De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop

Inleiding

In een groot deel van Nederland bevindt de grondwaterspiegel zich op een geringe diepte beneden maaiveld. Ongeveer de helft van de gronden heeft in de winter een grondwaterstand ondieper dan 40 cm en circa driekwart een grondwaterstand ondieper dan 80 cm – mv. (– mv. betekent: beneden maaiveld). In de zomer blijft in 30 % van de gronden de grondwaterstand binnen 120 cm – mv. Het grondwater beïnvloedt dan ook in sterke mate de bodemvorming, de bodem als groeimilieu en

IR. P. VAN DER SLUIJS
Stichting voor
Bodemkartering

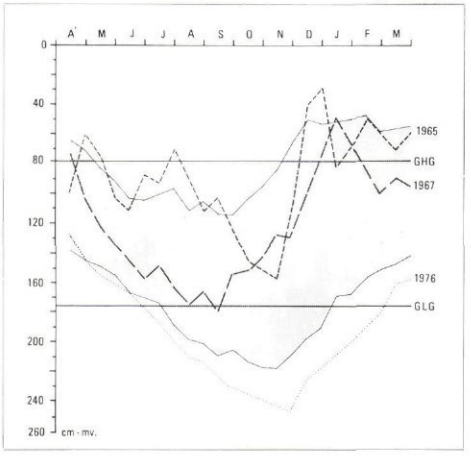
standplaats voor de plant en de gebruiksmogelijkheden van de grond.
De invloed van het grondwater op de bodemvorming komt tot uiting in hydromorfe kenmerken, zoals roestvlekken en grijze vlekken, stevigheid van het bodemmateriaal e.d. [De Bakker & Schelling, 1966]. Deze kenmerken maken het mogelijk op bodemkaarten gegevens over de grondwaterstand op te nemen. Aanvankelijk gebeurde dit beschrijvend. Men gebruikte de diepte van de gleyhorizont als indicatie voor de grondwaterstand en deelde de gronden in in droog, vochtig en nat [Pijls, 1948; Buringh, 1951]. Het verschil in ontwateringstoestand komt ook tot uiting in de landschappelijke benadering van bodemeenheden; bijvoorbeeld komgronden versus stroomruggronden. Op de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000 (Stichting voor Bodemkartering, 1965), zijn de zandgronden verdeeld in hoog, middelhoog en laag. Hiermee wordt bedoeld de relatieve hoogte ten opzichte van de grondwaterstand.

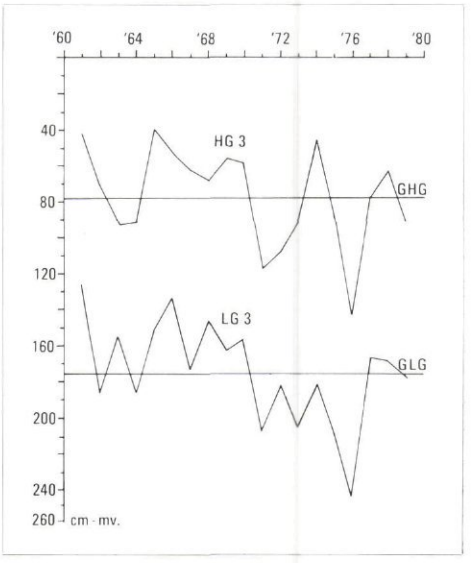
Al spoedig werden de hydromorfe kenmerken gekoppeld aan gemeten grondwaterstanden [Van der Schans geciteerd in Otto, 1959; Dienst der Zuiderzeewerken, 1969]. Geleidelijk aan kregen gemeten grondwaterstanden voor het weergeven van de grondwaterhuishouding op bodemkaarten een steeds grotere betekenis, vooral nadat de Commissie Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO [1958] een landelijk meetnet van grondwaterstanden had ingericht. Dankzij dit landelijke meetnet, dat thans in beheer is bij de Dienst Grondwaterverkenning TNO te Delft, kon in de jaren zestig het systeem van grondwatertrappen worden ontwikkeld [Van Heesen, 1971]. Grondwatertrappen geven op bodemkaarten het verloop van de grondwaterstand weer.
In dit artikel wordt het systeem van grondwatertrappen beschreven. Tevens wordt uiteengezet, hoe men zich door 'vertaling' van de grondwatertrappen in tijdsduurklassen een concretere voorstelling van de grondwatertrappen kan maken.

GHG en GLG

De grondwaterstand heeft gedurende het jaar een golfvormig verloop met in de winter de hoogste en in de zomer de laagste standen. Als in het voorjaar de verdamping de neerslag gaat overtreffen, begint de grondwaterstand te dalen. 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. Jaarlijkse verschillen in neerslag en verdamping en hun verdeling over het jaar veroorzaken jaarlijkse verschillen in grootte van de fluctuatie en in tijdstip waarop de grondwaterstand daalt en stijgt. De invloed van de weersgesteldheid op het verloop van de grondwaterstand is voor één meetpunt in afb. 1 aangegeven voor een nat (1965), een normaal (1967) en een droog jaar (1976). Het gerasterde gebied wordt begrensd door het 10 %-over- en het 10 %-onderschrijdingsniveau.
Naast meteorologische factoren zijn de hydrologische situatie (afwatering, ontwatering, kwel, wegzijging) en de bodemgesteldheid (doorlatendheid, bergend vermogen) medebepalend voor de grootte van de fluctuatie. Alleen door ingrijpen van de mens kunnen zij worden veranderd.
De fluctuatie van de grondwaterstand kan men karakteriseren met zijn hoogste en

Afb. 1 - Verloop van de grondwaterstand in een nat (1965), een normaal (1967) en een droog hydrologisch jaar (1976). Het gebied dat wordt begrensd door het 10 %-over- en 10 %-onderschrijdingsniveau is gerasterd. Meetpunt 41E-18, zwak lemige veldpodzolgrond, Gt VI.





Afb. 2 - Fluctuatie van de HG 3 en LG 3 in de periode 1961 - 1979. Meetpunt 41E-18, zwak lemige veldpodzolgrond, Gt VI.

laagste stand. De jaarlijks verschillende verlopen moeten daartoe tot een gemiddeld verloop worden herleid. Een middeling over een aantal jaren van op hetzelfde tijdstip gemeten grondwaterstanden levert een niet erg reële, afgevlakte curve op. De hoogste en laagste standen vallen immers niet elk jaar op hetzelfde tijdstip. Een dichter bij de werkelijkheid aansluitend beeld ontstaat als de jaarlijks optredende hoogste respectievelijk laagste standen, ongeacht het tijdstip van voorkomen, worden gemiddeld. Dit systeem is gekozen voor het weergeven van het verloop van de grondwaterstand op bodemkaarten.
Van elk hydrologisch jaar (1 april – 1 april) waarin op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand in buizen van 2 à 3 m lengte de grondwaterstand is gemeten, wordt het rekenkundig gemiddelde van de hoogste (laagste) drie standen berekend (de HG 3 en de LG 3). Afb. 2 geeft van een meetpunt de over een periode van 19 jaar berekende HG 3's en LG 3's. Het rekenkundig gemiddelde van de HG 3 (LG 3) over een lange reeks van jaren geeft de gemiddeld hoogste (laagste) grondwaterstand, afgekort de GHG (GLG).

$$GHG = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} HG3 \text{ en } GLG = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} LG3$$

Gewoonlijk is het aantal jaren met metingen van de grondwaterstand beperkt en is de berekende GHG (GLG) een benadering van de werkelijke (onbekende) gemiddeld hoogste (laagste) grondwaterstand. Wanneer het 80 %-betrouwbaarheidstraject van de berekende waarde niet groter dan 20 cm is, wordt de benadering als voldoende nauwkeurig beschouwd. In dat geval kan met een betrouwbaarheid van 80 % worden

TABEL I - *Grondwatertrappenindeling op bodemkaarten.*

Grondwater-trap	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
I	–	< 50
II [1])	–	50–80
III [1])	< 40	80–120
IV	> 40	80–120
V [1])	< 40	> 120
VI	40–80	> 120
VII [2])	> 80	–

[1]) Bij deze grondwatertrappen wordt met een * achter de code als onderverdeling een droger deel onderscheiden; om de gedachten te bepalen: met een GHG dieper dan 25 cm beneden maaiveld.

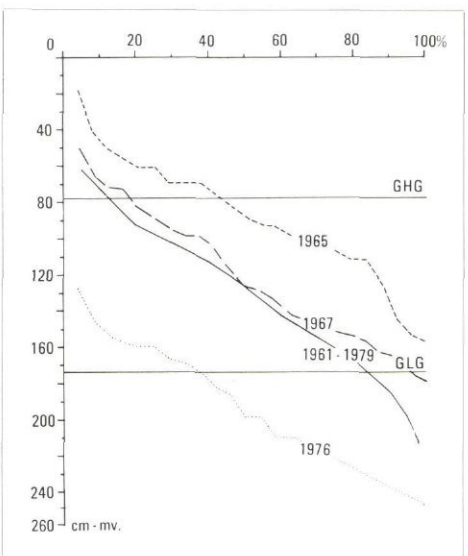
[2]) Een met een * achter de code als onderverdeling aangegeven 'zeer droog deel' heeft een GHG dieper dan 140 cm beneden maaiveld.

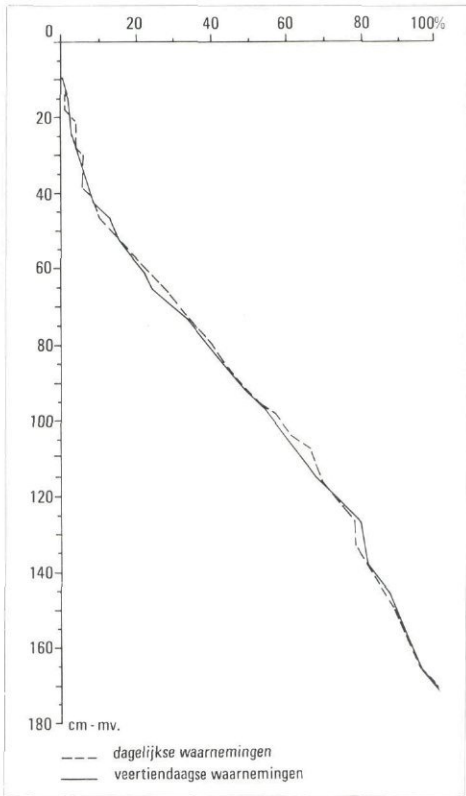
gesteld, dat de berekende GHG (GLG) hoogstens 10 cm hoger of lager zal zijn dan de werkelijke gemiddeld hoogste (laagste) grondwaterstand.

Grondwatertrappen

Variaties in maaiveldsligging, hydrologische omstandigheden en bodemgesteldheid veroorzaken van plaats tot plaats verschillen in GHG en GLG. Willen we het grondwaterstandsverloop van vlakken weergeven, dan zullen we GHG's en GLG's tot klassen moeten samenvoegen. De klassen, die begrensd worden door een GHG- en/of GLG-traject, noemen we grondwatertrappen (Gt's). Tabel I geeft de voor bodemkaarten gebruikelijke grondwatertrappenindeling. De grondwatertrappenindeling, die is ontworpen voor de bodemkaart op een schaal van 1 : 50 000, heeft vrij ruime grenzen.

Afb. 3 - Gesommeerde frequentieverdeling van de grondwaterstand in een nat (1965), een normaal (1967) en een droog hydrologisch jaar (1976), alsmede over de periode 1961 - 1979. Meetpunt 41E-18, zwak lemige veldpodzolgrond, Gt VI.





Afb. 4 - Gesommeerde frequentieverdeling van de grondwaterstand afgeleid uit dagwaarnemingen en waarnemingen op de 14e en 28e van elke maand. Meetpunt 34D-17, periode 1964 - 1967.

Een nadeel hiervan is een verlies aan informatie over de GHG en GLG. Een indeling met nauwer begrensde klassen zou echter niet in overeenstemming zijn met de nauwkeurigheid waarmee men de GHG en GLG kan bepalen. Bovendien zou hiervan een versnippering van kaartvlakken en daardoor een geringere overzichtelijkheid het gevolg zijn.

Karteren van grondwatertrappen

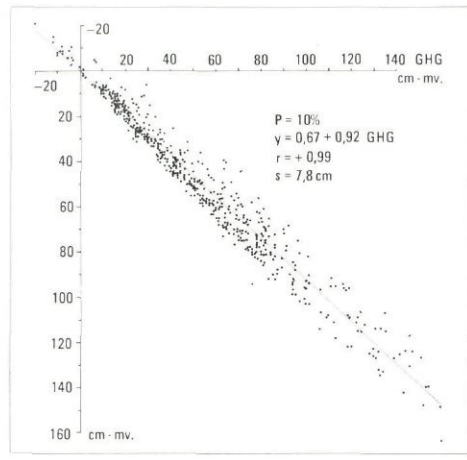
De grondwatertrappen worden gelijktijdig met de bodemgesteldheid gekarteerd. In de voorbereidingsfase worden bij de Dienst Grondwaterverkenning TNO de grondwaterstandsgegevens opgevraagd van de in en in de naaste omgeving van het gebied gelegen meetpunten. Na bewerking van de meetgegevens selecteert men de meetpunten die een representatieve ligging hebben en waarvan de GHG en GLG met een voldoende nauwkeurigheid zijn berekend. De geselecteerde meetpunten dienen voor verdichting van het meetnet en verschaffen tijdens de kartering het referentieniveau voor de GHG en GLG. Men kan het meetnet verdichten door de grondwaterstanden van de uitgezochte meetpunten te correleren met op dezelfde dag opgenomen grondwaterstanden van andere punten met slechts een korte of onvolledige reeks waarnemingen [Van Heesen, 1971]. Meestal wordt een eenvoudiger, zij het ook wat minder nauwkeurige, werkwijze gevolgd die meer informatie verschaft. Deze werkwijze staat bekend als de methode van gerichte waarnemingen. In tijdig in gereedheid gebrachte en over het gebied verspreid liggende boorgaten wordt de grondwaterstand gemeten op het moment, dat in één of meer van de geselecteerde meetpunten de grondwaterstand de GHG of GLG bereikt. Bij deze methode mag de landschappelijke ligging van het referentiemeetpunt niet te veel verschillen van die van de boorgaten.

Bij de kartering worden de GHG en GLG van de referentiepunten geëxtrapoleerd naar vlakken. Profiel- en veldkenmerken die met de grondwaterstand samenhangen [Van Heesen, 1971] maken deze extrapolatie mogelijk. Profielkenmerken behoeven echter niet altijd in overeenstemming te zijn met het huidige verloop van de grondwaterstand, doordat de toestand door een ingreep in de grondwaterhuishouding is gewijzigd. Door de profielkenmerken te vergelijken met de GHG en GLG van meetpunten wordt men op een mogelijke discrepantie opmerkzaam gemaakt en kan men die corrigeren.

Overschrijdingsduur van grondwaterstanden

Een gesommeerde frequentieverdeling van grondwaterstanden geeft het percentage grondwaterstanden dat een gegeven niveau overschrijdt. Een dergelijke verdeling kan betrekking hebben op een seizoen, een jaar of een aantal jaren. Door verschillen in weersgesteldheid, zullen de gesommeerde frequentieverdelingen op seizoen- of jaarbasis voor de meeste gronden van jaar tot jaar verschillen (afb. 3). Met een verdeling over een aantal jaren — waarin droge, nor-

Afb. 5 - Verband tussen de GHG en het 10 %-overschrijdingsniveau van de grondwaterstand in ruim 550 meetpunten.



male en natte jaren voorkomen — wordt een gemiddeld beeld verkregen.
Wanneer aan de gesommeerde frequentieverdeling metingen met gelijke, niet te grote tijdsintervallen ten grondslag liggen, kan het percentage grondwaterstanden 'ondieper dan' worden vervangen door de gesommeerde tijd met grondwaterstanden 'ondieper dan'. Gebleken is [Van der Sluijs & Van Egmond, 1976] dat, gerekend over een aantal jaren, dagelijkse waarnemingen en om de veertien dagen gemeten grondwaterstanden een vrijwel gelijke verdeling hebben (afb. 4). Om de veertien dagen gemeten grondwaterstanden zijn dan ook goed bruikbaar voor het vaststellen van de duur waarop de grondwaterstand ondieper is dan een gegeven niveau.
In gronden met een ondiepe GHG zullen meer hoge grondwaterstanden worden gemeten dan in gronden met een diepere GHG. Tussen de GHG en het niveau dat door een zeker percentage grondwaterstanden wordt overschreden, blijkt een lineair verband te bestaan [Van der Sluijs & Van Egmond, 1976]. Afb. 5 geeft dit verband voor de diepte waarboven 10 % van de in een lange periode gemeten grondwaterstanden valt. Elke stip in de afbeelding heeft betrekking op één meetpunt.
Ook tussen de GLG en de diepte waarbeneden (in de zomer) bepaalde percentages van de grondwaterstanden worden gemeten, is een lineaire afhankelijkheid gevonden.
Voor hogere percentages nemen van genoemde verbanden de correlatiecoëfficienten af. Bij het toenemen van de percentages grondwaterstanden 'ondieper dan', komt het ermee corresponderende niveau verder onder de GHG te liggen en wordt een toenemende invloed van de GLG merkbaar.
De gecombineerde invloed van de GHG en GLG op de ligging van het niveau waarboven een bepaald percentage van de grondwaterstanden voorkomt, is met de volgende vergelijking te beschrijven:

$$Y(P) = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2$$

In deze algemeen geldende vergelijking is
$Y(P)$ = niveau van de grondwaterstand dat gerekend over een aantal jaren gedurende P % van het jaar wordt overschreden
X_1 = GHG
X_2 = GLG
De coëfficienten b_0, b_1 en b_2 in de vergelijking zijn een functie van P. Binnen het traject $5 \leqslant P \leqslant 95$ geldt:

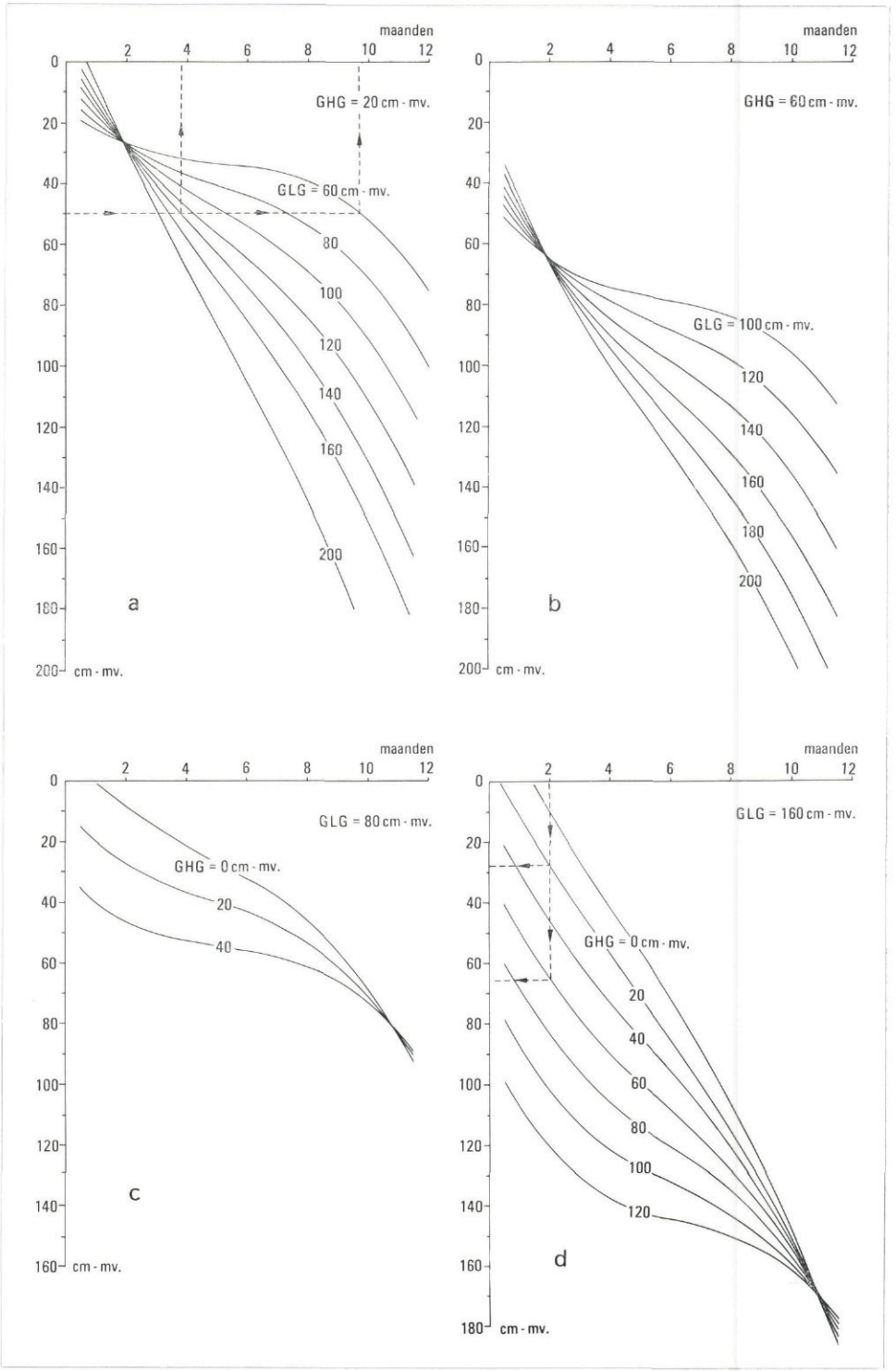
$$b_0 = 8{,}9 + 0{,}123P - 1{,}7127.10^{-2}P^2 + 1{,}5348.10^{-4}P^3$$

$$b_1 = 0{,}97 + 1{,}591.10^{-3}P - 2{,}2765.10^{-4}P^2 + 1{,}01967.10^{-6}P^3$$

$$b_2 = -0{,}23 + 1{,}4732.10^{-2}P$$

Als P toeneemt, neemt b_1 af en stijgt de waarde van b_2. Daarmee daalt de invloed die de GHG heeft op de ligging van het niveau en wordt de invloed van de GLG groter.
Met de gegeven regressievergelijking zijn de gesommeerde frequentiecurven van afb. 6 bepaald. In plaats van de overschrijdingsfrequentie is hier de overschrijdingsduur in maanden per jaar aangegeven. De afb. 6a en b geven voor een constante GHG het effect aan van een variatie in GLG op de tijdsduur van grondwaterstanden boven een bepaald niveau. In gronden met een GHG van 20 cm - mv. (afb. 6a) en een GLG van 140 cm - mv. kan men grondwaterstanden ondieper dan 50 cm gedurende gemiddeld vier maanden per jaar verwachten. Is de GLG geen 140 maar 60 cm - mv., dan neemt de tijdsduur van grondwaterstanden ondieper dan 50 cm toe van vier

Afb. 6 - Overschrijdingsduur van de grondwaterstand in afhankelijkheid van de GHG en de GLG. a en b: GHG constant, GLG variabel; c en d: GHG variabel, GLG constant.

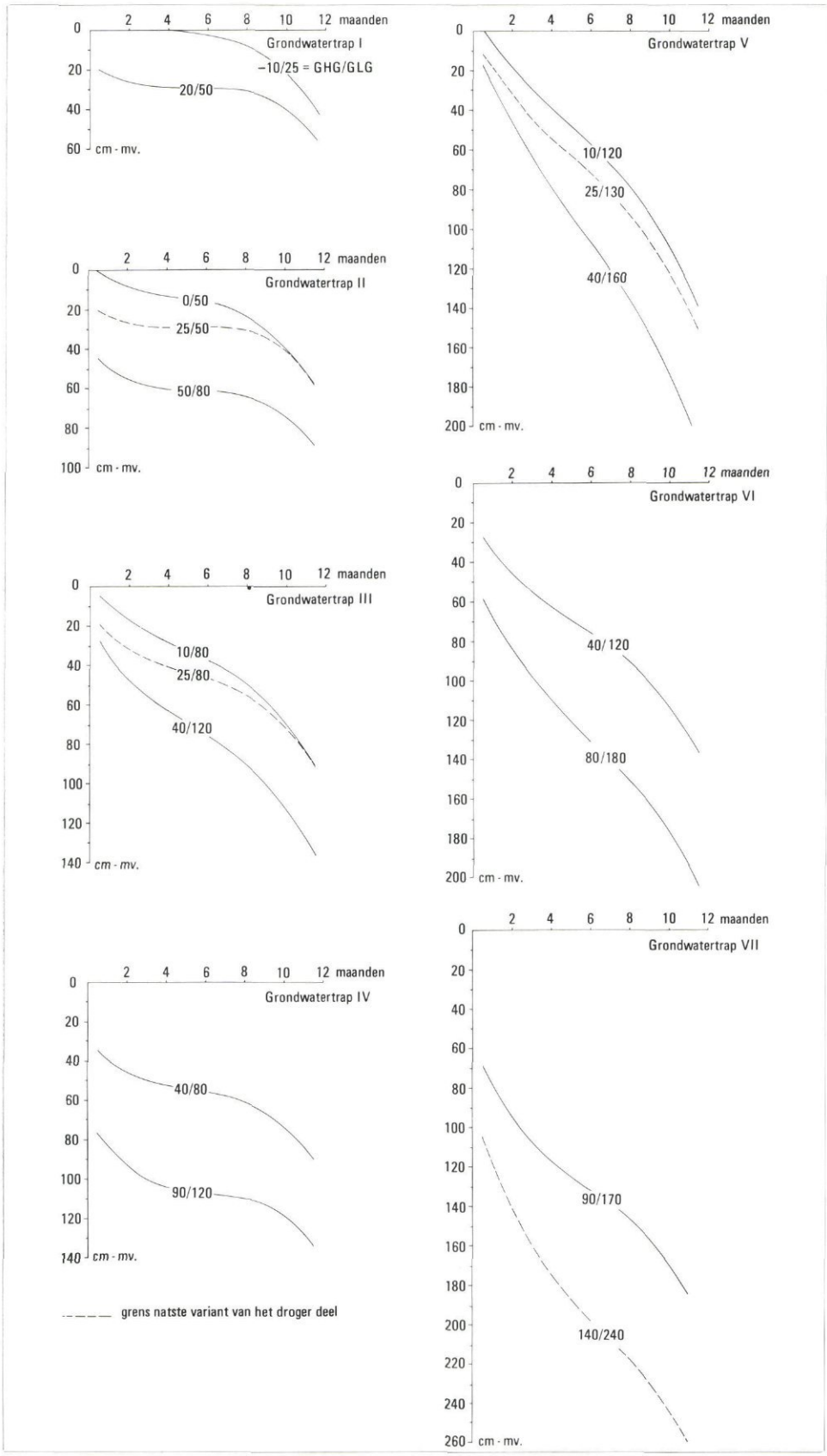


tot tien maanden. Deze tijdsduur behoeft niet altijd een aaneengesloten periode te omvatten.

In de afb. 6c en d is de GLG constant gehouden en varieert de GHG. Voor het geval de GLG 160 cm - mv. is (afb. 6d) en door een ingreep in de grondwaterhuishouding de GHG verlaagd wordt van 20 naar 60 cm - mv., daalt het niveau waarboven de grondwaterspiegel zich gemiddeld gedurende twee maanden per jaar bevindt, van 28 naar 66 cm - mv. Grondwaterstanden ondieper dan de GHG of dieper dan de GLG komen gemiddeld anderhalve maand per jaar voor.

Het uit de GHG en GLG afleiden van de overschrijdingsduur verschaft de mogelijkheid grondwatertrappen om te zetten in tijdsduurklassen. De toch min of meer abstracte grondwatertrap krijgt daardoor een concretere inhoud. Voor het omzetten in tijdsduurklassen zijn van elke grondwatertrap de GHG en GLG vastgesteld van de natste en de droogste variant. Voor deze varianten zijn opzettelijk niet de theoretisch mogelijke uitersten genomen. Op basis van de per grondwatertrap berekende gemiddelde waarde en standaardafwijking van de GHG en GLG zijn de grenzen zodanig gekozen dat ruim 90 % van de grondwaterstandsverlopen wordt omvat. Bovendien is tussen de GHG en GLG een minimaal verschil van 30 cm gehanteerd.

Afb. 7 - Overschrijdingsduur van de grondwaterstand per grondwatertrap.



De overschrijdingsduur van grondwaterstanden is per grondwatertrap grafisch voorgesteld in afb. 7. Grondwatertrappen met een beperkte fluctuatie van de grondwaterstand (Gt I, II en IV) hebben vrij vlak verlopende overschrijdingsduurlijnen. Bij dergelijke grondwatertrappen bestaan tussen de natste en de droogste variant aanmerkelijke verschillen in tijdsduur waarop de grondwaterstanden hoger zijn dan een bepaald niveau. Van grondwatertrap II vormt de combinatie van GHG = 0 en GLG = 50 cm - mv. de natste variant. Voor de natste variant gelden gedurende gemiddeld negen maanden per jaar grondwaterstanden ondieper dan 30 cm - mv. Dergelijke grondwaterstanden zijn bij de droogste variant (GHG = 50 en GLG = 80 cm - mv.) slechts onder uitzonderlijk natte omstandigheden en dan nog slechts gedurende een enkele dag te verwachten.

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

Van grondwatertrappen waarin een droger deel wordt onderscheiden, is in afb. 7 de begrenzing van de natste variant van dit deel aangegeven. In het droger deel komen grondwaterstanden ondieper dan 25 cm - mv. gemiddeld niet langer dan één maand per jaar voor.

TABEL II - *Omzetting van grondwatertrappen in tijdsduurklassen.*

Gt	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)	Tijdsduurklasse van de grondwaterstand
I	–	< 50	meer dan 10 maanden ondieper dan 40 cm
II [1])	–	50–80	meer dan 10 maanden ondieper dan 80 cm en minder dan 10 maanden ondieper dan 40 cm
III [1])	< 40	80–120	meer dan 10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 10 maanden ondieper dan 80 cm en meer dan 1 maand ondieper dan 40 cm
IV	> 40	80–120	meer dan 10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 10 maanden ondieper dan 80 cm en minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm
V [1])	< 40	> 120	5-10 maanden ondieper dan 120 cm en meer dan 1 maand ondieper dan 40 cm
VI	40–80	> 120	5-10 maanden ondieper dan 120 cm en minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm
VII [2])	> 80	–	minder dan 5 maanden ondieper dan 120 cm

[1]) Van het 'droger deel' is de grondwaterstand minder dan 1 maand ondieper dan 25 cm.
[2]) Van het 'zeer droge deel' is de grondwaterstand minder dan 1 maand ondieper dan 120 cm.

Uit de begrenzende overschrijdingsduurlijnen zijn de tijdsduurklassen van tabel II 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.
De Soil Survey of England and Wales hanteert een op tijdsduurklassen gelijkend systeem voor het aangeven van de grondwaterstand [Robson & Thomasson, 1977].

Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand

Voor het aangeven van de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen is de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand of GVG ingevoerd. Als begin van het groeiseizoen wordt thans 1 april gekozen en de gemiddelde grondwaterstand op die datum is de GVG. De GVG geeft dus de grondwaterstand die onder 'normale' weersomstandigheden aan het begin van het groeiseizoen mag worden verwacht.
De GVG zal altijd dieper zijn dan de GHG en des te dieper, naarmate de fluctuatie tussen de GHG en GLG groter is. Uit de grondwaterstandsgegevens van de eerder genoemde 550 meetpunten is voor de GVG de volgende betrekking met de GHG en GLG afgeleid:
GVG = 5,4 + 0,83 GHG + 0,19 GLG of
GVG = 5,4 + 1,02 GHG + 0,19 (GLG-GHG)
met als restspreiding 8,7 cm.
Met voor Gt I, II en IV een gemiddeld verschil van 50 cm tussen de GHG en GLG, krijgen we als vuistregel voor gronden met een beperkte fluctuatie van het grondwater: GVG = GHG + 15 cm. Voor de overige gronden kan als benadering GVG = GHG + 25 cm worden genomen.

Samenvatting

Door de geringe diepte van de grondwaterstand in een groot deel van Nederland is het grondwater een belangrijke factor voor de bodemvorming, het groeimilieu en de gebruiksmogelijkheden van de grond. Op bodemkaarten is dan ook steeds in enigerlei vorm informatie over de diepte van het grondwater aangegeven. Aanvankelijk gebeurde dit beschrijvend.
In een later stadium werd uitgegaan van gemeten grondwaterstanden. Op bodemkaarten van de Stichting voor Bodemkartering wordt het verloop van de grondwaterstand thans weergegeven door middel van grondwatertrappen (Gt's). De grondwatertrappenindeling is een klasse-indeling die berust op de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Voor elke grondwatertrappenkartering dienen de GHG en GLG van de meetpunten van het landelijke grondwatermeetnet van de Dienst Grondwaterverkenning als referentieniveau. Met gerichte waarnemingen en via profielkenmerken wordt deze puntinformatie geëxtrapoleerd naar vlakken.
Uit grondwaterstandsgegevens van een groot aantal meetpunten is een betrekking afgeleid waarmee voor elke combinatie van GHG en GLG de overschrijdingsduur van grondwaterstanden kan worden bepaald. Hiermee is het mogelijk grondwatertrappen te 'vertalen' in tijdsduurklassen, waardoor de grondwatertrappen een concretere inhoud krijgen (tabel II). Verder wordt aangegeven hoe uit de GHG en GLG de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is vast te stellen. Hiervoor geldt als vuistregel voor de Gt's I, II en IV: GVG = GHG + 15 cm, en voor de overige Gt's: GVG = GHG + 25 cm.

Literatuur

Bakker, H. de en Schelling, J., 1966. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus*. Pudoc, Wageningen, 217 pp.
Buringh, P., 1951. *Over de bodemgesteldheid rondom Wageningen*. Versl. Landbouwk. Onderz. 57.4, Wageningen, 131 pp.
Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN)-TNO, 1958. *De landbouwwaterhuishouding van Nederland*. Rapport 1 t/m 12
Dienst der Zuiderzeewerken, 1969. *Het Veluwemeer. Schakel tussen oud en nieuw land*. Rapporten en Meded. betreffende de Zuiderzeewerken 7, 's-Gravenhage.
Heesen, H. C. van, 1971. *De weergave van het grondwaterstandsverloop op bodemkaarten*. Boor en Spade 17, p. 127-149.
Otto, W. M., 1959. *Grondverbetering op lage zandgronden*. Versl. Landbouwk. Onderz. 65.2, Wageningen, 203 pp.
Pijls, W. G., 1948. *Een gedetailleerde bodemkartering van de gemeente Didam*. Versl. Landbouwk. Onderz. 54.1, Wageningen, 116 pp.
Robson, J. D. en Thomasson, A. J., 1977. *Soil water regions. A study of seasonal waterlogging in English lowland soils*. Technical monograph no. 11. Soil Survey.
Sluijs, P. van der en Egmond, Th. van, 1976. *De grondwatertrappen op de bodemkaart van Nederland (schaal 1 : 50 000)*. Polytechn. Tijdschr., Editie Bouwkunde Wegen- en Waterbouw 31 (10): 628-633.
Stichting voor Bodemkartering, 1965. *Toelichting bij de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000*. Wageningen, 292 pp.

● ● ●

Vakantiecursus afvalwater 'Wat de industrie doet'

De 17e vakantiecursus in behandeling van afvalwater aan de TH Delft wordt gehouden op 13 en 14 mei 1982 onder de titel 'Wat de industrie doet'. Het programma luidt:
Inl.: Secr. Vakantiecursus afvalwater, kamer 3.61, Stevinweg 1, 2628 CN Delft. Tel. 015 - 76 16 46.

Donderdag 13 mei 1982

Drs. F. van den Akker (Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne): Overheidsbeleid in relatie tot toepassingsmogelijkheden van schone technologie.
Ing. R. Faasen (RIZA, Lelystad): Praktijk van de vergunningverlening.
Dr. ir. F. Dijkstra (DSM, Geleen): Industrie en milieubeleid.
Ir. R. Pepping (AVEBE, Veendam): Afvalwaterbehandeling bij de aardappelzetmeelindustrie.
Ir. R. de Vletter (CSM, Diemen): Schoon water uit suikerbieten.
H. R. Roelfsema, MS (Unilever BV, Rotterdam): Afvalwaterbehandeling in de olie- en margarine-industrie.

Vrijdag 14 mei 1982

H. F. Peze, MI Chem.E. (Gist Brocades NV, Delft): Ontwikkelingen uit de fermentatie-industrie.
Ir. J. J. Heijnen (Gist Brocades NV, Delft): Toepassing van gefixeerde micro-organismen in de afvalwaterzuivering.
Ir. C. Welvaadt (Estel Hoogovens BV): Van afvalstoffen naar grondstoffen in de metaalindustrie.
Drs. J. F. van Wijk (FCI-TNO, Zeist): De terugwinning van zware metalen uit metaalhydroxyde slibstoffen.
Drs. J. Blok (Akzo Research Laboratories, Arnhem): Van zuiveren tot voorkomen in de chemische industrie.
Ir. J. J. Verhoog (Esso Raffinaderij, Rotterdam): Aanpak in de aardolie- en petrochemische industrie.