

---

# Is peilverhoging in een kleipolder agrohydrologisch neutraal te realiseren?

## Toepassing van klassieke agrohydrologische kennis op een modern vraagstuk

Jan van Bakel<sup>1</sup> en Joris Schaap<sup>2</sup> en Everhard van Essen<sup>2</sup>

---

*Hoogheemraadschap Rijnland is van plan in polder De Noordplas, ten noordwesten van Gouda, het peil op te zetten om daarmee de interne belasting met brakke/zoute kwel terug te dringen. Peilverhoging heeft tot gevolg dat in de lage delen de drains onder water komen te liggen. Dit wordt als ongewenst beschouwd en daarom moet de drains ondieper en op kortere afstand worden gelegd. Een voorwaarde voor de peilverhoging is dat de peilverhoging niet mag leiden tot functieverandering, voor de landbouw te vertalen in handhaving van de huidige waterhuishoudkundige situatie. Of een verslechtering is te voorkomen (agrohydrologisch neutraal), door de drainafstand te verkleinen en in welke mate, is met een veld- en modelonderzoek vastgesteld. De mogelijke gevolgen voor de piekafvoeren zijn daarbij ook meegenomen.*

### Inleiding

In sommige polders in het westen van Nederland komt veel brakke/zoute kwel voor. De intensiteit is afhankelijk van onder andere het stijghoogteverschil tussen diep en freatisch grondwater en tussen diep grondwater en oppervlaktewater. Deze kwel kan daarom worden teruggedrongen door het polderpeil te verhogen. Zowel de kwel naar het oppervlaktewater als de kwel naar de drains zal daardoor afnemen. Daarom heeft Hoogheemraadschap Rijnland het voornemen het peil in polder De Noordplas te verhogen.

De zoutbelasting van deze polder op het boezemsysteem van Rijnland geeft namelijk aanleiding tot een aanzienlijke doorspoelbehoefte omdat kwetsbare teelten benedenstrooms van deze polder liggen. Er zijn plannen opgesteld om het peil in de winter met 0 tot 20 cm te verhogen en in de zomer met 18 tot 40 cm. In delen van het gebied wordt de drooglegging daardoor echter zodanig gering dat voortzetting van het huidige landbouwkundige gebruik in gevaar kan komen. Dat zou voor Rijnland een breekpunt zijn en dus wilde het Hoogheemraadschap weten of door aanpassing van de drainage dit kan worden voorkomen.

---

<sup>1</sup> De Bakelse Stroom

<sup>2</sup> Aequator Groen & Ruimte

Peilverhoging in Polder De Noordplas heeft consequenties voor de alom aanwezige buisdrainage. Het uitgangspunt is namelijk dat in kleigebieden de drains voor een goede werking boven water moeten uitmonden. Peilverhoging betekent dus dat er in delen van de polder moeten worden hergedraineerd. Een ondiepere ligging betekent dat de drainage-afstand moet worden gereduceerd. Maar is de nieuwe toestand dan agrohydrologisch wel gelijkwaardig? Want de eis is dat het huidig landbouwkundig gebruik mogelijk moet blijven en de waterhuishoudkundige situatie voor de landbouw 'op peil' blijft.

Deze vraagstelling was aanleiding voor een expertmeeting en het uitvoeren van nader (model)onderzoek. De volgende vragen waren daarbij van belang:

1. Hoeveel moet de drainafstand worden gereduceerd om landbouwkundig 'op peil' te blijven?
2. Is er een grens waarbij de draindiepte zo gering wordt dat intensivering niet meer zorgt voor compensatie? Op grond van expertise is deze grens gelegd bij 100 cm.
3. Leidt een aanpassing van de drainafstand tot een zodanige verandering van de piekafvoer en uit landbouwpercelen dat Rijnland hier rekening mee moet houden?

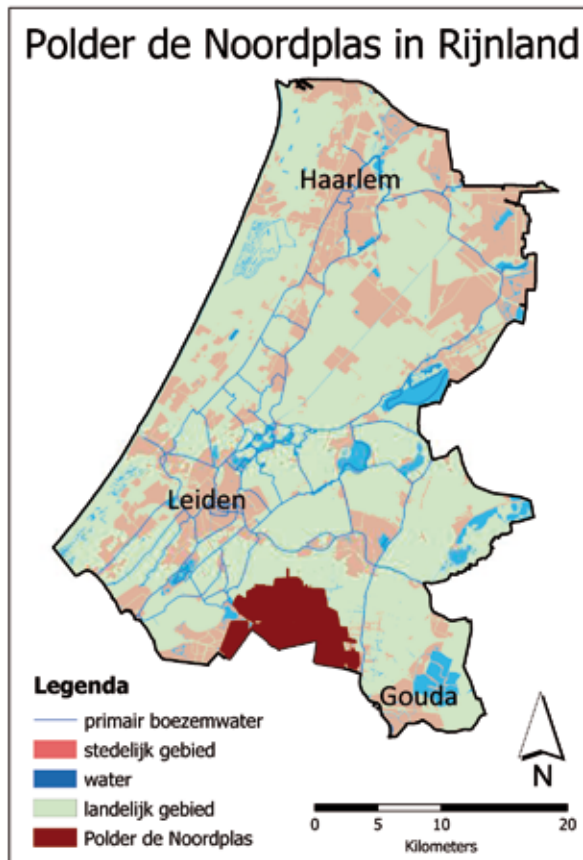
Dit artikel beschrijft hoe deze vragen met toepassing van klassieke agrohydrologische kennis, moderne rekenmethoden en veldkennis zijn beantwoord.

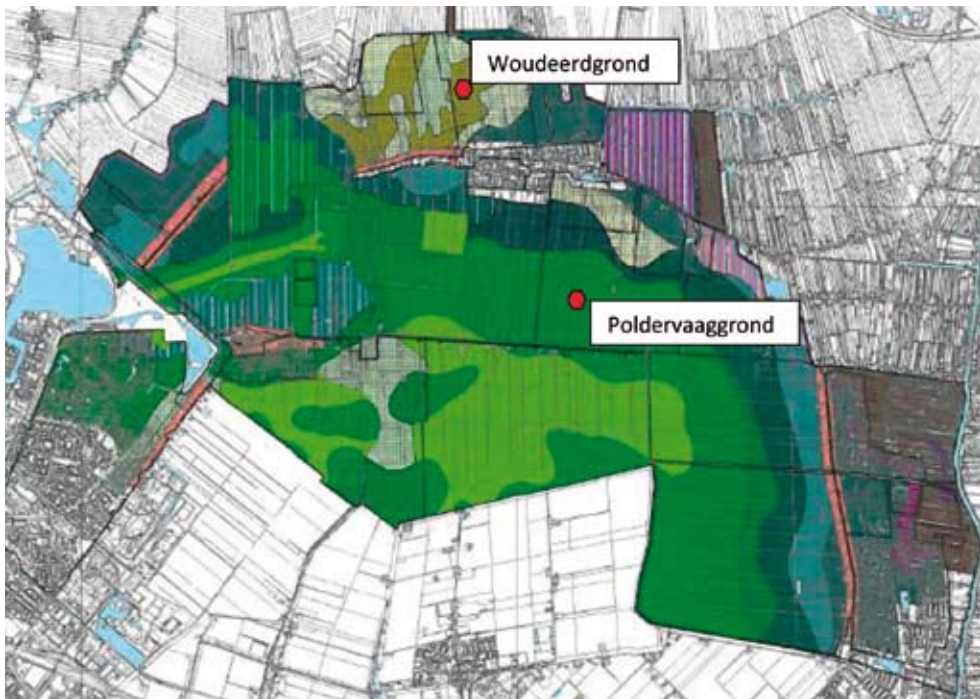
### Gebiedsbeschrijving

Polder De Noordplas is een polder in het beheersgebied van Rijnland en gesitueerd ten noordwesten van Gouda (zie afbeelding 1).

Polder De Noordplas, met een oppervlak van 4480 ha, is een droogmakerij met akkerbouw op de dieper ontwaterde delen en grasland op de minder diep ontwaterde delen. De polder ligt circa 4 tot 5 meter lager ten opzichte van de veenweide-omgeving. De bodem bestaat voornamelijk uit zeekleigronden, veengronden, moerige gronden en samengestelde gronden van deze typen (zie afbeelding 2).

**Afbeelding 1:** Ligging van Polder De Noordplas in het beheersgebied van Rijnland.





**Afbeelding 2:** De bodemkaart van Polder de Noordplas volgens de Stiboka-indeling. Groene bodemvlakken geven zeekleigronden weer (Leekeerd-, Woudeerd- en Poldervaaggronden), paarse bodemvlakken veengronden. De twee stippen geven de locaties aan waar berekeningen voor uitgevoerd zijn.

## (Agro)hydrologische uitgangspunten, criteria en klassieke kennis

### *Uitgangspunten*

De polderpeilverhoging bedraagt gemiddeld 20 cm. Gegeven deze verhoging is de beantwoording van de hiervoor genoemde vragen opgehangen aan de casus: in de uitgangssituatie is de draindiepte van een akkerbouwperceel 120 cm en na peilverhoging 100 cm. Klei- en zavelgronden moeten meestal worden gedraineerd om ze geschikt te maken voor modern landbouwkundig gebruik. De gebruikelijke praktijk is dat de drains 10 cm boven streefpeil in de ontvangende sloot uitmonden. In het geval zomerpeil en winterpeil verschillend zijn wordt het hogere zomerpeil genomen. Aanleg van onderwaterdrainage (drains die meer dan incidenteel onder de waterstand in de ontvangende sloot liggen) wordt in percelen met klei op draindiepte afgeraden omdat de vrijwel algemeen geaccepteerde veronderstelling is dat de doorlatendheid van de kleigrond rond de drainbuis dan te gering is (of wordt) voor een goede werking.

Beide uitgangspunten zijn opgehangen aan de casus: in de uitgangssituatie is de draindiepte van een akkerbouwperceel 120 cm en na peilverhoging 100 cm. De daarbij behorende minimale drooglegging is 130 respectievelijk 110 cm. Voor meer informatie: zie het Aequator-rapport 'Berekening drainageafstanden en landbouwkundige effecten bij peilverhoging Polder De Noordplas' (2012).

## Criteria

Er bestaan ontwerpregels voor de aanleg van drainage. De bekendste is dat bij een constant veronderstelde afvoer van 7 mm/d de grondwaterstandsdiepte midden tussen de drains bij akkerbouw 50 cm is. Met dit criterium kan, bij een gekozen draindiepte, de gewenste drainafstand worden berekend met de formule van Hooghoudt (zie kader), mits de verzadigde doorlatendheden boven en onder drain en de dikte van de equivalent-laag bekend zijn.

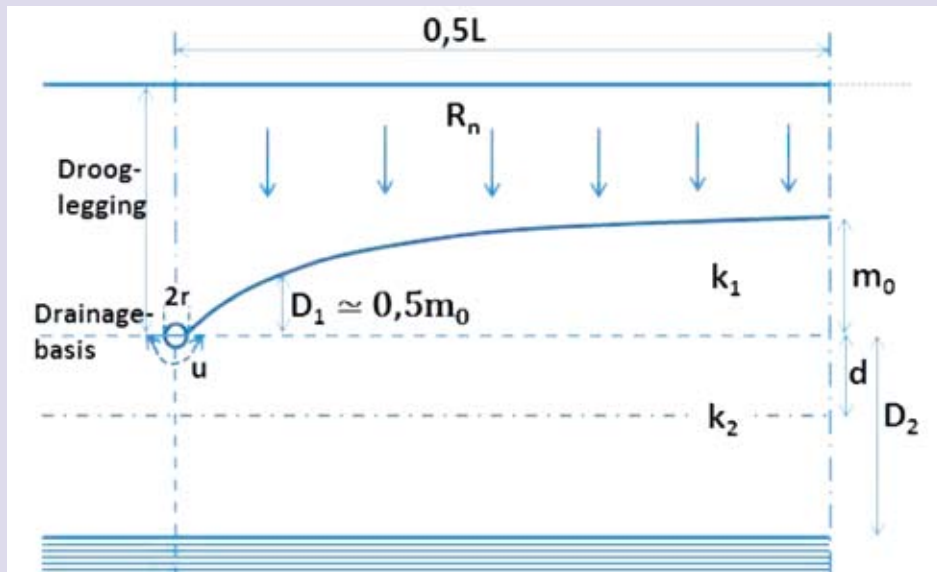
### Vergelijking van Hooghoudt

De vergelijking van Hooghoudt voor een stationaire grondwaterstroming naar sloot of drain luidt:

$$q_d = \frac{8k_2 d m_0 + 8k_1 D_1 m_0}{L^2}; m_0 \leq \text{drooglegging}$$

waarin  $q_d$  is afvoer per eenheid van oppervlak (hierna aangeduid als afvoerintensiteit) (m/d), gelijk aan de grondwateraanvulling,  $R_n$  (indien geen kwel of wegzijging),  $k_1$  en  $k_2$  is verzadigde, horizontale doorlatendheid van de grond boven resp. onder drainniveau (m/d),  $D_1$  is gemiddelde dikte watervoerende laag boven drainniveau,  $D_2$  is dikte watervoerende laag beneden drainniveau (m),  $L$  is drainafstand (m) en  $d$  is de dikte van de equivalentlaag (m). Voor de berekening van deze dikte zijn tabellen en formules beschikbaar (zie bijvoorbeeld het Cultuurtechnisch Vademecum, 1988). De breedte van drain of sloot is daarbij verwaarloosd.

Onderstaande afbeelding geeft een schematisch overzicht.



### Variabelen in de vergelijking van Hooghoudt

Voor de optimale draindiepte bestaan normen zoals bijvoorbeeld zijn vermeld in het Cultuurtechnisch Vademecum van 1988 (Tabel 4.1.3; blz. 526). Voor bodemtypen zoals in Polder De Noordplas is dit circa 110 à 120 cm. In de praktijk wordt minimaal 120 cm aangehouden.

Het polderpeil is min of meer volgend op de gewenste draindiepte. Dat betekent dat het gewenste zomerpeil in termen van drooglegging minimaal 130 cm is.

Een peilverhoging resulteert in deze polder in een ondiepere ligging van de drainage, met mogelijk een verslechtering van de waterhuishoudkundige toestand van landbouwpercelen. Maar hoe karakteriseer je die toestand? Daarbij is 'klassieke' kennis onontbeerlijk.

### ***Klassieke kennis***

De waterhuishoudkundige toestand van een gedraineerd landbouwperceel kan op verschillende manieren worden gekarakteriseerd:

1. Voldoet de drainagesituatie aan het stationair drainagecriterium: de reeds genoemde 7 mm/d afvoer bij 50 cm ontwateringsdiepte midden tussen de drains?
2. Voldoet de drainagesituatie aan het niet-stationair drainagecriterium: gemiddeld één keer per jaar wordt de grondwaterstand van 25 cm-mv onderschreden (komt ondieper)?
3. De combinatie van draindiepte en drainage-intensiteit.
4. De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG), waarmee ook de grondwatertrap (Gt) kan worden bepaald.
5. Het aantal werkbare dagen in voor- en najaar.
6. De Som van de Overschrijdingswaarden van een bepaald niveau (SOW-x waarde).

Ad 1) Bij de aanleg van de drainage wordt impliciet of expliciet de drainafstand zodanig gekozen dat wordt voldaan aan dit criterium.

Ad 2) Wesseling (1969) heeft in één van zijn mooiste publicaties beschreven dat toepassing van het stationair criterium niet leidt tot dezelfde waterhuishoudkundige situatie in termen van grondwaterstand in verschillende gronden. Hij hanteert een niet-stationair criterium: een grondwaterstand van 25 cm-mv die gemiddeld één keer per jaar wordt bereikt of onderschreden (ondieper wordt). Vergelijking met het stationair criterium laat zien dat gronden met weinig berging een strenger stationair criterium nodig hebben dan gronden met veel berging. Het omslagpunt is ongeveer bij een bergingsfactor van 0,05. Aangezien te verwachten is dat ondiepere drainage zal leiden tot een grondwaterstandsverhoging en de bergingsfactor,  $p$ , een functie is van de grondwaterstand leidt verondieping tot een grotere reductie van de drainafstand dan volgt uit het stationair criterium.

Wij zochten het effect van het gebruik van het niet-stationair criterium uit, waarbij we de onderstaande formule uit genoemde publicatie gebruikten:

$$q/m_0 = c.p^{0,6} \quad (1)$$

waarbij  $q$  is stationaire afvoer (m/d),  $m_0$  is opbolling (m),  $c$  is constante en  $p$  is bergingsfactor (freatische berging in het profiel gedeeld door de grondwaterstandsdiepte; **niet** gelijk aan freatische bergingscoëfficiënt). Hiermee is het mogelijk een correctie aan te brengen op de drainage-intensiteit als de drains ondieper komen te liggen. Dit geeft vervolgens een verandering in de afvoerintensiteit en met de formule van Hooghoudt kan worden bepaald wat de nieuwe drainafstand wordt.

Ad 4) De bekende HELP-tabel (Werkgroep HELP-tabel) geeft per grondwatertrap, voor 70 bodemeenheden, voor zowel akkerbouw als grasland, de procentuele droogte- als natschade (als percentage van de maximaal haalbare fysieke opbrengst). Belangrijk is op te merken dat het hierbij gaat om veeljarig gemiddelde schades.

De HELP-tabel is voor het Waternoodinstrumentarium aangepast en uitgebreid (Van Bakel e. a., 2005). Met dit instrumentarium kunnen voor 72 HELP-bodemeenheden, voor elke willekeurige combinatie van GHG en GLG (binnen het toepassingsdomein) de nat- en droogteschades worden berekend (zie ook [www.help200x.alterra.nl](http://www.help200x.alterra.nl)).

De actualiteit van de HELP-tabel staat momenteel ter discussie (Van Bakel en Van den Eertwegh, 2011). Voor gronden met een sterk gereguleerd grondwaterstandsverloop, zoals de gedraineerde kleigronden in Polder De Noordplas, gebruiken wij de HELP-tabellen liever niet omdat de indruk bestaat dat ze daar niet zo geschikt voor zijn.

Ad 4) De waterhuishoudkundige toestand van intensief gedraineerde zavel- en kleigronden kan ook worden gekarakteriseerd door de drainagesituatie. Van Wijk e.a. (1988) hanteren hiervoor combinaties van draindiepte en drainage-intensiteit die een veel grotere range omvatten dan volgt uit het stationaire of niet-stationaire drainage-criterium. De vraag is dan wel hoe je de drainage-intensiteit bij verondieping van de drains moet aanpassen om de landbouwwaterhuishoudkundige situatie niet te laten verslechteren. Wij zullen proberen om op basis van expertkennis de figuren en tabellen uit Van Wijk e.a. (1988) te interpoleren naar de situatie in Polder De Noordplas.

Ad 5) In Van Wijk e.a. (1988) is de opbrengst van landbouwgewassen berekend door de effecten van de ontwatering op het aantal werkbare dagen in het voorjaar, op de verdamping gedurende het groeiseizoen en het aantal werkbare dagen in de oogstperiode op de opbrengstreductie te berekenen. Werkbaar is daarbij gedefinieerd als bewerkbaar (in het voorjaar) of berijdbaar (bij de oogst). Voor zware zavel- en lichte kleigronden Het optreden van droogteschade is bij deze gronden weinig gevoelig voor de grondwaterstand en dus de drainagesituatie. Daarom nemen we in dit artikel de effecten op het aantal werkbare dagen in voor- en najaar als maat voor de waterhuishoudkundige toestand. Een werkbare dag is te koppelen aan de drukhoogte op een bepaalde diepte in de bouwvoor. Bij een drukhoogte die geringer is dan een bepaalde grenswaarde is de grond minder goed resp. niet bewerkbaar of berijdbaar. Op basis van figuur 10 uit Van Wijk e.a. (1988) en gegevens uit Hokke en Tanis (1978) is het criterium voor bewerkbaar in het voorjaar (werkbaar dagen) vooralsnog gedefinieerd als:

**De drukhoogte op 5 cm-mv moet - 110 cm of lager (meer negatief) zijn.**

Het voorjaar is gedefinieerd als de maanden waarin de grond poot- of zaaiklaar wordt gemaakt en de akkerbouwgewassen worden gezaaid of gepoot. Hiervoor worden de maanden maart en april genomen. Voor het criterium werkbaar in het najaar zijn de door Beuving (1982) opgestelde criteria, die ook zijn gebruikt door Van Wijk e.a. (1988), gebruikt (tabel 3). Voor de gronden in Polder De Noordplas is dit vertaald in het volgende criterium voor oogstbare dagen:

**De drukhoogte op 15 cm-mv moet - 110 cm of lager zijn.**

De periode dat de gewassen worden geoogst is gedefinieerd als de maanden september en oktober.

Ad 6) De som van overschrijdingen van een bepaalde grondwaterstand gedurende het teeltseizoen (SOW; dimensie: cm\*d; vergelijkbaar met Temperatursom) wordt soms als maat voor de natschade genomen. Voor akkerbouw is een gebruikelijke grens 50 cm-mv. De eis van gelijkblijvende waterhuishoudkundige toestand vertaalt zich dan in de eis van ongeveer gelijk blijven van de SOW-waarde, in deze studie de veeljarig gemiddelde SOW-50 van de periode februari t/m november.

***Typering afvoersituatie***

Een gebruikelijke maat voor de afvoer uit landbouwpercelen is de maatgevende afvoer, gedefinieerd als de dagafvoer die gemiddeld één keer per jaar wordt bereikt of overschreden.

De opgave was dus een model te ontwerpen dat in staat het drukhoogteverloop op genoemde dieptes en het grondwaterstands- en afvoerloop te berekenen als functie van draindiepte en drainafstand. Daarvoor is de code SWAP gebruikt.

**Modellering met SWAP**

SWAP (Kroes e.a., 2008) is in Nederland de facto de standaardcode voor de niet-stationaire modellering van de waterhuishouding van de standplaats van landbouwgewassen. De code biedt veel mogelijkheden waaronder het berekenen van het drukhoogteverloop op verschillende dieptes.

Voor twee bodemprofielen die veel in polder De Noordplas voorkomen, **Woudeerdgrond** en **Poldervaaggrond**, zijn de belangrijkste kenmerken van de onderscheiden lagen opgenomen in onderstaande tabel. Uit veldonderzoek blijkt dat deze bodemprofielen in naar schatting 85 % van het studiegebied voorkomen. In vijf deelgebieden verdeeld over de polder onderzochten we minimaal drie percelen in het veld. Per perceel voerden we meerdere bodembeoordelingen uit.

| Diepte     | Woudeerdgrond      |               | Poldervaaggrond    |               |
|------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
|            | lutum (%)          | org. stof (%) | lutum (%)          | org. stof (%) |
| 0-30 cm    | 28                 | 5,0           | 23                 | 2,0           |
| 30-50 cm   | 23                 | 1,5           | 18                 | –             |
| 50-120 cm  | 19                 | –             | 14                 | –             |
| 120-140 cm | 19 (matig gerijpt) | –             | 14 (matig gerijpt) | –             |
| >140 cm    | ongerijpt          | –             | ongerijpt          | –             |

**Tabel 1:** Karakterisering van de gemodelleerde 2 bodemprofielen.

De bodemfysische eigenschappen zijn bepaald met de reprofuncties die beschikbaar zijn bij de Staringreeks (Wösten e. a., 2001). Gebruik van de standaard Staringreeks-bouwstenen leverde onrealistische resultaten op. Vooral de verzadigde doorlatendheden van de bouwstenen zijn weinig onderscheidend en wijken af van de praktijk. Dat bleek uit de kalibratie met Hooghoudt: de verticale en horizontale doorlatendheden verschilden te veel van de Staringreeksbouwstenen (tot een factor 10).

Als voorbeeldgewas zijn **aardappelen** genomen, een gewas dat gevoelig is voor natschade en voor akkerbouwers in het gebied qua saldo gemiddeld genomen het belangrijkste gewas is.

In de modelberekeningen vindt uitsluitend drainage via de drainbuizen plaats waarbij voor de berekening van de flux naar de drains, zoals gezegd, de formule van Hooghoudt wordt toegepast. Gebruik hiervan vinden wij essentieel, omdat in gronden met geringe diepte van de doorlatende laag de drainageweerstand aanzienlijk (meer dan halvering) afneemt als de opbolling toeneemt van 10 tot 50 cm (kan eenvoudig uit de formule worden afgeleid). In de discussie komen wij hierop terug.

Als onderrand veronderstellen we een kwel van 0,82 mm/d. Deze waarde is afkomstig van eerder in de polder uitgevoerd onderzoek door TNO (Bardoel, 2003).

In de uitgangssituatie is de draindiepte 120 cm en de drainafstand 12 m (hetgeen een gebruikelijke afstand is). De dikte van de doorlatende laag beneden drainniveau stelden we op 20 cm, omdat de GLG bij deze drainagesituatie ongeveer 140 cm is en ook uit veldopnamen blijkt dat de doorlatendheid beneden dat niveau zeer klein is (ongerijpte klei). De dikte van de equivalente laag is daarbij uitgerekend maar wijkt daar nauwelijks van af. De enige onbekenden zijn de doorlatendheden boven en onder drainniveau,  $k_1$  en  $k_2$  (zie kader). De verhouding zetten we om pragmatische redenen vast op 2. Met deze uitgangspunten zijn  $k_1$  en  $k_2$  iteratief vastgesteld door de twee modellen gedurende een langere tijd een constante neerslag van 6,18 mm/d op te leggen (zodat de afvoer aan het eind van die periode vrijwel de 7 mm/d benadert) en te zorgen dat de berekende opbolling midden tussen de drains gelijk is aan 70 cm. Aangezien SWAP rekent met de gemiddelde grondwaterstand moet bij een vormfactor (de verhouding



tussen de gemiddelde hoogte van de grondwaterstand boven de drainagebasis en de maximale opbolling midden tussen de drains) kleiner dan 1,0 de opbolling van de gemiddelde grondwaterstand naventant kleiner zijn.

De aldus berekende waarden zijn:  $k_1$  is 40 cm/d en  $k_2$  is 20 cm/d. Deze waarden stemmen redelijk overeen met de waarden bepaald met de reprofuncties.

Bovengenoemde waarden zijn gehandhaafd als de drains 20 cm ondieper worden gelegd. De GLG zal namelijk hoger worden en na verloop van tijd zal de oorspronkelijk beter doorlatende laag direct onder het nieuwe drainniveau minder doorlatend worden en zal de dikte van deze doorlatende weer 20 cm worden, althans dat is een veilige aanname.

In de situatie met 20 cm verhoogd peil is de drainafstand op de volgende drie manieren bepaald:

1. Berekend volgens stationair drainagecriterium (7 mm/dag en grondwaterstand op 70 cm-mv), met SWAP of analytisch (identieke uitkomst want SWAP past ook de formule van Hooghoudt toe voor de berekening van de relatie tussen grondwaterstand en afvoer).
2. Berekend volgens niet-stationair drainagecriterium. Hiervoor pasten we de eerder besproken benadering van Wesseling (1969) toe, waarbij we rekening hielden met de invloed van structurele bergingsverschillen vóór en na verhoging van de drainagebasis.
3. Aanpassing van de drainafstand tot de landbouwkundige criteria overeenkomen met de huidige situatie.

Interpoleren in de tabellen van Van Wijk e.a. (1988) leverde geen bruikbare aanpassing van de drainafstand.

De aldus gebouwde twee modellen worden doorgerekend met 30 jaar meteogegevens van De Bilt (1981-2010). De maatgevende afvoer is bepaald door van alle 30 maal 365 gesimuleerde dagafvoeren de op 29 na hoogste dagafvoer te selecteren.

## Modelresultaten

### ***Vergelijking met veldwaarnemingen***

Allereerst is de uitgangssituatie doorgerekend en zijn resultaten vergeleken met veldwaarnemingen. Uit de berekeningen volgt een GHG van 61-63 cm-mv en GLG van 132-135 cm-mv. Uit het veldbodkundig onderzoek blijkt op alle locaties waar de drainage met zekerheid boven het waterpeil ligt dat de grondwaterstanden dieper uitzakken dan het drainageniveau. Dit ondanks de kwel van 0,8 mm per dag. Uit de berekende GLG-waarden blijkt dat de grondwaterstanden ook dieper uitzakken dan het drainageniveau (circa 10 tot 15 cm).

De GLG-waarden geschat tijdens het veldwerk variëren globaal tussen de 130 en 150 voor de gebieden met een drooglegging van 110-130 cm (Aequator, 2012). Dit komt

zeer goed overeen met de modelresultaten. Uiteraard komen er uitschieters voor in het veld (GLG 170 tot 180 cm-mv), maar dit is terug te leiden op grotere droogleggingen of grotere drainagedieptes. Wanneer water via de drains kan infiltreren zijn vaak hogere GLG-waarden waargenomen (rond de 110 cm-mv).

De GHG is in het veld overall hoog geschat, gemiddeld tussen 20 en 70 cm. De berekeningen van SWAP komen overeen met de diepere GHG's (50-70 cm) van deze waarnemingen; de ondiepe GHG's berekent SWAP niet. We verwachten dat de veldbodemkundige schattingen te hoog zijn. Voor een goede GHG-schatting moeten boorgaten open gelaten worden tijdens een GHG-periode, om vervolgens 24 uur later de grondwaterstanden op te nemen. Nu is alleen op basis van bodemprofielkenmerken een inschatting gedaan. Bekend is dat er grote variatie kan optreden in de GHG op vergelijkbare gronden, als gevolg van de staat van onderhoud, ouderdom en mate van functioneren van de buisdrainage.

Op basis hiervan concluderen we dat de simulaties met SWAP redelijk overeenkomen met de praktijksituatie in het veld. In onderstaande paragraaf vergelijken we de modeluitkomsten met peilbuiswaarnemingen.

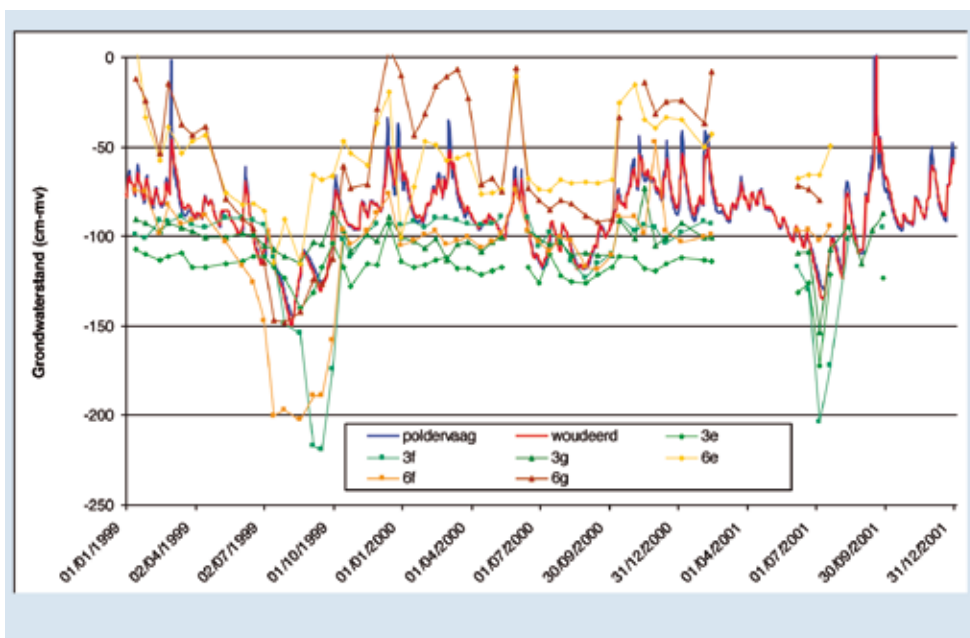
### ***Vergelijking met peilbuiswaarnemingen***

De berekende freatische grondwaterstanden zijn vergeleken met de gemeten freatische grondwaterstanden uit het onderzoek van TNO (Bardoel, 2003). Hierbij moeten echter twee zaken worden opgemerkt:

- de filterstelling van de freatische peilbuizen is te diep;
- de exacte locatie en drainagetoestand zijn niet bekend.

In het onderzoek van TNO zijn filters geplaatst op een diepte tussen 200 en 300 cm-mv, wat dieper is dan het GxG-traject en daarmee strikt genomen niet de juiste diepte om het freatische grondwater te meten. Filterstellingen zouden tussen deze dieptes moeten voorkomen. Het gevolg is dat in de filters minder diepe GHG- en GLG-waarden worden gemeten dan kunnen voorkomen, omdat er in dit gebied sprake is van kwel en storende lagen.

De enige peilbuislocaties die voor zover bekend een enigszins vergelijkbare drooglegging en bodemkundige situatie hebben, zijn locaties 3 en 6. De droogleggingen van deze locaties zijn resp. 140 en 160 cm. De wijze van draineren (diepte en drainafstand) en ouderdom van drainage is onbekend maar is wel van grote invloed op de grondwaterfluctuatie.



**Afbeelding 3:** De grondwaterstanden uit de modelberekeningen (Poldervaaggrond en Woudeerdgrond) en een aantal peilbuizen uit het chloride- en nutriëntenonderzoek van TNO (Bardoel, 2003).

In afbeelding 3 staan de modelresultaten en de grondwaterstanden van 6 peilbuizen op deze locaties. Hieruit blijkt dat de grondwaterstanden lokaal sterk kunnen verschillen. Verschillen tussen peilbuizen onderling en het model kunnen veroorzaakt zijn door: drainagetoestand, ligging van drainage t.o.v. meetpunt, diepteligging filterbuis, lokale bodemverschillen, parameterisatie in het model, verschillen in drooglegging en verschil in gewassen. Al deze factoren zijn onbekend. Voor een betere vergelijking moet meer informatie worden ontsloten, met name over de peilbuislocatie en de drainagetoestand (afstand, diepte drainage, ouderdom en onderhoud van buizen).

In drie peilbuizen vertoont het grondwater meer fluctuatie dan de simulaties (locatie 6e, f en g), op de andere locatie hebben drie peilbuizen juist een geringere dynamiek (locatie 3e, f en g). De dieper uitzakkende grondwaterstanden in de zomer van drie peilbuizen kan komen door een grotere drooglegging, dieper liggende drainage of geringere kwel. De hoge grondwaterstanden in deze buizen kunnen duiden op slecht functioneren van drainage of de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen in de bovengrond. In de simulaties zijn wij uitgegaan van een gemiddelde situatie met een bepaalde drooglegging, praktijkmetingen kunnen daarvan afwijken.

### **Resultaten effectberekeningen**

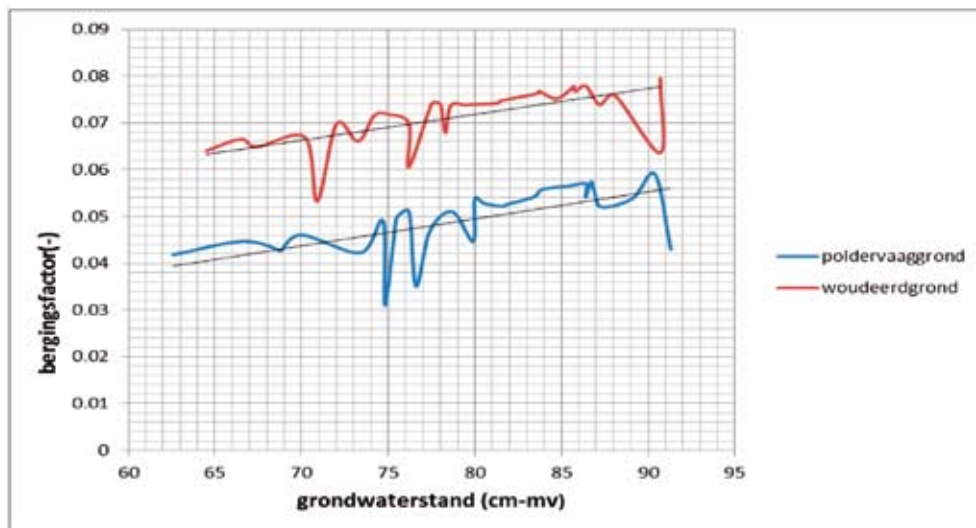
Zoals in de inleiding gesteld gaat het om de effecten op natschade in de landbouw en op de afvoeren. Hiervoor de bepalende en bijbehorende criteria opgesteld. Bij de berekeningen bleek dat het de criteria voor werkbare dagen in het voorjaar en oogstbare dag in het najaar niet realistisch (veel te gering) was. De criteria zijn daarom aangepast naar

-90 resp. -80 cm. Bij deze criteria is het aantal werkbare en oogstbare dagen gemiddeld ongeveer 1/3 van het aantal dagen in de voorjaars- resp. najaarsperiode, hetgeen goed overeenkomt met de landbouwkundige praktijk in dit gebied.

Om voor een stationaire situatie een vergelijkbare grondwaterstand (ontwateringsbasis) te creëren bij een peilverhoging van 20 cm, moet de drainafstanden afnemen van 12 m naar 10 m, voor zowel de Woudeerd- als de Poldervaaggrond.

De situaties zijn vervolgens doorgerekend met een draindiepte op 100 cm en een drainafstand van 10 m. Er is nagegaan of het aantal werkbare dagen in voor- en najaar ongeveer gelijk bleef. Dit bleek niet het geval (zie hierna). De drainafstand moest daarvoor worden teruggebracht tot 7 m om dit te bereiken, voor zowel de Woudeerd- als Poldervaaggrond.

Voor toepassing van het niet-stationair criterium is allereerst, op basis van naar oplopende grondwaterstand geselecteerde SWAP-resultaten op 1 april, de relatie vastgesteld tussen grondwaterstand en bergingsfactor; zie afbeelding 4.



**Afbeelding 4:** Op basis van SWAP-resultaten afgeleide relatie tussen grondwaterstand en bergingsfactor.

Invulling van de door SWAP berekende GHG voor respectievelijk de drainafstand van 12 en 10 m (tabel 2) levert een verkleining van de bergingsfactor van 6% (Poldervaaggrond) en 4% (Woudeerdgrond) bij verkleining van de drainafstand naar 10 m. Invulling in vergelijking (1) leidt tot een verhoging van het drainagecriterium van afgerond 4% resp. 2%. Dit is zo gering dat het niet leidt tot een noemenswaardig kleinere drainafstand dan berekend met het stationair criterium. Wel kan worden vastgesteld dat de relatie tussen grondwaterstand en bergingsfactor voor beide beschouwde bodemprofielen duidelijk verschilt en dat toepassing van het niet-stationair criterium in de uitgangssituatie zou leiden tot verschillen in drainafstand. Maar dat is geen onderwerp van analyse.

Om te toetsen of in dergelijke situaties de HELP-tabel kan worden toegepast is de verdampingsreductie en ook de GHG en GLG berekend.

Tabel 2 en 3 vatten de rekenresultaten samen.

| Bodem             | Draindiepte (cm) | Drainafstand (m) | GHC (cm-mv) | GLG (cm-mv) | Maaiveldafvoer (mm/jr) | Maatg.afvoer (mm/d) | Bergendvermogen op 1 april (mm) |
|-------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|------------------------|---------------------|---------------------------------|
|                   |                  |                  |             |             |                        |                     |                                 |
| <b>Poldervaag</b> | 100              | 10               | 59          | 126         | 1                      | 10                  | 56                              |
|                   |                  | 7                | 71          | 129         | 1                      | 11                  | 64                              |
|                   | 120              | 12               | 61          | 132         | 2                      | 13                  | 45                              |
|                   | 100              | 10               | 57          | 123         | 2                      | 15                  | 39                              |
|                   |                  | 7                | 72          | 126         | 2                      | 15                  | 46                              |

**Tabel 2:** Met SWAP berekende effecten van verschillende drainage-dimensies op de hydrologie, op basis van de meetreeks 1981-2010.

| Bodem             | Draindiepte (cm) | Drainafstand (m) | Relatieve gewasverdamping | Werkbare dagen | Oogstbare dagen | SOW-50 (cm.d) |
|-------------------|------------------|------------------|---------------------------|----------------|-----------------|---------------|
|                   |                  |                  |                           |                |                 |               |
| <b>Poldervaag</b> | 100              | 10               | 0,98                      | 10             | 19              | 3             |
|                   |                  | 7                | 0,99                      | 18             | 24              | 0             |
|                   | 120              | 13               | 0,94                      | 16             | 23              | 4             |
|                   | 100              | 10               | 0,95                      | 13             | 19              | 5             |
|                   |                  | 7                | 0,95                      | 17             | 22              | 1             |

**Tabel 3:** Met SWAP berekende effecten van verschillende drainage-dimensies op de landbouwkundige situatie, op basis van de meetreeks 1981-2010.

De volgende conclusies zijn hieruit te trekken:

1. Verondieping van de drainage in combinatie met een vernauwing van de drainafstand van 12 naar 10 m, zoals volgt uit toepassing van het stationair drainagecriterium, geeft een vernatting in termen van GHG en GLG. Deze 'verslechtering' komt ook tot uiting in de afname van het aantal werkbare of oogstbare dagen.
2. Het aantal werkbare dagen bij verondieping neemt bij een drainafstand van 10 m aanzienlijk af. Het stationair drainagecriterium is voor dit soort gronden bij relatief ondiepe ligging van de drains blijkbaar geen geschikt criterium. De verklaring is dat de criteria voor werkbare of oogstbare dagen veel meer horen bij grondwaterstanden die optreden bij afvoeren die lager zijn dan 7 mm/d.
3. Het gebruik van het niet-stationair drainagecriterium geeft een iets betere aanpassing van de drainafstand vergeleken met het stationair criterium maar de aanpassing is onvoldoende.
4. Een verdere vernauwing naar 7 m is nodig om het aantal werkbare dagen ongeveer gelijk te houden. Deze vernauwing geeft een verlaging van de GHG met 8 cm terwijl de GLG 6 cm minder diep wordt vergeleken met de uitgangssituatie.
5. Er is derhalve geen eenduidig verband tussen het aantal werkbare of oogstbare dagen enerzijds en de GHG en GLG anderzijds.

6. De maaiveldafvoer is in alle situaties gering. Een aanwijzing dat de doorgerekende situaties als intensief gedraineerd kunnen worden gekarakteriseerd.
7. De maatgevende afvoer neemt toe door intensiever en ondieper te draineren. En hoe intensiever hoe meer de toename. Het gemiddeld bergend vermogen op 1 april geeft wel enige verklaring maar de relatie is niet eenduidig.
8. Het effect op de gewasverdamping is beperkt. Beide profielen hebben een goed vochtleverend vermogen. De HELP-tabel geeft voor beide profielen eveneens een geringe droogteschade tussen 1% resp. 3%.
9. De SOW-50 is voor deze gronden geen goede maat voor wateroverlast want geeft te lage waarden om discriminerend te zijn. Vanuit criteria voor draagkracht is ook te beredeneren dat de grondwaterstandsgrens dieper moet worden gelegd, bijv. op 80 cm-mv.

### Beleidsmatig relevante conclusies

De voor Rijnland belangrijkste conclusie is dat het uitgevoerde onderzoek indiceert dat het mogelijk is de mogelijk negatieve effecten van peilverhoging in Polder De Noordplas en de daarmee gepaard gaande verondieping van de drains met 20 cm op de waterhuishouding van de landbouwpercelen ongedaan te maken door de drains nauwer te leggen, van (in het rekenvoorbeeld) 12 m naar 7 m. Een halvering van de drainafstand is dus een veilig advies.

Een nog ondiepere ligging van de drains wordt als onwenselijk beschouwd omdat de drainafstand dan extreem nauw wordt, los van de vraag of de verslechtering daarmee wel ongedaan kan worden gemaakt. We verwachten, op basis van de sterke opdrachtigheid van de gronden, dat vooral het aantal werkbare dagen zal afnemen. De grens is modelmatig niet 'opgezocht'. Op grond van expertise is de minimale draaindiepte gelegd bij 100 cm.

De 'prijs' die Rijnland betaalt voor de peilverhoging is dat de maatgevende afvoeren significant kunnen toenemen. Maar of dit ook geldt voor nog extremere afvoeren is niet zeker. Zie discussie.

Daarmee zijn de drie in de inleiding gegeven vragen beantwoord.

### Discussie

De correlatie tussen GHG en aantal werkbare dagen in het voorjaar is zwak. Met als voorbeeld de Poldervaaggrond: een vrijwel zelfde aantal werkbare dagen (16 resp. 17) terwijl de berekende GHG 61 resp. 72 cm-mv is. Bij toepassing van de HELP-tabel is de natschade 6% resp. 4%. Dit komt doordat landbouwkundige bewerkingen niet tijdens het GHG-moment uitgevoerd worden (winter), maar vooral in het (vroege) voorjaar. Een aanwijzing dat het fundament van de HELP-tabel '(koppeling nat-en droogteschade aan GHG en GLG) voor dergelijke gedraineerde gronden zwak is? Het is in ieder geval een ondersteuning voor één van de punten in het pleidooi de HELP-tabel te actualiseren (Van Bakel en Van den Eertwegh, 2011).

Voor waterschappen is niet de maatgevende afvoer (met een herhalingstijd van 1 jaar) bepalend voor het ontwerp maar een afvoer met een herhalingstijd van 10 jaar of langer. Extreem intensief gedraineerde gronden geven een hogere maatgevende afvoer omdat de 'doorgrondse' afvoer in dergelijke situaties zo hoog is. De kans op 'overgrondse' maaiveldafvoer in extremere situaties, veroorzaakt door het stijgen van de grondwaterstand tot in het maaiveld, neemt daardoor af. Er treedt dus minder frequent maaiveldafvoer in de situatie met peilverhoging en aangepaste drainage-intensiteit. Indien maaiveldafvoeren een belangrijke bijdrage leveren aan extreem hoge piekafvoeren kunnen deze piekafvoeren lager worden.

In Van Wijk e.a. (1982) wordt de drainagesituatie gekarakteriseerd door een draindiepte en drainage-intensiteit, bepaald uit  $q(7)/m_0$ . Deze intensiteit wordt in de berekeningen vervolgens constant gehouden. Maar volgens de formule van Hooghoudt is de drainage-intensiteit, gedefinieerd als  $q/m_0$ , niet constant maar afhankelijk van de opbolling. Anders gezegd: de drainageweerstand bij 30 cm is 1,8 maal zo hoog vergeleken met de weerstand bij een opbolling van 70 cm. Het gevolg is dat bij lagere afvoeren de grondwaterstandsverhoging door Van Wijk e.a. te laag zijn berekend, met gevolgen voor de afgeleide resultaten. Gebruik van de Hooghoudt-formule in buisgedraineerde situaties met een ondiep profiel is een must.

Een constatering is dat in Van Wijk e.a. is gerekend met draindieptes van 60, 90, 120, 150 en 180 cm, waarbij voor een draindiepte van 60 cm voor bijvoorbeeld lichte klei nauwelijks natschade in het voorjaar wordt berekend. De resultaten in deze studie tonen het tegendeel aan.

De criteria voor werkbare en oogstbare dagen zijn van de vorige eeuw. Ondertussen is de landbouwkundige praktijk drastisch veranderd (denk bijvoorbeeld aan de sterke mechanisatie en automatisering). Verversing van deze kennis is noodzakelijk. Het feit dat in deze studie de criteria in de modelberekeningen moesten worden aangepast is daarvan overigens geen bewijs maar duidt veel eerder op gebrekkige modelconcepten c.q. gebrekkige parameterisering.

## Referenties

**Bakel, P.J.T. van en G.P. van den Eertwegh** (2011) Nieuwe mogelijkheden voor herziening van de HELP-tabel; in H2O, vol 18 pag 31-33.

**Bakel, P.J.T. van, J. Huinink, H. Prak en F. van der Bolt** (2005) HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waterlood-instrumentarium; Stowa/DLG/Alterra/LNV.

**Bardoel, T.** (2003) Het effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in polder De Noordplas; TNO-rapport 03-098-B.

**Beuving, J.** (1982) Onderzoek naar bodem- en waterhuishoudkundige gegevens voor invoer in en verificatie van een model voor berekening van de effecten van de waterhuishouding; Nota 1378, ICW, Wageningen.

**Cultuurtechnisch Vademecum** (1988); Cultuurtechnische Vereniging, Utrecht.

**Hokke, G. en T. Tanis** (1978) Onderzoek naar werkbare dagen voor veldwerkzaamheden op akkerbouwbedrijven; Publicatie 109, IMAG, Wageningen.

**Kroes, J.G., J.C. van Dam, P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks en C.M.J. Jacobs** (2008) SWAP version 3.2. Theory description and user manual; Rapport 1649, Alterra, Wageningen.

**Schaap, J.D., P.J.T. van Bakel en E.A. van Essen** (2012) Berekening drainageafstanden en landbouwkundige effecten bij peilverhoging Polder De Noordplas' (2012); Aequator-rapport.

**Wesseling, J.** (1969) Bergingsfactor en drainagecriterium; Mededeling 118, ICW, Wageningen<sup>1</sup>).

**Wijk, A.L.M. van, R.A. Feddes, J.G. Wesseling en J. Buitendijk** (1988) Effecten van grondsoort en ontwatering op opbrengst van akkerbouwgewassen; Rapport 31, ICW, Wageningen<sup>1</sup>).

**Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M de Groot en J. Stolte** (2001) Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgaven 2001; Rapport 153, Alterra, Wageningen.

---

<sup>1</sup> Zie [www.debakelsestroom.nl](http://www.debakelsestroom.nl)