Handleiding bodemgeografisch onderzoek

Richtlijnen en voorschriften

Deel B: Grondwater

J.A.M. ten Cate
A.F. van Holst
H. Kleijer
J. Stolp

Technisch Document *Technical Document* 19B

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995

REFERAAT

Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel B: Grondwater.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19B; 102 blz.; 21 fig.; 7 tab.

Rubriek BI van dit technisch document behandelt de weergave van de fluctuatie van grondwaterstanden op bodemkaarten, definities en indelingen van grondwatertrappen, berekeningen van de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) alsmede de nauwkeurigheid van de berekeningen, het uitvoeren van regressie-analyses van grondwaterstanden met GENSTAT-programma's, de frequentieverdeling en duur van grondwaterstanden, en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand. Rubriek BII bespreekt het verzamelen, verwerken en archiveren van grondwaterstandsgegevens.

Trefwoorden: bodemkartering, grondwaterstand, grondwatertrap

ISSN 0928-0944

©1995 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

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.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van dit document.

Project 432 [TD019B.PIM/12/95]

Inhoud

Woord vooraf 7

Inleiding 9

Rubriek BI: Definities en indelingen van grondwatertrappen 11

1 Fluctuatie van grondwaterstanden op bodemkaarten, waarom en hoe 15
2 Gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) 19
3 Grondwatertrappen 45
4 Frequentieverdeling en duur van grondwaterstanden 55
5 Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand 63

Rubriek BII: Verzamelen, verwerken en archiveren van grondwaterstandsgegevens 65

6 Verkrijgen van kwantitatieve grondwaterstandsgegevens 67

7 Computeruitvoer van grondwaterstanden en van gegevens van Gt-berekeningen 71

8 Inventarisatie van grondwaterstandsbuizen 93

Literatuur 99

Woord vooraf

De 'Handleiding bodemgeografisch onderzoek' is uitgegeven door DLO-Staring Centrum als Technisch Document 19 en bestaat uit de volgende vijf delen:

— TD 19A: Bodem
— TD 19B: Grondwater
— TD 19C: Kaarttekenen, rapporteren en samenstellen digitale bestanden
— TD 19D: Interpreteren van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik
— TD 19E: Bepalingsmethoden en meettechnieken

De handleiding is samengesteld door een projectteam bestaande uit J.A.M. ten Cate, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp op basis van bestaande documenten.

Bij de samenstelling van dit deel, TD 19B-Grondwater, is medewerking ontvangen van J.H. Oude Voshaar (GLW-DLO) (regressie-analyses van grondwaterstanden), J. Denneboom (Gt-berekeningen) en W.J.M. te Riele (gerichte opname). Tevens is gebruik gemaakt van de kritische kanttekeningen van medewerkers van de hoofdafdeling Landinventarisatie en Landevaluatie.

Met de uitgave van Technisch Document 19 'Handleiding bodemgeografisch onderzoek' komt een einde aan de periode dat medewerkers van DLO-Staring Centrum (SC-DLO) bij bodemgeografische onderzoeken gebruik maken van het losbladig handboek 'Handleiding voor de karteringen'. Het losbladig handboek is uitgegeven in 1979 door de Stichting voor Bodemkartering (projectteam A.G. Beekman, W. Heijink en G.G.L. Steur) en is in de jaren na uitgave diverse malen aangevuld en vernieuwd. De na 1988 ingevoerde wijzigingen en vernieuwingen, zoals de nieuwe grondwatertrappenindeling en horizontcoderingen, de invoering van BOPAK enzovoort zijn niet meer in dit losbladig systeem opgenomen. De noodzaak voor een nieuwe, geactualiseerde versie werd daardoor steeds groter. Daarom is vanaf begin 1994 prioriteit gegeven aan de samenstelling van Technisch Document 19.

Deze handleiding is voornamelijk bestemd voor bodemkundig geschoolde medewerkers. Het projectteam wijst er op dat deze handleiding *geen* leerboek bodemkunde is (zie hiervoor: Bodemkunde van Nederland, deel 1, Algemene Bodemkunde, W.P. Locher en H. de Bakker; en deel II, Bodemgeografie, H. de Bakker en W.P. Locher; beide delen uitgegeven door Malmberg, Den Bosch, 1990), maar een handleiding voor het bodemgeografisch onderzoek zoals dat door SC-DLO thans wordt (en door de Stichting voor Bodemkartering/SC-DLO in het verleden werd) uitgevoerd.

Inleiding

Technisch Document 19 'Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften' deel B 'Grondwater' bevat 2 rubrieken. De inhoudsopgave van iedere rubriek inclusief figuren en tabellen staat aan het begin van de rubriek (gekleurde pagina's) aangegeven. De verkorte inhoudsopgave van alle rubrieken staat aan het begin van deel B aangegeven.

Rubriek BI bevat een overzicht van definities en indelingen van grondwatertrappen. Na het 'waarom en hoe' van het aangeven van de fluctuatie van grondwaterstanden op bodemkaarten (hoofdstuk 1) volgt de definitie van de GHG en GLG (par. 2.1). De GHG en GLG zijn kengetallen waarmee de gemiddelde jaarlijkse fluctuatie van grondwaterstanden wordt gekarak-teriseerd. Deze kengetallen berekenen we uit de gemeten grondwaterstanden in buizen van het landelijk meetnet; het zijn verwachtingswaarden (schattingen). De nauwkeurigheid daarvan (par. 2.2) geeft aan in hoeverre de werkelijke, maar onbekende, GHG (GLG) hiervan kan afwijken.

Koppeling van korte meetreeksen aan het landelijke meetnet met langjarige grondwaterstandsgegevens (par. 2.3) biedt de mogelijkheid het aantal meetpunten voor de berekening van GHG (GLG) te vergroten. De nauwkeurigheid van deze waarden is evenwel geringer. In nog sterkere mate geldt dit voor de GHG en GLG uit gerichte opnamen (par. 2.4). Om een globale indruk van de voorkomende GHG's te verkrijgen is het zinvol in de winter een verkenning uit te voeren van de ontwaterings- en afwaterings-situatie (par. 2.5).

De op meetpunten berekende GHG en GLG zijn met behulp van profiel- en veldkenmerken naar niet-bemeten punten te extrapoleren. De extrapolatie, de veldschatting (par. 2.6), vindt gelijktijdig plaats met de opname van de bodemgesteldheid. In paragraaf 2.7 gaan we in op de verslaglegging van het Gt-onderzoek.

Voor weergave op bodemkaarten worden de vele mogelijke GHG-GLG-combinaties tot een beperkt aantal klassen samengevat: de grondwatertrappen (hoofdstuk 3). De GHG en GLG geven een beeld van de jaarlijkse grondwaterfluctuatie. Ook de tijdsduur van overschrijding van bepaalde grondwaterstanden is er globaal aan te ontlenen. Via een cumulatieve frequentieverdeling (par. 4.1) is voor de GHG en GLG het verband met de tijdsduur van grondwaterstanden in paragraaf 4.2 uitgewerkt.

De GHG en GLG geven eveneens informatie over de gemiddelde grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen (hoofdstuk 5). Deze gemiddelde (voorjaars-)grondwaterstand, de GVG, is één van de karakteristieken op basis waarvan het vochtleverend vermogen van de grond wordt afgeleid.

Rubriek BII omvat informatie over het verzamelen, verwerken en archiveren van grondwaterstandsgegevens. In hoofdstuk 6 beschrijven we de procedure voor het verkrijgen van grondwaterstanden door bemiddeling van de afdeling SBI (Systematische Bodemkundige Informatie) van DLO-Staring Centrum.

De gegevens worden na bewerking aan de aanvragers ter beschikking gesteld. In het 'Grondwater Archief' zijn ze ook toegankelijk voor andere (interne) gebruikers. De gevolgde werkwijze is met een toelichting op de computeruitvoer opgenomen in hoofdstuk 7.

De reeds uitgevoerde inventarisaties van stambuizen zijn te raadplegen in het 'Grondwater Archief' onder beheer van de afdeling SBI. De gestandaardiseerde wijze van inventariseren is aangegeven in hoofdstuk 8. Tevens zijn hier de eisen vermeld die aan (stam)buizen worden gesteld.

Rubriek BI: Definities en indelingen van grondwatertrappen

1 Fluctuatie van grondwaterstanden op bodemkaarten, waarom en hoe 15

2 Gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) 19
2.1 Definitie 19
2.2 Nauwkeurigheid van de berekende GHG en GLG 24
2.3 Schatting van GHG en GLG van (tijdelijke) buizen met korte meetreeksen door regressie-analyse met stambuizen 25
2.3.1 Inleiding 25
2.3.2 Nauwkeurigheid van de via regressie geschatte GHG (GLG) in tijdelijke buizen 27
2.3.3 Voorwaarden om de methode toe te kunnen passen 27
2.3.4 Combinatie (middelen) van schattingen uit meer stambuizen levert een betere GHG en GLG 28
2.3.5 Berekening met Genstat-procedure GTKORTEREEKS 29
2.4 Benadering met gerichte opnamen 35
2.5 Verkenning van de ontwateringstoestand in de winter 37
2.6 Veldschatting 37
2.7 Verslaglegging van het Gt-onderzoek 42

3 Grondwatertrappen 45
3.1 Hoofdindeling 45
3.2 Grondwatertrappen bij de standaardpuntencode 47
3.3 Grondwatertrappen voor de (herziene) Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 51
3.4 Grondwatertrappen voor grootschalige bodemkaarten 52

4 Frequentieverdeling en duur van grondwaterstanden 55
4.1 Cumulatieve frequentieverdeling 55
4.2 Grondwatertrappen en tijdsduurklassen van grondwaterstanden 60

5 Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand 63

Tabellen

B-1 Gemiddelde en variantie van het gemiddelde van GHG, GLG en GHG-GLG-fluctuatie per Gt voor meetpunten in pleistocene zandgebieden, zeekleigebieden en duinen (naar Van der Sluijs, 1990) 41
B-2 Grondwatertrappenindelingen 46

B-3 Grondwatertrappen bij de standaardpuntencode, aangevuld met kwalitatieve toevoegingen, en met toepassing van de Gt-code als afhankelijke van de boordiepte 50
B-4 Grondwatertrappenindelingen voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, met kwalitatieve toevoegingen en HELP-richtwaarden 52
B-5 Grondwatertrappenindeling voor grootschalige bodemkaarten bij een boordiepte van 120 cm - mv., met kwalitatieve toevoegingen en HELP-richtwaarden 53
B-6 Grondwatertrappenindeling voor grootschalige bodemkaarten bij een boordiepte van maximaal 180 cm - mv., met kwalitatieve toevoegingen 54
B-7 Omzetting van grondwatertrappen in tijdsduurklassen (naar Van der Sluijs en De Gruijter, 1985) 62

Figuren

B-1 Gemiddelde maandwaarden van de neerslag (KNMI-district 8), de potentiële verdamping (meetstation De Bilt) en het neerslagoverschot in de periode 1951 tot en met 1994 19
B-2 Tijd-stijghoogtellijnen van buis 28H-L-0029: in hydrologische jaren met een droge (1982), een natte (1987) en een gemiddelde zomer (1980) (a); en in hydrologische jaren met een droge (1972/73), een natte (1974/75) en een gemiddelde winter (1984/85) (b). GHG en GLG zijn berekend over periode 2 (fig. B-14: juni 1969-juli 1988) 21
B-3 Grondwaterkarakteristieken voor de gehele meetreeks van buis 28H-L-0029: HG3 en LG3, GHG en GLG, en het langjarig gemiddelde van HG3 en LG3 (= resp. GEM.HG3 en GEM.LG3) per rekenperiode (a); en idem het achtjarig voortschrijdend gemiddelde van HG3 en LG3 (= resp. VHG3 en VLG3) per rekenperiode (b) 23
B-4 Berekening van de GLG van een tijdelijke buis door gebruik te maken van de relatie tussen de grondwaterstanden van een tijdelijke buis en een naburige stambuis. 26
B-5 Verband tussen de bovengrens van grijze vlekken en de GHG in droogmakerijen (naar Van Wallenburg, 1973) 39
B-6 Verband tussen de begindiepte van de Cr-horizont en de GLG voor mariene afzettingen (naar Van Wallenburg, 1973) 40
B-7 Tijd-stijghoogtelijn (a) en cumulatieve frequentie (b) van de grondwaterstand over het hydrologisch jaar 1987/88 van buis 28H-L-0029 56
B-8 Cumulatieve frequentieverdelingen van grondwaterstanden in buis 28H-L-0029: voor een hydrologisch jaar met een droge winter (1972/73), met een natte winter (1974/75); met een droge zomer (1982) en met een natte zomer (1987); alsmede de verdeling over rekenperiode 2 (1969-1988); ook aangegeven zijn de over deze periode berekende GHG en GLG 57

B-9 Cumulatieve frequentieverdeling van grondwaterstanden in buis 34D-L-0007, afgeleid uit dagwaarnemingen en waarnemingen op de 14e en de 28e van elke maand gedurende de periode 1964-1979 58
B-10 Gemiddelde overschrijdingsduur van de grondwaterstand in maanden per jaar voor een aantal GHG- en GLG-combinaties 59
B-11 Overschrijdingsduur van de grondwaterstand (maanden per jaar) per grondwatertrap 61

1 Fluctuatie van grondwaterstanden op bodemkaarten, waarom en hoe

In een groot deel van Nederland bevindt de grondwaterspiegel zich op een geringe diepte beneden het maaiveld. Ongeveer 40% van de gronden heeft in de winter een grondwaterstand ondieper dan 40 cm en ruim 80% ondieper dan 80 cm. In de zomer blijft in bijna 40% van de gronden de grond-waterstand binnen 120 cm diepte. Het grondwater beïnvloedt dan ook in sterke mate de bodem als groeimilieu en standplaats voor de plant, de gebruiksmogelijkheden van de grond en de bodemvorming. Een interpretatie van Nederlandse bodemkaarten is daarom ondenkbaar zonder kennis van de diepte waarop zich het grondwater bevindt. We zien dit bij de interpretatie van bodemkundige gegevens (Ten Cate et al.; TD 19D, 1995). Van de in dit systeem gehanteerde beoordelingsfactoren zijn de ontwateringstoestand, het vochtleverend vermogen, de verkruimelbaarheid, de stevigheid van de bovengrond en de structuurstabiliteit direct of indirect gekoppeld aan de grondwaterstand. De uitspoeling van zware metalen, fosfaat, nitraat en microverontreiniging wordt beïnvloed door de diepte van het grondwater. In natuurgebieden is de waterhuishouding in relatie met de bodem veelal bepalend voor de biotoop. In toenemende mate wordt de informatie over de diepte van het grondwater gebruikt bij voorspellingen. Er komen steeds meer simulatiemodellen waarbij de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) als invoergegevens worden gehanteerd. Hierbij valt te denken aan modellen die de gewasgroei simuleren, of modellen die de vochtigheidstoestand van de bouwvoor voorspellen, of modellen die een uitspraak doen over de kwaliteit van het grondwater bij een bepaald bodemgebruik. Met de uitkomsten van deze modelberekeningen in combinatie met een geografisch informatiesysteem (GIS) kunnen gebiedsdekkende uitspraken worden gedaan. Een vereiste hierbij is wel dat de invoergegevens alle situaties goed weergeven (De Vries en Van Wallenburg, 1990).

De invloed van het grondwater op de bodemvorming komt tot uiting in hydromorfe kenmerken, zoals bijvoorbeeld roestvlekken en grijze vlekken, stevigheid van het bodemmateriaal en bij zandgronden: het ontbreken van ijzerhuidjes (De Bakker en Schelling, 1989). Deze kenmerken maken het in principe mogelijk op bodemkaarten indicaties over de grondwaterstand op te nemen. Aanvankelijk gebeurde dit beschrijvend. Men gebruikte de diepte van de gley-horizont als indicatie voor de grondwaterstand en verdeelde de gronden in droog, vochtig en nat (Pijls, 1948; Buringh, 1951). Verschillen in ontwatering kwamen ook tot uiting in de landschappelijke benaming van bodemeenheden, bijvoorbeeld komgronden versus stroomruggronden. Op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000 (Stichting voor Bodem-kartering, 1965) zijn de zandgronden verdeeld in hoog, middelhoog en laag. Hiermee wordt niet bedoeld de hoogteligging ten opzichte van NAP, maar de hoogte van het maaiveld ten opzichte van de grondwaterstand.

Al spoedig werden hydromorfe kenmerken gekoppeld aan gemeten grondwaterstanden (Van der Schans, 1957). Geleidelijk aan kregen gemeten grondwaterstanden voor het weergeven van de waterhuishouding op bodemkaarten een steeds grotere betekenis, vooral ook nadat de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO (1958) een landelijk meetnet van grondwaterstanden had ingericht. Dank zij dit landelijk meetnet kon in de jaren zestig het systeem van grondwatertrappen worden ontwikkeld (Van Heesen, 1971).

Het systeem van grondwatertrappen is gebaseerd op gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG). Waarden voor GHG en GLG berekenen we uit een langjarige reeks van grondwaterstanden die beschikbaar is voor elke buis waarin tweemaal per maand de grondwaterstand is gemeten. Bij deze buizen zoeken we het verband tussen GHG en GLG, en profiel- en veldkenmerken. Het gevonden verband maakt extrapolatie van GHG en GLG naar andere waarnemingspunten mogelijk. Daardoor kunnen we de tot klassen samengevoegde GHG-GLG-combinaties, de grondwatertrappen, in het veld afgrenzen. Op deze manier voorzien we bodemkaarten van informatie over winter- en zomergrondwaterstanden die karakteristiek zijn voor een jaar met een gemiddelde neerslag en verdamping, dat wil zeggen gemiddeld voor het heersende klimaat.

Vòòr 1988 berekenden we de GHG en GLG uit de hoogste drie standen en laagste drie standen van het hydrologisch jaar (1 april-31 maart). Na die datum is een halfjaarlijkse grondslag voor de berekening ingevoerd. Voor de GHG gaan we uit van de hoogste drie standen per winterhalfjaar (1 oktober-1 april) en voor de GLG van de laagste drie standen per zomerhalfjaar (1 april-1 oktober). Van der Sluijs en Van Heesen (1989) geven voor deze verandering in de berekeningswijze het argument dat speciaal voor landbouwkundige toepassing van de Gt-informatie de GHG de wintertoestand en de GLG (het einde van) de zomertoestand dienen te benaderen.

Wij zijn nu, medio 1995, van mening dat deze restrictie tot halfjaarlijkse perioden als berekeningsgrondslag voor de GHG en GLG te sterk de nadruk legt op de landbouwkundige toepassing van de Gt. Voor andere toepassingen en situaties geven de GHG en GLG, berekend over het hele hydrologische jaar, een betere beschrijving van de jaarlijkse gemiddelde fluctuatie. Wij merken wel op dat de resultaten van de berekeningen op halfjaarlijkse basis weinig, maar wel systematisch verschillen van die over het gehele jaar (GHG dieper, GLG ondieper).

Het verschil in berekeningswijze brengen we met ingang van 1996 in de naam tot uiting. Zo krijgt de GHG uit de winterperiode een toevoeging w, de GLG uit de zomerperiode een toevoeging z. Toevoeging j gebruiken we waar de GHG en GLG refereren aan het hele hydrologische jaar. Deze toevoegingen bena-

drukken dus de berekeningswijze in aanvulling op de gebruikelijke nauwkeurige omschrijving van de GHG en GLG in het verslag van onderzoek.

Deze handleiding behandelt de meer algemene aspecten van de GHG, GLG en Gt. Om die reden hebben we ervan afgezien de GHG en GLG te voorzien van een toevoeging.

In deze rubriek beschrijven we het systeem van grondwatertrappen. Tevens zetten we uiteen hoe door 'vertaling' van grondwatertrappen in tijdsduurklassen van grondwaterstanden een andere dimensie aan grondwatertrappen wordt toegevoegd. Tenslotte bespreken we de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen als afgeleide van de GHG en de GLG.

Tot slot: grondwaterstanden meten we in grondwaterstandsbuizen met een filter. Deze buizen moeten zodanig zijn geplaatst dat we 'spanningsvrij' water (freatisch niveau) van het ondiepe grondwater meten. De eisen die gesteld worden aan het plaatsen van grondwaterstandsbuizen, zijn in Technisch Document 19, deel E (Ten Cate et al., 1995) opgenomen.

2 Gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG)

2.1 Definitie

De grondwaterstand heeft gedurende het jaar een golfvormig verloop met in de winter de hoogste en in de zomer de laagste standen. De verdamping die in het voorjaar de neerslag gaat overtreffen (fig. B-1), en de afvoer veroorzaken een daling van de grondwaterstand. Deze daling duurt tot de nazomer of de herfst. Het neerslagtekort gaat dan over in een neerslagoverschot wat resulteert in een stijging van de grondwaterstand. Uitzonderingen hierop komen bijvoorbeeld voor in gebieden met sterke regionale kwel en met waterinlaat.

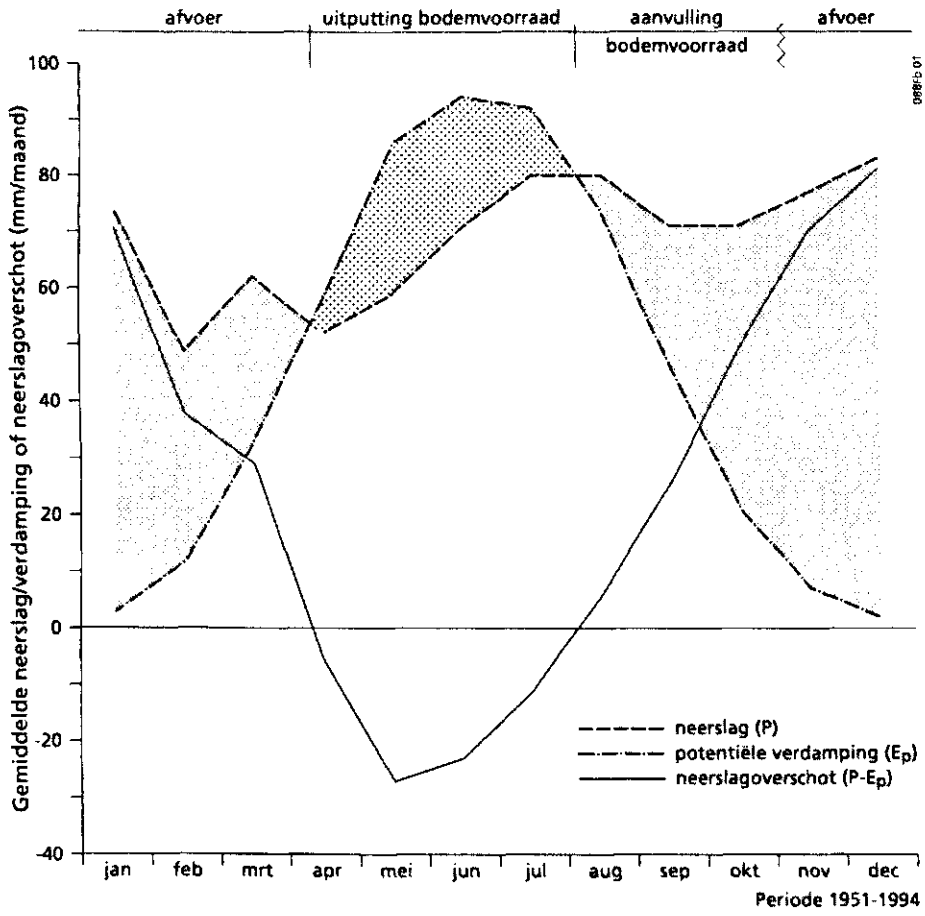


Fig. B-1 Gemiddelde maandwaarden van de neerslag (KNMI-district 8), de potentiële verdamping (meetstation De Bilt) en het neerslagoverschot in de periode 1951 tot en met 1994

De hoeveelheden neerslag en verdamping en hun verdeling over het jaar zijn elk jaar verschillend. Dit werkt door naar de grondwaterstand waardoor de

fluctuatie van de grondwaterstand elk jaar een ander verloop heeft. Bovendien verschillen daardoor de tijdstippen waarop de hoogste en de laagste grondwaterstand voorkomen. Het verloop van de grondwaterstand is voor meetpunt 28H-L-0029 aangegeven in figuur B-2 voor hydrologische jaren met een droge (1982), een natte (1987) en een gemiddelde zomer (1980), en voor hydrologische jaren met een droge (1972/73), een natte (1974/75) en een gemiddelde winter (1984/85). De lijn die de grondwaterstanden (cm - mv.) op de meettijdstippen met elkaar verbindt, heet een tijd-stijghoogtelijn.

Naast meteorologische factoren bepalen ook de hydrologische situatie (afwatering, ontwatering, kwel, wegzijging) en de bodemgesteldheid (door-latendheid, bergingsvermogen) de grootte van de grondwaterstandsfluctuatie. Deze kan men karakteriseren met de hoogste en laagste grondwaterstand. Met de hoogste grondwaterstand wil men de wintergrondwaterstand karakteriseren en met de laagste grondwaterstand de grondwaterstand die aan het einde van het groeiseizoen mag worden verwacht. De van jaar tot jaar verschillende fluctuaties moeten daartoe tot een gemiddelde fluctuatie worden herleid. Wanneer men hiervoor uitgaat van grondwaterstanden gemeten op een vaste datum in de winter, èn in de zomer, wordt een te geringe fluctuatie gevonden. De hoogste standen (fig. B-2) zullen immers niet elk jaar op hetzelfde tijdstip vallen, evenmin de laagste standen.

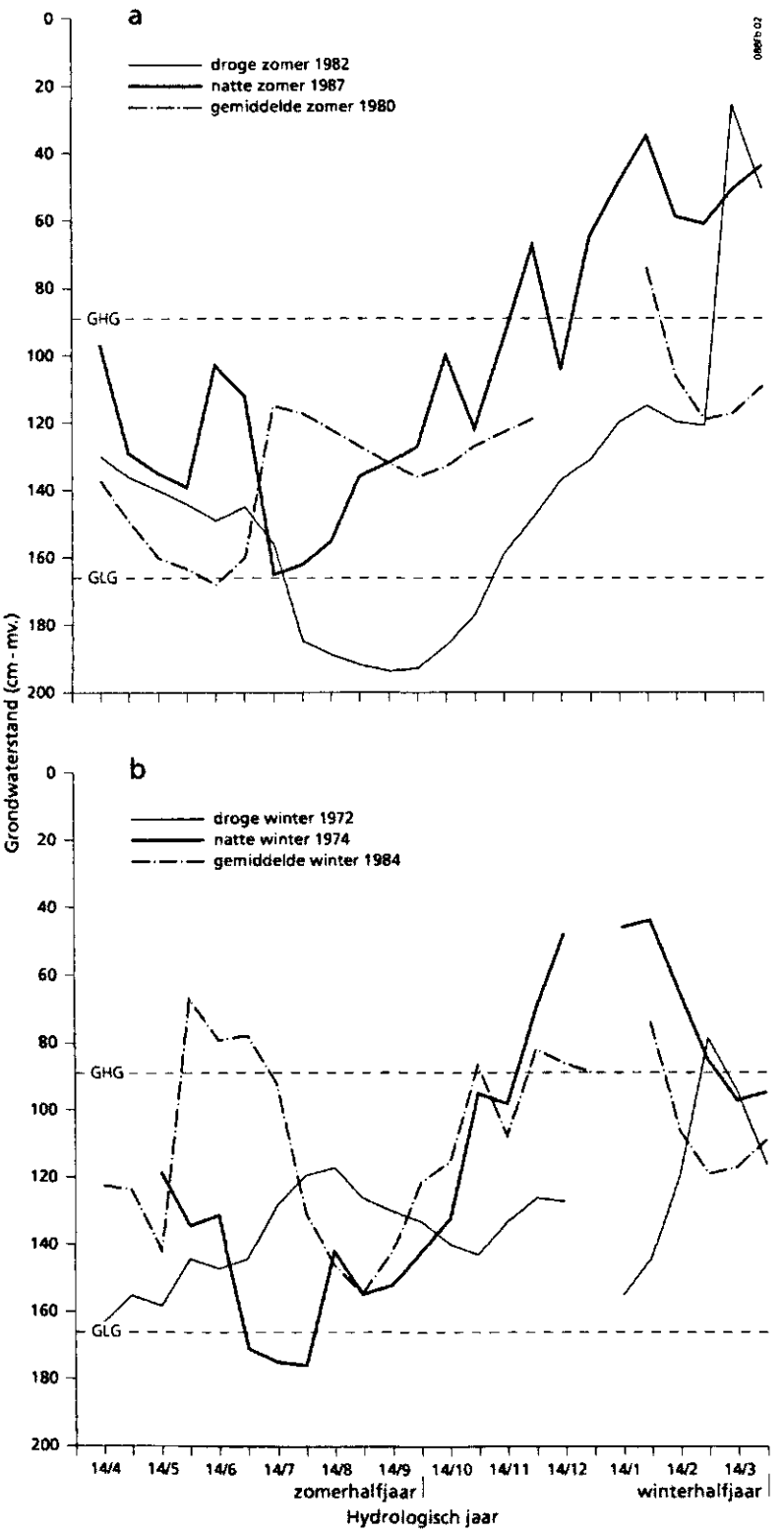


Fig. B-2 Tijd-stijghoogtelijnen van buis 28H-L-0029: in hydrologische jaren met een droge (1982), een natte (1987) en een gemiddelde zomer (1980) (a); en in hydrologische jaren met een droge (1972/73), een natte (1974/75) en een gemiddelde winter (1984/85) (b). GHG en GLG zijn berekend over periode 2 (fig. B-14: juni 1969-juli 1988)

Een beeld van de fluctuaties dat voor veel toepassingen geschikt is, ontstaat door hoogste standen en ook laagste standen over elk hydrologisch jaar (april tot en met maart) te middelen. Door deze waarden weer te middelen kan men de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) berekenen. Vòòr 1988 was de procedure om van een reeks grondwaterstanden, gemeten met een frequentie van tweemaal per maand (op of omstreeks de 14e en de 28e), de zgn. HG3 per hydrologisch jaar (april t/m maart) te berekenen als het rekenkundig gemiddelde van de hoogste drie grondwaterstanden. Evenzo wordt de LG3 per hydrologisch jaar berekend als het rekenkundig gemiddelde van de laagste drie grondwaterstanden. In 1988 werd de halfjaarlijkse periode geïntroduceerd (Van der Sluijs en Van Heesen, 1989). Deze kwam in de plaats van de benadering per volledig hydrologisch jaar (hoofdstuk 1).

Ongeacht de berekeningswijze geldt voor de GHG (GLG) onderstaande definitie.

De GHG (GLG) is gedefinieerd als de statistische verwachtingswaarde van de HG3's (LG3's) gegeven het grondwaterregime en het klimaat. De precieze waarde hiervan zal in de praktijk uiteraard onbekend blijven, maar deze waarde kan geschat worden uit halfmaandelijkse waarnemingen over een aantal jaren, waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd (par. 2.2).

Omdat het weer van jaar tot jaar sterk wisselt, berekenen we in de praktijk de GHG (GLG) over een periode van tenminste 8 jaar.

Aanvankelijk bepaalden we de GHG en GLG grafisch door een 'gemiddelde' lijn te trekken door de toppen en de dalen van tijd-stijghoogtelijnen. Het niveau van de gemiddelde toppen en dalen kwam ongeveer overeen met de gemiddelde waarden van de HG3's en LG3's. De keuze van een gemiddelde van drie standen is arbitrair. Uitgaande van HG4's (LG4's) zou de GHG (GLG) niet meer dan 2 à 3 cm dieper (ondieper) zijn uitgevallen (Van der Sluijs en Van Egmond, 1976). De keuze van het hydrologisch jaar (april t/m maart) in plaats van een kalenderjaar heeft als achtergrond dat het begin hiervan ongeveer samenvalt met het tijdstip waarop neerslag en verdamping met elkaar in evenwicht zijn. De hoge grondwaterstanden vallen daardoor veelal voor het begin van een nieuwe berekeningsperiode. In figuur B-3 is als voorbeeld een tijdreeks van HG3- en LG3-waarden (berekend over de winterperiode, resp. zomerperiode) voor de gehele meetperiode van buis 28H-L-0029 weergegeven. De andere grondwaterkarakteristieken in deze figuur worden toegelicht in paragraaf 7.3.3.

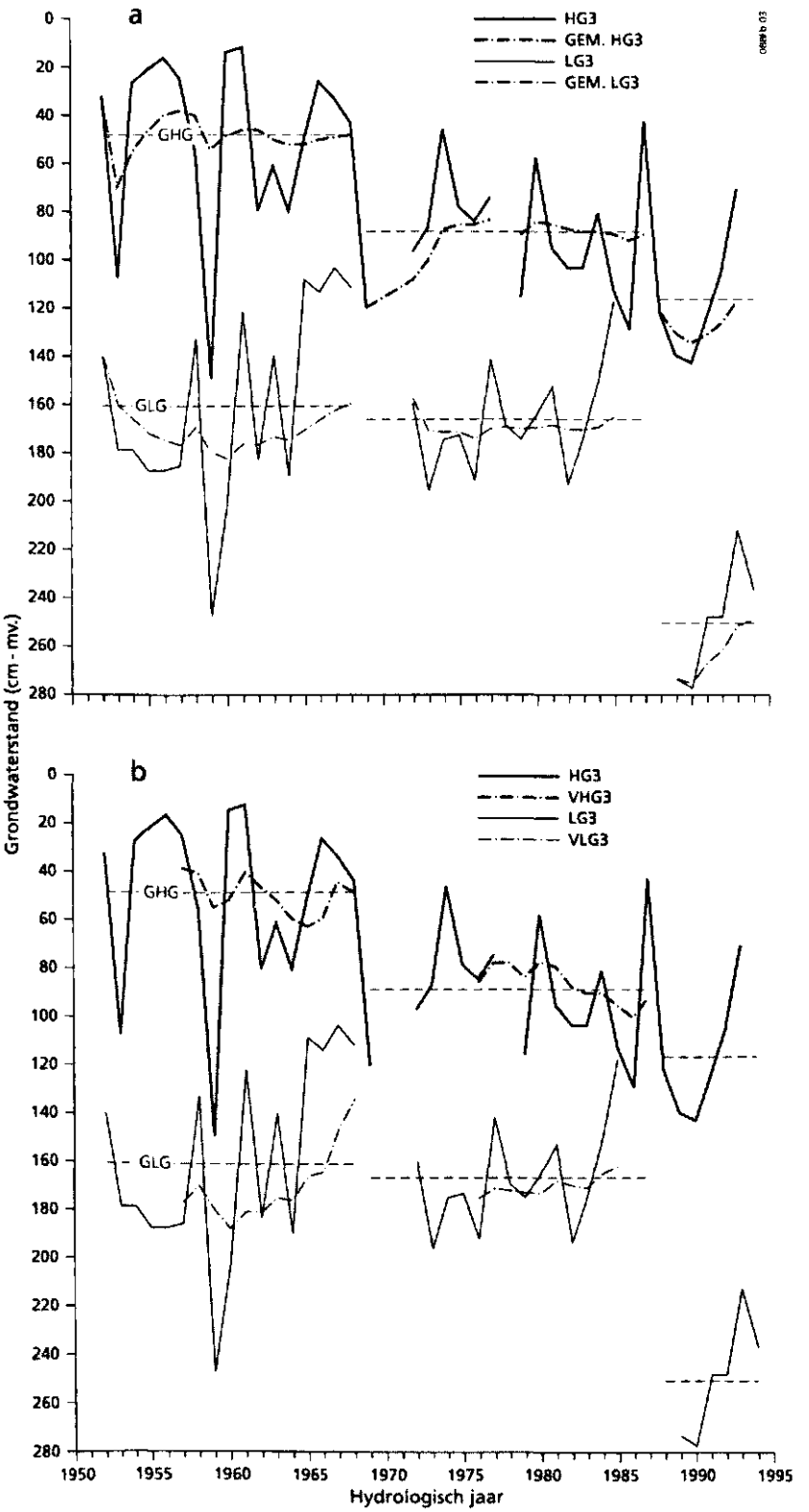


Fig. B-3 Grondwaterkarakteristieken voor de gehele meetreeks van buis 28H-L-0029: HG3 en LG3, GHG en GLG, en het langjarig gemiddelde van HG3 en LG3 (= resp. GEM.HG3 en GEM.LG3) per rekenperiode (a); en idem het achtjarig voortschrijdend gemiddelde van HG3 en LG3 (= resp. VHG3 en VLG3) per rekenperiode (b)

2.2 Nauwkeurigheid van de berekende GHG en GLG

Het aantal jaren met meetgegevens van de grondwaterstand is gewoonlijk beperkt. De eerste systematische metingen dateren van omstreeks 1953. Gegevens over de jaren daarvoor zijn nauwelijks beschikbaar. Een deel van de meetpunten is inmiddels opgeheven of is verplaatst. Ook zijn nieuwe meetpunten in de loop der jaren aan het net toegevoegd. De meetperioden variëren daardoor in lengte en hebben ook los daarvan niet steeds betrekking op dezelfde jaren. Als gevolg van de beperkte meetperiode is de berekende GHG (GLG) niet meer dan een benadering van de werkelijke, maar onbekende GHG (GLG). De nauwkeurigheid van deze berekende GHG (GLG) is niet voor alle meetpunten gelijk.

In de beginperiode van het gebruik van grondwatertrappen stonden meetreeksen van hooguit acht jaar ter beschikking. Deze periode werd toen voor de berekening van de GHG (GLG) als voldoende beschouwd, mede omdat voor een aantal meetpunten een langere periode nog slechts een geringe verandering in de berekende waarde te zien gaf (Colenbrander, 1970). De nauwkeurigheid hangt af van de lengte van de meetperiode en van de variatie in de HG3's (LG3's). Door verschillen in bergingsvermogen en verschillen in ont- en afwateringstoestand is deze variatie niet voor alle meetpunten gelijk.

De nauwkeurigheid van de berekende GHG en GLG kunnen we met een betrouwbaarheidsinterval aangeven (Oude Voshaar, 1994). De betrouwbaarheid drukken we uit in procenten.

Het betrouwbaarheidsinterval is een interval waarvan we vrij zeker zijn dat de verwachtingswaarde hierbinnen valt. Zo is voor het meetpunt 28H-L-0029 (fig. B-14) over de eerste rekenperiode (januari 1952 t/m mei 1969) een waarde van 49 cm voor de GHG berekend en ligt het 90%-betrouwbaarheidsinterval tussen 33 en 64 cm. Voor de werkelijke, maar onbekende GHG over deze periode kunnen we nu met een betrouwbaarheid van 90% zeggen dat deze ligt tussen 33 en 64 cm beneden het maaiveld.

Anders gezegd: met een betrouwbaarheid van 90% zal de werkelijke GHG niet meer dan 15,6 cm hoger of lager zijn dan de berekende 49 cm. In deze uitspraak aanvaarden we dus een risico van 10% op een grotere afwijking dan 15,6 cm.

Het 80%-betrouwbaarheidsinterval heeft als grenzen 37 en 61 cm (fig. B-14). Met een betrouwbaarheid van 80% kunnen we zeggen dat de werkelijke GHG niet meer dan 11,9 cm van de berekende waarde zal afwijken. In vergelijking met het 90%-betrouwbaarheidsinterval is dat bij 80% nauwer begrensd. Daarmee geven we de ligging van de werkelijke GHG nauwkeuriger aan. De geringe winst aan nauwkeurigheid gaat evenwel ten koste van de betrouwbaarheid, die van 90% naar 80% is afgenomen.

Naar de huidige inzichten wordt de schatting van de GHG (GLG) als voldoende nauwkeurig beschouwd, indien het 80%-betrouwbaarheidsinterval

niet groter is dan 20 cm. Zowel voor de correlatie met profiel- en veldkenmerken als voor de keuze van referentiepunten voor een gerichte opname van grondwaterstanden, komen meetpunten met een klein 80%-betrouwbaarheidsinterval het eerst in aanmerking. Uiteraard dienen dergelijke meetpunten ook een goede en representatieve ligging te hebben (hoofdstuk 8).

Uit onderzoek is gebleken dat het klimaat in de periode waarvan de HG3's (LG3's) voor de berekening worden gebruikt, van invloed is. Om de nauwkeurigheid van de GHG en GLG van stambuizen te verhogen, is recent een methode ontwikkeld om voor weersinvloeden te corrigeren (Knotters en Van Walsum, 1994).

2.3 Schatting van GHG en GLG van (tijdelijke) buizen met korte meetreeksen door regressie-analyse met stambuizen

2.3.1 Inleiding

Het landelijk meetnet van stambuizen (meetpunten met metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand) is vrij grofmazig. Voor een gebied hebben we daarom vaak weinig gegevens beschikbaar wanneer we ons beperken tot de stambuizen. Een verdichting van informatie kunnen we bereiken door korte meetreeksen van tijdelijke peilbuizen te koppelen aan langjarige meetreeksen in stambuizen. We plaatsen daartoe tijdelijk (bijv. gedurende een jaar) peilbuizen en meten op dezelfde dag de grondwaterstand in de stambuizen en de tijdelijke peilbuizen. Voor zo'n tijdelijke buis en een naburige stambuis zal het grondwater doorgaans gelijktijdig stijgen en dalen, zodat een vrij sterke relatie kan worden verondersteld tussen de in beide buizen gemeten grondwaterstanden. Van deze relatie maken we gebruik bij het schatten van de GHG en GLG van de tijdelijke buis. De genoemde relatie stellen we vast via regressie-analyse (Oude Voshaar, 1994). Door vervolgens in de gevonden regressieformule de GHG (GLG) van de stambuis in te vullen, vinden we de geschatte GHG (GLG) van de tijdelijke buis (fig. B-4).

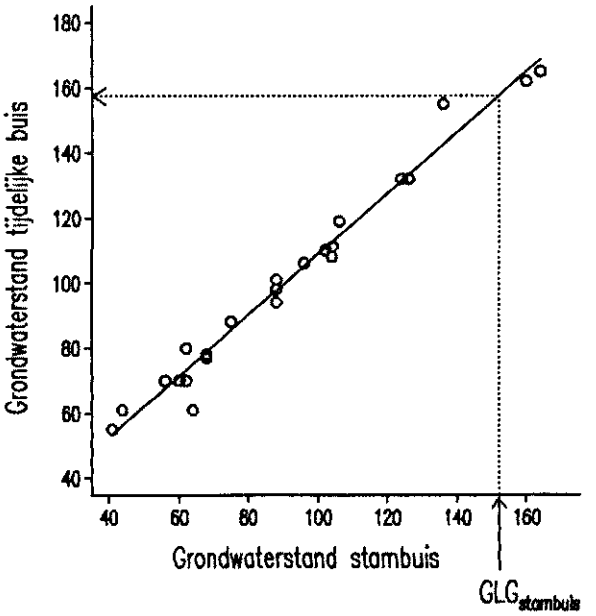


Fig. B-4 Berekening van de GLG van een tijdelijke buis door gebruik te maken van de relatie tussen de grondwaterstanden van een tijdelijke buis en een naburige stambuis.

In het voorbeeld in figuur B-4 vinden we als regressielijn:
$\text{grondwaterstand}_{\text{tijdelijke buis}} = 15.1 + 0.937 \times \text{grondwaterstand}_{\text{stambuis}}$
Verder is de GLG van de stambuis bekend: 152 cm. Invullen in de regressie-vergelijking levert dat de GLG van de tijdelijke buis wordt geschat met 15.1 + 0.937 × 152 = 158 cm.

In sommige gevallen vertoont de puntenwolk een 'banaanvormig' patroon. In die situaties is een regressiemodel met een rechte lijn minder geschikt en gebruiken we een exponentiële curve (zie bijvoorbeeld de eerste grafiek in paragraaf 2.3.5). In de overblijvende gevallen van niet-lineariteit gebruiken we een spline-funktie (een gladde curve die zo goed mogelijk door de puntenwolk gaat).

Het blijkt mogelijk de nauwkeurigheid van de resulterende schatting van GHG en GLG te berekenen (par. 2.3.2). Voor de schattingsmethode gelden bepaalde voorwaarden die we in paragraaf 2.3.3 bespreken.

In de praktijk is meestal een aantal stambuizen in de omgeving beschikbaar. Na controle op de voorwaarden kunnen we met elke geschikte stambuis een GHG en/of GLG schatten. Het ligt dan voor de hand om deze schattingen te combineren (middelen) zodat alle beschikbare informatie gebruikt wordt (2.3.4). Er bestaat een Genstat-procedure (GTKORTEREEKS) waarmee we de benodigde berekeningen eenvoudig kunnen uitvoeren. In paragraaf 2.3.5 illustreren we het gebruik van de procedure met een praktijkvoorbeeld.

2.3.2 Nauwkeurigheid van de via regressie geschatte GHG (GLG) in tijdelijke buizen

Twee componenten bepalen de (on)nauwkeurigheid van de via regressie geschatte GHG (GLG) in een tijdelijke buis:
- onnauwkeurigheid van de regressielijn;
- onnauwkeurigheid van de GHG (GLG) van de stambuis.

De eerste component is duidelijk omdat immers de regressielijn geschat is uit waarnemingen die gespreid liggen rond deze lijn; de lijn bezit daarom een bepaalde onnauwkeurigheid. De tweede component komt voort uit het niet exact bekend zijn van de GHG (GLG) van de stambuis. Deze bezit een bepaalde onnauwkeurigheid (se-stambuis).

Deze beide onnauwkeurigheden worden op een statistisch verantwoorde manier gecombineerd om een schatting van de onnauwkeurigheid van de GHG (se(GHG)) van de tijdelijke buis te krijgen. Omdat de formule voor deze onnauwkeurigheid nogal ingewikkeld is, verwijzen we hiervoor naar Technisch Document 30 (Oude Voshaar, 1995). Op dezelfde manier krijgen we een schatting van de onnauwkeurigheid van de GLG (se(GLG)).

2.3.3 Voorwaarden om de methode toe te kunnen passen

Omdat deze methode nadrukkelijk gebaseerd is op een regressiemodel, moet er een sterke relatie bestaan tussen de grondwaterstanden in de tijdelijke buis en de voor de schatting gebruikte stambuis. Deze wat vage eis is te vertalen in een aantal, meer concrete voorwaarden. Sommige voorwaarden kunnen we al controleren voordat berekeningen worden uitgevoerd. Andere voorwaarden kunnen we alleen controleren wanneer de berekening is uitgevoerd.

Een voorwaarde die we vooraf kunnen controleren is dat de tijdelijke buis en de stambuis op plekken staan met **vergelijkbare hydrologische omstandigheden**. Immers dan zal het grondwater in grote mate gelijktijdig stijgen en dalen en mogen we een sterke relatie tussen de twee buizen veronderstellen. Onder vergelijkbare hydrologische omstandigheden verstaan we:
- overeenkomst in bodemkundige opbouw van het gebied;
- vergelijkbaar peilbeheer (afwatering, bemaling);
- vergelijkbaar m.b.t. kwel cq. wegzijging.

Uiteraard zullen we vooraf ook moeten nagaan of de grondwaterstanden in de stambuis en in de tijdelijke buis op dezelfde dag zijn gemeten.

Andere voorwaarden zijn dat de **relatie voldoende sterk** is en met een lineaire, exponentiële of spline functie is te beschrijven. Dit is achteraf te controleren. We beschouwen de relatie als voldoende sterk als de verklaarde variantie ($R^2_{adjusted}$) groter is dan 80%. Als deze kleiner is dan 80% zal de

GHG te diep (en de GLG te ondiep) worden geschat vanwege het verschijnsel 'regression to the mean': alle schattingen worden dan naar het midden getrokken omdat de regressielijn vlakker wordt naarmate de relatie zwakker is.

Bovendien moet de **relatie goed kunnen worden vastgesteld**. Dit houdt in dat er **voldoende meettijdstippen** (minstens 10 en liever 20) moeten zijn waarop beide buizen gemeten zijn. Om de relatie goed te kunnen vaststellen, moeten de stambuizen aan de volgende voorwaarden voldoen:
- er moeten voldoende waarnemingen zijn in de buurt van GHG;
- er moeten voldoende waarnemingen zijn in de buurt van GLG.

Onvoldoende waarnemingen in de buurt van GHG levert een onnauwkeurige schatting van de GHG omdat de regressielijn dan wordt geëxtrapoleerd. Evenzo geldt dit voor de GLG. In de praktijk blijken vooral kortdurende meetreeksen (bijv. korter dan 1 jaar) niet altijd aan beide eisen te voldoen, nl. wanneer de meetreeks geen droge periode of geen natte periode bevat. We moeten dan een afweging maken tussen:
- verlenging van de meetperiode;
- genoegen nemen met onnauwkeurige schatters.

Meetreeksen korter dan 1 jaar zijn ook om een andere reden te wantrouwen. Het kan bijvoorbeeld voorkomen dat op één van beide plekken (tijdelijke buis of stambuis) de bodemfysische eigenschappen in het voorjaar sterk verschillen van die in het najaar. De grondwaterstanden vertonen dan in het voorjaar een andere relatie dan in het najaar. Bij een meetreeks die slechts een half jaar bestrijkt, zullen de gegevens een veel te sterke relatie suggereren en bovendien zal de relatie systematisch te hoog of te laag geschat worden.

2.3.4 Combinatie (middelen) van schattingen uit meer stambuizen levert een betere GHG en GLG

In de praktijk blijkt vaak een aantal stambuizen beschikbaar te zijn om via de regressie-methode de GHG en GLG in de tijdelijke buis te schatten. Dit zou meer dan één schatting opleveren. Tot 1995 gebruikten we alleen de 'beste' stambuis voor de voorspelling zonder gebruik te maken van de informatie van de overige buizen. Het is beter om via een aantal 'goede' stambuizen GHG en GLG te schatten en deze vervolgens te middelen. Deze middeling gaat met een weging waarbij de nauwkeurigste schatting het grootste gewicht krijgt. Zoals veelal gebruikelijk is, zijn de wegingsfactoren omgekeerd evenredig met de varianties van de schattingen. Bij deze gecombineerde schatting moeten we ons uiteraard beperken tot stambuizen die voldoen aan de voorwaarden in paragraaf 2.3.3. De gecombineerde schatting is nauwkeuriger dan de schatting op basis van één stambuis, maar hoeveel nauwkeuriger is niet exact

aan te geven. Als benadering (Oude Voshaar, 1995) nemen wij hiervoor de laagste waarden voor se(GHG) en se(GLG) van de stambuizen die meedoen in de gecombineerde schatter.

2.3.5 Berekening met Genstat-procedure GTKORTEREEKS

We gebruiken de procedure GTKORTEREEKS (in Genstat) voor de berekeningen van GHG (GLG) met bijbehorende onnauwkeurigheden. De procedure is geschikt om te gebruiken in alle projectgebieden waar meetreeksen van tijdelijke buizen en stambuizen beschikbaar zijn.

De procedure vraagt om een (invoer-)file met gegevens die op de eerste plaats de aantallen tijdelijke buizen en stambuizen moet vermelden. Verder zijn nodig de meetreeks van elke tijdelijke buis en van elke stambuis, de GHG en GLG van de stambuizen met hun onnauwkeurigheden, en een lijst die per tijdelijke buis aangeeft welke stambuizen zijn toegestaan voor het berekenen van de gecombineerde schatting (par. 2.3.3).

De uitvoer bevat voor elke tijdelijke buis de volgende resultaten:
- schattingen van GHG en GLG op basis van elke stambuis afzonderlijk, (incl. hun onnauwkeurigheden), een aanduiding of de stambuis voor de gecombineerde schatter is toegestaan en het type van de curve;
- gecombineerde schattingen voor GHG en GLG (incl. hun onnauwkeurigheden);
- grafiek(en) van de relatie tussen grondwaterstanden van tijdelijke buis en stambuis;
- een beknopt overzicht van de gecombineerde schattingen van GHG en GLG (incl. hun onnauwkeurigheden) van alle tijdelijke buizen (aan het eind van de file).

De werkwijze voor de Genstat-procedure GTKORTEREEKS is als volgt:
- stel een gegevensfile samen;
- voer een berekening uit;
- check de uitvoer: ga na of de lijst met toegestane buizen in de gegevensfile aangepast moet worden;
- voer zonodig de berekening opnieuw uit met een aangepaste lijst met toegestane buizen.

We illustreren het gebruik van de procedure aan de hand van een praktijkvoorbeeld uit het landinrichtingsgebied Losser-Noord. Hier zijn 15 tijdelijke buizen en 6 stambuizen op 23 tijdstippen gemeten.
De gegevensfile voor het voorbeeld ziet er als volgt uit:

```
"Dataset voor Ct-kartering van Lossor-Noord. Buizen met korte meetreeks: S1-S15
stambuizen: L1-L6"

" Aantal S-buizen, aantal stambuizen"
  15     6 :

" nummer buis en grondwaterstanden"
 S1
  80  70  77  98  97 111 106 132 132 155 165 162  98 110 114 113  88  78  70  61  70  55  61 :
 S2
  31  65  78  92  87 101  84 106 100 116 131 119  29  85  83  72  74  65  48  19  58  17  65 :
 S3
  14  36  53  81  82  88  79 123  85 118 152 149  43  55  75  59  34  42  25  17  41  15  42 :
 S4
  31  48  53  62  59  71  58  90  79 103 112  96  34  58  60  66  48  48  42  28  46  22  47 :
 S5
  17  42  56  73  75  94  94 126 135 188 262 256 201 111  89  72  43  44  27   8  38   6  39 :
 S6
  29  55  75  96  84  94  85 119 105 138 158 209  49  82  86  71  55  52  36  25  44  27  56 :
 S7
  12  14  28  53  37  59  31  79  69 103 138 145  84  74  71  46  19  17  14  15  16  10  16 :
 S8
  70  87 103 119 121 136 117 144 110 158 183 183 115 129 129 122 104  98  69  45  92  51  94 :
 S9
  14  39  69  80  74  88  73  96  75 104 126 119  70  74  68  63  55  58  51  39  52  34  41 :
 S10
   *   *  57  83  90 107 101 121 125 140 157 154 108 101 108 109  69  57  42  28  42  18  49 :
 S11
   3   5   9  44  41  77  32  92  94 108 115 110  11  59  56   8   8   8   5   5   5   4   3 :
 S12
  15  15  19  51  45  81  37  95  86 129 165 162  89  64  59  18  15  15  15  15  17  11   8 :
 S13
  61  58  76 106 103 126 105 141 134 163 211 207  63 158 149 156 113 104  91  84  76  66  78 :
 S14
 154 117 114 147 170 188 197 203 208 222 238 251 164 214 204 208 168 145 133 117 113  79  90 :
 S15
  31  59  67  74  71  86  77 104  88 116   * 116  47  74  74  65  58  61  50  39  55  32  61 :
 L1
  33  36  41  51  50  65  58  95  83 103 156 122  42  63  67  58  39  34  30  25  27  19  28 :
 L2
  13  28  31  41  40  66  46  94  77 121 159 153  53  63  61  52  31  30  22  18  29  13  30 :
 L3
  35  51  54  59  57  73  68 106  87 122 138 122  46  77  78  60  51  53  46  35  46  34  51 :
 L4
  62  60  68  88  88 104  96 126 124 136 164 160  88 102 106 104  75  68  56  44  62  41  64 :
 L5
  91  86  99 127 133 146 137 156 161 171 187 191 146 143 145 150 115  97  84  63  82  49  85 :
 L6
 144  74 121 158 172 189 191 205 203 218 238 221 199 178 186 188 143 125 108 112 100  50 106 :

*  Buis     GHC  seGHC     GLG  seGLG       TNO-nr"
     L1      19    3.9     110    9.0  '29C-L-0017'
     L2      20    1.6     150   17.4  '29C-L-0004'
     L3      45    2.5     112    7.6  '29C-L-0006'
     L4      63    5.5     159    4.6  '29A-L-027a'
     L5      88    4.7     179    4.3  '29A-P-018a'
     L6     126    6.4     229    6.4  '29C-L-0023' :

"Tijdelijke buis met toegestane stambuizen"
S1              L3  L4   L5 :
S2   L1   L2    L3 :
S3   L1   L2    L3 :
S4   L1   L2    L3 :
S5        L2    L3  L4   L5 :
S6        L2    L3  L4 :
S7  L1    L2    L3 :
S8                L4   L5   L6 :
S9        L2    L3  L4   L5 :
S10       L2    L3  L4   L5 :
S11  L1   L2    L3 :
S12  L1   L2    L3  L4 :
S13               L4   L5   L6 :
S14               L4   L5   L6 :
S15  L1   L2    L3 :
```

Alle regels tussen aanhalingstekens (" ") bevatten commentaar en worden door Genstat overgeslagen. De tekst voor deze regels is niet voorgeschreven, dus naar eigen keuze op te stellen.

De eerste belangrijke informatie bestaat uit 2 getallen waarmee we aangeven om hoeveel tijdelijke buizen en hoeveel stambuizen het gaat; hier 15 en 6. Deze regel moeten we afsluiten met een dubbele punt.

Vervolgens geven we (telkens op een nieuwe regel):
- de naam van de eerste tijdelijke buis (deze moet beginnen met een letter);
- de grondwaterstanden van de eerste tijdelijke buis (regel afsluiten met :);
- de naam van de tweede tijdelijke buis;
- de grondwaterstanden van de tweede tijdelijke buis (afsluiten met :);
- enzovoort.

Eventueel ontbrekende waarnemingen geven we aan met *.

Daarna geven we op dezelfde manier van elke stambuis de naam (die ook met een letter begint) en de grondwaterstanden. Gebruik voor de naam 6 posities of minder.

Aansluitend geven we de volgende informatie over de stambuizen in deze volgorde:

naam GHG seGHG GLG seGLG TNO-nr.

Het TNO-nr moet tussen *enkele* quotes staan.
Deze stambuisgegevens ontlenen we aan de staat met grondwaterstands-gegevens (uitvoer) via OLGA. De laatste, dus meest recente periode van een stambuis levert de waarden voor GHG, seGHG, GLG en seGLG. Uiteraard nemen we de voor klimaatsinvloeden gecorrigeerde waarden voor GHG en GLG (Knotters,1995) indien deze correctie is uitgevoerd.

In het laatste deel van de datafile geven we voor elke tijdelijke buis op welke stambuizen toegestaan zijn voor de berekening van de gecombineerde schatting (par. 2.3.3).

Hiermee is de gegevensfile gereed en slaan we deze op bijvoorbeeld onder de naam `LOSSER.DAT`.

De berekeningen voeren we uit met een Genstat-programma dat uit 2 regels bestaat:

```
OPEN 'losser.dat'; CHANNEL=2; WIDTH=132
GTKORTEREEKS
```

In dit Genstat-programma wordt met de eerste regel de gegevensfile geopend (`WIDTH` moet worden opgegeven als de file meer dan 80 kolommen bevat). Met de tweede regel wordt de procedure `GTKORTEREEKS` uitgevoerd.

We slaan het bovenstaande Genstat-programma (2 regels) op in een file (bijv. `LOSSER.GEN`) en draaien vervolgens (op een Vax- of Alpha-computer) het programma met de opdracht:

```
G5 IN=LOSSER.GEN, OUT=LOSSER.LIS
```

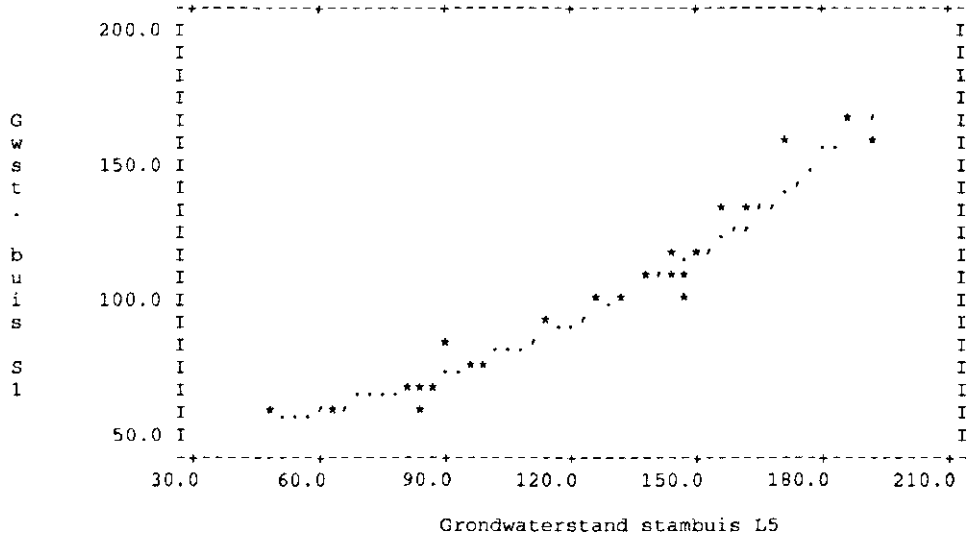
De uitvoerfile `LOSSER.LIS` heeft de volgende inhoud:
(we drukken hier alleen de resultaten voor buis S1 af)

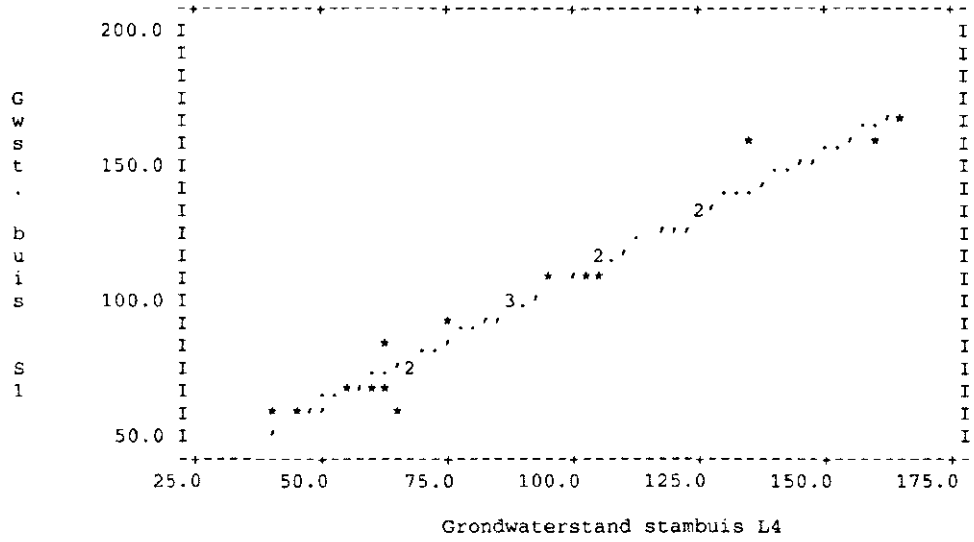
Schatting van GHG en GLG voor tijdelijke buis S1
op basis van afzonderlijke stambuizen:

gebruikte stambuis	GHG	se(GHG)	GLG	se(GLG)	toegestaan	R2adj	curve type
L1	52	7.6	150	5.8		96.8	exponentieel
L2	68	3.6	163	8.1		93.0	exponentieel
L3	77	3.9	146	9.0	*	88.4	lineair
L4	74	5.3	164	4.9	*	97.8	lineair
L5	71	3.0	152	6.6	*	96.4	exponentieel
L6	76	3.4	160	10.8		92.8	exponentieel

Gecombineerde schatting van GHG en GLG voor tijdelijke buis S1
(=gewogen gemiddelde over de toegestane stambuizen waarvoor R2adjusted > 80%)

GHG	se(GHG)	GLG	se(GLG)
74	3.0	158	4.9





De eerste tabel in de uitvoer bevat de schattingen van GHG en GLG van buis S1, berekend op basis van **elke stambuis afzonderlijk** (de gecombineerde schatting volgt erna). Uit de tabel blijkt o.a. dat stambuis L5 de nauwkeurigste schatting levert voor GHG (onnauwkeurigheid van 3,0 cm) en stambuis L4 de nauwkeurigste schatting voor GLG (onnauwkeurigheid van 4,9 cm) bij de **toegestane** stambuizen.

Onder het kopje 'toegestaan' staat hier met een * aangegeven welke stambuis wij toestaan voor het berekenen van de gecombineerde schatting.

Verder vermeldt de tabel de verklaarde variantie ($R^2_{adjusted}$). Voor elke combinatie (S1 met stambuis) geeft deze aan hoe goed de relatie is tussen de grondwaterstanden van buis S1 en de stambuis.

In de laatste kolom is aangegeven of de curve (relatie) met een lineaire, exponentiële of spline functie is verkregen (par. 2.3.3).

Hierna volgt in de uitvoer het resultaat van de gecombineerde schattingen voor GHG en GLG. Deze zijn gebaseerd op de toegestane stambuizen waarvoor bovendien de $R^2_{adjusted}$ > 80% moet zijn. Bij deze schatting zijn onnauwkeurigheden (seGHG en seGLG) opgegeven die overeenkomen met de laagste onnauwkeurigheden van de stambuizen die voor de combinatie zijn toegestaan.

De uitvoerfile geeft vervolgens een grafiek van de relatie tussen de grondwaterstanden van de tijdelijke buis en de stambuis die de nauwkeurigste schatting levert voor de GHG, nl. L5. Eronder staat de grafiek van de tijdelijke buis met stambuis L4. Deze levert de nauwkeurigste schatting voor de GLG. De grafieken geven ons een visueel beeld van de regressie. In dit voorbeeld zijn twee grafieken afgedrukt, omdat voor de schatting van GHG en GLG verschillende stambuizen de nauwkeurigste schatting leveren (L5 en L4). Anders wordt één grafiek afgebeeld.

Bij nader inzicht (na de uitvoer te hebben doorgenomen) concluderen we dat we stambuis L3 niet willen gebruiken bij S1 omdat het verschil tussen de GLG-waarden nogal groot is. We zullen daarom het programma nogmaals draaien waarbij L3 niet gebruikt mag worden voor de gecombineerde schatting van S1. Hiertoe passen we aan het eind van de gegevensfile LOSSER.DAT het deel aan waarin voor elke tijdelijke buis staat welke stambuizen gebruikt mogen worden. Na verwijdering van L3 bij S1 en L1mbij S2 blijft de volgende file over:

```
"Tijdelijke buis met toegestane stambuizen"
S1                      L4    L5 :
S2          L2    L3 :
S3    L1    L2    L3 :
S4    L1    L2    L3 :
S5          L2    L3   L4    L5 :
S6          L2    L3   L4 :
S7    L1    L2    L3 :
S8                      L4    L5    L6 :
S9          L2    L3   L4    L5 :
S10         L2    L3   L4    L5 :
S11   L1    L2    L3 :
S12   L1    L2    L3   L4 :
S13                     L4    L5    L6 :
S14                           L5    L6 :
S15   L1    L2    L3 :
```

We draaien vervolgens het programma nogmaals met de opdracht:

```
G5 IN=LOSSER.GEN, OUT=LOSSER.LIS2
```

De uitvoerfile `LOSSER.LIS2` bevat dan de volgende uitvoer (voor de eerste buis):

```
Schatting van GHG en GLG voor tijdelijke buis   S1
 op basis van afzonderlijke stambuizen:


 gebruikte
 stambuis      GHG se(GHG)      GLG se(GLG)  toegestaan   R2adj        curve type

       L1       52     7.6      150     5.8                96.8      exponentieel
       L2       68     3.6      163     8.1                93.0      exponentieel
       L3       77     3.9      146     9.0                88.4           lineair
       L4       74     5.3      164     4.9           *    97.8           lineair
       L5       71     3.0      152     6.6           *    96.4      exponentieel
       L6       76     3.4      160    10.8                92.8      exponentieel


 Gecombineerde schatting van GHG en GLG voor tijdelijke buis  S1
 (=gewogen gemiddelde over de toegestane stambuizen waarvoor R2adjusted > 80%)

      GHG  se(GHG)      GLG  se(GLG)

       72      3.0      160      4.9
```

De gecombineerde schatting is nu gebaseerd op L4 en L5; dit levert 72 op voor de GHG in plaats van 74. De GLG wordt nu op 160 geschat in plaats van op 158.

Tot slot bespreken we nog een aantal extra voorzieningen van de procedure:

Gering aantal waarnemingen van de grondwaterstand
De uitvoer geeft een melding als er voor stambuizen te weinig waarnemingen zijn van grondwaterstanden in de buurt van de GHG of GLG (par. 2.3.3). Het criterium hiervoor is:

- er moeten gemiddeld over de stambuizen minstens 2 grondwaterstanden ondieper zijn dan GHG + 0.2 × (GLG - GHG);

- er moeten gemiddeld over de stambuizen minstens 2 grondwaterstanden dieper zijn dan GLG - 0.2 × (GLG - GHG).

Geen gecombineerde schatting
Er wordt geen gecombineerde schatting afgedrukt als geen enkele toegestane stambuis voldoet aan het criterium $R^2_{adjusted}$ > 80 %. We zien in dat geval dan de volgende uitvoer:

```
 Gecombineerde schatting van GHG en GLG voor tijdelijke buis  S13
 (=gewogen gemiddelde over de toegestane stambuizen waarvoor
R2adjusted > 80%)

      GHG  se(GHG)       GLG  se(GLG)

        *        *         *        *
```

Voor de tijdelijke buis S13 zijn dan geen schattingen van GHG en GLG beschikbaar.

Alle grafieken afdrukken bij een tijdelijke buis
De procedure levert standaard alleen grafieken van de relatie met de die de nauwkeurigste schatting van GHG dan wel GLG levert. Het is ook mogelijk grafieken af te drukken voor de relatie met alle toegestane stambuizen. De werkwijze hiervoor is:
- neem in het programma `LOSSER.GEN` achter GTKORTEREEKS een extra optie op:

```
GTKORTEREEKS [GRAFIEK=alle]
```

Wij raden aan ten minste één keer alle grafieken te bekijken om te zien hoe de curves door de punten zijn getrokken en of er grote afwijkingen zijn ten opzichte van het regressiemodel ('uitbijters').

2.4 Benadering met gerichte opnamen

Bij de benadering van de GHG met gerichte opnamen veronderstelden we voorheen, dat de grondwaterstand in gronden met gelijke Gt's en fluctuatie van grondwaterstanden overal op hetzelfde tijdstip op het niveau van de GHG zou zijn. Het tijdstip waarop dit het geval was, stelden we vast bij één of enkele stambuizen. Op dat tijdstip namen we dan in een groot aantal, vooraf gereedgemaakte, boorgaten de grondwaterstand op. Voor elk boorgat was de gemeten grondwaterstand een schatting van de GHG. Voor het vaststellen van de GLG voerden we een gerichte meting op 'GLG-niveau' uit. Met deze aanpak kunnen we geen waarde geven voor de nauwkeurigheid van de schattingen. Bij de keuze van de als referentiebuis te gebruiken stambuizen is als richtlijn aan te houden dat het stambuizen moet betreffen met:
— een klein 80%-betrouwbaarheidsinterval (minder dan 20 cm);

— een fluctuatie die naar verwachting overeenkomt met die van de boorgaten in het onderzoeksgebied. Uiteraard mag op de meetdatum de grondwaterstand in de stambuis niet te veel van de GHG of GLG afwijken.

Een zwak punt in deze methode was dat ervan uitgegaan werd dat het gebied 'hydrologisch homogeen' zou zijn, in die zin dat de grondwaterstanden zich overal gelijktijdig op het niveau van de GHG of de GLG bevonden. Dit veronderstelde dat de grondwaterstandsfluctuatie binnen zo'n gebied overal synchroon verloopt. Echter door verschillen in bergingsvermogen, doorlatendheid, dichtheid van het ontwateringssysteem, geo(hydro)logische opbouw van de ondergrond enzovoort, komen al op relatief korte afstanden meer of minder grote verschillen in het grondwaterstandsverloop voor. Zo hebben natte gronden een geringe berging en doorgaans een dicht ontwateringssysteem. Hierdoor heeft het weer (neerslag en verdamping) bij natte gronden over het algemeen een veel grotere en directere invloed op de grondwaterstand dan bij drogere gronden. Dit betekent dat het uitgangspunt van de gerichte opname, het alom gelijktijdig bereiken van het GHG- (GLG)-niveau, zich lang niet overal voordoet. Het resultaat van de gerichte opname was een onzekere schatting.

Het is evenwel mogelijk met een wat aangepaste versie van de methode de GHG of GLG te schatten. Hierbij gaan we uit van een *set* van referentiebuizen die de belangrijkste variatie in hydrologische omstandigheden (geohydrologie en ontwateringsniveau) representeren, anders gezegd die alle voorkomende Gt's omvatten.

Opgemerkt moet worden dat in de praktijk het aantal beschikbare stambuizen voor een volledige set meestal ontoereikend is. Hierin is achteraf alsnog te voorzien (par. 2.3) door gedurende een periode een aantal (tijdelijke) peilbuizen te volgen, zodat na afloop de GHG's of GLG's hiervan geschat kunnen worden (Te Riele en Brus, 1991).

Deze gerichte opname voeren we bij voorkeur uit wanneer de grondwaterstand in de buizen met een gemiddeld ontwateringsniveau ongeveer op het GHG- (GLG-)niveau is. Op dat tijdstip meten we de grondwaterstand in de boorgaten en in alle referentiebuizen. Op basis van de gegevens van de referentiebuizen stellen we de samenhang vast tussen de grondwaterstand en de GHG (GLG) (via regressie); eventueel doen we dit per geohydrologisch deelgebied (stratum) afzonderlijk. Met deze samenhang schatten we vervolgens de GHG (GLG) per boorgat. Bij deze aanpak van de gerichte opname kunnen we tevens een indicatie van de betrouwbaarheid van de schattingen verkrijgen, mits het aantal en de spreiding (natte en droge buizen) toereikend is (Te Riele, 1994).

Door evenwel beide metingen in één regressiemodel te combineren, is het mogelijk de betrouwbaarheid van de GHG- (GLG)-schattingen van de boorgaten te vergroten. Voorwaarde is wel dat de metingen op beide tijdstippen op precies dezelfde lokaties verricht worden. In dat geval kunnen we de GHG (GLG) van de boorgaten schatten met een multiple regressie-model dat is gebaseerd op de samenhang tussen de GHG (GLG) en de gemeten grondwaterstanden op

twee tijdstippen in de referentiebuizen (Te Riele en Brus, 1991). Deze methode vindt thans toepassing in onder meer het Gt-actualisatie onderzoek.

2.5 Verkenning van de ontwateringstoestand in de winter

We krijgen op een eenvoudige en snelle wijze een globale indruk van de voorkomende GHG's, wanneer we in de winter een verkenning uitvoeren van de ontwaterings- en afwateringssituatie. Het is doelmatig om dit voorafgaande aan het bodemgeografisch onderzoek uit te voeren. Tijdens de verkenning geven we op een kaart aan in welke mate we wateroverlast constateren. Van belang is het moment waarop we de verkenning uitvoeren. Bij voorkeur doen we dit op het tijdstip waarop de grondwaterstand ongeveer op het niveau van de GHG is gekomen (controleren met stambuisgegevens) en eventueel de slootwaterstand weer tot winterpeil is afgemalen. In alle gebieden met hoge slootwaterstanden is de grondwaterstand ook hoog en de GHG bijgevolg ondiep. Het omgekeerde behoeft uiteraard niet het geval te zijn. Een diep slootpeil vormt geen garantie voor een goede ontwatering (afvoer van overtollig water uit de grond) en een diepe GHG. Zien we bij een goede afwatering veel plassen op het land of water in de bouwvoor van geploegd land, wat niet het gevolg is van de structuur van de bovengrond (verslemping), dan is de kans op een ondiepe GHG vrij groot. Over de tijdsduur waarop zich hoge grondwaterstanden handhaven, kunnen we een indruk krijgen door de verkenning na enige dagen te herhalen.

De verkenning in de winter is ook te gebruiken als een globale controle op een reeds uitgevoerde Gt-kartering of voor het in twijfelgevallen nemen van een beslissing. Als bijvoorbeeld enige tijd na een natte periode nog veel plassen op het land staan, is een Gt V aannemelijker dan een Gt V*. Kies voor een Gt VI indien geen wateroverlast meer waarneembaar is.

2.6 Veldschatting

Ter voorbereiding op een bodemgeografisch onderzoek voeren we een grondige analyse uit naar de beschikbare grondwaterstandsgegevens. In de praktijk komt dit neer op het raadplegen van het archief van GG-TNO met behulp van OLGA en het berekenen van GHG en GLG van de geselecteerde buizen (hoofdstuk 6 en 7). Daarnaast is het van belang de aard en de omvang van de eventueel gerealiseerde ingrepen in de waterhuishouding te kennen, terwijl ook informatie over grootte en plaats van grondwateronttrekking door pompstations onontbeerlijk is. Ook het raadplegen van de waterstaatskaart, schaal 1 : 50 000, en incidenteel van hoogtecijferkaarten, schaal 1 : 10 000, kan bijdragen in een toename van de hydrologische voor-informatie. Bij de start van de opname bestaat er aldus 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 landschappelijke eenheden.

Het op een veldkaart aangeven van grondwatertrappen dat gelijktijdig geschiedt met de opname van de bodemgesteldheid, is gebaseerd op een veldschatting van de GHG en de GLG. Voor de veldschatting gebruiken we profiel- en veldkenmerken. Profielkenmerken worden veroorzaakt door het jaarlijkse verloop 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 hoge grondwaterstanden 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. van ijzer) roest- en/of reductievlekken. In ijzerhoudende gronden zijn dit de klassieke gley-kenmerken, in ijzerloze gronden de blekingsvlekken (kleurschifting). Het GHG-niveau bevindt zich in deze zone, veelal in het bovenste gedeelte;
— de zone beneden de diepste grondwaterstand, waarin door permanente verzadiging met water oxidatieprocessen ontbreken (Cr-horizont). De bovenzijde van deze zone correspondeert ruwweg met het GLG-niveau. Bij profielen met een grote capillaire opstijging kan de GLG zelfs in de gereduceerde zone zitten.

GHG

Van de te gebruiken gleyverschijnselen en blekingsvlekken voor de veldschatting van de GHG is geen landelijk geldende morfometrische beschrijving te geven. Hun verschijningsvorm is te zeer afhankelijk van het moedermateriaal waarin zij zijn gevormd en slechts een deel van deze verschijnselen heeft betrekking op het actuele grondwaterstandsverloop. Ingrepen in de ontwaterings- en afwateringstoestand hebben in grote delen van Nederland de grondwaterstand verlaagd. Profielkenmerken die bij het vroegere grondwaterregime behoren en dus fossiel zijn, laten zich vaak niet gemakkelijk van actuele kenmerken onderscheiden.

Ook is nog weinig bekend over de snelheid waarmee profielkenmerken zich aan gewijzigde hydrologische omstandigheden aanpassen. Gemakkelijk aantastbaar organisch materiaal heeft een versnellend effect op de daarbij optredende (bio)chemische processen (denk bijvoorbeeld aan de reductie-zone) rondom ondergeploegd organisch materiaal in een natte bouwvoor. Eenmaal gevormde roestvlekken, zoals rijpingsroest in alluviale gronden kunnen

in goed ontwaterde gronden vooral bij bouwlandexploitatie blijven bestaan (De Bakker, 1973). In holocene kleigronden geven reductievlekken een betere indicatie dan roestvlekken.

Binnen de zone met gleyverschijnselen en blekingsvlekken dient met name aandacht te worden besteed aan veranderingen van reductie- en blekings-vlekken met de diepte. De veranderingen kunnen betrekking hebben op het aantal vlekken, hun grootte, begrenzing (scherp of diffuus), kleur en kleurcontrast met de matrix. Een praktische methode om dergelijke verschillen te herkennen bestaat uit vergelijking van een brok grond uit het onderste gedeelte van de fluctuatiezone met brokken grond uit steeds hoger gelegen gedeelten. Uitvoering van deze vergelijking op punten waarop we ook over een berekende schatting van de GHG beschikken, maakt het mogelijk bepaalde 'gley- en blekingsbeelden' te vertalen in een GHG-niveau. Het 'gley- en blekingsbeeld' stelt de onderzoeker in staat binnen de fluctuatiezone van de grondwaterstand een herkenbaar referentieniveau vast te stellen. Dit niveau kan, maar behoeft niet samen te vallen met het GHG-niveau. In figuur B-5 ligt dit referentieniveau circa 30 cm onder de GHG. De grootte van de aan te brengen correctie is per gebied afhankelijk van door vergelijkende profielstudie bij stambuizen opgedane ervaring, van hierna nog te noemen andere factoren die in de veldschatting worden betrokken en van informatie over eventuele verlaging van de grondwaterstand.

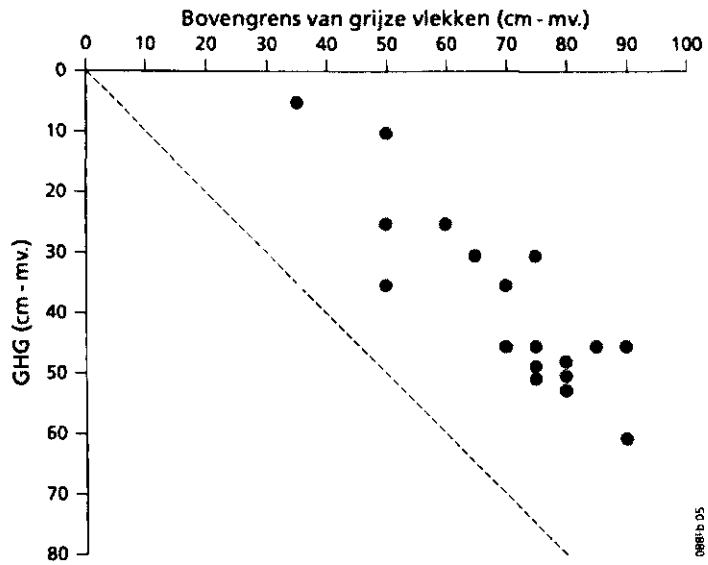


Fig. B-5 Verband tussen de bovengrens van grijze vlekken en de GHG in droogmakerijen (naar Van Wallenburg, 1973)

GLG

De veldschatting van de GLG geeft gewoonlijk minder problemen dan die van de GHG. Het voornaamste profielkenmerk is de begindiepte van de Cr-horizont (fig. B-6). Ook voor het GLG-niveau geldt dat dit niet steeds met de bovengrens van de Cr-horizont samenvalt. De grootte van de noodzake-lijke correctie kan worden gevonden door profielstudie bij stambuizen.

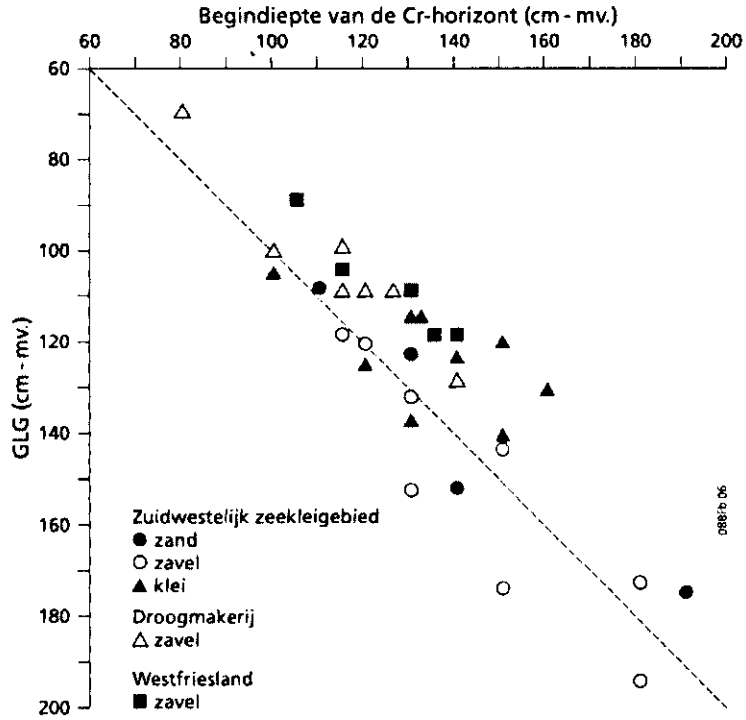


Fig. B-6 Verband tussen de begindiepte van de Cr-horizont en de GLG voor mariene afzettingen (naar Van Wallenburg, 1973)

Andere profielkenmerken die medebepalend zijn voor de veldschatting van de GHG en GLG zijn:

— het structuurprofiel. Naarmate een grond, waarvan het volume bij uitdrogen aan krimp onderhevig is, dieper is ontwaterd, is de structuur beter en dieper gefragmenteerd (Reijmerink, 1967; Kooistra et al., 1984). Een diepere ontwatering heeft een sterkere uitdroging van de bovengrond tot gevolg. Door de sterkere krimp nemen de spanningen in het bodemskelet toe, wat zich uit in een steeds verder en diepergaand scheurenpatroon. De mate van fragmentatie wordt mede bepaald door de capillaire stijgsnelheid die eveneens van de samenstelling en opbouw van het bodemprofiel afhankelijk is;

— de profielontwikkeling. Gronden zonder hydromorfe kenmerken (De Bakker en Schelling, 1989), de xerogronden, hebben van nature steeds een goede ontwatering. Dit geldt eveneens voor moderpodzolgronden. Omgekeerd behoeven hydromorfe kenmerken niet (meer) te wijzen op ondiepe grondwaterstanden. Wel zullen gronden met sterk ontwikkelde hydromorfe kenmerken veelal ook nu nog natter zijn dan gronden waar de kenmerken minder uitgesproken zijn. Sterk ontwikkelde kenmerken zijn: fysisch niet geheel gerijpte ondergronden in goed bewortelbare, holocene klei- afzettingen, diep doorgaande B-horizonten van humuspodzolgronden vaak in combinatie met een fletse kleur, de aanwezigheid van dikke, scherpbegrensde, horizontaal verlopende humusfibers (het zogenaamde 'waterhard') en moerige bovengronden;

— de aard en samenstelling van het moedermateriaal. Behalve de grondwaterstandsdiepte zijn de capillaire eigenschappen van de ondergrond mede bepalend voor het niveau tot waar oxydatie- en/of reductieprocessen kunnen optreden. De capillaire eigenschappen zijn afhankelijk van de korrelgrootteverdeling en van de dichtheid van het moedermateriaal. De dichtheid beïnvloedt mede het waterbergend vermogen en daarmee de fluctuatie van de grondwaterstand;

— de geologische opbouw. Voor de afvoer van grondwater zijn de doorlatendheid en de dikte van het eerste watervoerende pakket van belang;
— het vochtgehalte en de grondwaterstand. Het vochtgehalte en het verloop hiervan met de diepte tijdens het bodemgeografisch onderzoek geven een aanwijzing over de grondwatertrap. Houd rekening met het seizoen, de weersgesteldheid, het gewas, de capillaire eigenschappen en de diepte waarop vrij water of knijpvocht voorkomt. Eveneens is in de veldschatting te betrekken de hoogte van de grondwaterstand in stambuizen ten opzichte van de GHG (GLG) en ten opzichte van de grenzen waarbinnen 80% van de gemeten grondwaterstanden valt (fig. B-15).

Let naast profielkenmerken bij de veldschatting van de GHG en GLG ook op veldkenmerken. Veldkenmerken zijn onder andere te ontlenen aan de fysische geografie van het gebied (landschap, reliëf, dichtheid van het afwaterings- en ontwateringsstelsel, slootwaterstand, begreppeling, buisdrainage- en bodemgebruik) alsmede aan de vegetatie (vocht- en droogte-indicatoren). De veldkenmerken worden tevens gebruikt om de begrenzing van een gebied met eenzelfde grondwatertrap vast te stellen.

Gewoonlijk geeft geen van de kenmerken een ondubbelzinnige aanwijzing over het GHG- en GLG-niveau. Slechts zelden is een kenmerk zo uitgesproken dat geen twijfel behoeft te bestaan over de daaraan te ontlenen 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 GLG een zekere verwachtingswaarde die voortdurend aan kenmerken getoetst moet worden en zonodig gecorrigeerd. Een hulpmiddel hierbij is de

Tabel B-1 Gemiddelde en variantie van het gemiddelde van GHG, GLG en GHG-GLG-fluctuatie per Gt voor meetpunten in pleistocene zandgebieden, zeekleigebieden en duinen (naar Van der Sluijs, 1990)

Grondwatertrap (Gt)	GHG[1] in cm - mv.	GLG[1] in cm - mv.	GHG-GLG-fluctuatie (cm)	aantal meetpunten
I	-5 ± 4	38 ± 7	43 ± 5	14
II nat	7 ± 3	66 ± 4	60 ± 3	34
II* droog	32 ± 7	67 ± 11	36 ± 10	5
III nat	17 ± 1	103 ± 3	86 ± 10	54
III* droog	32 ± 3	102 ± 4	70 ± 3	33
IV	56 ± 3	104 ± 4	49 ± 3	45
V nat	17 ± 3	135 ± 5	118 ± 4	30
V* droog	32 ± 3	142 ± 4	110 ± 3	42
VI	61 ± 1	155 ± 2	94 ± 2	151
VII droog	101 ± 2	190 ± 3	90 ± 2	99
VII* droog	185 ± 3	281 ± 4	97 ± 3	50

[1] Berekend voor het gehele hydrologisch jaar
Let op: natter deel: GHG <25 cm; droger deel Gt II: GHG 25-50 cm en van Gt III en V: 25-40 cm; droger deel Gt VII: GHG 80-140 cm en zeer droog deel Gt VII: GHG >140

kennis van de GHG-GLG-fluctuatie per grondwatertrap, zoals die in tabel B-1 bij gemiddelde waarden van de GHG en GLG is opgenomen. De indeling in grondwatertrappen bespreken we overigens in hoofdstuk 3.

2.7 Verslaglegging van het Gt-onderzoek

Inleiding
Voor het verslag van het Gt-onderzoek beginnen we met het rubriceren van alle op metingen gebaseerde informatie. De indeling berust op de herkomst van de gemeten grondwaterstanden en de functie die deze meetwaarden of daaruit afgeleide waarden (GHG/GLG) in het Gt-onderzoek hebben.
Tenslotte doen we een suggestie voor de verslaglegging.

Gemeten grondwaterstanden, ingedeeld naar herkomst:
— in het verleden bezochte (stam-)buizen;
— in of nabij het onderzoeksgebied gelegen (stam-)buizen;
— S-buizen met korte meetreeksen (te correleren met stambuisreeksen);
— ad hoc of systematisch uitgevoerde metingen tijdens de opname;
— in boorgaten uitgevoerde, gerichte metingen.

De functie van de meetinformatie in het Gt-onderzoek
We maken onderscheid in gemeten grondwaterstanden en afgeleide waarden (informatie) naar de functie in het Gt-onderzoek:
a informatie waarmee we de GHG/GLG kunnen berekenen of schatten voor andere meetpunten (referentiefunctie);
b informatie als richtwaarde bij de schatting van de GHG/GLG op een boorpunt (beslissingsondersteunende functie);
c informatie voor een toets op de juistheid van de schattingen (toetsingsfunctie).

Met behulp van a en b maken we de Gt-kaart. Soms gebruiken we informatie die eerst als referentie (a) is toegepast, vervolgens ook bij de schatting (b). De informatie voor de toetsing (c) geldt alleen voor dat doel en niet voor de beide andere functies (bijv. correctie van de schattingen). De onderstaande reeks ontstaat als we de functies a, b of c toekennen aan de vijf groepen met verschillende herkomst. Bij elke functie geven we een korte toelichting over de toepassing in de praktijk:
— in het verleden bezochte (stam-)buizen:
  * referentiefunctie: met deze informatie heeft de onderzoeker, deels onbewust, zijn ervaring opgebouwd in de min of meer geldende samenhang tussen de feitelijke GHG/GLG en hydromorfe kenmerken. Deze wetenschap speelt in elk Gt-onderzoek een rol;
— in of nabij het onderzoeksgebied gelegen (stam-)buizen:
  * referentiefunctie: met de plaatselijke informatie over de GHG/GLG en het grondwaterstandsverloop over een reeks van jaren scherpt de

onderzoeker zijn kennis/inzicht voor de situatie in het onderzoeks-gebied aan. Daarnaast verschaffen de GHG/GLG en andere grond-waterstanden van de stambuizen goede uitgangswaarden voor de benadering van de S-buizen en voor punten waar gericht gemeten is;

— S-buizen met korte meetreeksen (te correleren met stambuisreeksen):
  * referentiefunctie: met behulp van regressie op naburige stambuizen (par. 2.3) bepalen we de mate van correlatie tussen metingen in S-buizen en stambuizen. Bij voldoende correlatie levert dat een GHG/GLG op voor de lokatie van de S-buis. Deze gebruiken we vervolgens bij de voorspelling van de GHG/GLG van boorpunten en gerichte meting;
  * beslissingsondersteunende functie: grondwaterstanden in S-buizen en in stambuizen gebruiken we bij de schatting van de GHG/GLG op boorpunten in de omgeving, omdat voor deze lokaties van stambuis/ S-buis een GHG/GLG bekend dan wel berekend is met behulp van regressievergelijkingen;

— ad hoc of systematisch uitgevoerde metingen tijdens de opname:
  * beslissingsondersteunende functie: we gebruiken de berekende of voorspelde GHG/GLG-waarden op alle lokaties als richtwaarden voor schattingen bij boringen in de omgeving;

— in boorgaten uitgevoerde, gerichte metingen:
  * beslissingsondersteunende functie: valt het moment van de gerichte meting in het begin van de opname dan is bijsturing van de eventuele systematische afwijking effectiever dan op een later moment in het seizoen. De informatie over de GHG/GLG van lokaties met gerichte metingen komt dan op een later moment nadat de meeste schattingen zijn uitgevoerd. Dit betekent een eventuele 'correctie' van de schattingen na de opname, in het verwerkingsstadium;
  * toetsingsfunctie: een deel van de metingen op aselecte punten op een karakteristieke datum (= gerichte opname) gebruiken we bij de toets op de schattingen door -achteraf- de schattingen in de omgeving met de meting te vergelijken. Dit betreft het deel van de gerichte opname dat niet betrokken is bij de schattingen.

Verslaglegging

In het verslag is alleen de informatie van belang die bij het onderzoek meegespeeld heeft. Beoordeel de verslaglegging daarom kritisch.

Neem in het verslag op:

— in het verleden bezochte (stam-)buizen:
  * geschikt voor elk Gt-onderzoek;

— in of nabij het onderzoeksgebied gelegen (stam-)buizen:
  * de aangehaalde stambuizen (buisnr., kaartbladnr., evt. situatiekaart);
  * berekende GHG- en GLG-waarden (en de periode waarover);
  * eventueel kwalitatieve of kwantitatieve aanduiding van de betrouwbaarheid;

— S-buizen met korte meetreeksen (te correleren met stambuisreeksen):

* ligging S-buizen (kaartbladnummer, eventueel situatiekaart);
* meetperiode;
* vaststelling van de GHG/GLG (correlatie procedure);
* gekozen stambuis als referentie voorzien van motivatie;
* tabel met uit de correlatie verkregen GHG/GLG-waarden per S-buis en de betrouwbaarheid;

— ad hoc of systematisch verrichte metingen tijdens de opname:
  * in beschrijvende zin de procedure, gebruikte referentiebuizen en dergelijke;

— in boorgaten uitgevoerde, gerichte metingen:
  * ligging meetpunten;
  * meettijdstip(pen);
  * regressievergelijking (inclusief de restvariantie) van de samenhang tussen de GHG/GLG en de grondwaterstand op het tijdstip van de gerichte meting. Dit is alleen mogelijk bij aanwezigheid van een voldoend aantal buizen met bekende GHG en GLG;
  * tabel met, op basis van de grondwaterstanden en de regressie-vergelijking, berekende GHG- (GLG)-waarden per boorgat;
  * bij calibratie achteraf de 'correctiefunctie' vermelden:
    Bijvoorbeeld: GHG = 0.9 * geschatte GHG minus 10;
  * bij toetsing; een aanduiding van de omvang van de fout door middel van de *Root Mean Squared Error (RMSE)* en de *Mean Error (ME).*

3 Grondwatertrappen

3.1 Hoofdindeling

Variaties in maaiveldsligging, hydrologische omstandigheden en bodemgesteldheid veroorzaken van plaats tot plaats verschillen in GHG en GLG. Bij weergave van de fluctuatie van grondwaterstanden van (kaart-)vlakken zullen de GHG's en GLG's tot klassen samengevoegd moeten worden.

Een klasse die begrensd wordt door een GHG- en/of GLG-traject, noemen we een grondwatertrap (Gt). Tabel B-2 geeft de voor bodemkaarten gebruikelijke hoofdindeling van de grondwatertrappen. Deze indeling, ontworpen voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, heeft vrij ruime grenzen. Een indeling met nauwer begrensde klassen zou echter niet in overeenstemming zijn met de nauwkeurigheid van de veldschatting van de GHG en GLG. De begrenzing van de kaartvlakken zou een hogere waar-nemingsdichtheid vereisen dan noodzakelijk is voor het uitsluitend weergeven van de bodemopbouw. Bovendien is de ruimtelijke variatie vaak zo groot dat de weergave op de kaart onmogelijk is.

Bij de keuze van de klassegrenzen van de oorspronkelijke indeling hebben bij de opzet destijds de volgende praktische en landbouwkundige overwegingen een rol gespeeld:
— de grondwaterstand fluctueert grotendeels op geringe diepte;
— de beschrijving van de bodemgesteldheid reikt niet verder dan maximaal 120 cm beneden maaiveld;
— de 40 cm grens werd geacht overeen te komen met het grondwaterniveau in de winter van goed ontwaterd bouwland; naar het huidige inzicht ligt deze grens te ondiep.

De oude indeling vanaf 1966 is in 1977 uitgebreid met de toevoeging van een * bij Gt II, III, V en VII teneinde beter in staat te zijn bodemgegevens te interpreteren. Bij Gt I en II is alleen de GLG klassebepalend; de GHG is vrijwel steeds ondieper dan 40 cm. De grondwatertrappen III en IV hebben betrekking op gronden met een beperkte fluctuatie. Aanvoer van water vanuit hoger gelegen gebieden (kwel) of vanuit watergangen, leidt tot ondiepe GLG's. Het omgekeerde, wegzijging, komt nogal eens voor bij gronden met Gt V en VI. De grondwatertrappen IV en VI zijn te beschouwen als de dieper ontwaterde varianten van de grondwatertrappen III en V. Met Gt VII worden de diep ontwaterde gronden afgescheiden.

Tabel B-2 Grondwatertrappenindelingen

Grondwatertrap (Gt)			Gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand (GHG) in cm - mv.	Gemiddeld laagste zomergrondwaterstand (GLG) in cm - mv.
code 1966	code 1977	code 1988		
I	I	I	- (0-20) [1]	<50
II	II	II	- (0-30) [1]	50-80
	II*	IIb	25-40	50-80
		IIc	>40	50-80
III	III	III	<40	80-120
	III*	IIIb	25-40	80-120
IV	IV	IV	40-80	80-120
		IVc	>80	80-120
V	V	V	<40	>120
	V*	Vb	25-40	>120
VI	VI	VI	40-80	>120
VII	VII	VII	80-140	>120
	VII*	VIII	>140	>120 (>160)[1]

[1] (...) Meest voorkomende waarden binnen een groter GHG- of GLG-traject.

Verklaring kwantitatieve toevoegingen:
...b = GHG tussen 25 en 40 cm - mv.
...c = GHG en GLG nagenoeg even diep

Verbetering van de ontwaterings- en afwateringstoestand heeft binnen de cultuurgronden de oppervlakten met zeer ondiepe GHG's aanzienlijk doen afnemen. Gronden met Gt II, III en vooral V hebben vaak een GHG dieper dan circa 25 cm. Omdat de gebruiksmogelijkheden dan minder beperkt zijn, wordt bij Gt II, III en V een 'droger deel' onderscheiden (toevoeging van een * achter de Gt-code).

Op bodemkaarten waar een 'droger deel' is onderscheiden, betekent het ontbreken van een * achter de code bij Gt II, III en V niet altijd dat de gronden uitsluitend of overwegend tot het 'natter deel' behoren. Een * wordt ook niet toegevoegd als de kenmerken van het 'droger deel' erg dubieus zijn. Evenmin geschiedt dit bij een complexe ligging van beide delen (een dergelijk complex wordt niet aangegeven). Niet tot het 'droger deel' behorende gronden met Gt II, III en V worden bij de interpretatie van bodemkaarten als nat beoordeeld (Ten Cate et al., 1995, TD 19D).

Het 'zeer droge deel' bij Gt VII heeft betrekking op gronden waar binnen 120 cm - mv. geen kenmerken voor het GHG-niveau worden aangetroffen en evenmin direct daaronder worden verwacht.

De gegeven Gt-indeling kan ten behoeve van grootschalige bodemgeografische onderzoeken (schaal 1 : 25 000 of groter) worden verfijnd, bijvoorbeeld door behalve een 'droger deel' ook een 'natter deel' te onderscheiden.

In 1988 is de nieuwe indeling met acht klassen (tabel B-2) in gebruik genomen (De Vries en Van Wallenburg, 1988 en 1990). Bij deze indeling, die niet specifiek landbouwkundig van opzet is, gold als randvoorwaarde:
— dat de relatie met de oude indeling in stand moest blijven;
— dat een betere beschrijving gegeven moest worden van tot dusverre niet of onvoldoende onderscheiden, specifieke grondwatersituaties (tabel B-2 en B-3).

De veranderingen bestaan uit de introductie van Gt VIII ter vervanging van de vroegere Gt VII* en vooral uit het aangeven van toevoegingen waarmee de hoofdindeling wordt uitgebreid. Het gebruik daarvan is afhankelijk van doel en schaal van het bodemgeografisch onderzoek.

Bij de toevoegingen is het volgende onderscheid toegepast:
— *kwantitatieve* toevoegingen hebben betrekking op de verdere indeling van de GHG en GLG, bijvoorbeeld voor het aanduiden van sterk beheerste grondwatersituaties en waterinlaatgebieden. In totaal zijn 6 toevoegingen onderscheiden; de codering geschiedt met behulp van een kleine letter achter de hoofdcode;
— *kwalitatieve* toevoegingen zijn bedoeld als aanvulling op de GHG en de GLG. Zij geven extra informatie over bijzondere hydrologische omstandigheden, bijvoorbeeld het voorkomen van schijngrondwaterstanden. Er zijn drie toevoegingen onderscheiden; de codering vindt plaats via een kleine letter vóór de hoofdcode.

Aan alle gronden wordt een grondwatertrap toegekend, behalve voor de buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden en bekade gronden die geregeld overstromen. Bij grootschalig bodemgeografisch onderzoek in de uiterwaarden langs de grote rivieren is een indeling opgesteld waarbij de GHG is vervangen door de gemiddelde overstromingsduur (Knotters et al., 1993).

In onderstaande paragrafen wordt het gebruik van grondwatertrappen voor verschillende doeleinden toegelicht.

3.2 Grondwatertrappen bij de standaardpuntencode

De standaardpuntencode geeft de bodemgesteldheid per punt aan (Ten Cate et al., 1995, TD 19A). We hebben daarbij niet te maken met ruimtelijke variabiliteit. Daarom gebruiken we bij de standaardpuntencode naast de hoofdindeling van de grondwatertrappen ook alle relevante toevoegingen.

Omschrijving van de toevoegingen

Bij de GHG zijn de volgende vier *kwantitatieve* toevoegingen onderscheiden (tabel B-3):

...a Een GHG ondieper dan circa 25 cm bij de grondwatertrappen I, II, III en V. Hiermee geven we aan dat bij de betreffende grondwatertrappen in de winter vaak zeer ondiepe grondwaterstanden worden aangetroffen, hetgeen wijst op een geringe ontwatering.

...b Een GHG tussen circa 25 en 40 cm bij de grondwatertrappen II, III en V. Hiermee geven we voor de betreffende grondwatertrappen een iets betere ontwatering aan.

...c (= constant). Hiermee geven we een geringe fluctuatie van de grondwaterstand bij de grondwatertrappen I, II en IV aan, waarbij:
- de gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand (GHG) dieper is dan de gemiddelde laagste zomergrondwaterstand (GLG); of
- de GHG iets ondieper is dan de GLG. Daarbij moet echter de GHG samenvallen of nagenoeg samenvallen met het GLG-traject van de betreffende grondwatertrap.

...u Hiermee geven we bij grondwatertrap IV het ondiepe GHG-traject aan, namelijk van 40-80 cm. Deze toevoeging is nodig om de toevoeging c te kunnen aangeven. De grens tussen beide toevoegingen ligt bij circa 80 cm (tabel B-3). Hiermee splitsen we dus grondwatertrap IV in twee delen.

Bij de GLG zijn de volgende twee *kwantitatieve* toevoegingen onderscheiden (tabel B-3):

...o GLG ligt tussen 120 en 180 cm.

...d GLG is dieper dan 180 cm.

Alleen toepassen bij Gt V, VI, VII en VIII.

De volgende drie *kwalitatieve* toevoegingen zijn onderscheiden (tabel B-3):

b... Buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden; periodiek overstroomd (uiterwaarden en kwelders). Bij gronden in uitwaarden en kwelders die slechts één of enkele malen per jaar overstroomd raken, is de fluctuatie van grondwaterstanden gedurende de perioden waarin geen overstroming plaats vindt nagenoeg 'normaal'. Deze fluctuatie kan gekarakteriseerd worden met een grondwatertrap. Bij frequent (1 à 2 maal per dag) overstroomde buitendijkse gebieden zoals schorren, gorzen, stranden en zandplaten kunnen we niet spreken van een 'normale fluctuatie van grondwaterstanden'. Voor deze gebieden is een Gt-aanduiding niet zinvol. Als richtlijn kan dus gelden dat aan buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden een grondwatertrap wordt toegekend, met uitzondering van de niet-gerijpte gronden en frequent overstroomde zandgronden. Bij grootschalig bodemgeografisch onderzoek in de uiterwaarden is een indeling opgesteld waarbij de GHG is vervangen door de gemiddelde overstromingsduur (Knotters et al., 1993).

s... Aanduiding voor tijdelijke schijnspiegels, zoals die bijvoorbeeld optreden bij gronden met keileem of met tertiaire klei in de ondergrond. Deze gronden met tijdelijke schijnspiegels hebben een onregelmatige fluctuatie van grondwaterstanden. Schijnspiegels kunnen alleen geconstateerd worden door metingen in meer dan één grondwater-standsbuis per

meetplek. De GHG wordt berekend uit de gegevens van de korte buis: de buis met het filter boven de stagnerende laag. Hiervoor worden van deze buis de drie hoogste standen in de winterperiode genomen voor het berekenen van de HG3. Wanneer in een droge winterperiode minder dan drie standen in de korte buis zijn gemeten, dan wordt voor de ontbrekende stand(en) het niveau van de storende laag aangehouden. De GLG wordt berekend uit de gegevens van de lange grondwaterstandsbuis: de buis met het filter onder de stagnerende laag. Bij gronden met stagnerende lagen wordt toevoeging s alleen toegekend wanneer de schijnspiegels per jaar gemiddeld ten minste één maand optreden en wanneer de fluctuatie (het verschil tussen GLG en GHG) meer dan 120 cm bedraagt (Gt V, VI, VII en VIII). Bij een geringere fluctuatie zijn de sprongen in het grondwaterstandsverloop onder invloed van de slecht doorlatende laag relatief klein. Stagnatie van water in bijvoorbeeld komkleigronden zal veelal niet met toevoeging s worden aangegeven, omdat bij deze gronden de fluctuatie door het waterbeheer en de ligging (kwel) meestal kleiner is dan 120 cm.

w... Aanduiding voor de binnen de hoofdwaterkering gelegen gronden die in de winterperiode ten minste 1 maand onder water staan. Hierbij wordt gedacht aan geïsoleerde lage terreindelen zonder afwaterings-mogelijkheid. Het overtollige water wordt niet afgevoerd, waardoor het gebied in natte perioden tijdelijk onder water staat. We gebruiken deze toevoeging bij Gt Ia, IIa, IIIa en Va.

In tabel B-3 is de grondwatertrappenindeling voor de standaardpuntencode opgenomen met bijbehorende kwantitatieve en kwalitatieve toevoegingen voorzien van een beknopte verklaring.

Tabel B-3 Grondwatertrappen bij de standaardpuntencode, aangevuld met kwalitatieve toevoegingen, en met toepassing van de Gt-code als afhankelijke van de boordiepte

Grond-water-trap (Gt)	Gemiddeld hoogste wintergrondwater-stand (GHG) in cm - mv.	Gemiddeld laagste zomergrondwater-stand (GLG) in cm - mv.	Kwalitatieve toevoegingen	Toepassing van de Gt-code bij boordiepte van 120 cm	180 cm
Ia	< 25	< 50	w	x	x
Ic	> 25	< 50		x	x
IIa	< 25	50- 80	b, w	x	x
IIb	25- 40	50- 80		x	x
IIc	> 40	50- 80		x	x
IIIa	< 25	80-120	b, w	x	x
IIIb	25- 40	80-120		x	x
IVu	40- 80	80-120	b	x	x
IVc	> 80	80-120		x	x
Va	< 25	>120	b, s, w	x	-
Vao	< 25	120-180	b, s, w	-	x
Vad	< 25	>180	b, s, w	-	x
Vb	25- 40	>120	s	x	-
Vbo	25- 40	120-180		-	x
Vbd	25- 40	>180	s	-	x
VI	40- 80	>120	b, s	x	-
VIo	40- 80	120-180	b	-	x
VId	40- 80	>180	b, s	-	x
VII	80-140	>120	b, s	x	-
VIIo	80-140	120-180	b	-	x
VIId	80-140	>180	b, s	-	x
VIII	>140	(>160)	b	x	-
VIIIo	>140	120-180	b	-	x
VIIId	>140	>180	b	-	x

Verklaring:

Kwantitatieve toevoegingen:

Bij de GHG:

...a = GHG < 25 cm - mv.

...b = GHG tussen 25 en 40 cm - mv.

...c = constant; geringe fluctuatie

...u = GHG tussen 40 en 80 cm - mv., ondiep traject van Gt IV

Bij de GLG:

...o = GLG tussen 120 en 180 cm - mv.

...d = GLG > 180 cm - mv.

Kwalitatieve toevoegingen:

b... = buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden; periodiek overstroomd

s... = schijnspiegels; bij gronden met een grondwater-fluctuatie (GLG - GHG) van meer dan 120 cm

w... = water boven maaiveld; aaneengesloten periode van meer dan 1 maand tijdens de winterperiode (alleen bij binnen de hoofdwaterkering gelegen gronden)

Let op: x = verplichte toepassing; - = niet toepassen

De grondwatertrappen bij de standaardpuntencode zijn gebaseerd op een meer verfijnde indeling. Een keuze van de boordiepte tot maximaal 120 cm verhindert het gebruik van de toevoegingen o en d. Bij dieper boren tot GLG-niveau of maximaal 180 cm is het gebruik van de klassen met o en d verplicht.

Reken grensgevallen met een GHG rond 40 cm - mv. tot het 'droger deel'. Een belangrijke spelregel bij de opname dient te zijn, dat de beslissing welke Gt aan een grond moet worden toegekend, in het veld wordt genomen en niet later achter het bureau.

3.3 Grondwatertrappen voor de (herziene) Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000

Bij de legenda van een kaart moeten we rekening houden met de ruimtelijke variabiliteit. De informatie die in een legenda kan worden onderscheiden, is daarom sterk afhankelijk van de kaartschaal. Op een kaart met een grote schaal kan meer informatie worden gegeven dan op kaarten met een kleine schaal. De hoofdindeling voor de grondwatertrappen (tabel B-2) vormt steeds de basis. Afhankelijk van de kaartschaal en het doel ervan vindt een verdere onderverdeling plaats.

De grondwatertrappen met toevoegingen voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, zijn weergegeven in tabel B-4. Voor alle duidelijkheid is ook de oude Gt-codering vermeld, alsmede de richtwaarden in de HELP-tabellen (HELP = Herziening Evaluatie van LandinrichtingsPlannen).
Met de HELP-tabellen zijn opbrengstdepressies te bepalen per bodemtype en grondwatertrap voor grasland en bouwland (Werkgroep HELP-tabel, 1987). Per GHG- en GLG-traject van elke grondwatertrap zijn vaste waarden, de zogenaamde HELP-richtwaarden, vastgesteld.

Tabel B-4 Grondwatertrappenindelingen voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, met kwalitatieve toevoegingen en HELP-richtwaarden

Grondwatertrap (Gt)			Gemiddeld hoogste winter-grondwaterstand (GHG) in cm - mv.	Gemiddeld laagste zomer-grondwaterstand (GLG) in cm - mv.	Kwalitatieve toevoegingen (sedert 1988)	HELP-richtwaarden (gras- en bouwland)	
code 1966	code 1977	code 1988				GHG in cm - mv.	GLG in cm - mv.
I	I	I	- (0- 20)[1]	< 50	w	-	-
II	II	II	- (0- 30)[1]	50- 80	b, w	10	70
	II*	IIb	25- 40	50- 80		25	75
		IIc	> 40	50- 80		-	-
III	III	III	< 40	80-120	b, w	15	105
	III*	IIIb	25- 40	80-120		30	110
IV	IV	IV	40- 80	80-120	b	50	110
		IVc	> 80	80-120		-	-
V	V	V	< 40	>120	b, s, w	25	140
	V*	Vb	25- 40	>120		35	150
VI	VI	VI	40- 80	>120	b, s	60	170
VII	VII	VII	80-140	>120	b, s	100	200
	VII*	VIII	>140	>120 (>160)[1]		160	260

[1] (...) meest voorkomende waarden binnen een groter GHG- of GLG-traject

Verklaring:

Kwantitatieve toevoegingen:

...b = GHG tussen 25 en 40 cm - mv.

...c = constant; geringe fluctuatie

Kwalitatieve toevoegingen:

b... = buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden; periodiek overstroomd

s... = schijnspiegels; bij gronden met een grondwater-fluctuatie (GLG - GHG) van meer dan 120 cm

w... = water boven maaiveld; aaneengesloten periode van meer dan 1 maand tijdens de winterperiode (alleen bij binnen de hoofdwaterkering gelegen gronden)

De huidige opname van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, wordt overigens voltooid met gebruikmaking van de Gt-codering van 1977, zoals vermeld in tabel B-2. De codering '1988' is voor het eerst toegepast bij de herziening van de kaartbladen 12 Oost, 17 Oost, 59 en 60 West en Oost van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

3.4 Grondwatertrappen voor grootschalige bodemkaarten

Voor alle grootschalige bodemkaarten (schaal 1 : 25 000 en groter) geldt de hoofdindeling voor de grondwatertrappen (tabel B-2). Afhankelijk van het doel en de schaal van het bodemgeografisch onderzoek kan op basis van de indeling voor de standaardpuntencode (tabel B-3) een verdere verfijning worden

aangebracht in de legenda van de grondwatertrappen. Zo kan bijvoorbeeld worden gekozen voor de toevoegingen ...a en ...b, of voor de toevoegingen ...o en ...d, of voor zowel ...a, ...b, ...o en ...d enzovoort.

Voor deze bodemkaarten gelden afhankelijk van de opnamediepte onderstaande Gt-indelingen (tabel B-5 en B-6). In deze tabellen zijn ook de kwalitatieve toevoegingen en de HELP-richtwaarden opgenomen. Met de HELP-tabellen zijn opbrengstdepressies te bepalen per bodemtype en grondwatertrap voor grasland en bouwland (Werkgroep HELP-tabel, 1987). Per GHG- en GLG-traject van elke grondwatertrap zijn vaste waarden, de zogenaamde HELP-richtwaarden, vastgesteld geldend voor een boordiepte tot 120 cm - mv.

Tabel B-5 Grondwatertrappenindeling voor grootschalige bodemkaarten bij een boordiepte van 120 cm - mv., met kwalitatieve toevoegingen en HELP-richtwaarden

Grond-water-trap (Gt)	Gemiddeld hoogste wintergrond-waterstand (GHG) in cm - mv.	Gemiddeld laagste zomergrond-waterstand (GLG) in cm - mv.	Kwalitatieve toevoegingen (sedert 1988)	HELP-richtwaarden (gras- en bouwland) GHG in cm - mv.	GLG in cm - mv.	
Ia	< 25	< 50	w	-	-	
Ic	> 25	< 50		-	-	
IIa	< 25	50- 80	b, w	10	70	
IIb	25- 40	50- 80		25	75	
IIc	> 40	50- 80		-	-	
IIIa	< 25	80-120	b, w	15	105	
IIIb	25- 40	80-120		30	110	
IVu	40- 80	80-120	b	50	110	
IVc	> 80	80-120		-	-	
Va	< 25	>120	b, s, w	25	140	
Vao	< 25	120-180	b, s, w			facultatief
Vad	< 25	>180	b, s, w			facultatief
Vb	25- 40	>120	s	35	150	
Vbo	25- 40	120-180				facultatief
Vbd	25- 40	>180	s			facultatief
VI	40- 80	>120	s	60	170	
VIo	40- 80	120-180	b			facultatief
VId	40- 80	>180	b, s			facultatief
VII	80-140	>120	b, s	100	200	
VIIo	80-140	120-180	b			facultatief
VIId	80-140	>180	b, s			facultatief
VIII	>140	>120 (>160)	b	160	260	
VIIIo	>140	120-180	b			facultatief
VIIId	>140	>180	b			facultatief

Tabel B-6 Grondwatertrappenindeling voor grootschalige bodemkaarten bij een boordiepte van maximaal 180 cm - mv., met kwalitatieve toevoegingen

Grondwater-trap (Gt)	Gemiddeld hoogste wintergrond-waterstand (GHG) in cm - mv.	Gemiddeld laagste zomergrond-waterstand (GLG) in cm - mv.	Kwalitatieve toevoegingen (sedert 1988)
Ia	<25	<50	w
Ic	>25	<50	
IIa	<25	50-80	b, w
IIb	25-40	50-80	
IIc	>40	50-80	
IIIa	<25	80-120	b, w
IIIb	25-40	80-120	
IVu	40-80	80-120	b
IVc	>80	80-120	
Vao	<25	120-180	b, s, w
Vad	<25	>180	b, s, w
Vbo	25-40	120-180	
Vbd	25-40	>180	s
VIo	40-80	120-180	b
VId	40-80	>180	b, s
VIIo	80-140	120-180	b
VIId	80-140	>180	b, s
VIIIo	>140	120-180	b
VIIId	>140	>180	b

4 Frequentieverdeling en duur van grondwaterstanden

4.1 Cumulatieve frequentieverdeling

Met de GHG en GLG kunnen we niet alleen de fluctuatie van de grondwaterstand karakteriseren, maar ook de tijdsduur van overschrijding van bepaalde grondwaterstanden is er aan te ontlenen. Voor dit laatste maken we gebruik van empirische relaties (Van der Sluijs en De Gruijter, 1985). Figuur B-7a geeft van meetpunt 28H-L-0029 voor het hydrologische jaar 1987/88 de tijdstijghoogtelijn. Hiermee krijgen we snel een overzicht van het verloop van de grondwaterstand in de tijd.

Voor een inzicht in de frequentie van grondwaterstanden maken we bij voorkeur gebruik van de cumulatieve frequentieverdeling (fig. B-7b). In deze figuur is voor elk van de 24 halfmaandelijkse gemeten grondwaterstanden van het hydrologisch jaar 1987/88 uit figuur B-7a de plaats in de rangschikking naar toenemende diepte vastgesteld. Op de x-as is het percentage grondwaterstanden uitgezet 'ondieper dan' de op de y-as aangegeven diepte (fig. B-7b). De cumulatieve frequentie van grondwaterstanden ondieper dan y_i cm hebben we vastgesteld met de volgende formule:

$(r_i - 1) / (n-1) * 100\%$

Hierin heeft, van een naar toenemende diepte gerangschikte reeks van n grondwaterstanden, de grondwaterstand van y_i cm het rangnummer r_i. Daarmee krijgen we voor figuur B-7 bijvoorbeeld als frequentie van grondwaterstanden 'ondieper dan':

51 cm - mv.: (4-1) / (24-1) * 100% = 13%

100 cm - mv.: (11-1) / (24-1) * 100% = 43%

165 cm - mv.: (24-1) / (24-1) * 100% = 100%

Frequentieverdelingen van de grondwaterstanden van een enkel jaar kunnen door de variatie in weersgesteldheid van jaar tot jaar vrij aanzienlijk verschillen (fig. B-8). We gaan daarom voor een gemiddelde frequentie-verdeling uit van een langjarige periode, waarin zowel droge, normale als natte jaren voorkomen. In deze periode, de rekenperiode, mogen geen wijzigingen in de ontwaterings- en afwateringstoestand zijn opgetreden.

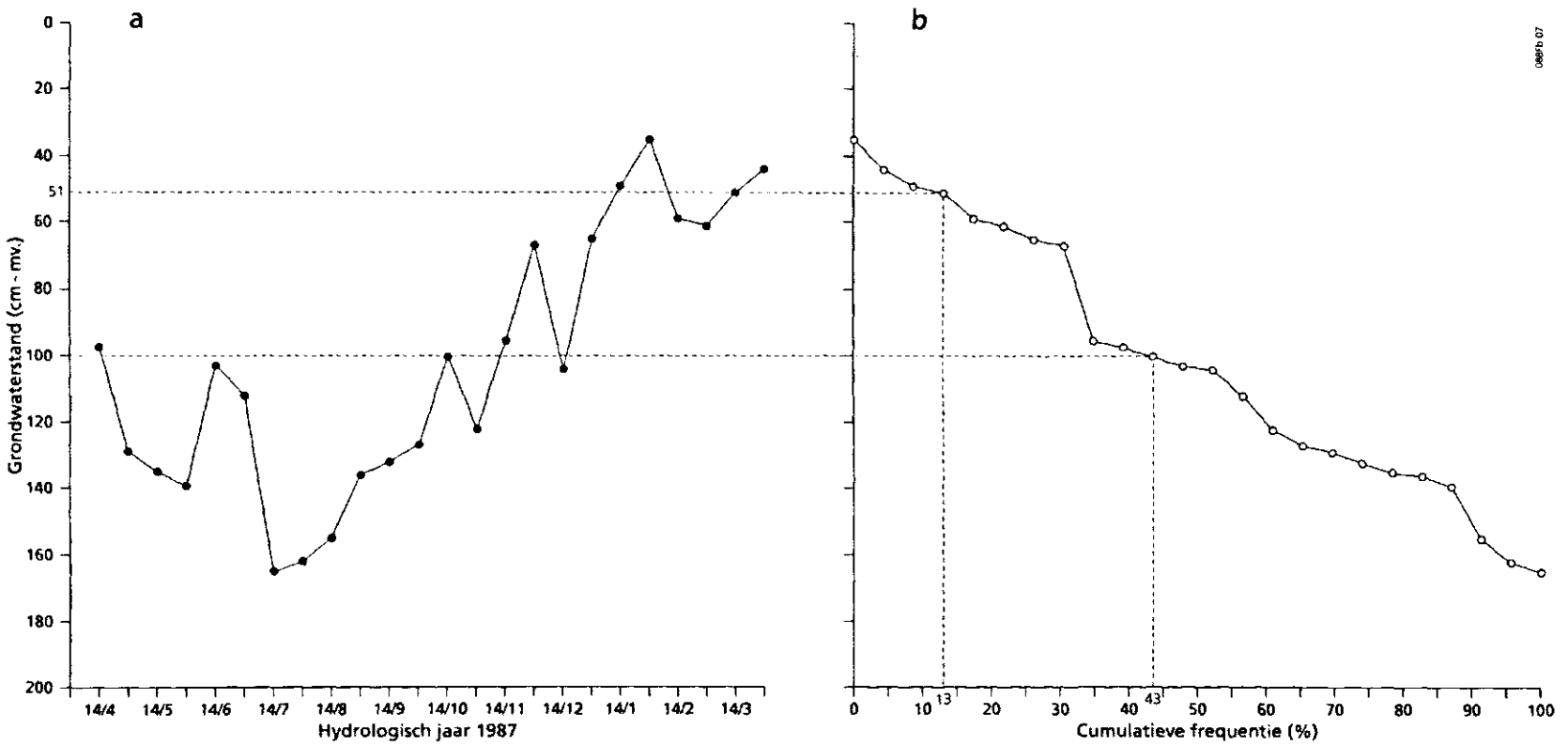


Fig. B-7 Tijd-stijghoogtelijn (a) en cumulatieve frequentie (b) van de grondwaterstand over het hydrologisch jaar 1987/88 van buis 28H-L-0029

Het computerprogramma GRWTRAP (hoofdstuk 7) van DLO-Staring Centrum voor bewerking van grondwaterstandsgegevens berekent voor elke rekenperiode de gemiddelde cumulatieve frequentieverdeling van grondwaterstanden. Een getallenvoorbeeld van deze verdeling is te vinden in figuur B-14 (Frequentieverdeling Grondwaterstanden). Voor grondwaterstandsbuis 28H-L-0029 is bijvoorbeeld gedurende periode nummer 2 (juni 1969 tot juli 1988) het 10e percentiel van alle grondwaterstanden 79 cm en het 90e percentiel 181 cm - mv. Dit wil zeggen dat 10% van de grondwater-standen over deze periode ondieper is dan 79 en 90% ondieper dan 181 cm - mv. (fig. B-8). Ook voor de grondwaterstanden uit de zomer- en winterperiode zijn gelijksoortige frequentieverdelingen opgesteld.

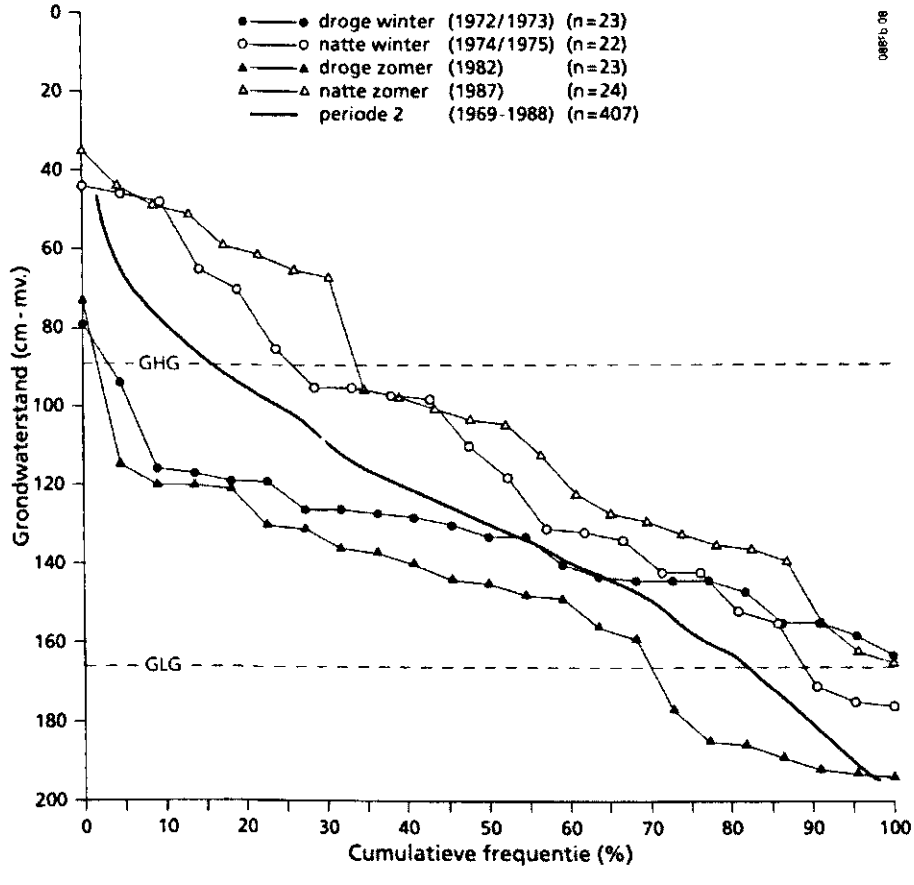


Fig. B-8 Cumulatieve frequentieverdelingen van grondwaterstanden in buis 28H-L-0029: voor een hydrologisch jaar met een droge winter (1972/73), met een natte winter (1974/75); met een droge zomer (1982) en met een natte zomer (1987); alsmede de verdeling over rekenperiode 2 (1969-1988); ook aangegeven zijn de over deze periode berekende GHG en GLG

In figuur B-9 zijn de cumulatieve frequentieverdelingen van halfmaandelijks en dagelijks waargenomen grondwaterstanden in een stambuis afgebeeld. Het valt op dat de frequentieverdelingen bijna identiek zijn. Als we nu aannemen dat ze aan elkaar gelijk zijn, mag de frequentie worden vervangen door de tijdsduur in dagen (fig. B-9). De tijdsduur behoeft echter niet uit een aaneengesloten periode te bestaan (vergelijk fig. B-7b).

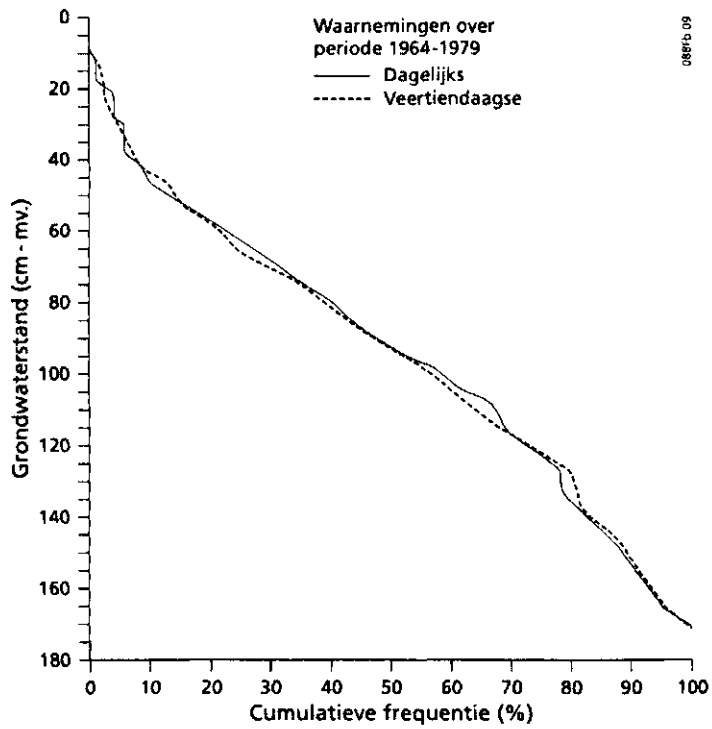


Fig. B-9 Cumulatieve frequentieverdeling van grondwaterstanden in buis 34D-L-0007, afgeleid uit dagwaarnemingen en waarnemingen op de 14e en de 28e van elke maand gedurende de periode 1964-1979

Met de volgende vergelijking (Van der Sluijs, 1982; Van der Sluijs en De Gruijter, 1985) is de gemiddelde tijdsduur van grondwaterstanden uit de GHG en GLG te voorspellen:

$$D_f = \beta_{0,f} + \beta_{1,f} * \text{GHG} + \beta_{2,f} * \text{GLG} + e\,(0,\sigma_f).$$

In de vergelijking is D_f de grondwaterstand 'ondieper dan', behorend bij de tijdsduur f in maanden per jaar, zijn de β's regressiecoëfficiënten en is $e(0,\sigma_f)$ een storingsterm met een verwachtingswaarde gelijk aan 0 en een standaardafwijking σ_f.

Opgemerkt wordt dat bovenstaande vergelijking is afgeleid voor GHG- en GLG-waarden op basis van het gehele hydrologische jaar.

Voor f in maanden per jaar en $0,5 < f < 11,5$ maand, zijn de schattingen van de regressiecoëfficiënten:

$$\beta_{0,f} = 8,9 + 0,1025f - 1,189f^2 + 8,882 * 10^{-2}f^3$$

$$\beta_{1,f} = 0,97 + 1,326 * 10^{-2}f - 1,581 * 10^{-2}f^2 + 5,901 * 10^{-4}f^3$$

$$\beta_{2,f} = -0,23 + 1,228 * 10^{-1}f$$

De restspreiding varieert van 12,5 cm voor f is 0,5 en 11,5 maand tot 8,5 cm voor f is 6 maanden per jaar, hetgeen voor dit type voorspellingen aanvaardbaar is.

Voor f in procenten per jaar en $5 < f < 95$ procent (1 procent = 3,65 dagen) zijn de schattingen van de omgerekende regressiecoëfficiënten:

$$\beta_{0,f} = 8{,}9 + 0{,}123f - 1{,}713 * 10^{-2}f^2 + 1{,}535 * 10^{-4}f^3$$

$$\beta_{1,f} = 0{,}97 + 1{,}591 * 10^{-3}f - 2{,}277 * 10^{-4}f^2 + 1{,}020 * 10^{-6}f^3$$

$$\beta_{2,f} = -0{,}23 + 1{,}473 * 10^{-2}f$$

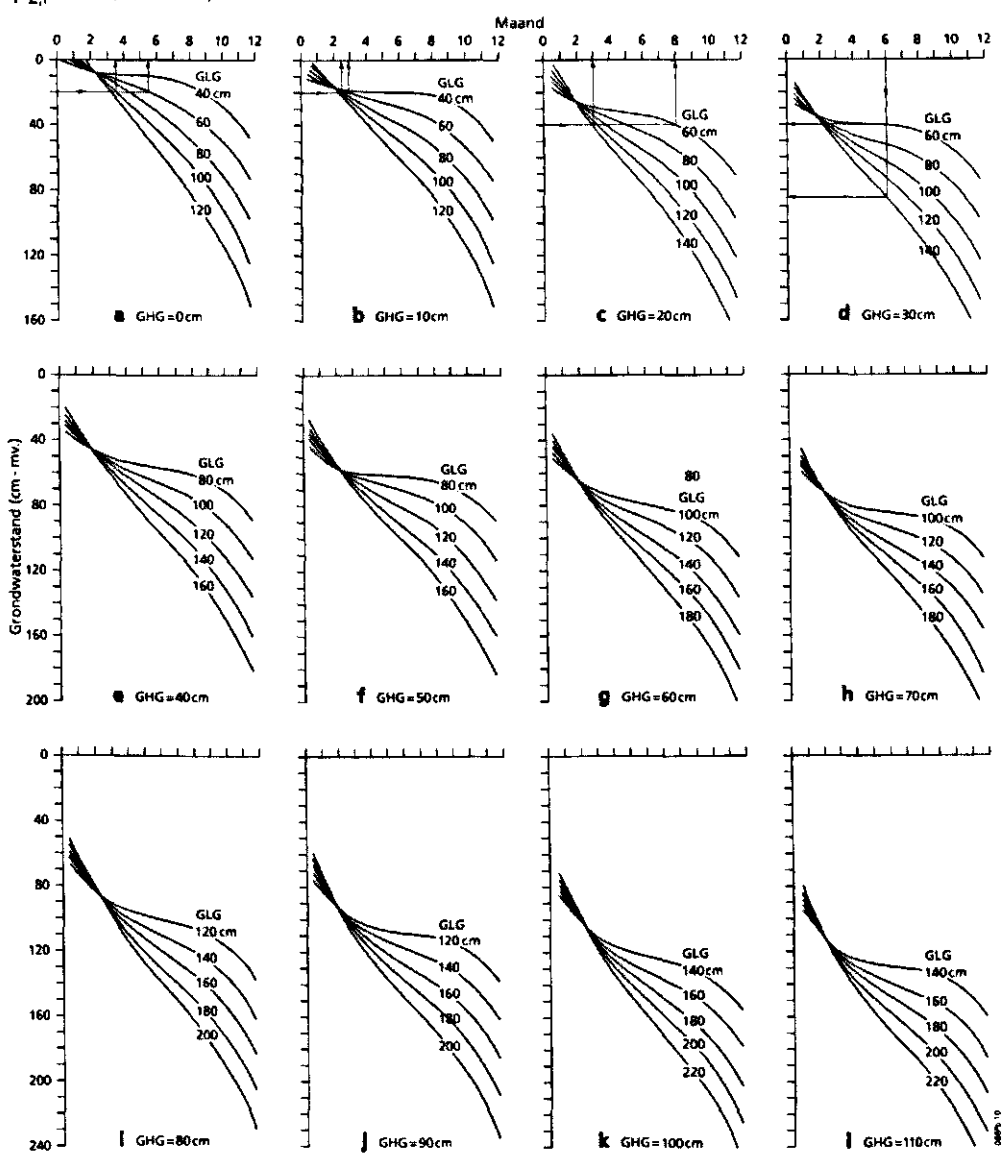


Fig. B-10 Gemiddelde overschrijdingsduur van de grondwaterstand in maanden per jaar voor een aantal GHG- en GLG-combinaties

Figuur B-10 geeft voor een aantal combinaties van GHG en GLG, de met de vergelijking verkregen tijdsduur grafisch weer. Uit de figuren blijkt dat de duur van ondiepe grondwaterstanden niet uitsluitend van de GHG afhankelijk is. Zo mogen in gronden met een GHG van 20 cm en een GLG van 60 cm (Gt II) grondwaterstanden ondieper dan 40 cm gemiddeld 8 maanden per jaar worden verwacht (fig. B-10c). Als bij eenzelfde GHG de GLG echter geen 60 cm maar 130 cm is, vermindert de duur van grondwaterstanden ondieper dan 40 cm tot 3 maanden per jaar.

We kunnen ook de invloed van verschillen in GHG bij een constante GLG vergelijken. Voor een grond met een Gt II die een GLG van 60 cm heeft, is de te verwachten duur van grondwaterstanden ondieper dan 20 cm 5½ maand per jaar bij een GHG van 0 cm (fig.B-10a) en bijna 3 maanden bij een GHG van 10 cm (fig. B-10b). Zouden we van een grond met een GLG van 100 cm zijn uitgegaan (Gt III), dan zou voor de genoemde GHG's de tijdsduur van grondwaterstanden ondieper dan 20 cm, resp. 3½ maand (fig. B-10a) en 2½ maand per jaar (fig. B-10b) zijn geweest. Naarmate de GHG-GLG-fluctuatie kleiner is, zijn de verschillen in tijdsduur van grondwaterstanden groter. Een door een diepere ontwatering veroorzaakte daling van de GHG met 10 cm heeft grotere gevolgen voor de vegetatie in een natuurgebied met Gt II dan in een vergelijkbaar gebied met Gt III.

4.2 Grondwatertrappen en tijdsduurklassen van grondwaterstanden

Met de uit de GHG en GLG af te leiden tijdsduur van grondwaterstanden zijn de grondwatertrappen om te zetten in tijdsduurklassen. Voor deze omzetting zijn voor elke Gt de GHG en GLG van de natste en de droogste variant vastgesteld. Voor deze varianten zijn niet de uitersten volgens de Gt-klassen-indeling genomen. Een fluctuatie tussen GHG = 25 cm en GLG = 250 cm behoort tot Gt V; deze fluctuatie zal in de werkelijkheid weinig voorkomen. Naar schatting wordt met de gekozen grenzen ruim 90% van de grondwaterstandsverlopen omvat. De tijdsduurklassen van grondwaterstanden zijn grafisch voorgesteld in figuur B-11.

Grondwatertrappen met een beperkte fluctuatie van de grondwaterstand (Gt I, II en IV) hebben vrij vlak verlopende duurlijnen. Bij dergelijke grondwater-trappen bestaan tussen de natste en de droogste variant aanmerkelijke verschillen in tijdsduur van grondwaterstanden die een bepaalde diepte te boven gaan. Van Gt II vormt de combinatie GHG = 0 en GLG = 50 cm de natste variant. Voor de natste variant gelden gedurende gemiddeld negen maanden per jaar grondwaterstanden ondieper dan 30 cm. Dergelijke grondwaterstanden zijn bij de droogste variant (GHG = 50 en GLG = 80 cm) slechts onder uitzonderlijk natte omstandigheden en dan nog slechts gedurende een enkele dag te verwachten.

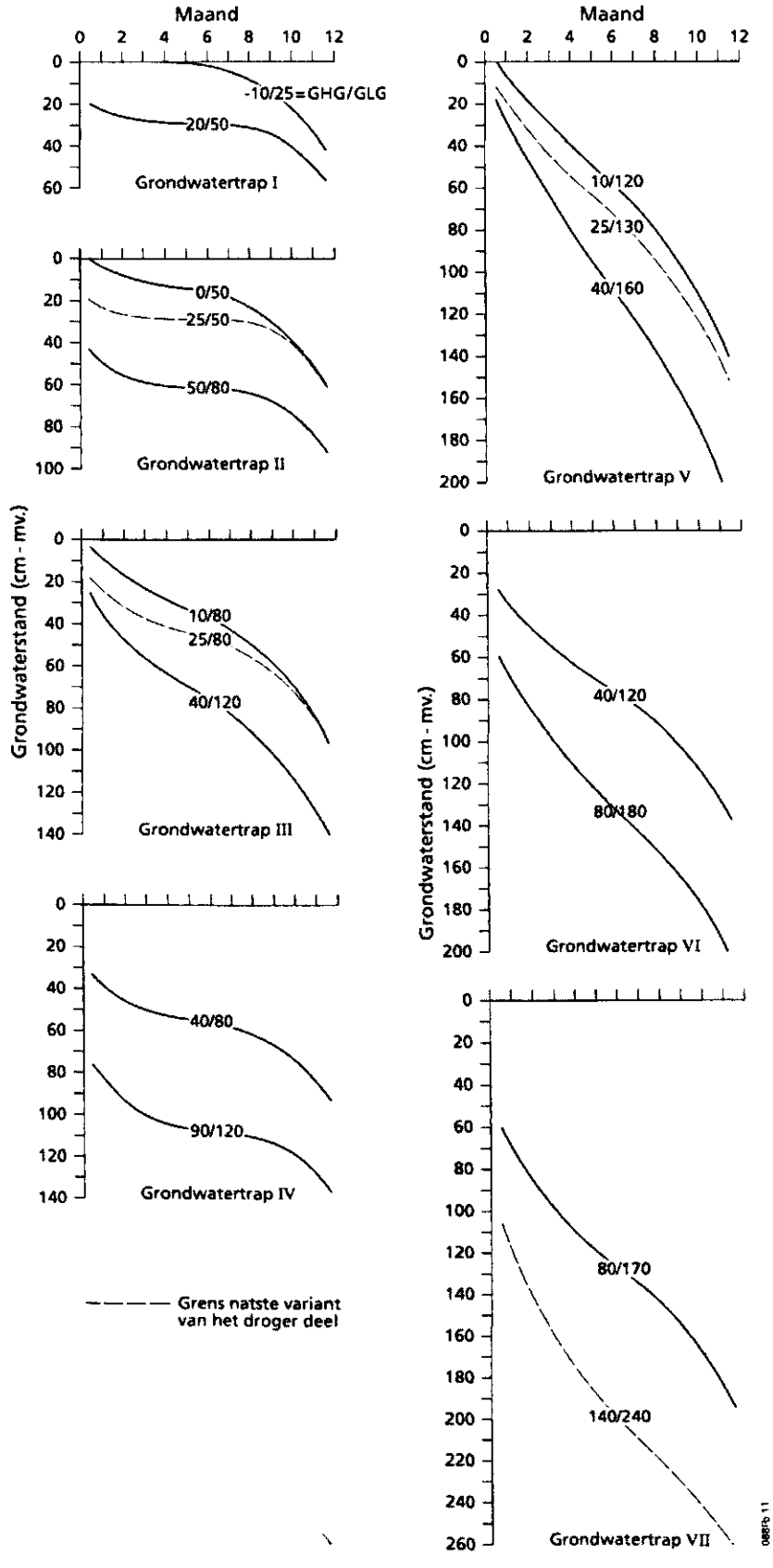


Fig. B-11 Overschrijdingsduur van de grondwaterstand (maanden per jaar) per grondwatertrap

De verschillen zijn voor de overige grondwatertrappen geringer. Zo komen bij de natste variant van grondwatertrap V (GHG = 10 en GLG = 120 cm) de grondwaterstanden gemiddeld gedurende vier maanden per jaar hoger dan 40 cm. Deze periode is ruim één maand voor de droogste variant (GHG = 40 en GLG = 160 cm).

Van de grondwatertrappen, waarin een droger deel wordt onderscheiden, is in figuur B-11 de begrenzing van de natste variant van dit deel aangegeven. In het drogere deel komen grondwaterstanden ondieper dan 25 cm - mv. gemiddeld niet langer dan één maand per jaar voor. Uit de begrenzende duurlijnen van de grondwatertrappen zijn de tijdsduurklassen van tabel B-7 afgeleid. Voor de gegeven classificatie naar tijdsduur geldt eveneens dat niet alle mogelijke combinaties van GHG en GLG erin zijn ondergebracht en uitzonderlijke grondwaterstandsverlopen buiten beschouwing zijn gebleven.

Tabel B-7 Omzetting van grondwatertrappen in tijdsduurklassen (naar Van der Sluijs en De Gruijter, 1985)

Grond-watertrap (Gt)	Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG[1]) in cm - mv.	Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG[1]) in cm - mv.	Tijdsduur in maanden van grondwaterstanden		
			<40 cm	<80 cm	<120 cm
I	-	< 50	>10	-	-
II[2]	-	50- 80	<10	>10	-
III[2]	<40	80-120	< 5	5-10	>10
IV	>40	80-120	< 1	1-10	>10
V[2]	<40	>120	< 5	-	5-10
VI	40-80	>120	< 1	-	5-10
VII[3]	>80	>120	-	-	1- 5

1 Berekend voor het gehele hydrologisch jaar
2 Van het 'droger deel' is de grondwaterstand minder dan 1 maand ondieper dan 25 cm.
3 Van het 'zeer droge deel' is de grondwaterstand minder dan 1 maand ondieper dan 120 cm.

5 Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand

Voor het aangeven van de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen is het begrip 'gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand' (GVG) ingevoerd. Als begin van het groeiseizoen is 1 april gekozen en de gemiddelde grondwaterstand op die datum is de GVG. In de praktijk komt dat neer op het gemiddelde van de op of omstreeks 28 maart gemeten grondwaterstanden. De GVG geeft dus de grondwaterstand die onder gemiddelde weersomstandigheden aan het begin van het groeiseizoen mag worden verwacht. De GVG zal vrijwel altijd dieper zijn dan de GHG en des te dieper, naarmate de fluctuatie tussen de GHG en GLG groter is.

Wanneer de grondwaterstanden gemeten op 28 maart ontbreken, berekenen we de GVG met een formule. De uitkomst is een schatting van de werkelijke waarde van de GVG. Uit grondwaterstandsgegevens van 550 meetpunten (tabel B-1) is aanvankelijk voor de GVG de volgende betrekking afgeleid:

GVG = 5,4 + 1,02 * GHG + 0,19 * (GLG - GHG) met als restspreiding 8,7 cm.

Opgemerkt wordt dat de GHG- en GLG-berekeningen destijds zijn uitgevoerd voor het complete hydrologisch jaar van april tot en met maart.

Als gevolg van een gewijzigde GHG- en GLG-berekening op basis van respectievelijk een zesmaandse winter- (oktober t/m maart) en een zesmaandse zomerperiode (april t/m september) gelden thans de volgende GVG-vergelijkingen (Van der Sluijs en Van Heesen, 1989):
— voor polders: GVG = 12 + 0,96 * GHG + 0,17 * (GLG - GHG);
— voor stroomgebieden: GVG = 4 + 0,97 * GHG + 0,15 * (GLG - GHG).

Met een voor de grondwatertrappen I, II en IV gemiddeld verschil van circa 50 cm tussen de GHG en GLG krijgen we, zonder nader onderscheid te maken naar het voorkomen in polders of stroomgebieden, als vuistregel voor gronden met een beperkte fluctuatie van het grondwater:
— GVG = GHG + 15 cm.
Voor de overige gronden kan als benadering worden genomen:
— GVG = GHG + 20 cm.

Uit voorlopige berekeningsuitkomsten voor de GVG met grondwaterstanden van 28 maart valt nu op te maken dat het verschil tussen GVG en GHG wellicht kleiner (ca. 5 cm) zal zijn dan volgens de vuistregel is vermeld. Opgemerkt wordt dat deze voorlopige uitkomsten gebaseerd zijn op 600 L- en P-buizen en dat nog geen differentiatie naar ligging is uitgevoerd.

Voor de grondwaterstandsbuizen berekent het programma GRWTRAP (hoofdstuk 7) de GVG voor elke rekenperiode. Deze zijn op figuur B-14 terug te vinden als de gemiddelde grondwaterstand op 28 maart.

Om de nauwkeurigheid van de schatting van de GVG te verhogen, kunnen we gebruik maken van een methode waarbij voor weersinvloeden wordt gecorrigeerd (Knotters en Van Walsum, 1994).

Rubriek BII: Verzamelen, verwerken en archiveren van grondwaterstandsgegevens

6 Verkrijgen van kwantitatieve grondwaterstandsgegevens 67

7 Computeruitvoer van grondwaterstanden en van gegevens van Gt-berekeningen 71
- 7.1 Algemeen 71
- 7.2 Grondwaterstanden in cm - mv. 72
- 7.3 LG3-HG3-overzicht 76
  - 7.3.1 Onvolledigheid in het gegevensbestand 76
  - 7.3.2 Minimum eisen voor het rekenprogramma 77
  - 7.3.3 Uitgevoerde bewerkingen 77
- 7.4 Overzicht gemiddelde waarden en percentielen 81
- 7.5 Overzicht gemiddelde grondwaterstanden (cm - mv.) per opnamedatum 86
- 7.6 Mutaties 88
- 7.7 HG3-LG3-grafiek 90
- 7.8 Weersgesteldheid tijdens de meetperiode 91

8 Inventarisatie van grondwaterstandsbuizen 93

Figuren

B-12 Grondwaterstanden in cm - mv. 73
B-13 LG3-HG3-overzicht 76
B-14 Overzicht gemiddelde waarden en percentielen 82
B-16 Mutaties 83
B-15 Overzicht gemiddelde grondwaterstanden (cm - mv.) per opnamedatum 87
B-17 HG3-LG3-grafiek van stambuis 28H-L-0029 over de periode 1952-1994 90
B-18 Neerslagoverschot per (hydrologisch) zomer- en winterhalfjaar voor het KNMI-district 6 (Twente), gepositioneerd ten opzichte van het gemiddelde neerslagoverschot voor het zomer- en winterhalfjaar over de periode 1951-1994 92
B-19 Situatieschets van stambuis 28H-L-0029 94
B-20 Reparatieformulier voor onderhoud per locatie/per filter 96
B-21 Formulier Beoordeling meetpunten grondwatermeetnet GG-TNO 97

6 Verkrijgen van kwantitatieve grondwaterstandsgegevens

Grondwaterstandsgegevens zijn aanwezig bij het onderzoekinstituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO (GG-TNO) in Delft. Deze gegevens zijn op dit moment uitsluitend te verkrijgen via de afdeling SBI van DLO-Staring Centrum. De kosten gemoeid met de aanvraag van de gegevens worden toegedeeld aan het betreffende project. Sedert medio 1991 bestaat een rechtstreekse verbinding (PC/modem/telefoonlijn) met het geautomatiseerd archief met grondwatergegevens van GG-TNO (OLGA = On Line Grondwater Archief). Als gebruiker van die databank kunnen we beschikken over een aantal standaard gebruikerspakketten, onder meer het door DLO-Staring Centrum aangeleverde programma GRWTRAP (hoofdstuk 7). De menustructuur van OLGA stelt ons in staat snel diverse bestanden te raadplegen, uiteenlopende selecties te maken en tal van uitvoermogelijkheden en/of presentaties te kiezen. Voor meer uitvoerige informatie verwijzen we naar de Handleiding voor het gebruik van OLGA (GG-TNO, 1994).

Voorbereiding

Bij het inloggen in het systeem is het noodzakelijk dat de antwoorden op onderstaande vragen bekend zijn:

— naam aanvrager;
— naam van het project en projectnummer, waarvoor de gegevens gewenst zijn, voor het toedelen van de kosten;
— kaartbladnummer(s) of coördinaten van het gebied, of naam van de gemeente(n), of nummers van de meetpunten; al dan niet in combinatie;
— aard van de meetpunten. Aangevraagd kunnen worden gegevens van:
  * diepe peilputten (code P; buizen dieper dan 5 m - mv.);
  * ondiepe landbouwbuizen (code L; buizen ondieper dan 5 m - mv.);
  * brandputten (code B; buizen met een diameter van >80 mm).

  Voor het bodemgeografisch onderzoek zijn in eerste instantie de gegevens van stambuizen van belang, hetzij van landbouwbuizen (L), hetzij van peilputten (P), waarbij een maximale filterdiepte tot 6 meter beneden maaiveld wordt aangehouden.

  Naar *meetfrequentie* zijn de meetpunten onder te verdelen in stambuizen en peilbuizen:
  * stambuizen zijn meetpunten waar doorgaans tweemaal per maand de grondwaterstand wordt gemeten en wel op of omstreeks de 14e en 28e;
  * peilbuizen, de zogenaamde Archief-peilbuizen of AP-buizen, zijn meetpunten waarin slechts viermaal per jaar een meting plaatsvindt op of omstreeks 28 april, 28 augustus, 14 oktober en 14 december;
— meetperiode. Afhankelijk van de soort gegevens zijn er twee procedures:
  * grondwaterstandsgegevens i.c. de gemeten grondwaterstanden van de geselecteerde buizen, worden gewoonlijk over de gehele, danwel over een gedeelte van de meetperiode direct overgezonden en vervolgens

aan de aanvrager verstrekt. Voor de eventueel latere, aanvullende gegevens geldt dit evenzo. Al deze uit de GG-TNO-databank opgehaalde grondwaterstanden worden alleen door de aanvragers, dus niet centraal binnen DLO-Staring Centrum, gearchiveerd;

* de Gt-berekeningen met het programma GRWTRAP (hoofdstuk 7) beslaan per definitie steeds de gehele meetperiode van de buis. Bij een eventueel later vereiste aanvulling wordt de berekening integraal herhaald tot de op het tijdstip van aanvraag geldende periode. De berekeningsuitkomsten, veelal zonder de bijbehorende grondwaterstandsgegevens, worden na overzenden centraal gearchiveerd en vervolgens aan de aanvrager ter beschikking gesteld. In het archief wordt per stambuis slechts de laatste versie van de Gt-berekening bewaard.

Procedure

De procedure om grondwaterstandsgegevens te verkrijgen verloopt in een aantal stappen:

— na inloggen enzovoort op de VAX-computer van GG-TNO maakt de OLGA-beheerder binnen de OLGA-omgeving een selectiebestand aan van buizen die voldoen aan de in de voorbereiding gestelde vragen;

— van dit selectiebestand kiest de OLGA-beheerder de presentatievormen catalogus en frequentietabel. In het algemeen laat hij beide eenmalig op de matrixprinter in DLO-Staring Centrum afdrukken; het is eveneens mogelijk om deze gegevens in de vorm van een file over te halen.
  Catalogus is een presentatievorm die voor de geselecteerde buizen een groot aantal kenmerken vermeldt:
  * algemene informatie over het lokatie- en buisnummer, de filterstelling ten opzichte van NAP, de begin- en einddatum van de opnameperiode;
  * administratieve informatie over de meetfrequentie, het eventuele embargo op de grondwaterstanden, primair meetnet, verplichte waarneming enzovoort;
  * technische informatie over X- en Y-coördinaten, maaiveldshoogte ten opzichte van NAP enzovoort.

  Frequentietabel is een presentatievorm die voor alle buizen van het selectiebestand over een vooraf opgegeven periode zowel de filterstelling als de werkelijke meetfrequentie weergeeft. De meetfrequentie is uitgedrukt in het aantal waarnemingen per halfjaar. Uit het meetfrequentie-overzicht is af te leiden hoe lang de grondwaterstandsbuis al als stambuis heeft gefunctioneerd of nog steeds functioneert;

— aan de hand van beide presentatievormen selecteert de aanvrager welke stambuizen, op basis van lengte en van begin- en eindtijdstip van de meetperiode(n), voor verdere verwerking in aanmerking komen. Van de geselecteerde buizen vraagt de OLGA-beheerder bij GG-TNO om een situatieschets alsmede een reparatieformulier. Met deze gegevens moet de aanvrager in het veld het meetpunt opzoeken en beoordelen. Voor

beoordelingscriteria van de stambuizen enzovoort verwijzen we naar hoofdstuk 8;

— voor de buizen die uiteindelijk in het terrein als 'goed' beoordeeld worden, voert de OLGA-beheerder met het programma GRWTRAP een berekening uit (hoofdstuk 7). De rekenresultaten worden na overzenden in het archief van DLO-Staring Centrum bewaard. Uit de rekenresultaten vervaardigt de OLGA-beheerder de 'Computeruitvoer van grondwaterstanden en van gegevens van Gt-berekeningen' van de geselecteerde buizen (fig. B-12 t/m B-16). De toelichting is beschreven in hoofdstuk 7;

— de gegevens van de op DLO-Staring Centrum gearchiveerde buizen zijn voor iedereen toegankelijk door in te loggen op de VAX. Hierbij dient het symbool USE_OLGA ingetypt te worden (handiger is het om dit symbool in de LOGIN.COM op te nemen). Via het symbool ZOEKBUIS zijn vervolgens de gearchiveerde buizen te benaderen. Op het scherm verschijnt een menu waarmee de gewenste buizen uit het totaal aanwezige bestand zijn te selecteren. Zij worden dan opgenomen in een selectiefile BUIZEN.SEL. Deze file waarin eventueel nog wijzigingen aangebracht kunnen worden (EDIT), dient om de definitieve uitvoerfile (UITVOER.LIS) aan te maken. Deze uitvoerfile kan bekeken worden op het scherm, kan bewerkt en/of geprint worden.

DLO-Staring Centrum heeft toestemming gebruik te maken van het meetnet van GG-TNO. Als nadrukkelijke voorwaarde is door GG-TNO gesteld, dat bij een eerste bezoek aan een meetpunt contact wordt opgenomen met de opnemer. Veel opnemers verlenen namelijk belangeloos hun medewerking. Vermeden moet worden dat er sprake is van controle. Daarnaast gaat van zo'n contact een stimulerende werking uit: de opnemer wordt gewaar dat zijn metingen inderdaad gebruikt worden.

Voor een aantal gebieden heeft in het verleden een beoordeling van het meetnet plaatsgevonden. Van de aldaar gelegen meetpunten zijn in het thans door SBI beheerde archief, naast grondwaterstanden ook gegevens beschikbaar over bodemgesteldheid, landschappelijke ligging en bruikbaarheid. Zeer goede, als referentiepunten te gebruiken meetpunten, zijn in het verleden aangegeven als zogenaamde kroonstambuizen.

7 Computeruitvoer van grondwaterstanden en van gegevens van Gt-berekeningen

7.1 Algemeen

De grondwaterstandsgegevens uit de databank van het onderzoeksinstituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO (GG-TNO) te Delft dienen als invoer voor het aldaar geïmplementeerde programma GRWTRAP. Dit programma berekent een aantal kengetallen voor een stambuis.

De computeruitvoer geeft de grondwaterstanden en kengetallen steeds ten opzichte van maaiveld weer. De uitvoer kent de volgende hoofdindeling:
— grondwaterstanden in cm - mv. (fig. B-12);
— LG3-HG3-overzicht (fig. B-13);
— overzicht gemiddelde waarden en percentielen (fig. B-14);
— overzicht gemiddelde grondwaterstanden (cm - mv.) per opnamedatum (fig. B-15);
— mutaties (fig. B-16).

De eerste vier delen komen voor in een vaste volgorde. Elk deel begint, ongeacht de aanwezigheid van vervolgpagina's, op een nieuwe bladzijde. De titel van elk deel is weergegeven in het centrum van de bovenste regel (kopregel), met steeds op dezelfde plaats links daarvan het *buisnummer* en rechts daarvan de *print- en rekendatum*. De computeruitvoer kan geprint worden op een kettingformulier of op A4-formaat (landscape).

Verklaring van termen/afkortingen in de kopregel
BUISNUMMER
TNO-aanduiding van het waarnemingspunt, bestaande uit:

Kaartbladcode	3 posities	Topografische kaart, schaal 1 : 25 000; bijvoorbeeld: 28H
Soort waarnemingspunt	1 positie	bijvoorbeeld: L = landbouwbuis P = peilput B = brandput
Volgnummer	4 posities	nummering per kaartblad; bijvoorbeeld: 0029
Filternummer	2 posities	volgnummer filter; bijvoorbeeld: 01 (alleen het ondiepste filter)

PRINTDATUM

Datum van de computeruitvoer van de reeds door DLO-Staring Centrum gearchiveerde buizen.

REKENDATUM

Datum waarop de berekeningen zijn uitgevoerd met de gegevens die tot op dat moment in de GG-TNO-databank waren ingevoerd. Voor nieuwe aanvragen vallen meestal print- en rekendatum samen.

Het laatste deel 'Mutaties' is van wisselend formaat. De situering hangt samen met de beschikbare ruimte. Afhankelijk van die ruimte staan de 'Mutaties' aan het eind van de andere delen, uitgezonderd het deel 'Grondwaterstanden in cm - mv.'

7.2 Grondwaterstanden in cm - mv.

In figuur B-12 zijn de grondwaterstanden gerangschikt per hydrologisch jaar (april t/m maart) zodanig dat per pagina maximaal 20 jaren zijn af te beelden. De linkerkolom onder de jaaraanduiding geeft de data aan van de betreffende maand waarop de grondwaterstand is gemeten; de rechterkolom geeft de grondwaterstanden in cm ten opzichte van maaiveld weer.

Grondwaterstanden gemeten in de periode van de 21e van de maand tot en met de 5e van de volgende maand worden toegerekend aan de '28e' van de maand; metingen in de periode van de 6e tot en met de 20e zijn toegekend aan de '14e' van de maand. Indien in de basisgegevens van GG-TNO onregelmatige data voorkomen (bijv. reeksen met week- of dagwaarnemin-gen), vindt selectie van alleen die data plaats die het dichtst bij de 14e of de 28e van de maand liggen.

De computeruitvoer van 'Grondwaterstanden in cm - mv.' is facultatief; deze uitvoer geeft weinig aanvullende informatie, veroudert snel en is bovendien zeer kostbaar.

BUISNUMMER: 28H-L-0029-01 GRONDWATERSTANDEN IN CM - MV. PRINTDATUM: 23-MAR-95
REKENDATUM: 9-NOV-94

	1951/52		1952/53		1953/54		1954/55		1955/56		1956/57		1957/58		1958/59		1959/60		1960/61	
APRIL	**	***	14	66	14	94	14	110	14	62	14	69	14	97	14	44	14	125	14	149
	**	***	28	81	28	113	28	142	28	104	28	67	28	129	28	78	28	133	28	172
MEI	**	***	12	100	15	146	14	157-	14	55	14	111	14	138	14	89	14	149	14	174
	**	***	28	111	28	165	28	120	28	115	28	137	28	139	28	105	28	151	28	177
JUNI	**	***	14	121	15	168	14	104	14	114	14	139	14	163	14	129-	14	159	14	186
	**	***	28	128-	29	140	28	176-	28	134	28	177	28	179-	28	118	28	193	28	193-
JULI	**	***	14	127	14	125	14	79	14	150	14	189-	14	191-	14	137-	14	200	14	213-
	**	***	28	161-	28	138	28	141	28	171	28	176	28	178	28	82	28	215	28	200-
AUGUSTUS	**	***	14	129-	14	168	14	200-	14	183-	14	195-	14	186-	14	92	14	225	14	162
	**	***	28	67	28	168-	28	90	28	189-	28	177-	28	170	28	91	28	245-	28	148
SEPTEMBER	**	***	15	81	14	183-	14	141	14	190-	14	88	14	106	14	131-	14	247-	14	140
	**	***	29	90	28	183-	28	114	28	176	28	87	28	69	28	105	28	249-	28	118
OKTOBER	**	***	14	94	14	162	14	41	14	160	14	76	14	88	14	95	14	254	14	110
	**	***	28	95	28	188	28	58	28	151	28	49	28	86	28	78	28	242	28	78
NOVEMBER	**	***	15	38+	14	191	15	40	14	131	14	72	14	90	14	108	**	***	14	66
	**	***	28	64	28	185	29	35+	28	125	28	52	28	98	28	129	28	235	28	18+
DECEMBER	**	***	15	41+	14	184	14	35+	14	99	14	31	14	75	14	112	14	223	14	31
	**	***	29	17+	28	154	28	10+	28	54	28	54	28	51	28	64+	28	215	28	51
JANUARI	14	14	14	65	14	128	14	80	14	28+	14	69	14	24+	14	52+	14	204	14	19
	28	31	28	47	28	130	28	77	28	18+	28	58	28	26+	28	49+	28	190	28	60
FEBRUARI	14	40	14	53	14	155	14	49	14	96	14	10+	14	28	14	95	14	167	14	13+
	28	61	28	55	1	121+	28	77	28	119	28	9+	28	23+	28	103	28	147+	28	12+
MAART	14	68	14	62	15	95+	14	105	14	16+	14	68	14	29	14	102	14	147+	14	51
	28	60	28	75	29	101+	28	56	28	71	28	30+	28	38	28	116	28	151+	28	70

	1961/62		1962/63		1963/64		1964/65		1965/66		1966/67		1967/68		1968/69		1969/70		1970/71	
APRIL	14	52	14	27	14	76	**	***	12	75	14	33	13	41	17	82	15	81	14	101
	28	68	28	55	28	85	**	***	28	20	27	41	25	85	1	81	29	85	21	95
MEI	14	80	14	81	14	79	13	124	11	38	11	78	17	96	14	84	6	88	12	119
	28	98	28	82	28	92	27	147	26	73	25	109-	30	87	28	90	**	***	26	131
JUNI	14	102	14	101	14	152-	17	152	16	94	15	124-	14	96	11	98	11	115	16	145
	28	128-	28	107	28	125	1	157	30	89	29	92	27	97	25	105	1	149	30	154-
JULI	14	93	14	106	14	120	15	171	14	80	13	80	11	100-	9	106	16	164	14	136
	28	91	28	129	28	119	29	185	28	82	3	67	25	108-	30	111-	22	167	21	133
AUGUSTUS	14	127-	14	180-	14	130-	12	186	16	105-	17	81	16	102-	13	101	12	168	12	147
	28	91	28	187-	28	130	26	187-	31	102	31	98	**	***	28	110-	26	142	26	159-
SEPTEMBER	14	77	14	139	12	135-	16	190-	15	108-	14	102	19	85	10	111-	10	156	16	147
	28	109-	28	178-	3	95	30	191-	29	110-	28	105-	26	79	25	38	1	195	30	151-
OKTOBER	14	118	14	172	17	104	14	183	13	115	12	109	17	56	15	39+	16	200	**	***
	28	97	28	165	31	113	28	172	26	115	26	112	31	45+	29	42+	29	204	**	***
NOVEMBER	14	59	14	150	14	117	11	165	9	118	17	104	14	55	13	48+	11	197	**	***
	28	30	28	149	28	56+	25	153	30	75	30	48	28	48	4	63	25	189	**	***
DECEMBER	14	8+	14	129	**	***	16	113	7	64	14	38	13	54	11	72	9	183	**	***
	28	75	28	119	2	85	5	93+	21	55+	28	24+	28	57	24	77	**	***	**	***
JANUARI	14	18+	14	115+	9	82	12	94	**	***	20	39	18	19+	14	82	13	162	20	44
	28	30	28	119	30	72+	27	95	27	70	31	26+	30	34+	28	88	4	149	26	45
FEBRUARI	14	9+	**	***	13	54+	16	110	**	***	8	31	13	49	11	83	17	140	17	35
	28	72	**	***	27	75	**	***	2	58	28	28+	5	56	25	78	3	121+	24	38
MAART	14	48	14	60+	10	83	15	90+	16	57+	14	41	13	61	11	80	17	119+	17	47
	28	60	28	61+	**	***	29	55+	30	37+	29	32	26	70	25	82	24	116+	31	55

Fig. B-12 Grondwaterstanden in cm - mv.

BUISNUMMER: 28H-L-0029-01 GRONDWATERSTANDEN IN CM - MV. PRINTDATUM: 23-MAR-95
REKENDATUM: 9-NOV-94

	1971/72		1972/73		1973/74		1974/75		1975/76		1976/77		1977/78		1978/79		1979/80		1980/81	
APRIL	15	70	11	163-	17	86	18	110	17	78	7	106	19	72	19	108	12	105	14	137
	27	89	25	155-	3	87	**	***	24	83	26	111	**	***	**	***	3	95	28	149
MEI	14	142	16	158-	17	118	14	118	20	95	11	113	13	94	9	74	14	100	14	160
	25	140	31	144	30	138	28	134	29	112	3	119	3	97	30	92	28	105	28	163-
JUNI	16	177	13	147	13	153	10	131	16	132	17	126	17	108	15	98	14	103	13	168-
	30	193	27	144	28	177	26	171-	1	138	24	138	29	106	**	***	28	120	27	160-
JULI	6	194	11	128	19	182	8	175-	8	141	**	***	7	110	14	152	13	144	14	115
	2	195	2	119	24	178	1	176-	31	147	27	157	25	118	**	***	27	149	28	117
AUGUSTUS	10	999D	16	117	14	192	13	142	11	165	17	191D	16	128	15	158-	14	155	14	122
	**	***	30	126	29	195=	5	155	26	172-	1	191=	5	131-	28	172-	28	170-	28	127
SEPTEMBER	**	***	12	130	12	195=	17	152	17	173-	16	191=	8	144-	14	175-	14	174-	15	132
	**	***	26	133	27	195=	1	142	26	171-	30	191=	23	148-	28	147	25	179-	3	136
OKTOBER	**	***	10	140	9	195D	9	132	13	173	12	181	17	157	12	139	15	178	14	133
	**	***	24	143	30	162	31	95	23	176	26	171	2	162	27	146	27	180	28	127
NOVEMBER	**	***	16	133	14	146	13	98	11	172	10	160	10	164	14	155	14	161	14	123
	**	***	28	126	29	190	26	70	25	167	25	153	25	95	28	155	28	140	27	119
DECEMBER	15	999D	20	127	11	187	10	48+	10	163	20	142	13	87	14	130	13	119+	**	***
	29	195	**	***	4	111	**	***	**	***	27	140	4	88	28	94	28	111+	**	***
JANUARI	12	190	16	155	16	98	13	46+	15	80+	12	137	19	92	**	***	14	126	14	96+
	**	***	30	144	29	83+	24	44+	23	74+	1	134	**	***	**	***	28	129	28	98
FEBRUARI	15	183	13	119	**	***	11	65	20	79+	10	91+	17	101	**	***	14	115+	13	111
	1	178	27	79+	5	85+	25	85	1	82	2	83+	28	79+	**	***	28	132	27	120
MAART	16	175	12	94+	14	90+	11	97	18	100	**	***	20	67+	**	***	14	124	13	26+
	28	169	2	116+	29	95	25	95	31	101	31	78+	4	76+	28	94	28	129	27	51+

	1981/82		1982/83		1983/84		1984/85		1985/86		1986/87		1987/88		1988/89		1989/90		1990/91	
APRIL	14	82	14	130	12	72	14	122	16	74	17	122	14	97	14	96	14	118	12	180
	28	98	28	136	25	71	27	123	26	86	28	122	28	129	28	126	28	132	27	192
MEI	13	107	14	140	9	59	14	141	14	83	14	***N	14	135	16	160	16	178	14	190
	1	124	28	144	25	81	28	67	28	89	28	***N	27	139	30	175	29	205	28	211
JUNI	15	147-	14	149	6	115	13	79	13	81	14	***N	15	103	14	187	14	217	14	223
	29	121	28	145	23	124	27	78	28	73	28	***N	29	112	27	188	28	237	28	232
JULI	14	127	14	156	**	***	13	92	15	76	10	160	14	165-	14	188	14	245	13	241
	28	130	28	185	**	***	27	131	29	80	28	187	28	162-	29	181	28	259	27	254
AUGUSTUS	14	139	13	189	8	143	14	146-	15	83	14	196	14	155-	15	218	14	267	14	283-
	28	142	27	192-	29	181-	28	155-	28	94-	27	182	28	136	29	201	28	271-	28	277-
SEPTEMBER	14	151-	14	194-	12	170-	14	142-	20	125-	12	184	14	132	14	223	14	274-	14	274-
	28	158-	28	193-	26	169-	28	121	30	131-	26	188	28	127	28	206	28	277-	27	272
OKTOBER	14	124	14	186	14	165	14	115	14	135	8	186	14	100	14	192	13	277	15	273
	28	115	28	177	28	163	28	87	29	141	27	160	28	122	28	197	27	273	29	274
NOVEMBER	12	119	15	159	14	166	14	107	14	***N	**	***	16	95	14	189	14	264	14	264
	27	105	30	148	28	161	28	82+	**	***	28	173	26	67	28	190	27	264	28	191
DECEMBER	**	***	14	137	12	150	14	86+	19	207	14	165	14	104	14	151	14	263	14	162+
	**	***	28	131	27	125	28	89	28	***N	**	***	28	65	28	130	28	230	28	146+
JANUARI	14	92+	11	120	16	104+	14	***N	14	141	19	137	14	49+	13	134	15	227	14	118+
	28	94+	24	115+	31	99+	29	74+	27	145	28	125+	29	35+	27	159	29	190	**	***
FEBRUARI	14	98+	10	120+	13	107+	13	106	12	104+	**	***	15	59	14	168	14	156	**	***
	26	109	24	121	27	110	28	119	3	119+	27	129+	29	61	28	127+	28	132+	**	***
MAART	15	101	**	***	16	119	14	117	12	122	13	133	14	51	14	125+	14	136+	14	162
	29	121	31	73+	27	121	28	109	27	115+	27	130+	28	44+	28	110+	28	149+	28	168

Vervolg fig. B-12

BUISNUMMER: 28H-L-0029-01 GRONDWATERSTANDEN IN CM - MV. PRINTDATUM: 23-MAR-95
REKENDATUM: 9-NOV-94

	1991/92		1992/93		1993/94		1994/95	
APRIL	15	205	14	150	14	162	14	97
	26	214	28	151	28	163	28	140
MEI	16	221	14	159	14	188	16	160
	28	228	27	193	28	195	27	174
JUNI	14	235	15	217	14	200-	14	162
	28	209	29	240	28	214-	28	194
JULI	15	225	14	234	14	226-	14	187
	29	252-	28	247	28	128	28	211
AUGUSTUS	14	245	14	247	13	127	15	239-
	28	247-	28	248-	27	129	28	245-
SEPTEMBER	13	245	14	248-	14	154	14	227-
	27	246-	28	248-	28	105	29	195
OKTOBER	14	250	14	248	14	94	**	***
	28	250	28	247	28	116	**	***
NOVEMBER	14	250	13	228	15	101	**	***
	28	179	27	147	29	143	**	***
DECEMBER	13	215	14	120	15	75+	**	***
	27	161	24	141	28	74+	**	***
JANUARI	14	138+	14	104+	14	78	**	***
	28	170	28	92+	28	63+	**	***
FEBRUARI	14	155	15	117+	14	111	**	***
	28	156	1	118	28	144	**	***
MAART	13	124+	15	141	14	106	**	***
	27	107+	29	159	28	78	**	***

Vervolg fig. B-12

Verklaring van termen/afkortingen in figuur B-12

Symbolen vóór de grondwaterstand:

-	=	grondwaterstand boven maaiveld

Symbolen ter plaatse van de grondwaterstand:

***	=	opname grondwaterstand ontbreekt

Symbolen achter de grondwaterstand:

D (droog)	=	grondwaterstand dieper dan de bodem van de buis
999D	=	opnemer heeft alleen gemeld 'droog' ; 999 is hier geen numerieke waarde m.a.w. geen grondwaterstand
175D	=	opnemer heeft op 175 cm geen grondwater, wel nat zand, slik of modder aangetroffen; 175 wordt als grondwaterstand beschouwd
O	=	buis overgelopen
N	=	niet waargenomen, wel bezocht
Y	=	ijsafzetting in de buis
B	=	bemalen
!	=	waterstand is niet om te rekenen naar maaiveld (de afstand meetpunt minus maaiveld is onbekend)
-	=	grondwaterstand behoort tot de laagste 3 waarnemingen in het hydrologisch halfjaar april tot en met september en is gebruikt voor de berekening van de LG3
=	=	grondwaterstand van een buis, waarin nat zand, slik of modder op die diepte is aangetroffen en die ook voor de berekening van de LG3 is gebruikt (combinatie D en -)
#	=	combinatie van B en LG3 (combinatie B en -)
"	=	combinatie van ! en LG3 (combinatie ! en -)
+	=	grondwaterstand behoort tot de hoogste 3 waarnemingen in het hydrologisch halfjaar van oktober tot en met maart en is gebruikt voor de berekening van de HG3
*	=	grondwaterstand van een buis die overgelopen is en die voor de berekening van de HG3 is gebruikt (combinatie O en +)
#	=	combinatie van B en HG3 (combinatie B en +)
"	=	combinatie van ! en HG3 (combinatie ! en +)

7.3 LG3-HG3-overzicht

7.3.1 Onvolledigheid in het gegevensbestand

De meetgegevens van stambuizen zijn zelden compleet. Gewoonlijk ontbreken in een aantal jaren één of meer metingen. In geval van droogstand is soms wel

(bijv. 180D), soms niet (999D) een numerieke waarde gegeven. De standen 999D zijn niet voor de berekeningen te benutten. Verder kunnen de meetgegevens betrekking hebben op een buis die - onder behoud van het nummer - één of enkele malen is verplaatst. Bij verplaatsing is het mogelijk dat een andere fluctuatie van het grondwater gaat optreden. Verplaatsing van de buis is toegelicht in paragraaf 7.6 (fig. B-16).

7.3.2 Minimum eisen voor het rekenprogramma

In het rekenprogramma GRWTRAP zijn minimum-eisen over de bruikbaarheid van het materiaal opgenomen. Hoogwaardige uitkomsten zijn te verkrijgen bij een strenge selectie. Een dergelijke selectie geeft echter een aanzienlijke beperking van het aantal stambuizen waarvoor en van het aantal jaren waarover de berekeningen uitvoerbaar zijn. Gekozen is voor een compromis, waarbij voor het verkrijgen van een redelijk aantal uitkomsten, beperkte afwijkingen zijn geaccepteerd. Hierbij geldt als leidraad:

— bij de selectie zijn 'jaren' nog als bruikbaar beschouwd als ten minste 9 van de 12 mogelijke waarnemingen per hydrologisch halfjaar te benutten zijn. Zomer- of winterhalfjaren met in totaal meer dan 3 ontbrekende en eventueel als 999D aangegeven waarnemingen blijven dus voor de berekening buiten beschouwing. Een stand van bijvoorbeeld 180D wordt wel meegenomen, omdat de fout bij de LG3-berekening dan kleiner is dan bij weglating van 180D;
— bij de uitgevoerde berekeningen over een geheel hydrologisch jaar zijn ten minste 18 van de 24 mogelijke waarnemingen vereist;
— bij een verplaatsing, zoals weergegeven in paragraaf 7.6 en/of bij een verlenging van de buis van 50 cm of meer begint een nieuwe berekeningsperiode;
— voor het vaststellen van de frequentieverdeling moeten minimaal 8 bruikbare jaren beschikbaar zijn.

7.3.3 Uitgevoerde bewerkingen

Het LG3-HG3-overzicht (fig. B-13) is opgebouwd uit drie naast elkaar gesitueerde blokken met bewerkingsgegevens van het zomerhalfjaar (april t/m september), het aansluitende winterhalfjaar (oktober t/m maart) en het gehele hydrologisch jaar (april t/m maart). De onder elk blok gerangschikte gegevens worden hetzij afzonderlijk, hetzij in combinatie besproken.
De waarden van het voorbeeld (buisnummer 28H-L-0029-01) zijn ook grafisch afgebeeld in figuur B-3.

BUISNUMMER: 28H-L-0029-01 LG3-HG3 OVERZICHT PRINTDATUM: 23-MAR-95 REKENDATUM: 9-NOV-94

ZOMERHALFJAAR (APRIL-SEPTEMBER) (cm - mv.)							I	WINTERHALFJAAR (OKTOBER-MAART) (cm - mv.)						I	HYDR. JAAR (APRIL-MAART) (cm-mv.)				
JAAR	PERI-ODE	N	LG3	DROOGST. IN LG3	GEM. LG3	VGLG3 (8 JR)	I	JAAR	PERI-ODE	N	HG3	GEM. HG3	VGHG3 (8 JR)	I	JAAR	PERI-ODE	N	LG12	HG12
1951	1	0	***	***	***	***	I	1951/52	1	6	***	***	***	I	1951/52	1	6	***	***
1952	1	12	139	0	139	***	I	1952/53	1	12	32	32	***	I	1952/53	1	24	139	32
1953	1	12	178	0	159	***	I	1953/54	1	12	106	69	***	I	1953/54	1	24	188	97
1954	1	12	178	0	165	***	I	1954/55	1	12	27	55	***	I	1954/55	1	24	178	27
1955	1	12	187	0	171	***	I	1955/56	1	12	21	47	***	I	1955/56	1	24	187	21
1956	1	12	187	0	174	***	I	1956/57	1	12	16	40	***	I	1956/57	1	24	187	16
1957	1	12	185	0	176	176**	I	1957/58	1	12	24	38	38**	I	1957/58	1	24	185	24
1958	1	12	132	0	169	169*	I	1958/59	1	12	55	40	48*	I	1958/59	1	24	132	48
1959	1	12	247	0	179	179	I	1959/60	1	11	148	54	54	I	1959/60	1	23	250	135
1960	1	12	202	0	182	187	I	1960/61	1	12	14	49	51	I	1960/61	1	24	202	14
1961	1	12	121	0	176	180	I	1961/62	1	12	12	46	40	I	1961/62	1	24	124	12
1962	1	12	182	0	176	180	I	1962/63	1	10	79	49	46	I	1962/63	1	22	182	47
1963	1	12	139	0	173	174	I	1963/64	1	10	61	50	51	I	1963/64	1	22	139	61
1964	1	10	189	0	174	175	I	1964/65	1	11	79	52	59	I	1964/65	1	21	189	79
1965	1	12	108	0	170	165	I	1965/66	1	10	50	52	62	I	1965/66	1	22	116	32
1966	1	12	113	0	166	163	I	1966/67	1	12	26	50	59	I	1966/67	1	24	115	26
1967	1	11	103	0	162	145	I	1967/68	1	12	33	49	44	I	1967/68	1	23	103	31
1968	1	12	111	0	159	133	I	1968/69	1	12	43	49	48	I	1968/69	1	24	111	40
1969	1/2	3/8	***	***	***	***	I	1969/70	2	11	119	119	***	I	1969/70	1/2	3/19	200	117
1970	2	12	155	0	155	***	I	1970/71	2	6	***	***	***	I	1970/71	2	18	155	39
1971	2	8	***	***	***	***	I	1971/72	2	6	***	***	***	I	1971/72	2	14	***	***
1972	2	12	159	0	157	***	I	1972/73	2	11	96	108	***	I	1972/73	2	23	159	96
1973	2	12	195	3	170	***	I	1973/74	2	11	86	100	***	I	1973/74	2	23	195	85
1974	2	11	174	0	171	***	I	1974/75	2	11	46	87	***	I	1974/75	2	22	174	46
1975	2	12	172	0	171	***	I	1975/76	2	11	78	85	***	I	1975/76	2	23	174	77
1976	2	11	191	3	174	174**	I	1976/77	2	11	84	85	85**	I	1976/77	2	22	191	84
1977	2	11	141	0	170	170*	I	1977/78	2	11	74	83	77**	I	1977/78	2	22	161	72
1978	2	9	168	0	169	171*	I	1978/79	2	7	***	***	77**	I	1978/79	2	16	***	***
1979	2	12	174	0	170	172	I	1979/80	2	12	115	87	83*	I	1979/80	2	24	179	99
1980	2	12	164	0	169	172	I	1980/81	2	10	58	84	77*	I	1980/81	2	22	164	58
1981	2	12	152	0	168	167	I	1981/82	2	10	95	85	79*	I	1981/82	2	22	152	89
1982	2	12	193	0	170	169	I	1982/83	2	11	103	87	87*	I	1982/83	2	23	193	103
1983	2	10	173	0	170	170	I	1983/84	2	12	103	88	90*	I	1983/84	2	22	173	67
1984	2	12	148	0	169	164	I	1984/85	2	11	81	88	90*	I	1984/85	2	23	148	73
1985	2	12	117	0	165	161	I	1985/86	2	9	113	89	95*	I	1985/86	2	21	164	74
1986	2	8	***	***	***	160*	I	1986/87	2	9	128	92	100	I	1986/87	2	17	***	***
1987	2	12	161	0	165	158*	I	1987/88	2	12	43	89	91	I	1987/88	2	24	161	43
1988	2/3	7/5	***	***	***	***	I	1988/89	3	12	121	121	***	I	1988/89	2/3	7/17	***	***
1989	3	12	274	0	274	***	I	1989/90	3	12	139	130	***	I	1989/90	3	24	276	127
1990	3	12	278	0	276	***	I	1990/91	3	9	142	134	***	I	1990/91	3	21	278	142
1991	3	12	248	0	267	***	I	1991/92	3	12	123	131	***	I	1991/92	3	24	251	123
1992	3	12	248	0	262	***	I	1992/93	3	12	104	126	***	I	1992/93	3	24	248	104
1993	3	12	213	0	252	***	I	1993/94	3	12	71	117	117**	I	1993/94	3	24	213	71
1994	3	12	237	0	250	250**	I	1994/95	3	0	***	***	117**	I	1994/95	3	12	***	***

VERKLARING: * = EEN ONTBREKENDE WAARDE, d.w.z. 7x LG3 of HG3) bij berekening van VGLG3/VGHG3
** = TWEE ONTBREKENDE WAARDEN, d.w.z. 6x LG3 of HG3)
*** = GEEN WAARDEN van LG3 en/of HG3; GEEN WAARDEN van VGLG3/VGHG3 (periode < 6 jr)

Fig. B-13 LG3-HG3-overzicht

Verklaring van termen/afkortingen in figuur B-13

JAAR

Aanduiding van het kalenderjaar (zomer) of de samenstellende kalenderjaren (winterhalfjaar danwel hydrologisch jaar)

PERIODE

Volgnummer van de rekenperiode
Als door mutaties in een 'JAAR' een nieuwe rekenperiode start, zijn beide nummers (bijv. 1/2) vermeld.

N

Aantal waarnemingen
Per zomer- of winterhalfjaar is met een maximum van 12 het aantal gemeten grondwaterstanden vermeld; per hydrologisch jaar is dat maximaal 24. Uit het tijdstip van het begin van een nieuwe rekenperiode is het aantal waarnemingen van zowel de voorafgaande als van de nieuwe periode te verkrijgen. De waarnemingen 999D (par. 7.2 en onbekend (***)) tellen niet mee bij het bepalen van het aantal waarnemingen.

LG3 (HG3)

— LG3 is de gemiddelde waarde van de laagste drie gemeten grondwaterstanden, dat wil zeggen metingen gemerkt met -, =, # of " in elk bruikbaar hydrologisch zomerhalfjaar;
— HG3 is de gemiddelde waarde van de hoogste drie gemeten grondwaterstanden, dat wil zeggen metingen gemerkt met +, *, # of " in elk bruikbaar hydrologisch winterhalfjaar.

Bijzonderheden bij de LG3-berekening:

— een numerieke droogstand (bijv. 175D) wordt in de berekening betrokken. In feite ligt een op droogstanden gebaseerd LG3-niveau te ondiep. Zouden de droogstanden niet worden meegerekend dan ontstaat een niet onaanzienlijke fout voor de LG3, speciaal in droge jaren;
— 999D-standen worden in de berekening tot gelding gebracht. Als één 999D-stand aanwezig is, wordt de berekening: LG3 = de som van tweemaal de diepste stand en de naast hogere stand gedeeld door drie. Bij twee of drie 999D-standen wordt de LG3 gelijk gesteld aan de diepste grondwaterstand.

Jaren met een verplaatsing van de buis.
Bij een verplaatsing of bij een lengteverandering van de buis (filter) van 50 cm of meer start een nieuwe periode van berekenen. Hierbij gelden de volgende regels:

— zijn in het zomer- (winter-)halfjaar *vóór* de verplaatsingsdatum ten-minste 9 waarnemingen aanwezig, dan wordt een LG3 (HG3) voor de oude periode berekend;

— zijn in het zomer- (winter-)halfjaar *na* de verplaatsingsdatum tenminste 9 waarnemingen aanwezig, dan wordt een LG3 (HG3) voor de nieuwe periode berekend.

DROOGST. IN LG3

Het aantal droogstanden (999D en numerieke als bijv. 175D) bij de LG3 berekening.
Bij een toenemend aantal droogstanden in een jaar, neemt de kans op een grotere afwijking tussen de berekende en de werkelijke LG3 toe. Bij toename van het aantal jaren met droogstanden is bovendien de kans groter dat de berekende GLG meer van de werkelijke GLG gaat afwijken.

GEM. LG3 (GEM. HG3)

Meerjarig gemiddelde van de LG3- (HG3-)waarden van de bruikbare zomer- (winter-)halfjaren per rekenperiode.
Voor de zomer- (winter-)halfjaren waarvoor geen LG3 (HG3) valt te berekenen, ontbreekt GEM. LG3 (GEM. HG3). Dit is aangegeven met ***.
De uitkomst bij het laatste jaar betreft de gehele rekenperiode en is dan per definitie de waarde voor de GLG (GHG).

VGLG3 (8 JR) en *VHG3 (8 JR)*

Voortschrijdend 8-jarig gemiddelde van de LG3- (HG3-)waarden van de bruikbare zomer- (winter-)halfjaren per rekenperiode.
In principe zijn voor deze berekening per rekenperiode over een tijdvak van 8 jaar acht LG3- (HG3-)waarden vereist. Bij het ontbreken van één of twee LG3- (HG3-)waarden wordt de berekening toch uitgevoerd. De uitkomsten hebben dan een min of meer indicatieve betekenis hetgeen wordt aangegeven door toevoeging van één of twee asterisks. Eén * betekent dat de berekening is verricht op basis van 7 LG3- (HG3-)waarden terwijl bij aanwezigheid van twee ** slechts 6 LG3- (HG3-)waarden zijn betrokken. Bij drie of meer mankerende waarden blijft de weergave van de VGLG3 (VGHG3) achterwege. De allereerste waarde van de VGLG3 (VGHG3) na de start van elke nieuwe rekenperiode is berekend uit 6 LG3-(HG3-) waarden.

LG12 (HG12)

Gemiddelde waarde van de laagste drie en hoogste drie gemeten grondwaterstanden voor elk geheel hydrologisch jaar (april t/m maart).
In feite is dit een vergelijkbare notatie voor LG3 (HG3), maar is nu bedoeld voor het gehele jaar (geeft nog de relatie aan met de vroegere GLG- (GHG-)berekening).
Voor LG12 en HG12 geldt bij verplaatsing:

— zijn *vóór* de verplaatsingsdatum nog tenminste 18 waarnemingen aanwezig, dan wordt een LG12 (HG12) voor de oude periode berekend;
— zijn *na* de verplaatsingsdatum nog tenminste 18 waarnemingen aanwezig, dan wordt een LG12 (HG12) voor de nieuwe periode berekend.

7.4 Overzicht gemiddelde waarden en percentielen

In het overzicht van gemiddelde waarden en percentielen (fig. B-14) zijn voor elke rekenperiode rekenuitkomsten verzameld (per rekenperiode twee afzonderlijke blokken met rekenuitkomsten). Deze geven de gemiddelde waarden, de betrouwbaarheidsintervallen voor GLG en GHG, alsmede de frequentieverdeling van grondwaterstanden uitgedrukt in percentielen en tijdsduur van grondwaterstanden. Voorwaarde voor het samenstellen is dat het aantal bruikbare zomer- en/of het winterhalfjaren minimaal zes bedraagt, anders gezegd het aantal LG3- en/of HG3-waarden moet minimaal zes zijn. Bij een geringer aantal van deze waarden vermeldt de tabel - terwille van de onderlinge samenhang tussen de perioden - slechts het aantal waarnemingen per periode.

In de kopregel van de tabel is per genummerde rekenperiode de begin- en einddatum aangegeven. Hierdoor ontstaat een overzichtelijke samenhang tussen de opeenvolgende perioden.

Verklaring van termen/afkortingen in figuur B-14

Bovenste blok: gemiddelde waarden (cm - mv.) en betrouwbaarheidsintervallen voor GLG en GHG

N
Aantal uitkomsten/waarnemingen voor de berekening

GEM
Gemiddelde waarde

SD
Standaarddeviatie (standaardafwijking) van de LG3 (HG3) enzovoort.

SE
Standaardfout (Engels: *standard error*). Dit is een maat voor de onnauwkeurigheid van de berekende GLG (GHG); in formule $SE = SD/\sqrt{N}$.

BUISNUMMER: 28H-L-0029-01 OVERZICHT GEMIDDELDE WAARDEN EN PERCENTIELEN PRINTDATUM: 23-MAR-95
REKENDATUM: 9-NOV-94

P E R I O D E : 1 14 JANUARI 1952 T/M 28 MEI 1969

GEMIDDELDE WAARDEN (cm - mv.) EN
BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN VOOR GLG EN GHG

(cm - mv.)	N	GEM	SD	SE	80% BETR. INTERVAL	90% BETR. INTERVAL
LG3 (zomerhjr)	17	159 (=GLG)	41	10.0	158.9 +/- 13.3 (146-172)	158.9 +/- 17.4 (141-176)
Stand 28 maart	17	69 (=GVG)	31			
HG3 (winterhjr)	17	49 (=GHG)	37	8.9	48.6 +/- 11.9 (37- 61)	48.6 +/- 15.6 (33- 64)
GWS	406	102	52			
LG3 (12mnd)	17	160	41			
HG3 (12mnd)	17	44	33			

FREQUENTIEVERDELING GRONDWATERSTANDEN

(cm - mv.)		N	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98
GEMETEN	ZOMERHALFJAAR	204	38	55	74	82	93	104	112	129	144	171	187	195	224
	WINTERHALFJAAR	202	10	17	27	39	52	59	71	82	98	117	155	185	223
	JAAR (a)	406	14	26	38	55	72	82	95	109	125	150	179	191	222
BEREKEND	JAAR (b)	406		32	42	61	76	89	102	114	129	146	168	181	
	(a-b)			-6	-4	-6	-4	-7	-7	-5	-4	4	11	10	

TIJDSDUUR GRONDWATERSTANDEN	
> GLG (=159)	16.9%
GHG <-> GLG	67.6%
< GHG (= 49)	15.5%
< GVG (= 69)	28.4%

P E R I O D E : 2 14 JUNI 1969 T/M 14 JULI 1988

GEMIDDELDE WAARDEN (cm - mv.) EN
BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN VOOR GLG EN GHG

(cm - mv.)	N	GEM	SD	SE	80% BETR. INTERVAL	90% BETR. INTERVAL
LG3 (zomerhjr)	16	165 (=GLG)	20	5.1	164.8 +/- 6.8 (158-172)	164.8 +/- 8.9 (156-174)
Stand 28 maart	19	99 (=GVG)	31			
HG3 (winterhjr)	16	89 (=GHG)	25	6.3	88.9 +/- 8.4 (80- 97)	88.9 +/- 11.0 (78-100)
GWS	407	129	38			
LG3 (12mnd)	16	171	16			
HG3 (12mnd)	16	76	22			

FREQUENTIEVERDELING GRONDWATERSTANDEN

(cm - mv.)		N	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98
GEMETEN	ZOMERHALFJAAR	215	71	78	86	105	119	130	138	147	155	170	187	192	195
	WINTERHALFJAAR	192	38	47	66	87	98	110	120	129	140	160	177	188	197
	JAAR (a)	407	45	66	79	95	108	120	130	140	150	163	181	191	195
BEREKEND	JAAR (b)	407		70	81	98	111	121	129	137	146	159	175	185	
	(a-b)			-4	-2	-3	-3	-1	1	3	4	4	6	6	

TIJDSDUUR GRONDWATERSTANDEN	
> GLG (=165)	18.9%
GHG <-> GLG	65.0%
< GHG (= 89)	16.1%
< GVG (= 99)	24.2%

Fig. B-14 Overzicht gemiddelde waarden en percentielen

BUISNUMMER: 28H-L-0029-01 OVERZICHT GEMIDDELDE WAARDEN EN PERCENTIELEN PRINTDATUM: 23-MAR-95
REKENDATUM: 9-NOV-94

P E R I O D E : 3 28 JULI 1988 T/M 28 SEPTEMBER 1994

GEMIDDELDE WAARDEN (cm - mv.) EN
BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN VOOR GLG EN GHG

(cm - mv.)	N	GEM	SD	SE	80% BETR. INTERVAL	90% BETR. INTERVAL
LG3 (zomerhjr)	6	250 (=GLG)	24	9.8	249.7 +/- 14.5 (235-264)	249.7 +/- 19.8 (230-269)
Stand 28 maart	6	129 (=GVG)	35			
HG3 (winterhjr)	6	117 (=GHG)	26	10.7	116.7 +/- 15.8 (101-132)	116.7 +/- 21.6 (95-138)
GWS	146	188	56			
LG3 (12mnd)	5	253	26			
HG3 (12mnd)	5	113	27			

FREQUENTIEVERDELING GRONDWATERSTANDEN

(cm - mv.)		N	PERCENTIELEN 2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98
GEMETEN	ZOMERHALFJAAR	77	101	126	138	163	191	205	217	227	241	247	268	274	280
	WINTERHALFJAAR	69	67	77	94	116	127	141	155	162	190	230	264	273	276
	JAAR (a)	146	75	95	111	132	151	167	192	212	228	247	264	274	277
BEREKEND	JAAR (b)	146		84	100	129	152	172	189	205	223	244	268	283	
	(a-b)			11	11	3	-1	-5	3	7	5	3	-4	-9	

TIJDSDUUR GRONDWATERSTANDEN	
> GLG (=250)	14.0%
GHG <-> GLG	74.7%
< GHG (=117)	11.3%
< GVG (=129)	18.2%

Vervolg fig. B-14

MUTATIES:

DATUM	X-COORD	Y-COORD	LENGTE	MATERIAAL	MV-NAP	WERKZ.H.
14-01-1952	255460	482700	300	S	2225	START
7-04-1953	255460	482700	300	S	2225	H
11-06-1969	255460	482700	200	P	2237	H
15-12-1971	255460	482700	200	P	2237	S
26-07-1988	255470	482720	310	P	2269	V
9-04-1991	255470	482720	280	P	2269	H

Fig. B-16 Mutaties

80% BETR. INTERVAL

80% betrouwbaarheidsinterval voor de GLG (GHG)
De schatting van de GLG (GHG) wordt als voldoende beschouwd indien het 80% betrouwbaarheidsinterval niet groter is dan 2 * 10 = 20 cm. Dit is een minimumvereiste voor een stambuis. Voor zover bekend, is bij een dergelijke waarde te verwachten dat er geen ingreep in het grondwaterregime heeft plaatsgevonden.

Opmerking: In de computeruitvoer van vóór november 1994 wordt hier ook de notatie P<=10 cm aangetroffen, zijnde de aanduiding voor de betrouwbaarheid dat de werkelijke, maar onbekende GLG (GHG) niet meer dan 10 cm van de berekende GLG (GHG)-schatting zal afwijken. Als voldaan wordt aan bovengenoemd criterium van minder dan 20 cm voor het 80% betrouwbaarheidsinterval, heeft de kwaliteitsmaat P een waarde van > 0,8.

90% BETR. INTERVAL

90% betrouwbaarheidsinterval voor de GLG (GHG)

LG3 (zomerhjr)

Regel met gemiddelde van de LG3-waarden van de zomerhalfjaren in de rekenperiode. De waarde is gelijk aan GEM.LG3 aan het einde van de periode in figuur B-13. Dit is per definitie de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van de rekenmethode.

Stand 28 maart

Regel met gemiddelde van de op 28 maart gemeten grondwater-standen in de rekenperiode. De waarde is gelijk aan het gemiddelde 'GEM' 28-3 in figuur B-15. Dit is per definitie de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) van de rekenperiode.

HG3 (winterhjr)

Regel met gemiddelde van de HG3-waarden van de winterhalfjaren in de rekenperiode. De waarde is gelijk aan GEM.HG3 aan het einde van de periode in figuur B-13. Dit is per definitie de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van de rekenperiode.

GWS

Regel met gemiddelde grondwaterstand, berekend uit alle gemeten grondwaterstanden in de rekenperiode. Bij een normale verdeling van de grondwaterstanden komt deze waarde overeen met het 50e percentiel of mediaan van de gemeten grondwaterstanden.

LG3 (12mnd)

Regel met gemiddelde van de LG3-waarden over het gehele hydrologisch jaar in de rekenperiode. Deze waarde is gelijk aan LG12 in figuur B-13.

HG3 (12mnd)

Regel met gemiddelde van de HG3-waarden over het gehele hydrologisch jaar in de rekenperiode. Deze waarde is gelijk aan HG12 in figuur B-13.

Onderste blokken: frequentieverdeling grondwaterstanden

PERCENTIELEN

Per rekenperiode zijn het aantal gemeten grondwaterstanden (N) in het zomerhalfjaar (GEMETEN ZOMERHALFJAAR), in het winterhalf-jaar (GEMETEN WINTERHALFJAAR) en in het gehele hydrologisch jaar (GEMETEN JAAR (a)) weergegeven. Vervolgens zijn hieruit drie (relatieve) cumulatieve frequentieverdelingen van grondwaterstanden opgesteld en een aantal percentielpunten bepaald. Elk percentiel geeft de diepte aan die door een gegeven percentage grondwaterstanden niet wordt overschreden. Vermenigvuldiging van het percentage met 3,65 (= 365 dagen/100) geeft het aantal dagen per jaar aan waarop - gemiddeld genomen - de grondwaterstand ondieper is dan de percen-tielwaarde. Voor de zomer- en de winterperiode vermenigvuldigen we het percentiel respectievelijk met 1,83 en 1,82 om het aantal dagen te krijgen.

Voorbeeld: In de eerste rekenperiode (januari 1952-mei 1969) is het 20e percentiel op jaarbasis 55 cm: dat wil zeggen 20 * 3,65 = 73 dagen per jaar is er een ondiepere stand dan 55 cm - mv. In dezelfde periode is het 20e percentiel van de zomergrondwaterstand 82 cm. Dit betekent dat naar verwachting de grondwaterstand gedurende gemiddeld 20 * 1,83 = 37 dagen per zomerhalfjaar ondieper zal zijn dan 82 cm. Anderzijds zal gemiddeld genomen (100-20) = 80% of 80 * 1,82 = 146 dagen per zomerhalfjaar de grondwaterstand gelijk aan of dieper zijn dan 82 cm.

Behalve de uit de meetgegevens per hydrologisch jaar afgeleide percentielen (GEMETEN JAAR (a)) kunnen we de gemiddelde tijdsduur van grondwaterstanden berekenen uit de GLG en GHG (par.4.1). De hiermee berekende percentielen zijn aangegeven als BEREKEND JAAR (b). De onderlinge verschillen (BEREKEND (a-b)) zijn veelal kleiner dan 10 cm. Grotere verschillen hebben vaak betrekking op alleen de lagere dan wel op alleen de hogere percentages. In het eerste geval hebben de afwijkingen ten opzichte van het normale beeld betrekking op de ondiepere grondwaterstanden; in het tweede geval op de diepere grondwaterstanden.

TIJDSDUUR GRONDWATERSTANDEN

Voor de per rekenperiode vastgestelde waarde van GLG, GHG en GVG kan uit de cumulatieve frequentieverdeling van grondwater-standen GEMETEN JAAR (a) de bijbehorende percentielpunten worden bepaald.

Dit betekent in het voorbeeld dat het aantal grondwater-standen dieper dan de GLG (159 cm) 16,9% van het totale aantal standen bedraagt, ofwel gemiddeld per hydrologisch jaar in 16,9 * 3,65 = 62 dagen (niet-aaneengesloten) bevindt de grondwaterstand zich beneden het GLG-niveau van 159 cm - mv. Grondwaterstanden ondieper dan het GHG-niveau van 49 cm - mv. komen gemiddeld voor in 15,5% van de tijd, ofwel op 15,5 * 3,65 = 57 dagen (niet-aaneengesloten) dagen per hydrologisch jaar. Voor de GVG geldt een soortgelijke benadering. Grondwaterstanden binnen het bereik van de fluctuatie, dat wil zeggen tussen GHG en GLG, worden gedurende de resterende tijd (gemiddeld 67,6%), ofwel 67,6 * 3,65 = 246 dagen (niet-aaneengesloten) per hydrologisch jaar aangetroffen.

7.5 Overzicht gemiddelde grondwaterstanden (cm - mv.) per opnamedatum

In het overzicht van gemiddelde grondwaterstanden per opnamedatum (fig. B-15) zijn voor elke rekenperiode gemiddelde grondwaterstanden enzovoort per opnamedatum bijeengebracht (regiemcurve). Hiermede kan op elk tijdstip nagegaan worden in hoeverre de grondwaterstanden een afwijkend beeld vertonen. In de kopregel van de tabel is per genummerde rekenperiode de begin- en einddatum aangegeven, zodat een overzichtelijke samenhang tussen opeenvolgende perioden ontstaat. Per rekenperiode zijn de grondwaterstanden enzovoort per datum van het zomerhalfjaar steeds op de linkerzijde van de tabel en die van het winterhalfjaar op de rechterzijde weergegeven.

Verklaring van termen/afkortingen in figuur B-15

ZOMER (WINTER) DATUM

Data per maand waarop doorgaans de grondwaterstanden per zomer-(winter)halfjaar worden gemeten, of waarnaar de meetgegevens van andere opnamedata binnen de tolerantie (par. 7.2) zijn toegerekend.

N

Aantal grondwaterstanden waarvan het gemiddelde is berekend. Deze tabel wordt samengesteld voor elke rekenperiode. Voorwaarde is dat het aantal bruikbare zomerhalf- en/of winterhalfjaren minimaal zes bedraagt, ofwel het aantal LG3- en/of HG3-waarden moet minimaal zes zijn. Blijft dit aantal beperkt tot vijf of minder, dan wordt alleen het aantal verrichte grondwaterstandsmetingen per datum en het daarbij behorende gemiddelde (GEM) vermeld.

BUISNUMMER: 28H-L-0029-01 OVERZICHT GEMIDDELDE GRONDWATERSTANDEN (cm - mv.) PER OPNAMEDATUM PRINTDATUM: 23-MAR-95
REKENDATUM: 9-NOV-94

P E R I O D E : 1 14 JANUARI 1952 T/M 28 MEI 1969

ZOMER DATUM	N	GEM	SD	VC %	80% TRAJECT	90% TRAJECT	WINTER DATUM	N	GEM	SD	VC %	80% TRAJECT	90% TRAJECT
14- 4	17	75	33	43	32 - 119	18 - 133	14-10	17	116	56	48	42 - 191	19 - 213
28- 4	17	91	38	42	39 - 142	24 - 157	28-10	17	111	56	51	36 - 186	13 - 209
14- 5	18	104	37	36	54 - 153	39 - 168	14-11	16	97	46	48	35 - 159	16 - 178
28- 5	17	118	30	26	77 - 158	64 - 171	28-11	17	92	61	67	10 - 174	-14 - 199
14- 6	17	130	29	23	90 - 169	78 - 181	14-12	16	82	59	72	3 - 161	-21 - 185
28- 6	17	138	35	26	90 - 185	76 - 199	28-12	17	74	51	69	6 - 142	-14 - 162
14- 7	17	133	45	34	73 - 193	55 - 212	14- 1	17	67	50	75	0 - 134	-20 - 154
28- 7	17	138	45	32	78 - 198	60 - 217	28- 1	18	68	44	66	9 - 127	-8 - 145
14- 8	17	150	44	30	91 - 209	73 - 227	14- 2	16	65	49	75	0 - 130	-19 - 150
28- 8	16	141	50	36	73 - 208	53 - 229	28- 2	16	68	40	58	15 - 122	0 - 138
14- 9	17	133	47	35	70 - 195	51 - 214	14- 3	18	70	31	44	29 - 111	17 - 124
28- 9	17	123	54	44	51 - 195	29 - 217	28- 3	17	69	31	46	27 - 110	14 - 123

P E R I O D E : 2 14 JUNI 1969 T/M 14 JULI 1988

ZOMER DATUM	N	GEM	SD	VC %	80% TRAJECT	90% TRAJECT	WINTER DATUM	N	GEM	SD	VC %	80% TRAJECT	90% TRAJECT
14- 4	19	102	25	25	68 - 135	58 - 146	14-10	17	155	30	19	115 - 196	102 - 208
28- 4	16	110	25	23	76 - 143	65 - 154	28-10	17	149	31	21	107 - 191	94 - 204
14- 5	18	118	30	25	78 - 157	66 - 170	14-11	15	144	30	21	104 - 184	91 - 196
28- 5	18	122	29	24	83 - 161	71 - 172	28-11	16	134	40	30	80 - 188	63 - 205
14- 6	19	130	31	24	89 - 171	76 - 183	14-12	15	136	43	32	78 - 193	60 - 211
28- 6	18	138	34	24	93 - 183	80 - 197	28-12	10	115	36	31	65 - 165	49 - 181
14- 7	18	145	33	23	101 - 188	88 - 201	14- 1	17	110	42	38	54 - 166	37 - 183
28- 7	17	149	31	21	107 - 191	94 - 203	28- 1	16	99	38	38	49 - 150	33 - 165
14- 8	18	152	29	19	113 - 191	101 - 203	14- 2	16	102	34	33	57 - 148	43 - 162
28- 8	18	157	28	18	120 - 194	109 - 205	28- 2	18	103	32	31	60 - 145	47 - 158
14- 9	18	159	23	15	128 - 190	119 - 200	14- 3	16	99	37	38	49 - 149	34 - 164
28- 9	18	160	26	16	125 - 194	115 - 205	28- 3	19	99	31	31	58 - 141	45 - 154

P E R I O D E : 3 28 JULI 1988 T/M 28 SEPTEMBER 1994

ZOMER DATUM	N	GEM	SD	VC %	80% TRAJECT	90% TRAJECT	WINTER DATUM	N	GEM	SD	VC %	80% TRAJECT	90% TRAJECT
14- 4	6	152	40	26	93 - 211	72 - 232	14-10	6	222	70	31	119 - 325	82 - 363
28- 4	6	165	32	19	118 - 212	101 - 229	28-10	6	226	61	27	136 - 316	104 - 349
14- 5	6	183	23	13	149 - 217	136 - 229	14-11	6	216	63	29	123 - 309	89 - 343
28- 5	6	201	18	9	174 - 228	164 - 238	28-11	6	186	44	24	121 - 250	98 - 274
14- 6	6	209	26	12	171 - 247	157 - 261	14-12	6	164	67	41	65 - 263	29 - 299
28- 6	6	221	18	8	194 - 248	184 - 258	28-12	6	147	50	34	72 - 222	45 - 249
14- 7	6	226	21	9	196 - 257	184 - 268	14- 1	6	133	51	38	58 - 208	31 - 236
28- 7	7	219	49	22	148 - 290	123 - 314	28- 1	5	135	54	40	51 - 218	19 - 251
14- 8	7	232	51	22	159 - 305	134 - 331	14- 2	5	141	26	18	102 - 181	87 - 196
28- 8	7	231	51	22	157 - 305	132 - 331	28- 2	5	135	15	11	113 - 158	104 - 167
14- 9	7	235	41	17	176 - 294	155 - 315	14- 3	6	132	19	14	104 - 160	94 - 170
28- 9	7	221	60	27	135 - 307	105 - 337	28- 3	6	129	35	28	76 - 181	57 - 200

Fig. B-15 Overzicht gemiddelde grondwaterstanden (cm - mv.) per opnamedatum

GEM
Gemiddelde grondwaterstand op de aangegeven datum

SD
Standaarddeviatie (standaardafwijking) van de per datum gemeten grondwaterstanden

VC
Variatiecoëfficiënt (in %): het quotiënt van de standaarddeviatie en het gemiddelde, in formule: (SD/GEM) * 100. Dit wordt ook wel relatieve standaarddeviatie genoemd.

80% TRAJECT
Overdekkingsinterval waarbinnen 80% van de op die datum gemeten grondwaterstanden valt

90% TRAJECT
Overdekkingsinterval waarbinnen 90% van de op die datum gemeten grondwaterstanden valt.

7.6 Mutaties

Een aantal algemene gegevens[1] van het meetpunt (buis) zijn opgenomen in figuur B-16. Zij hebben betrekking op het moment van inrichting van het meetpunt, en op de veranderingen sedertdien.

Verklaring van termen/afkortingen in figuur B-16
DATUM
Datum waarop enige werkzaamheid (WERKZ.H.) is uitgevoerd

X-COORD
X-coördinaat (in meters)

Y-COORD
Y-coördinaat (in meters)

LENGTE
Lengte van de buis in cm

[1] Overige algemene gegevens over het meetpunt als bijvoorbeeld de filterstelling (B.F.-NAP en/of O.F.-NAP = bovenkant en/of onderkant filter ten opzichte van NAP) zijn opgenomen in de OLGA-TNO rubrieken met administratieve en/of technische gegevens.

MATERIAAL

Materiaal waaruit de grondwaterstandsbuis is vervaardigd. Betekenis van enkele codes:

spatie = onbekend;
B = beton;
G = gebakken steen;
M = metaal;
P = PVC;
R = roestvrij staal;
Y = ijzer.

MV-NAP

Ligging van het maaiveld ten opzichte van NAP in cm

WERKZ.H.

Uitgevoerde werkzaamheden op de lokatie en/of aan het filter
Betekenis van enkele afkortingen:

START	=	steeds op de 1e regel; situatie begintoestand
N	=	nagezien of hersteld
S	=	schoongemaakt
V	=	verplaatst Voorwaarde: de nieuwe buis ligt op meer dan 5 meter afstand van de oude lokatie
H	=	herplaatst Voorwaarde: de nieuwe buis ligt binnen 5 meter afstand van de oude lokatie

De afstand en richting waarover de buis is verplaatst, volgt uit de coördinaten:

	X-COORD	Y-COORD
nieuw:	233 590	605 450
oud:	233 580	605 470

Verplaatsing in X-richting: 233 590 - 233 580 = + 10 m
Let op: + betekent naar rechts (oostwaarts); - betekent naar links (westwaarts)

Verplaatsing in Y-richting: 605 450 - 605 470 = - 20 m
Let op: + betekent omhoog (noordwaarts); - betekent omlaag (zuidwaarts).

Een verplaatsing blijkt niet altijd uit een verandering van de coördinaten. Dit komt door het afronden van de coördinaten op een tiental (laatste cijfer is een nul).

7.7 HG3-LG3-grafiek

De HG3-LG3-grafiek (fig. B-17) is een visuele weergave van de van jaar tot jaar fluctuerende HG3 en LG3. Een eventuele verandering in het grondwater-regime wordt hiermee zichtbaar gemaakt.

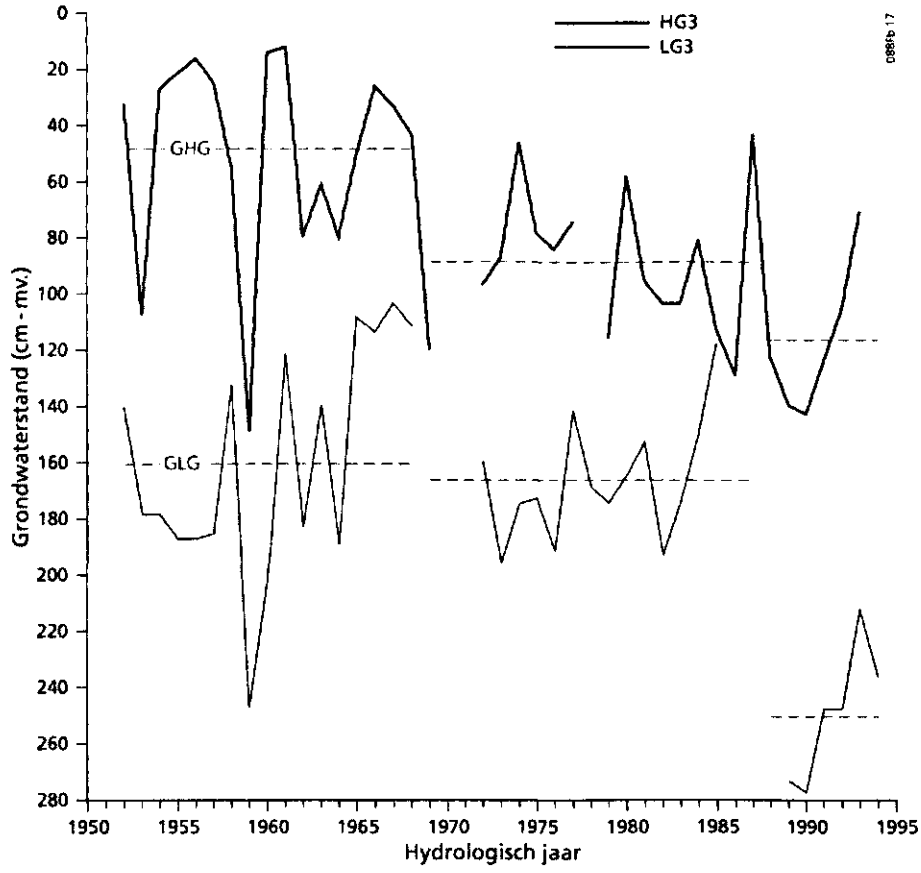


Fig. B-17 HG3-LG3-grafiek van stambuis 28H-L-0029 over de periode 1952-1994

Het 'LG3-HG3-overzicht' (fig. B-13) levert de gegevens per buis waarmee een GENSTAT-programma de grafiek kan samenstellen. Het is veelal noodzakelijk om de lijst met gegevens aan te passen voor het beginjaar van de berekeningen en de totale lengte van de periode waarover de LG3- (HG3-) berekeningen zijn verricht. Verder nemen we voor elke rekenperiode de daarbij geldende GLG en GHG, en de periodelengte voor opname in de grafiek. Deze GLG- (GHG-)waarden zijn ontleend aan het 'overzicht gemiddelde waarden en percentielen' (fig. B-14).

7.8 Weersgesteldheid tijdens de meetperiode

Zowel de variatie in weersgesteldheid als een ingreep in het grondwater-regime zijn van invloed op het verloop van de HG3 en LG3 met de tijd. Om een ingreep te herkennen, is het van belang te weten welke de natte en welke de droge jaren zijn (geweest) en hoe zij elkaar opvolgen tijdens de meetperiode. In figuur B-18 geven we een voorbeeld van het neerslag-overschot in het KNMI-district 6 (Twente) over de periode 1951-1994. De keuze van de meteogegevens sluit aan bij de ligging van buis 28H-L-0029 in Weerselo. Als karakteristiek voor de natheid in het winterhalfjaar kiezen we voor het neerslagoverschot, gesommeerd over de maanden oktober tot en met maart (neerslag minus potentiële verdamping). Voor het zomerhalfjaar gaan we uit van het totaal aan neerslagoverschot over de maanden april tot en met september, en niet van de som over de opeenvolgende maanden met een negatief neerslagoverschot (= neerslagtekort).

De gemiddelde neerslagoverschotten voor het winter- en zomerhalfjaar zijn berekend voor de periode vanaf 1951, ongeveer overeenkomend met het begin van de grootschalige archivering van grondwaterstandsgegevens door het huidige GG-TNO. Voor een vergelijking zijn onderstaand ook de waarden voor de normaalperioden 1951-1980 en 1961-1990 gegeven.

	Gemiddeld neerslagoverschot (mm)	
	winterperiode	zomerperiode
rekenperiode 1951-1994	308	-37
klimaatsperiode 1961-1990	308	-44
klimaatsperiode 1951-1980	287	-29

In natte winters (zomers) ligt de HG3 (LG3) boven het GHG- (GLG-)niveau; in droge winters en zomers doet het omgekeerde zich voor (fig. B-2). De grootte van de afwijking is niet alleen van de neerslag en het neerslagtekort afhankelijk. Mede van invloed zijn de neerslagverdeling en de op elkaar aansluitende natte of droge seizoenen.

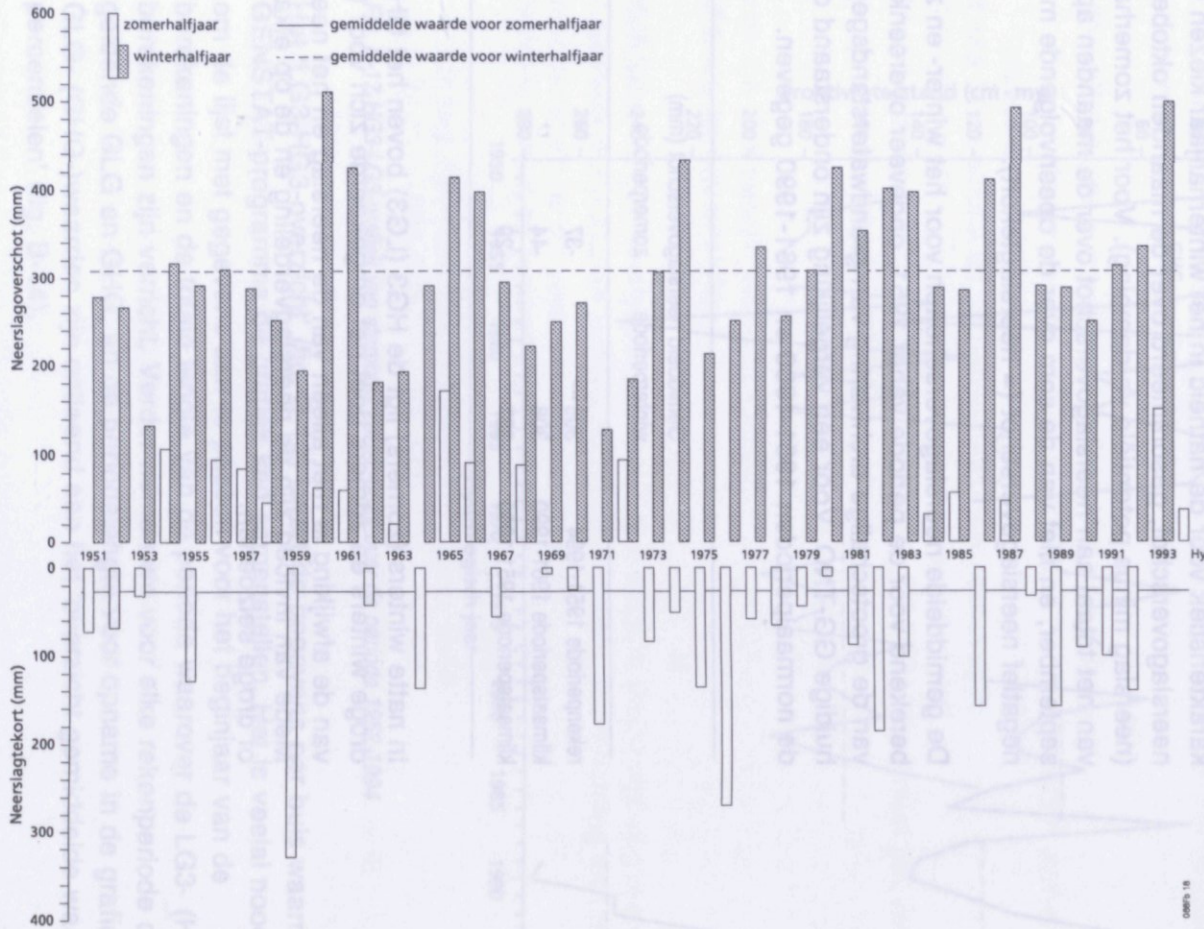


Fig. B-18 Neerslagoverschot per (hydrologisch) zomer- en winterhalfjaar voor het KNMI-district 6 (Twente), gepositioneerd ten opzichte van het gemiddelde neerslagoverschot voor het zomer- en winterhalfjaar over de periode 1951-1994

8 Inventarisatie van grondwaterstandsbuizen

Aan het veldwerk van elk bodemgeografisch onderzoek dient een inventarisatie van stambuizen vooraf te gaan. De wijze waarop een eerste selectie tot stand komt, is beschreven in hoofdstuk 6 ('Procedure'). Dit resulteert in een lijst met (meestal) stambuizen waarvoor bij GG-TNO de betreffende situatieschetsen en de reparatieformulieren worden aangevraagd. Vervolgens zoeken we deze meetpunten in het veld op voor een beoordeling.

De stambuizen moeten aan de volgende eisen voldoen (Ottema, 1991) om representatief te zijn voor een oppervlakte van minimaal 1 ha:
— zo ver mogelijk van een sloot (minimaal 10 m). Dit geldt ook voor een droge sloot;
— zo ver mogelijk van bebouwing (minimaal 10 m);
— niet in een kuil of greppel;
— bij beneden maaiveld afgewerkte buizen moet het regenwater goed kunnen worden afgevoerd (drain en/of filtergrind);
— bij voorkeur niet onder grote bomen;
— niet in een verhard oppervlak als parkeerplaats of trottoir;
— niet in gedraineerde percelen; indien dit niet te vermijden is, plaats dan een buis midden tussen de drains;
— niet op lokale hoogtes (opgehoogde boerenerven);
— niet in een wegcunet;
— niet in een berm.

Het doel van de stambuisinventarisatie is de bruikbaarheid van stambuizen op uniforme wijze vast te leggen. Hiermee bereiken we dat:
— de onderzoeker, voordat het veldwerk begint, reeds een overzicht heeft van de stambuizen die als referentiepunt geschikt zijn, en hoe deze meetpunten over de grondwatertrappen, over de bodemeenheden en over het onderzoeksgebied zijn verspreid. De referentiepunten dienen als ijkpunten voor:
  * veldschatting van de GHG en GLG;
  * situering van nieuwe grondwaterstandsbuizen;
  * koppeling van korte meetreeksen;
  * vaststelling van meetdata voor gerichte opnamen;
— de gegevens na afloop van de bodemkundig-hydrologische opname voor elke volgende gebruiker toegankelijk blijven;
— aan de voorheen als kroonstambuis beoordeelde meetpunten door GG-TNO meer aandacht wordt besteed. Dergelijke meetpunten worden dan minder snel verplaatst en blijven langer gehandhaafd bij een meetnet-optimalisatie.

Deze doelstellingen zijn alleen te realiseren indien de OLGA-beheerder de beschikking krijgt over de resultaten van de inventarisatie. Om gebruikers leesbare kopieën te kunnen verstrekken, archiveert de OLGA-beheerder het

origineel van de inventarisatie-resultaten. De OLGA-beheerder geeft gesignaleerde afwijkingen aan GG-TNO door.

Voor stambuisinventarisatie hebben we nodig:
— situatieschets;
— reparatieformulier;
— formulier 'beoordeling grondwatermeetnet GG-TNO'.

Situatieschets

De door GG-TNO verstrekte situatieschets (fig. B-19) geeft op een detailtekening, voorzien van kaartblad- en buisnummer, de juiste ligging van de buis aan. Incidenteel is de naam van de waarnemer vermeld. Hetzelfde geldt voor de coördinaten en een summiere profielbeschrijving. In het geval dat de schets niet correct blijkt te zijn, noteren we vanzelfsprekend de gewijzigde situatie en geven we deze door aan de OLGA-beheerder. Situatieschetsen kunnen

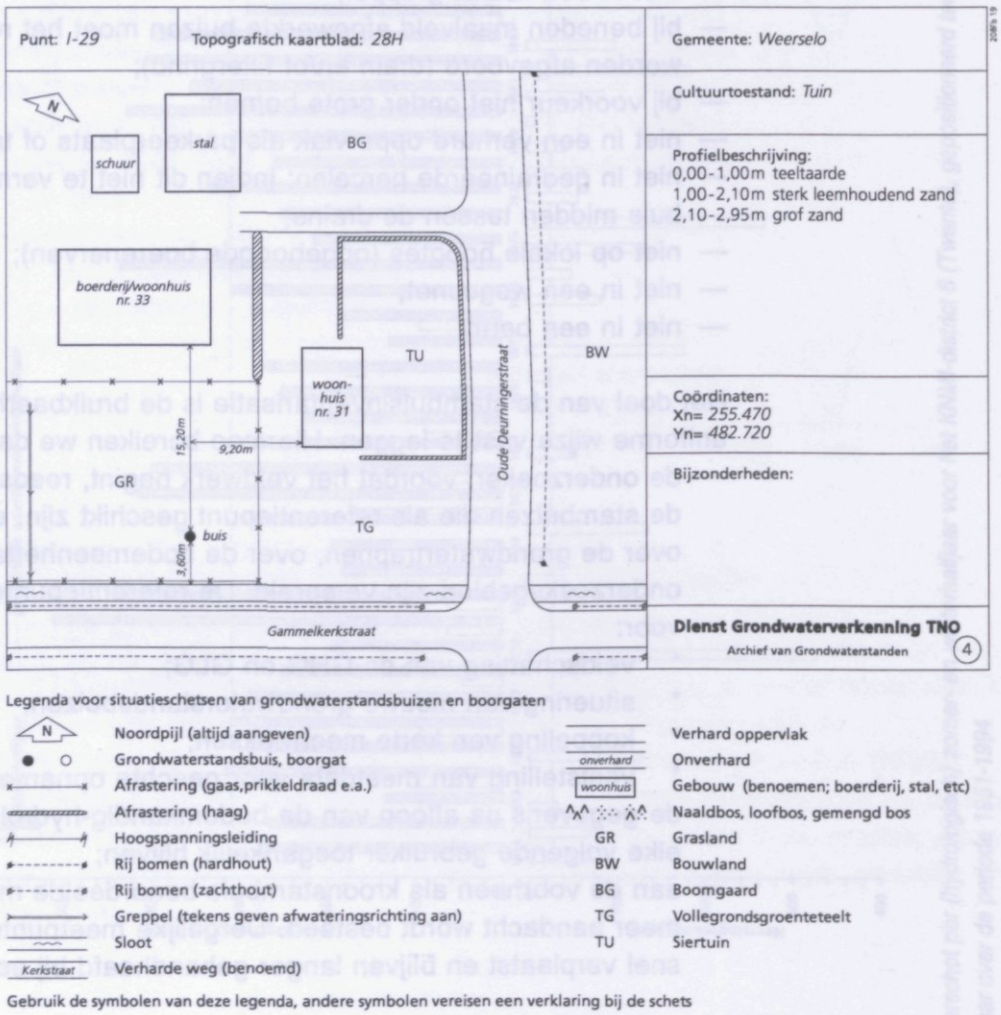


Fig. B-19 Situatieschets van stambuis 28H-L-0029

betrekkelijk snel verouderen. Het opnieuw aanvragen van schetsen voor een eventueel volgend project valt, gelet op de geringe inspanning, te prefereren boven centrale archivering.

Reparatieformulier
Tegelijk met de situatieschets zendt GG-TNO ook een zogenaamd reparatieformulier (fig. B-20) mee. Dit formulier voor intern gebruik, voor onderhoud zowel per lokatie als per filter, omvat een groot aantal specifieke gegevens. Een controle op de juiste coördinaten, op de hoogte van het meetpunt ten opzichte van maaiveld, op de lengte van de (stijg)buis enzovoort is van groot belang. Eveneens vindt een grondwaterstandsmeting plaats. Na invulling van de geconstateerde wijzigingen en/of aanvullingen zendt de OLGA-beheerder het formulier terug naar GG-TNO.

Formulier 'Beoordeling meetpunten grondwatermeetnet GG-TNO'
Dit formulier (fig. B-21) is enkele jaren geleden ontworpen, uitsluitend voor intern gebruik binnen DLO-Staring Centrum. Het dient ter vervanging van het vroegere 'Inventarisatie Stambuizen formulier'. De invulling van het formulier spreekt voor zich.

Belangrijke onderdelen betreffen de profielbeschrijving op het meetpunt en de overige bodemkundige informatie. Van grote betekenis zijn vooral het oordeel over de representatieve ligging ten opzichte van de omgeving en de beschrijving van de ligging.

De toelichting op enkele onderdelen is als volgt:

Coördinaten:
De gemeten coördinaten alleen opgeven indien zij niet kloppen volgens het systeem.
Kwaliteit van de buis:
Indien de periode voor de berekende GHG (GLG) nog te kort is, dan 'matig' aangeven.
Representatieve ligging:
Toetsen aan de eisen voor goede stambuizen.
Hoogteligging:
Indien de buis op een verhoging (tuin) ligt, geef dan het verschil met de omgeving aan; bijvoor-beeld afgegraven perceel naast erf (tuin).

De OLGA-beheerder archiveert kaartbladsgewijs de ingevulde beoordelingsformulieren. Deze zijn voor een ieder ter inzage.

TNO ** UITGEVOERD ONDERHOUD PER LOCATIE ** DATUM: 26/01/95

provincie: OVERIJSSEL
beherende instantie : Waterl. Maatschappij "Overijssel" NV
Oude Veerweg 1
ZWOLLE

gemeente: WEERSELO
waarnemende instantie : Waterschap Regge en Dinkel
Apollolaan 1
ALMELO

TNO code : 28H L 0029 rijks nummer:

aanduiding waarnemer:
contact persoon : H. Top

ligging: TEN ZUIDEN VAN
WEERSELO
OUDE DEURNINGERSTRAAT
"WEERSELO"

waarnemer 1	waarnemer 2
H. ten Napel	A.J. Bolk
Kooistraat 10	Lippertsweg 5
VRIEZENVEEN	HEZINGEN

meetfrequentie	: 0024
wijze van verzenden	: FORMULIER
frequentie ontvangen	: 24
frequentie toezenden	: 00
x-coordinaat	: 255470 ....
y-coordinaat	: 482720 ....
maaiveld t.o.v. NAP	: 2269 ....
geohydrologisch gebied	: 2 TERTIAIRE GEULEN
bodem type	:
primair	: nee
verplicht	: ja
verzoek	: nee
kroonstambuis	: ja
freatisch basismeetnet	: nee
situatieschets	: ja
afwerking	: GEEN (TEGEL/STEEN)
afsluiting	: DEKSELTJE
sleutel	: GEEN
datum vorige werkzaamh	: 09-04-91
vorige werkzaamheden	: H
bijzonderheid	:

uit te voeren reparatie: PREVENTIEF ONDERHOUD datum melding:
bijzonderheid:

uitgevoerd door instituut	: .... DATUM UITVOERING:......
medewerker	: ....
waarnemer gesproken	: ja/nee
staat van onderhoud locatie	: goed/matig/slecht
represent. t.o.v. omgeving	: goed/matig/slecht
werkzaamheden	**bijzonderheden**
O (B)ezoeken	....
O (C)ontrole	....
O (H)erplaatsen*	....
O (N)azien/herstellen	....
O (O)rganiseren	....
O (S)choonmaken	....
O (V)erplaatsen**	....
O (W)aterpassen	....
O (Z)oeken/opsporen	....
O overigen	....

* Herplaatsen: minder dan 5 meter ** Verplaatsen: meer dan 5 meter (ook aanpassing coördinaten)

TNO ** UITGEVOERD ONDERHOUD PER FILTER ** DATUM: 26/01/95

filternummer	28HL0029 01			
code waarnemer		mutaties	mutaties	mutaties
maaiveld tov NAP (cm)	2269	......	......	......
meetpunt tov maaiveld (cm)	20	......	......	......
meetpunt tov NAP (cm)	2289	......	......	......
stijgbuishoogte tov NAP (cm)	2289	......	......	......
putrandhoogte tov NAP (cm)		......	......	......
bovenkant filter tov NAP (cm)	2109	......	......	......
onderkant filter tov NAP (cm)	2009	......	......	......
lengte filter (cm)	100	......	......	......
materiaal filter	PVC	......	......	......
diameter filter inwendig (mm)	36	......	......	......
lengte zandvang (cm)		......	......	......
aantal blinde delen		......	......	......
type filter		......	......	......
correctie lengte (cm)		......	......	......
lengte stijgbuis + filter (cm)	280	......	......	......
materiaal stijgbuis	PVC	......	......	......
diameter stijgbuis inw. (mm)	36	......	......	......
watervoerend pakket	1+2+3	......	......	......
begindatum/vervaldatum	14-01-52/	....../......	....../......	....../......
bijzonderheden		......	......	......
grondwaterstand* (cm)		....../......	....../......	....../......
EC (uS/cm)		......	......	......
PH		......	......	......
temparatuur (graden Celsius)		......	......	......
opgepeilde diepte** (cm)		......	......	......
verschil (cm)		......	......	......
uitgevoerde werkzaamheid	O (C)ontrole O (H)erplaatsen O (N)azien/herstellen O (S)choonmaken O (W)aterpassen O overigen..............		O (C)ontrole O (H)erplaatsen O (N)azien/herstellen O (S)choonmaken O (W)aterpassen O overigen..............	O (C)ontrole O (H)erplaatsen O (N)azien/herstellen O (S)choonmaken O (W)aterpassen O overigen..............
staat van onderhoud filter	goed/matig/slecht		goed/matig/slecht	goed/matig/slecht
bijzonderheden	....		....	....
vorige werkzaamheden:	15-12-71 S			

* Indien lengte stijgbuis is gewijzigd, zowel stand voor verandering als stand na verandering invullen ** Diepte bij vertrek

Fig. B-20 Reparatieformulier voor onderhoud per locatie/per filter

Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO), Wageningen
TNO Grondwater en Geo-energie (GG-TNO), Delft

BEOORDELING MEETPUNTEN GRONDWATERMEETNET GG-TNO

PROJECT: Losser-Noord DATUM: 20-2-1995

KAARTBLAD 1 : 25 000, BUISSOORT en -NUMMER: 28H-L-0029

COORDINATEN: systeem: x = 255 470 gemeten: x = 255 480

y = 482 720 y = 482 700

GEMEENTE: Weerselo PROVINCIE: Overijssel

	FILTERS BOVENKANT BUIS t.o.v. MAAIVELD			FILTERDIEPTE t.o.v. BOVENKANT BUIS		
	systeem	gemeten	verschil	systeem	gemeten	verschil
Filter 1	20	20	0	280	272	8
Filter 2						
Filter 3						
Filter 4						

GRONDSOORT (subgroep bodemclassificatie): Enkeerdgrond (4s)

PROFIELBESCHRIJVING

Diepte in cm	horizont	% org.stof	textuur (omschrijving, opmerkingen)
0- 80	Aa	humeus,	sterk lemig, zeer fijn zand
80-100	Ce		sterk lemig, zeer fijn zand
100-150	Cge		zwak lemig, matig fijn zand, roestig, sterk verkit
150-200	Ce		zeer sterk lemig, zeer fijn zand (verspoelde leem)
200-250	Cr		sterk lemig, zeer fijn zand

GESCHATTE GHG / GLG	: 100 / 200 cm - mv.
BODEM- / GT-CODE (1 : 50 000) OMGEVING / PUNT	: zEZ23- VII
BODEM- /GT-CODE KAARTVLAK (GIS-BESTAND)	: Hn23t-VI
AFWERKING (constructie, soort, diameter)	: p.v.c. ø 36 mm
KWALITEIT van de BUIS (fluctuatie)	: GOED / MATIG / SLECHT
STAAT VAN ONDERHOUD	: GOED / MATIG / SLECHT
REPRESENTATIEVE LIGGING t.o.v. OMGEVING	: GOED / MATIG / SLECHT
HOOGTELIGGING BOVENKANT BUIS t.o.v. OMGEVING	: n.v.t. cm HOGER / LAGER
KWETSBAARHEID	: VEILIG / ONVEILIG
GRONDWATERSTAND	: 92 cm - mv.

BESCHRIJVING van de LIGGING van de BUIS (bijv. erf, berm, nabij sloot, bereikbaarheid):
Buis ligt naast de inrit, in de tuin van de boerderij. De inrit en verharding naast de boerderij liggen lager dan de tuin. Ondanks het feit dat de buis op het erf ligt, is deze representatief voor het grasland voor en naast de boerderij. De afwatering van de verharding is naar het noorden.

OPMERKINGEN (waterpassen, schoonmaken, verplaatsen, afwerking, afsluiting):

dgv/optmet.for 0195

Fig. B-21 Formulier Beoordeling meetpunten grondwatermeetnet GG-TNO

Literatuur

Bakker, H. de, 1973. Hydromorphic soils in the system of soil classification for the Netherlands. *Pseudogley and Gley, Transactions of Commissions V and VI, Int. Soc. Soil Sci.* Stuttgart 1971. p. 405-412.

Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus.* 2e, gewijzigde druk. Wageningen, Pudoc.

Buringh, P., 1951. *Over de bodemgesteldheid rondom Wageningen.* Versl. Landbouwk. Onderz. 57.4, Wageningen.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19A.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19D.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995 (i.v.). *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel E: Bepalingsmethoden en Meettechnieken.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19E.

Colenbrander, H.J., 1970. Waarneming en bewerking van grondwaterstanden bodemvochtgegevens. In: *Hydrologisch onderzoek in het Leerink-beekgebied.* Comm. Bestudering Waterbehoefte Geld. landbouwgronden. Tweede interimrapp. Werkgroep I. p. 148-175.

Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN)-TNO, 1958. *De landbouwwaterhuishouding van Nederland.* Rapport 1 tot en met 12.

Heesen, H.C. van, 1971. De weergave van het grondwaterstandsverloop op bodemkaarten. *Boor en Spade* 17, p. 127-149. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

GG-TNO, 1994. *Handleiding voor het gebruik van OLGA (On Line Grondwater Archief).* TNO-rapport PN 94-01-A. Delft, Onderzoekinstituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO.

Knotters, M. en P.E.V. van Walsum, 1994. *Uitschakeling van weersinvloeden bij de karaktarisering van het grondwaterstandsverloop.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 350.

Knotters, M., F. Brouwer en J.R. Mulder, 1993. Een methode voor de beschrijving van rivierdynamiek in uiterwaarden. *Landinrichting* 33, p. 5-14

Kooistra, M.A., A. Jager, O.H. Boersma en D. Schoonderbeek, 1984. Structuuronderzoek in relatie tot de bodemkaart. In: Ruyten, E.C.W.M., P. van der Sluijs en A.A. de Veer: *Bodem en landschap kwalitatief en kwantitatief bekeken.* p. 86-95. Wageningen, Pudoc.

Ottema, D.H., 1991. *Presentatie grondwatergegevens.* TNO-rapport PN 91-01-A. Delft, Onderzoekinstituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO.

Oude Voshaar, J.H. en J. Stolp, 1996. Schatting van de GHG en GLG van tijdelijke buizen via regressie op naburige stambuizen. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 30.

Oude Voshaar, J.H., 1994. *Statistiek voor Onderzoekers; met voorbeelden uit de landbouw- en milieuwetenschappen.* Wageningen, Wageningen Pers.

Pijls, F.W.G., 1948. *Een gedetailleerde bodemkartering van de gemeente Didam.* Versl. Landbouwk. Onderz. 54.1, Wageningen.

Reijmerink, A., 1967. *Verslag van het in 1963 tot en met 1965 uitgevoerde onderzoek naar de structuurtoestand van weideveen-, waardveen- en drechtvaaggronden in de Alblasserwaard.* Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 728.

Riele, W.J.M. te en D.J. Brus, 1991. *Methoden van gerichte grondwaterstandsmetingen voor het schatten van de GHG.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 158.

Riele, W.J.M. te, 1994. *Vergelijking van twee ruimtelijk-temporele meetstrategieën voor het bepalen van grondwaterstandskarakteristieken.* H2O 27, (16). p. 454-460.

Schans, R.P.H.P. van der, 1957. Het bouwplan op verschillende bodemtypen van zandgronden. *Landbouwk. Tijdschr.* 69, 3. p. 251-256.

Sluijs, P. van der, 1990. Hoofdstuk 11: Grondwatertrappen, p. 167-180. In: W.P. Locher en H. de Bakker (redactie). *Bodemkunde van Nederland, deel 1: Algemene Bodemkunde.* 2e druk. Den Bosch, Malmberg.

Sluijs, P. van der en H. C. van Heesen, 1989. Veranderingen in de berekeningen van de GHG en de GLG. *Landinrichting* 29. p. 18-21

Sluijs, P. van der, 1982. De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. *H2O Tijdschr. voor Watervoorziening en afvalwaterbehandeling* 15. p. 42-46.

Sluijs, P. van der en Th. van Egmond, 1976. *Facetten van de grondwatertrappen van zandgronden.* Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1329.

Sluijs, P. van der en J.J. de Gruijter, 1985. Watertable classes. A method used to indicate seasonal fluctuations and duration of watertables on Dutch soil maps. *Agricultural Water Management* 10. p. 109-124. Amsterdam, Elsevier Sc. Publ.

Stichting voor Bodemkartering, 1965. *De bodem van Nederland.* Toelichting bij de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000. Wageningen, Pudoc.

Vries, F. de en C. van Wallenburg, 1988. *Grondwatertrappenindeling en richtlijnen voor het gebruik.* Interne notitie Projectgroep SBI. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Vries, F. de en C. van Wallenburg, 1990. Met de nieuwe grondwatertrappenindeling meer zicht op het grondwater. *Landinrichting* 30. p. 31-36.

Wallenburg, C. van, 1973. Hydromorphic soil characteristics in alluvial soils in connection with soil drainage. *Pseudogley en Gley. Transactions of Commissions V en VI, Int. Soc. Soil Sci.* Stuttgart 1971. p. 393-403.

Werkgroep HELP-tabel, 1987. De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie. *Mededelingen Landinrichtingsdienst* 176, Utrecht.