aa en Oude Vaart, Wapserveense Aa en Kwasloot, Vledder Aa, Dwingeler Stroom en Lheebroeker Stroom, Brunstinger Leek en Hijker Leek, Beilerstroom en Westerborkerstroom, Altingerleek en Amerdiep, Eursingerstroom, Noordelijke St. Niklaasbeek en Oude Diep. Bovendien is het EHD 'Zuidenveld West' samengevoegd met het plateau-deel van het opgesplitste 'Drents Keileem-plateau matrix Zuid', omdat de verschillen tussen deze EHD voornamelijk zijn gebaseerd op ecologische criteria, niet op hydrologische criteria.

De drie gebiedsstratificaties zijn in een GIS over elkaar gelegd. Elke unieke combinatie van ingreep/geen ingreep, EHD en kaart-Gt vormde hierna een stratum. In elk stratum zijn door loting een aantal aselechte waarnemingslocaties verkregen. Het aantal locaties in een stratum is evenredig met de grootte van dat stratum (proportionele bemonstering), met een minimum aantal van 20 locaties voor de kleinste strata. In totaal is op deze wijze een aantal van ca. 3000 waarnemingen verdeeld over de strata. In elke locatie zijn de volgende parameters bepaald:

- veldschattingen van de GHG en GLG op basis van hydromorfe profielkenmerken en een terreinbeoordeling;
- de dikte van een veenlaag voor zover beginnend binnen 40 cm diepte;
- de aanwezigheid en eventuele aanvangsdiepte van de keileem;
- de standaardpuntencode van het profiel (bodemclassificatie);
- (indien de locatie in een Gt-associatie ligt) een schatting van de samenstellende Gt's in de associatie.

Bovendien zijn in 25% van de locaties in elk stratum door middel van gerichte opnames de GHG en GLG bepaald.

2.2.3 Gegevensverwerking

Gerichte opname

Ten tijde van het voorkomen van de GHG en de GLG zijn grondwaterstanden gemeten in boorgaten. De opname voor de bepaling van de GHG vond plaats op 1, 2 en 3 maart 1995, de opname voor de GLG op 4 en 6 juli 1995. Op dezelfde data is in de goedgekeurde stambuizen de grondwaterstand gemeten. Voor elk van de 5 meetdagen is er met lineaire regressie een statistische relatie gelegd tussen de gemeten grondwaterstand in de stambuizen en de GHG (maartmetingen) en GLG (julimetingen) van die stambuizen. Deze relatie heeft de algemene vorm:

$$GxG_i = B_0 + B_1 * x_i \quad (5)$$

waar GxG_i de geschatte GHG of GLG voor stambuis i is en x_i de gemeten grondwaterstand is in stambuis i op een bepaalde datum.

Tevens is onderzocht, of deze relatie verbeterd zou kunnen worden, door voor de ingreepgebieden een aparte regressie uit te voeren, en ook door de aanwezigheid of aanwezigheidsdiepte van keileem als hulpvariabele in het regressiemodel te betrekken. De best presterende relatie is vervolgens gebruikt om de gemeten grondwaterstanden op de locaties van de gerichte opname te vertalen in een GHG of GLG.

Behalve de relatie zelf, is ook voor elk punt van de gerichte opname de onzekerheid van de schatting van de GHG en GLG berekend met de variantie van de voorspelling. Deze wordt berekend met:

$$se^2(\text{voorspelling}) = s^2 * \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right) \quad (6)$$

waar \bar{x} het gemiddelde is van de grondwaterstandsmetingen in de stambuizen op een bepaalde datum, x_i de gemeten grondwaterstand is in stambuis i op die datum, n het aantal bij de regressie gebruikte stambuizen is, x_0 een gemeten grondwaterstand is op een locatie van de gerichte opname en s^2 de geschatte restvariantie van het regressiemodel is:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (GxG_i - (B_0 + B_1 * x_i))^2}{n-2} \quad (7)$$

met GxG_i als berekende GHG of GLG in stambuis i en B_0 en B_1 als uit de regressie verkregen parameters.

Correctie veldschattingen van GHG en GLG

Op alle waarnemingslocaties zijn met behulp van hydromorfe profielkenmerken en expertkennis schattingen gemaakt van de GHG en GLG. Omdat de ontwikkeling van duidelijk zichtbare hydromorfe profielkenmerken (roestverschijnselen) enige tijd vergt, geven de waargenomen kenmerken mogelijk de actuele GHG en GLG niet correct weer. Om deze reden worden de in het veld geschatte GHG en GLG gecorrigeerd

voor systematische fouten. Dit geschiedt door in de locaties van de gerichte opname, waar zowel een GHG (en GLG) uit de stambuisregressie als een veldschatting van de GHG (en GLG) bekend zijn, een statistische relatie tussen beide GHG's (en GLG's) te bepalen met lineaire regressie. Ook hierbij is onderzocht of er in de ingreepgebieden sprake is van een andere relatie als buiten de ingreepgebieden. Het argument hiervoor is, dat in ingreepgebieden de feitelijke GHG en GLG sterker van de in het veld geschatte GHG en GLG afwijken dan elders in het gebied.

Met de gevonden relatie zijn op alle locaties waar slechts in het veld geschatte GHG en GLG waarden bekend zijn, deze waarden gecorrigeerd. Ook is de variantie van de voorspelling op deze locaties berekend. Deze variantie bestaat uit twee componenten: Een component is de onzekerheid die het gevolg is van de correctie van in het veld geschatte waarden naar waarden zoals die uit de gerichte opname zijn berekend. Deze component wordt op vergelijkbare wijze bepaald als bij de gerichte opname (voorbeeld voor de GHG):

$$se^2(\text{voorspelling}) = s^2 * \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right) \quad (8)$$

waar \bar{x} is het is gemiddelde van de geschatte GHG's uit de gerichte opname, x_i de geschatte GHG is op locatie i , n het aantal bij de regressie gebruikte locaties is waar de GHG zowel via een gerichte opname als via een veldschatting is bepaald, x_0 een in het veld geschatte GHG is op een locatie waar geen gerichte opname is uitgevoerd en s^2 de geschatte restvariantie van het regressiemodel is:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (GHG_i - (B_0 + B_1 * x_i))^2}{n-2} \quad (9)$$

met GHG_i als berekende GHG in locatie i van de gerichte opname en B_0 en B_1 als uit de regressie verkregen parameters.

Een andere component is de onzekerheid die verbonden is met de gerichte opname zelf. Voor de berekening hiervan wordt verwezen naar de paragraaf over de gerichte opname.

De totale variantie van de voorspelling bestaat uit de som van de twee genoemde componenten, waarbij in de locaties van de gerichte opname de eerstgenoemde component de waarde 0 heeft.

Schatting van stratumgemiddelde GHG en GLG-waarden

Per stratum is de gemiddelde GHG (en GLG) berekend uit de schattingen die zijn gemaakt in de locaties binnen dit stratum, waarbij deze schattingen uit de gerichte opname of uit de in het veld geschatte GHG (en GLG) zijn afgeleid als boven beschreven. Omdat de schattingen afkomstig uit de gerichte opname een grotere betrouwbaarheid hebben dan de schattingen afkomstig van de in het veld geschatte GHG's en GLG's, dienen de reciproke waarden van de varianties van de voor-

spellingen als gewicht bij de bepaling van de stratumgemiddelde GHG en GLG en hun 95% betrouwbaarheidsintervallen.

Hier dient te worden opgemerkt, dat een combinatie van de stratumgemiddelde GHG en GLG niet perse gelijk is aan de uit actualisatie verkregen Gt van dat stratum. Dit geldt in elk geval voor Gt-associaties, maar ook voor strata waar de verschillen tussen GHG en GLG per locatie groot zijn. Zo kan in een stratum waar slechts Gt's V en VII zijn gevonden, de Gt volgend uit de gemiddelde GHG en GLG een Gt VI zijn, terwijl het zeker is, dat deze niet voorkomt. De stratumgemiddelde GHG en GLG dienen slechts als beschrijving van dat stratum, niet ter bepaling van de grondwatertrap.

2.3 Actualisatie van grondwatertrappenkaarten

2.3.1 Methoden van Gt-actualisatie

In het recente verleden zijn er een aantal methoden ontwikkeld om grondwatertrappenkaarten te actualiseren. In Finke et al. (1995) worden deze methoden beschreven en wordt een vergelijking gemaakt van de kwaliteit van de uit de verschillende methoden resulterende Gt-kaarten. In een testgebied in Overijssel bleken twee groepen van actualisatiemethoden goed te presteren: Een aantal steekproefmethoden en een krigingmethode. Het voornaamste operationele verschil tussen de krigingmethode enerzijds en de steekproefmethoden anderzijds is dat de krigingmethode per kaartvlak de nieuwe Gt vaststelt, en de steekproefmethoden dit per stratum doen. Deze twee verschillende actualisatiemethoden worden hieronder kort beschreven.

Gestratificeerde aselechte steekproefmethode met optimalisatie

Opmerking: Deze methode komt overeen met methode E2 uit Finke et al. (1995).

Benodigde gegevens:

De GHG en GLG in goedgekeurde stambuizen, de oude Gt-kaart, een kaart waarop de grenzen van EHD zijn aangegeven, de geografische verspreiding van hydrologische veranderingen, de resultaten van een gerichte opname en gecorrigeerde veldschattingen van GHG en GLG.

Stratificering:

Een stratum omvat een unieke combinatie van

- de Gt die op de oude Gt-kaart 1 : 50 000 is weergegeven;
- de aan- of afwezigheid van hydrologische veranderingen sinds het tijdstip waarop de oude kaart werd gekarteerd;
- het EcoHydrologisch District (Braat et al., 1989).

Als indicatoren voor het optreden van hydrologische veranderingen zijn gebruikt: nieuwe of veranderde volumina van grondwaterontrekkingen, ruilverkavelingen of andere gedocumenteerde belangrijke veranderingen in het waterbeheer sinds de opnamedatum van de te actualiseren Gt-kaart.

Aantal waarnemingen per stratum:

Het aantal waarnemingslocaties is evenredig met de oppervlakte die het stratum inneemt, met een minimum van 20.

Toekennen van Gt aan kaartvlak:

Voor elke stambuis worden de GHG en GLG berekend. Regressievergelijkingen worden opgesteld welke de op twee tijdstippen gemeten grondwaterstanden omzetten in schatters voor de GHG en de GLG. Per stratum wordt voor elke locatie waar m.b.v. de gerichte opname of gecorrigeerde veldschattingen de GHG en GLG zijn berekend voor alle mogelijke Gt's (I tot en met VIII) de kwaliteitsparameter *G* uitgerekend. Vervolgens wordt voor het stratum voor alle mogelijke Gt's de gemiddelde waarde van *G*, de *MG*, berekend. De nieuwe Gt van het stratum is die welke de laagste waarde van de *MG* opleverde. Het kaartvlak krijgt de nieuwe Gt van het stratum. De waarnemingen resulterend uit de gerichte opname en die resulterend uit gecorrigeerde veldschattingen krijgen bij deze methode een gelijk gewicht.

Gt-associaties:

Als het stratum een tweevoudige Gt-associatie bevat (bijvoorbeeld II/III), dan worden alle mogelijke tweevoudige associaties en ook de enkelvoudige Gt's d.m.v. het berekenen van de kwaliteitsparameters *G* en *MG* geëvalueerd als mogelijke nieuwe Gt. Bij een drievoudige associatie worden alle drie- en tweevoudige associaties en enkelvoudige Gt's geëvalueerd. Uit de tien best presterende associaties in termen van de *MG* wordt die associatie toegekend aan het stratum die het meest frequent is waargenomen gedurende het veldwerk door een ervaren veldbodemkundige.

Krigingmethode

Opmerking: Deze methode komt overeen met methode H2 uit Finke et al. (1995), welke is aangepast om te kunnen werken met onzekere gegevens (de gecorrigeerde veldschattingen).

Benodigde gegevens:

De GHG en GLG in goedgekeurde stambuizen, de oude Gt-kaart en, de resultaten van een gerichte opname en de gecorrigeerde veldschattingen van de GHG en GLG.

Stratificering:

Er wordt niet gestratificeerd.

Aantal waarnemingen:

Als beschreven bij de steekproefmethoden. De uitgevoerde gestratificeerde aselechte steekproef levert in geval van de krigingmethode een niet-optimale ruimtelijke verdeling van de waarnemingen op. Dit beïnvloedt de prestatie van de krigingmethode negatief.

Toekennen van Gt aan kaartvlak:

Voor elke stambuis worden de GHG en GLG berekend. Regressievergelijkingen worden opgesteld welke de op twee tijdstippen gemeten grondwaterstanden omzetten in schatters voor de GHG en de GLG.

Bij deze methode wordt per kaartvlak de nieuwe Gt vastgesteld met behulp van de GHG en GLG op een aantal locaties binnen en in de omgeving van dat kaartvlak. Hiervoor is de statistische interpolatiemethode kriging toegepast. Om te anticiperen op de mogelijke aanwezigheid van een ruimtelijke trend is gekozen voor een kriging methode welke gebruik maakt van gegeneraliseerde covariantie functies in de aanwezigheid van trend (IRFk-kriging, Matheron, 1973) om de ruimtelijke structuur in de waarnemingen te beschrijven. Voor een gedetailleerde beschrijving van de krigingmethode en de parameterschattingsmethode wordt

verwezen naar Finke et al. (1995). Deze actualisatiemethode wordt hieronder stapsgewijs beschreven.

Als eerste stap wordt met behulp van de waarnemingen uit de gerichte opname van GHG (of GLG) en de coördinaten een schatting gemaakt van de graad van de trend en de parameters van de gegeneraliseerde covariantie functie. Deze functie heeft de volgende vorm:

$$g(|h|) = C_0 \delta |h| + A_1 |h| + A_3 |h|^3 + A_5 |h|^5 \quad (10)$$

waar C_0 de zogenaamde nugget-variantie is, $\delta |h|$ de waarde 0 heeft als de afstand h tussen twee observaties gelijk is aan 0 en anders de waarde 1 heeft; A_1 , A_3 en A_5 modelparameters zijn.

De parameterschatting is gebeurd met de methode van 'restricted maximum likelihood' (Kitanidis, 1983), waarbij voor een 0e, 1e en 2e graad trend de parameters van het ruimtelijk model worden geschat onder bepaalde restricties (tabel 4). De trend waarbij het gefitte model de maximale likelihood (laagste negatieve log-likelihood) heeft, wordt geselecteerd als het meest geschikt.

Tabel 4 Parameters van een IRFk-model met restricties

Graad-trend	Parameters				Restricties			
	C_0	A_1	A_3	A_5	C_0	A_1	A_3	A_5
0	X	X			> 0	< 0		
1	X	X	X		> 0	< 0	< 0	
2	X	X	X	X	> 0	< 0	$> \frac{-10\sqrt{A_1 * A_5}}{3} < 0$	

Nadat het ruimtelijk model is bepaald voor zowel de GHG als de GLG, worden er per kaartvlak op een groot aantal (100) aselechte locaties interpolatievoorspellingen van GHG en GLG gedaan met een IRFk-kriging programma gebaseerd op Kafritsas and Bras (1981). Afhankelijk van de graad van de trend worden de 8, 12 of 16 (graad 0, 1 of 2) meest nabije omgevingswaarnemingen gebruikt om een voorspelling te verkrijgen. De varianties van de voorspelling van de GHG en GLG wordt gebruikt als gewicht bij de interpolaties. De waarnemingen van de gerichte opname tellen dan zwaarder mee. Deze krigingmethode wordt nader beschreven in Knotters et al. (1995). Op elk van de aselechte interpolatie-locaties wordt uit de voorspelde GHG en GLG een Gt bepaald. Als vlakvoorspeller van een enkelvoudige Gt wordt de meest frequent voorspelde Gt (de modale Gt) genomen.

Gt-associaties:

De voorspelde Gt's worden geordend naar frequentie, en de x meest frequente Gt's worden als associatie voor het kaartvlak gedefinieerd. Het aantal enkelvoudige Gt's dat deel uitmaakt van de associatie (x) wordt bepaald door het criterium dat de gesommeerde frequenties meer dan 70% moeten zijn (de bij kartering nagestreefde kaartzuiverheid is 70%).

2.3.2 Keuze voor de best presterende methode in het onderzoeksgebied

De in sectie 2.3.1 omschreven actualisatiemethoden onderscheiden zich van elkaar op twee manieren: De steekproefmethode actualiseert een groep vlakken ineens, terwijl de krigingmethode één vlak tegelijk actualiseert. De krigingmethode kan rekening houden met verschillen in betrouwbaarheid tussen de verschillende waarnemingen (met behulp van de variantie van de voorspelling), en de steekproefmethode kan dit niet. Deze verschillen waren een overweging om beide methoden toe te passen op een deel van de gegevens, en de resulterende kaarten te toetsen met een ander deel van de gegevens. Met de best presterende methode zou dan de definitieve actualisatie worden uitgevoerd.

Beide proefactualisaties zijn getest op 196 locaties, welke aselekt zijn getrokken uit de locaties van de gerichte opname. De kwaliteit van de uit deze actualisaties resulterende Gt-kaarten is berekend met de *MG*-parameter.

2.4 Methode van maken veendiktekaart

Op elke bezochte locatie is de dikte van een eventuele veenlaag voor zover die begint binnen 40 cm - mv. geregistreerd. Hiermee is een veendiktekaart gemaakt door voor elk vlak van de oude Bodemkaart 1 : 50 000 waar moerige - of veengronden voorkomen (een kaartenheidscode met een W of V) de gemiddelde actuele veendikte te berekenen uit de waarnemingen binnen dat vlak, en dit gemiddelde weer te geven in een van de vier volgende klassen: 0-40 cm; 40-80 cm; 80-120 cm of > 120 cm. Omdat de ruimtelijke verdeling van waarnemingspunten is bepaald door de stratificatie ten behoeve van de Gt-actualisatie is niet elk vlak van de Bodemkaart met een W of V in de code bezocht. Daarom is voor vlakken met minder dan 10 waarnemingen de veendikteklasse bepaald door gebruik te maken van alle waarnemingen in de vlakken met dezelfde Bodemcode. Vlakken waar in minder dan 50% van de waarnemingen veen werd aangetroffen zijn gearceerd. In deze vlakken moet het voorkomen van veen- of moerige grond als een onzuiverheid worden aangemerkt.

Op een van de veendiktekaart afgeleide kaart is aangegeven of het nog aanwezige veen door oxidatie dreigt te verdwijnen. Hiertoe is van elk vlak op de Bodemkaart uit de code bepaald of het een resistente dan wel minder resistente veensoort betreft. Veenmosveen wordt hierbij als resistent beschouwd, de overige veensoorten als minder resistent. Vervolgens is er een GIS-overlay gemaakt tussen de geactualiseerde Gt-kaart en de veenresistentiekaart. Een combinatie van een resistente veensoort met Gt VI, VII of VIII is als 'bedreigd' geklassificeerd, evenals een combinatie van niet-resistent veen met Gt IV, V, VI, VII of VIII. Bij de overige voorkomende combinaties wordt het veen niet op korte termijn met oxidatie bedreigd.

3 Resultaten

3.1 Gegevensverzameling

Uit de stratificatie naar EHD, aanwezigheid van een ingreep en de oorspronkelijke Gt resulteerden 111 Strata. In tabel 5 is de verdeling van de waarnemingen over de strata weergegeven.

In totaal zijn er volgens de proportionele, gestratificeerd aselechte bemonsteringsopzet 2996 locaties geloot. 756 van deze locaties zijn geselecteerd voor grondwaterstandsmetingen tijdens de gerichte opnames. Een aantal locaties moest worden overgeloot, omdat de oorspronkelijke binnen nieuwbouwingebieden lagen, of omdat de toegang werd geweigerd. In een aantal gevallen bleek het vinden van een nieuwe locatie niet mogelijk. Dit werd veroorzaakt door (in de meeste gevallen) de uitbreiding van Beilen. Dit bracht het totaal aantal locaties met waarnemingen op 2967. De relaties tussen de grondwaterstand op een bepaalde datum en de GHG of GLG zijn samengevat in tabel 6. De relaties zijn bepaald aan 54 goedgekeurde stambuizen (tabel 3). Uit de analyses bleek, dat het onderscheiden van ingreepgebieden en de aanwezigheid van keileem geen kwalitatief betere stambuisregressie opleverde, dus de relaties gelden voor het gehele gebied. De kwaliteit van de regressie is in de vorm van de standaardfout (sem) en het percentage verklaarde variantie (%vv) opgenomen in tabel 6. De parameters *B0* en *B1* verwijzen naar vergelijking 5 in sectie 2.2.3.

De relaties tussen de veldschattingen van de GHG en GLG enerzijds en de GHG- en GLG-waarden resulterend uit de gerichte opname anderzijds zijn gegeven in tabel 7. Deze relaties zijn bepaald in de 756 locaties waar een gerichte opname is uitgevoerd. Er is gekeken naar mogelijkheden voor verbetering van de statistische relatie door het aanbrengen van een onderverdeling naar ingreepgebied en keileem-ondergrond. Dit bleek geen betere relatie op te leveren. De parameters *B0* en *B1* verwijzen naar vergelijking 9 in sectie 2.2.3. Uit de waarden van de sem blijkt, dat de in het veld geschatte GHG en GLG, na correctie met de regressievergelijking, van een mindere kwaliteit zijn dan de GHG en GLG zoals die uit een gerichte opname worden verkregen. Deze mindere kwaliteit wordt veroorzaakt door het feit, dat hydromorfe profielkenmerken waarmee de GHG en GLG worden geschat, vaak een fossiel zijn van een vroegere hydrologische situatie. Bij de berekening van gemiddelde GHG- en GLG-waarden en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen per stratum hebben deze waarnemingen daarom een lager gewicht gekregen dan de waarnemingen uit de gerichte opname. Voor de berekening van het gewicht wordt verwezen naar sectie 2.2.3. In de praktijk woog een waarneming uit de gerichte opname 6 à 7 keer zo zwaar als een gecorrigeerde veldschatting.

Tabel 5 Verdeling van de observaties over de strata (N is aantal waarnemingslocaties per stratum)

Stratum		Oppervlakte (ha)	N	Stratum		Oppervlakte (ha)	N
DrKZ	III/VII	55	21	HvZvC	VI	1094	30
DrKZ	V/VII	18	20	HvZvC	VI in	93	21
DrKZ	V/VII in	30	20	HvZvC	VII	162	22
DrKZ	VI/VII	34	20	MhvD	III/VII	205	22
DrKZ	II	213	22	MhvD	V/VII	504	25
DrKZ	II in	70	21	MhvD	III	1016	32
DrKZ	II*	9	20	MhvD	V	5765	80
DrKZ	III	1052	31	MhvD	V in	132	21
DrKZ	III in	466	25	MhvD	V*	91	21
DrKZ	III*	239	22	MhvD	VI	3847	57
DrKZ	III* in	36	20	MhvD	VI in	140	21
DrKZ	V	7109	90	MhvD	VII	1360	34
DrKZ	V in	1625	36	MhvD	VII in	223	22
DrKZ	V*	395	24	MhvH	V/VII	131	21
DrKZ	V* in	34	20	MhvH	I	17	19
DrKZ	VI	3085	52	MhvH	II	50	20
DrKZ	VI in	932	30	MhvH	III	412	24
DrKZ	VII	1853	35	MhvH	III in	7	20
DrKZ	VII in	326	23	MhvH	V	3029	52
DrKZ1	II	1506	36	MhvH	V in	127	20
DrKZ1	II in	164	22	MhvH	VI	1834	37
DrKZ1	II*	1158	32	MhvH	VI in	141	20
DrKZ1	II* in	93	21	MhvH	VII	599	27
DrKZ1	III	4396	63	MhvH	VII in	43	20
DrKZ1	III in	1150	32	MhvS	V/VII	1473	35
DrKZ1	III*	1338	34	MhvS	VI/VII	174	22
DrKZ1	III* in	971	30	MhvS	II	9	20
DrKZ1	V	517	25	MhvS	III	289	23
DrKZ1	V in	222	22	MhvS	V	3273	54
DrKZ1	V*	84	21	MhvS	V*	144	20
DrKZ1	VI	127	21	MhvS	VI	1990	40
DrKZ1	VI in	5	20	MhvS	VII	1213	33
DrKZ1	VII	15	21	StH	V/VII	483	26

Stratum		Oppervlakte (ha)	N	Stratum		Oppervlakte (ha)	N
FrDrHv	III	249	23	StH	V/VII in	160	22
FrDrHv	V	1185	32	StH	II	32	20
FrDrHv	VI	500	25	StH	II in	8	20
FrDrHv	VII	80	21	StH	III	458	24
GOZW	II	44	20	StH	III in	25	20
GOZW	II in	68	21	StH	V	526	24
GOZW	II*	6	20	StH	V in	774	27
GOZW	III	1781	39	StH	V*	152	22
GOZW	III in	621	26	StH	V* in	14	19
GOZW	III*	136	20	StH	VI	215	22
GOZW	V	12	20	StH	VI in	521	24
GOZW	V*	404	24	StH	VII	411	24
GOZW	V* in	122	21	StH	VII in	138	19
GOZW	VI	61	21	VNWO	II	146	21
GOZW	VI in	36	20	VNWO	II in	224	22
GOZW	VII in	16	20	VNWO	II*	1220	33
HvZvC	V/VI	19	20	VNWO	III	12	20
HvZvC	II in	56	21	VNWO	III in	67	21
HvZvC	III	562	24	VNWO	III*	539	26
HvZvC	III in	1178	32	VNWO	III* in	545	26
HvZvC	V	2379	43	VNWO	V* in	8	20
HvZvC	V in	580	25	VNWO	VI	8	19
HvZvC	V*	8	20				

Tabel 6 Parameters en kwaliteit van de lineaire regressie tussen de grondwaterstand op een bepaalde datum en de GHG of GLG

Geschatte variabele	Meetdatum	B0 (cm)	B1 (-)	sem (cm)	%vv (-)
GHG	1 Maart 1995	3,5	0,95	19,6	79
	2 Maart 1995	3,4	0,95	19,6	79
	3 Maart 1995	4,3	0,94	20,0	78
GLG	4 Juli 1995	24,1	1,03	21,9	78
	6 Juli 1995	21,8	1,04	21,9	78

Tabel 7 Parameters en kwaliteit van de lineaire regressie tussen de in het veld geschatte GHG of GLG en de GHG of GLG resulterend uit de gerichte opname

Geschatte variabele	Hulpvariabele	B0	B1	sem	%vv
GHG gerichte opname	GHG-veldschatting	7,0	0,69	49,8	22,0
GLG gerichte opname	GLG-veldschatting	17,7	0,82	58,1	41,0

3.2 Keuze voor actualisatiemethode

Voorafgaand aan de proefactualisatie met de in sectie 2.3.1 beschreven kriging-actualisatiemethode, zijn de parameters geschat die de ruimtelijke samenhang van GHG- en GLG- metingen beschrijven (tabel 8).

Tabel 8 IRFk-parameters voor GHG en GLG

Variabele	Graad van de trend	C0	A1	A3	A5
GHG	2	2550	-1.025	0	$-6.2968 \cdot 10^{-18}$
GLG	2	2696	-0.741	0	$-3.0269 \cdot 10^{-18}$

De resultaten van de twee proefactualisaties zijn uitgedrukt in de kwaliteitsparameter *MG* (tabel 9). Voor de proefactualisaties zijn de gegevens van 2112 waarnemingslocaties gebruikt, en de uit de proefactualisaties resulterende Gt-kaarten zijn getoetst met 196 onafhankelijke waarnemingen uit de gerichte opname. De 'gestratificeerde aselechte steekproefmethode met optimalisatie' bleek kwalitatief beter dan de 'krigingmethode', daarom is de feitelijke actualisatie uitgevoerd volgens deze steekproefmethode.

Tabel 9 Resultaat van een onafhankelijke kwaliteitstoets op uit twee proefactualisaties verkregen Gt-kaarten

Actualisatiemethode	Kwaliteit in 196 testpunten (MG)
Gestratificeerde aselechte steekproefmethode met optimalisatie	0.342
Krigingmethode	0.495

3.3 Geactualiseerde grondwatertrappenkaart

3.3.1 Kaartlegenda

De geactualiseerde grondwatertrappenkaart is gegeven als kaartbijlage. Zoals beschreven in sectie 2.3.1 is de Gt vastgesteld voor elk onderscheiden stratum met behulp van de in dat stratum gedane waarnemingen. In de kaartlegenda is een

maximale informatie-inhoud van de geactualiseerde Gt-kaart nagestreefd. Dit is gebeurd door:

- een verfijning van de Gt-indeling;
- een onderverdeling van een aantal strata als daar aanleiding voor was; op de kaart aangeven van het voorkomen van schijnspiegels bij Gt V, VI, VII en VIII;
- het toekennen van een Gt-associatie aan kaartvlakken die voorheen geen Gt hadden (stuifzand-associaties).

Verfijning Gt-indeling

De Gt-indeling zoals beschreven in tabel 2 is iets verfijnd, zodat er geen overlappende Gt's meer voorkomen (zoals bij Gt V en Vb het geval is: Gt Vb valt geheel binnen de ruimere definitie van Gt V). Dit komt neer op een nauwkeuriger definitie van Gt II, III, IV en V, waardoor de informatie op de kaart preciezer wordt. In het algemeen is bij Gt-associaties de ruime definitie van de Gt gehandhaafd, om een schijn-nauwkeurigheid te vermijden.

Tabel 10 Gt-indeling gehanteerd bij actualisatie

Gt	GHG-traject (cm - maaiveld)		GLG-traject (cm - maaiveld)	
	'ondiep'	'diep'	'ondiep'	'diep'
I	0	40	0	50
IIa	0	25	50	80
IIb	25	40	50	80
IIc		> 40	50	80
IIIa	0	25	80	120
IIIb	25	40	80	120
IVa	40	80	80	120
IVc		> 80	80	120
Va	0	25		> 120
Vb	25	40		> 120
VI	40	80		> 120
VII	80	140		> 120
VIII		> 140		> 160

Onderverdeling strata

Twee strata zijn gedurende de actualisatie opgedeeld in twee substrata. Het gaat om het stratum Drents keileemplateau, hoger deel met een oorspronkelijke Gt VII (DrKZ VII) en het stratum Hoogveenlandschap Zuidenveld Centraal met een oorspronkelijke Gt VII (HvZvC VII). Beide strata zijn opgedeeld in een hoger deel met de stuifzandruggen en de hoge essen (voornamelijk Haarpodzol- en Enkeerdgronden) en een lager deel met voornamelijk Veldpodzolgronden. De reden voor deze opdeling

was de systematisch drogere Gt (VII in plaats van VI) die in deze hogere delen van de strata werd waargenomen.

Schijnspiegels

Schijnspiegels komen voor als in een deel van het bodemprofiel de bodemmatrix verzadigd is met water, terwijl in een dieper profieldeel de matrix onverzadigd is. In gronden met schijnspiegels wordt het GHG-niveau bepaald door periodiek (tenminste 1 maand per jaar) optredende grondwaterstanden boven een slecht doorlatende laag, waaronder weer een onverzadigde zone voorkomt (De Vries en Van Wallenburg, 1990). In het Drentse deel van de kaartbladen 16 Oost en 17 West komen schijnspiegels voor als gevolg van de slechte doorlatendheid van de keileem-ondergrond, hetgeen plaatselijk nog kan worden versterkt door de aanwezigheid van ploegzolen. Gebieden waarop volgens de Bodemkaart 1 : 50 000 keileem in of nabij het oppervlak voorkomt, gecombineerd met een Gt waarbij een grote jaarlijkse dynamiek van de grondwaterstand voorkomt (GLG-GHG > 120 cm, dus bij Gt's V, VI, VII of VIII) hebben het voorvoegsel *s* gekregen om op het voorkomen van schijnspiegels te wijzen. Ook elders kan het water in natte perioden tijdelijk stagneren, maar de periode waarin dit optreedt is korter of het komt niet in alle jaren voor.

3.3.2 Beschrijving geactualiseerde Gt-kaart

Veranderingen in de Gt

In tabel 11 is de verdeling naar oppervlakte van de Gt's op de oude en de geactualiseerde kaart weergegeven. Het totale oppervlak van de geactualiseerde Gt-kaart is groter dan van de oude kaart. Dit is het gevolg van het toekennen van een Gt aan kaartvlakken die voorheen geen Gt hadden. Opvallend is het verdwijnen van de natte Gt's I en II in de beekdalen. Deze zijn voor het grootste deel veranderd in Gt IIIb en IVa. Ook het areaal met Gt III is sterk afgenomen (met 3350 ha), evenals het areaal met Gt V (met 2180 ha). De nog voorkomende Gt III en Gt V hebben vrijwel uitsluitend een GHG dieper dan 25 cm. Het areaal met Gt VI is sterk toegenomen met 8470 ha. Dit is voornamelijk het gevolg van de verdroging in het gebied met voorheen Gt III en Gt V, maar er is ook 630 ha met voorheen Gt VII als Gt VI gekarakteriseerd. Dit is waarschijnlijk niet het gevolg van vernatting, maar van een te droge inschatting van de Gt tijdens de oorspronkelijke kartering.

Samenvattend kan worden geconcludeerd, dat in de gebieden met voorheen een Gt I en II zowel de GHG als de GLG zijn gedaald. In de gebieden met voorheen een Gt III of Gt V heeft de belangrijkste verandering betrekking op een daling van de GHG. Of hier ook de GLG is gedaald, kan niet worden afgeleid uit de Gt-verandering, omdat bij zowel de oude als de nieuwe Gt-kaart de GLG >120 cm is en voor de oude Gt-kaart geen preciezere informatie beschikbaar is.

Uit de kaartbijlage met de verschillen in Gt vóór en na actualisatie blijkt dat de grootste verschuivingen hebben plaatsgevonden in het gebied rond Nijeveen, Havelte en Ruinerwold op 16 Oost, en ten oosten van Hoogeveen op 17 West. De veranderingen op 16 Oost zijn hoogstwaarschijnlijk te wijten aan de uitgevoerde

ruilverkavelingen in het gebied rondom Nijeveen (Havelte, Nijeveen, Ruinerwold-Koekange). In het gebied ten oosten van Hoogeveen moet de verdroging worden toegeschreven aan een veranderd peilbeheer na 1975, en mogelijk aan de toegenomen wateronttrekking na de eerste opname in 1975. In het gebied tussen Dwingeloo en Beilen (het Dwingelerveld en het beekdal van de Dwingeler stroom) en in het Dieverzand ten noorden van Diever en Vledder zijn de verschillen tussen de oude en de geactualiseerde Gt-kaart gering. In het grootste deel van de rest van het gebied hebben verschuivingen in de GHG plaatsgevonden, resulterend in een GHG tussen 25 en 40 cm waar deze eerst voornamelijk tussen 0 en 25 cm lag. Deze veranderingen zijn het gevolg van verbeterde ontwatering in het natte (winter)seizoen.

Tabel 11 Verdeling naar oppervlakte van oude en geactualiseerde Gt's

Gt	Oppervlak op oude Gt-kaart (ha)	Oppervlakte op geactualiseerde Gt-kaart (ha)
I	17	0
II	4984	
IIa		0
IIb, II*	93	0
IIc		0
III	13740	
IIIa		89
IIIb, III*	3805	14108
IV	0	
IVa		2008
IVc		0
V	27254	
Va		440
Vb, V*	1456	26091
VI	14630	23101
VII	6440	6313
VII*, VIII	0	227
III/VII	260	136
III/VIII	0	341
V/VI	19	13
V/VII	2798	2401
V/VIII	0	604
VI/VII	208	247
VI/VIII	0	483
VII/VIII	0	160
TOTAAL	75704	76762

In tabel 12 is per stratum de geactualiseerde Gt weergegeven, alsook de gewogen gemiddelden van de GHG en GLG met bijbehorende 95% betrouwbaarheidsintervallen voor elk stratum. Zoals beschreven in sectie 2.2.3, corresponderen de gemiddelde GHG en gemiddelde GLG van een stratum niet perse met de actuele Gt voor dat stratum. De actuele Gt is vastgesteld na analyse van alle afzonderlijke puntwaarnemingen, en is dus niet gebaseerd op een gemiddelde. Gemiddelden en betrouwbaarheidsintervallen dienen ter beschrijving van een stratum.

Tabel 12 Geactualiseerde Gt per stratum

Stratum	Actuele Gt	Gem. GHG (cm - mv.)	95% interval GHG (cm - mv.)	Gem. GLG (cm - mv.)	95% interval GLG (cm - mv.)
DrKZ III/VII	V/VII	72	57-87	174	154-194
DrKZ V/VII	V/VII	80	65-94	187	167-206
DrKZ V/VII ingreep	VII/VIII	116	100-132	260	239-281
DrKZ VI/VII	V/VIII	61	44-79	216	195-237
DrKZ II	IIIb	38	25-51	95	77-113
DrKZ II ingreep	IIIb	45	31-59	94	75-114
DrKZ II*	IVa	63	48-77	135	116-155
DrKZ III	Vb	33	21-45	124	109-139
DrKZ III ingreep	IVa	54	42-67	114	97-132
DrKZ III*	IIIb	45	32-58	118	99-136
DrKZ III* ingreep	IIIb	29	14-44	90	70-110
DrKZ V	Vb	46	40-53	155	146-164
DrKZ V ingreep	Vb	40	30-51	147	133-162
DrKZ V*	VI	55	42-68	137	120-155
DrKZ V* ingreep	VI	42	27-56	112	93-131
DrKZ VI	VI	54	46-63	184	172-196
DrKZ VI ingreep	VI	57	45-69	197	182-213
DrKZ VII (laag)	VI	57	41-73	164	143-184
DrKZ VII (hoog)	VII	58	44-72	179	159-199
DrKZ VII ingreep	VII	71	59-84	191	174-209
DrKZ1 II	IIIb	50	40-60	90	75-104
DrKZ1 II ingreep	IIIb	37	23-51	102	84-120
DrKZ1 II*	IIIb	47	35-59	93	76-109
DrKZ1 II* ingreep	IVa	59	46-72	97	77-116
DrKZ1 III	IIIb	33	25-41	104	93-115
DrKZ1 III ingreep	Vb	41	30-52	101	85-117
DrKZ1 III*	IIIb	31	20-42	93	78-108
DrKZ1 III* ingreep	IIIb	51	40-63	105	90-121
DrKZ1 V	VI	51	38-63	168	150-185
DrKZ1 V ingreep	sVI	67	55-80	211	193-229
DrKZ1 V*	VI	64	51-77	133	113-152
DrKZ1 VI	VI	45	30-60	160	141-179
DrKZ1 VI ingreep	VI	47	33-62	125	106-145
DrKZ1 VII	VI	53	39-68	138	118-157
FrDrHv III	IIIb	29	15-43	110	92-128
FrDrHv V	VI	56	45-67	146	131-162
FrDrHv VI	VI	62	50-75	167	150-185
FrDrHv VII	VII	86	73-99	200	180-219
GOZW II	IIIb	52	38-66	106	86-125
GOZW II ingreep	IIIb	31	16-45	99	80-119
GOZW II*	IIIb	35	21-50	98	79-118
GOZW III	IIIb	50	40-60	112	98-125
GOZW III ingreep	IVa	56	44-68	117	101-134
GOZW III*	IIIb	37	23-52	109	90-129
GOZW V	Vb	35	21-50	122	102-141
GOZW V*	VI	48	35-61	126	108-143
GOZW V* ingreep	VI	52	38-66	141	122-160
GOZW VI	VI	61	48-75	138	119-157
GOZW VI ingreep	VI	63	50-77	140	121-160
GOZW VII ingreep	VI	52	37-66	127	108-147

Stratum	Actuele Gt	Gem. GHG (cm - mv.)	95% interval GHG (cm - mv.)	Gem. GLG (cm - mv.)	95% interval GLG (cm - mv.)
HvZvC V/VI	V/VIII	96	81-112	240	219-261
HvZvC II ingreep	Vb	34	19-48	118	99-137
HvZvC III	Vb	40	28-53	111	94-128
HvZvC III ingreep	Vb	43	32-54	133	118-148
HvZvC V	VI	60	51-70	161	148-174
HvZvC V ingreep	VI	56	44-69	147	130-164
HvZvC V*	VI	83	70-96	228	203-254
HvZvC VI	VI	54	43-65	156	141-172
HvZvC VI ingreep	VI	38	23-53	152	133-171
HvZvC VII (laag)	VI	62	49-74	170	152-187
HvZvC VII (hoog)	VII	80	28-131	240	150-329
MhvD III/VII	Vb/VIII	70	57-84	176	158-194
MhvD V/VII	V/VII	49	36-63	156	138-173
MhvD III	Vb	40	28-52	119	104-135
MhvD V	Vb	44	37-51	182	172-192
MhvD V ingreep	VI	35	19-50	184	165-203
MhvD V*	VI	70	57-84	154	134-173
MhvD VI	VI	55	46-63	180	169-191
MhvD VI ingreep	VI	81	67-94	213	193-232
MhvD VII	VII	78	68-89	215	200-230
MhvD VII ingreep	VII	136	119-152	279	260-298
MhvH V/VII	V/VII	59	45-73	178	158-197
MhvH I	Va	13	0 -30	96	75-118
MhvH II	IIIa	8	0 -24	60	40-80
MhvH III	Va	24	10-38	117	100-135
MhvH III ingreep	VI	71	57-85	178	159-198
MhvH V	Vb	44	35-52	189	177-201
MhvH V ingreep	VI	47	33-62	177	158-196
MhvH VI	VI	62	53-72	172	158-186
MhvH VI ingreep	VI	55	41-70	210	191-229
MhvH VII	VII	80	69-92	212	197-228
MhvH VII ingreep	VII	72	58-85	179	160-198
MhvS V/VII	V/VII	80	69-91	194	179-209
MhvS VI/VII	VI/VII	104	91-118	218	199-236
MhvS II	IIIb	31	16-46	98	78-117
MhvS III	Vb	32	18-45	120	102-138
MhvS V	Vb	47	39-56	159	147-171
MhvS V*	VI	75	62-89	197	178-217
MhvS VI	VI	52	42-62	154	141-168
MhvS VII	VII	85	74-96	216	200-231
StH V/VII	VI/VIII	76	63-89	262	243-281
StH V/VII ingreep	VII/VIII	170	151-188	302	282-321
StH II	IIIb	34	19-48	85	65-105
StH II ingreep	Va	28	13-44	105	85-125
StH III	VI	76	63-89	176	157-194
StH III ingreep	VI	81	68-94	153	134-173
StH V	VI	47	34-60	171	153-188
StH V ingreep	sVI	76	63-89	192	175-210
StH V*	VI	65	52-78	181	163-199
StH V* ingreep	VI	64	50-77	153	134-173
StH VI	VII	110	94-126	247	227-266
StH VI ingreep	sVII	121	105-137	294	275-313
StH VII	VII	118	104-132	259	240-277
StH VII ingreep	VIII	146	127-164	284	264-305

Stratum	Actuele Gt	Gem. GHG (cm - mv.)	95% interval GHG (cm - mv.)	Gem. GLG (cm - mv.)	95% interval GLG (cm - mv.)
VNWO II	IIIb	43	29-57	98	79-118
VNWO II ingreep	IVa	47	34-60	92	74-110
VNWO II*	IIIb	47	36-58	100	85-116
VNWO III	IIIb	35	21-50	106	87-126
VNWO III ingreep	IVa	62	49-76	108	87-128
VNWO III*	IVa	55	43-66	105	87-122
VNWO III* ingreep	VI	73	62-84	123	106-139
VNWO V* ingreep	IVa	51	37-65	106	87-126
VNWO VI	IIIb	33	17-48	109	89-128

Kwaliteit geactualiseerde Gt-kaart

De kwaliteit van de geactualiseerde Gt-kaart is berekend met de *MG*- en *FEXG*-parameters over de 2967 waarnemingslocaties. De *MG* (gemiddelde kwaliteit) is na actualisatie 0,173 en de *FEXG* (de gebiedsfractie waar de kaart-Gt sterk afwijkt van de feitelijke situatie) 0,02. Dit valt ruim binnen de kwaliteitsnormen die zijn gesteld in Finke et al. (1994), waar is gesteld dat (op 1 : 50 000 kaartbladniveau) de *MG* lager moet zijn dan 0,47 en de *FEXG* lager moet zijn dan 0,14.

Vóór de actualisatie plaatsvond zijn de kwaliteitsparameters *MG* en *FEXG* bepaald met behulp van 77 goedgekeurde stambuizen, verspreid over de kaartbladen 16 Oost en 17 West (inclusief het Friese deel van 16 Oost). De *MG* was toen 1.58 en de *FEXG* 0.532. Er kan dus worden vastgesteld dat er, statistisch gezien, goede redenen voor een actualisatie waren, omdat zowel de *MG* als de *FEXG* van de oude Gt-kaarten niet aan de kwaliteitscriteria voldeden. Ook blijkt dat de kwaliteit van de Gt-kaart door de actualisatie sterk is verbeterd.

3.4 Actuele veendiktekaart

De actuele veendiktekaart (als bijlage opgenomen in dit rapport) geeft de veendikte in klassen weer van elk vlak op de Bodem- en Gt-kaart met een V (veengrond) of W (moerige grond) in de code. Veengronden hebben volgens de definitie meer dan 40 cm moerig materiaal binnen 80 cm diepte. Moerige gronden hebben een moerige bovengrond of tussenlaag van minder dan 40 cm dikte. Buiten de vlakken met een V of W in de code kan veen lokaal voorkomen rondom dobben, al dan niet bezand of overstoven. Deze locaties zijn met symbolen op de kaartbijlage aangegeven.

Het areaal gronden dat nu nog aan de criteria van veengrond voldoet, is 1539 ha (tabel 13). Dit is minder dan 20% van het oorspronkelijk op de Bodemkaart 1 : 50 000 aangegeven oppervlak. Het resterend areaal bevindt zich op kaartblad 17 West hoofdzakelijk in de beekdalen van de Dwingeler en Beiler stroom en de hierin vanuit het noorden uitmondende beekdalen. Op kaartblad 16 Oost bevinden zich nog veengronden in de Steenwijker Aa, ten zuiden van Havelte en bij Kolderveen en langs de Oude Vaart. Overige voorheen als veengrond geklassificeerde gronden (in totaal 7096 ha) voldoen niet meer aan de criteria.

Tabel 13 Areaal gronden met veen vóór en na actualisatie

Hoofdklasse vóór actualisatie	Areaal (ha)	Hoofdklasse na actualisatie	Areaal (ha)
Veengronden	8635	Veengronden	1539
		Moerige gronden	7073
		Overige minerale gronden	23
Moerige gronden	13288	Moerige gronden	4870
		Overige minerale gronden	8418

Het totaal areaal moerige gronden is met 1345 ha afgenomen. Bij een groot deel van de gronden met een gemiddelde veendikte tussen 0 en 40 cm komt op minder dan de helft van het oppervlak nog veen voor. Dit geldt met name voor het veenkoloniale gebied ten oosten van Hoogeveen en ten noorden van Nijeveen en Ruinerwold. Deze gronden mogen om deze reden geen Moerige gronden meer worden genoemd. Moerige gronden zijn een onzuiverheid geworden binnen de 'Overige minerale gronden' (tabel 13).

Het resterend areaal veengronden met meer dan 40 cm veen loopt volgens de in sectie 2.4 beschreven criteria weinig gevaar om op korte termijn door oxidatie te verdwijnen, tenminste als het landgebruik daar geen aanleiding toe geeft (scheuren en ploegen van landbouwgrond). Twee uitzonderingen hierop zijn het veengebiedje bij Veendijk (ten zuiden van Havelte) en het Holtveen (ten noordwesten van Pesse), waar door de verdroging vermoedelijk wel veen kan verdwijnen. Het areaal met moerige gronden waar door oxidatie veen dreigt te verdwijnen is groot. Het probleem speelt over het gehele gebied met uitzondering van het gebied ten westen van Diever. Vooral in de omgeving van Hoogeveen, Nijeveen, Dwingeloo en Hoogersmilde, wordt het areaal moerige gronden met oxidatie bedreigd.

4 Conclusies

4.1 Veranderingen in de Gt

Van het onderzoeksgebied is een geactualiseerde Gt-kaart gemaakt, en is het verschil tussen de oude Gt-kaart en de geactualiseerde Gt-kaart vastgesteld (kaarten 1 en 3). De verschillen tussen de oude en de nieuwe Gt-kaarten zijn aanzienlijk, vooral in het gebied rondom Nijeveen en ten oosten van Hoogeveen, waar een verdroging van 1 of meer Gt-klassen is opgetreden. Vrijwel algemeen geldt, dat de GHG voor de gronden met voorheen een Gt III en V is verlaagd, alhoewel het door waterstagnatie lokaal gedurende perioden met veel neerslag nog regelmatig tot plasvorming kan komen. Dit geldt met name voor de gebieden met keileem aan of nabij het oppervlak.

4.2 Globale veranderingen in de veendikte

Van het onderzoeksgebied is een veendiktekaart gemaakt (kaart 2). Uit vergelijking tussen de veendikte die blijkt uit de Bodem- en Gt-kaart 1 : 50 000 en de veendiktekaart, blijkt dat het areaal met gronden waar de veendikte groter dan 40 cm is, drastisch is afgenomen tot ca. 20% van het op de Bodemkaart 1 : 50 000 met veengronden aangegeven oppervlak (kaart 3). Veengronden komen in enige omvang vrijwel uitsluitend nog voor in de laagste punten van de Dwingeler en Beiler stroom, de Steenwijker Aa en de Oude Vaart. Ook het oppervlak met moerige gronden is sterk afgenomen. Opvallend is het geringe aantal waarnemingen met moerige gronden ten oosten van Hoogeveen.

Het resterend areaal met veengronden zal vermoedelijk op korte termijn niet verdwijnen, mits het landgebruik en vooral de grondbewerking daar geen aanleiding toe geeft, want de combinatie van het veentype en de Gt wijst niet op sterke oxidatie. Het areaal met moerige gronden zal op korte termijn verder afnemen, vooral in de omgeving van Hoogeveen en Hoogersmilde.

Literatuur

Anonymus, 1978. *Toelichting bij de kaartbladen 17 West Emmen en 17 Oost Emmen*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Berg, M.W. van den en D.J. Beets, 1987. 'Saalian glacial deposits and morphology in The Netherlands'. Van der Meer, J.J.M. (ed.). *Tills and glaciotectonics*: 235 - 251.

Booij, A.H., 1956. 'Het Drentse hoogveen, de dalgronden en hun toekomst'. *Boor en Spade* VIII, 56-72.

Braat, L.C., A.R. Van Amstel, 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 - beschrijving en analyse*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage.

Brus, D.J. 1994. Improving design-based estimation of spatial means by soil map stratification. A case study of phosphate saturation. *Geoderma* 62: 233-246.

Cochran, W.G., 1977. *Sampling Techniques*. Wiley and Sons, Inc., London, UK.

De Vries, F. en C. van Wallenburg, 1990. 'Met de nieuwe grondwatertrappenindeling meer zicht op het grondwater'. *Landinrichting* 30 (1): 31-36.

Finke, P.A., D.J. Groot Obbink en A.F. van Holst, 1994. *Methode voor de bepaling van de prioriteitsvolgorde van Gt-actualisatie*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 322.

Finke, P.A., A.F. van Holst en D.J. Groot Obbink. 1995. *Methoden van Gt-actualisatie schaal 1 : 50 000. Een kwantitatieve vergelijking van kwaliteit en kosten*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 396.

Kafritsas, J. and R.L. Bras, 1981. *The practice of kriging*. Cambridge, Ralph M. Parsons Laboratory, Massachusetts Institute of Technology. Technical Report 263.

Kitanidis, P.K., 1983. 'Statistical estimation of polynomial generalized covariance functions and hydrologica applications'. *Water Resources Research* 19, 4: 909-921.

Kleijer, H., 1985. *Bodemkundig-hydrologische inventarisatie van de waterwingebieden op zandgronden. Deelrapport I: Groningen, Friesland, Drenthe en Overijssel*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1908.

Klijn, F., 1988. Milieubeheergebieden. *CML-Mededelingen* 37, Leiden.

- Knotters, M., D.J. Brus and J.H. Oude Voshaar, 1995. 'A comparison of kriging, co-kriging and kriging combined with regression for spatial interpolation of horizon depth with censored observations'. *Geoderma* 67: 227-246.
- Koelbloed, K.K., 1975. 'Nieuwe gegevens over de ouderdom van de in het oosten van Midden- en Noord-Nederland voorkomende löss'. *Boor en Spade* 19, 71-78.
- Makken, H., 1988. *Toelichting bij de kaartbladen 16 West Steenwijk en 16 oost Steenwijk*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Makken, H. en F. de Vries, 1989. *Bodem en grondwater opnieuw in kaart. Revisie van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, blad 12 Oost en 17 Oost*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 36.
- Matheron, G., 1973. 'The intrinsic random functions and their applications'. *Adv. Appl. Prob.* 5: 439-468.
- Oude Voshaar, J.H., 1994. *Statistiek voor onderzoekers*. Wageningen Pers, Wageningen, Nederland.
- Rappol, M., 1984. 'Till in southeast Drenthe and the origin of the Hondsrug complex'. *Eiszeitalter und Gegenwart* 34, 7 - 27.
- Rappol, M., 1985. 'Enkele nieuwe resultaten en een overzicht van het onderzoek naar de aard van stenenoriëntatie in keileem'. *Grondboor en Hamer* 3/4, 88-97.
- Spek, Th., 1992. 'The age of plaggen soils; an evaluation of dating methods for plaggen soils in The Netherlands and Northern Germany'. In: A. Verhoeve and J.A.J. Vervloet (eds.). *The transformation of the European rural landscape. Papers from the 1990 meeting of the Standing European Conference for the study of the rural landscape*, Brussels. 72-91.
- Spek, Th., 1993. 'De dynamiek van het zandlandschap; nieuwe ideeën over de ouderdom van de plaggenlandbouw en de ontwikkeling van het natuurlijke landschap in Drenthe'. *Noorderbreedte*, Groningen.
- Stolp, J., M. Knotters en G. Pleijter, 1994. *Geostatistische interpolatie van de gemiddeld laagste grondwaterstand met behulp van hoogtepunten in een deel van het ruilverkavelingsgebied Aardenburg*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 344.
- Te Riele, W.J.M. en D.J. Brus, 1991. *Methoden van gerichte grondwaterstandsmetingen voor het schatten van de GHG*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 158.