



Jan van Bakel, Alterra

Jac Peerboom, Waterschap Peel en Maasvallei

René Rijken, Waterschap Brabantse Delta

Hans Stevens, DLG Limburg

# Modelonderzoek naar samengestelde peilgestuurde drainage

**Conventionele drainage leidt tot een aanzienlijke daling van de grondwaterstand en vooral daardoor tot een sterke toename van de stikstofbelasting en een behoorlijke afname van de fosforbelasting naar het oppervlaktewater. Uit modelonderzoek volgt dat door de aanleg van samengestelde peilgestuurde drainage de toename van de stikstofbelasting en de grondwaterstands daling kan worden vermeden, mits men de drains verdiept aanlegt en hogere streefpeilen hanteert. Ombouwen van bestaande drainage naar samengestelde peilgestuurde drainage (met hogere streefpeilen) leidt tot hogere grondwaterstanden, een reductie van de stikstofbelasting en een toename van de fosforbelasting. Door verdiepte aanleg of intensivering van de drainage (waardoor minder maaiveldafvoer optreedt) stopt de toename van de fosforbelasting.**

**A**anleg van drainage is een beproefd middel om de agrohydrologische omstandigheden te verbeteren. Bij conventionele drainage is de draandiepte ongeveer een meter en wordt het streefpeil in de sloot waarin de drains uitmonden, onder dit niveau gehouden. Daardoor dalen de grondwaterstanden in vooral de winterperiode met zo'n 40 cm. Deze verlaging is uit oogpunt van verdrogingsbestrijding meestal ongewenst. Ook heerst de opvatting dat de piekafvoeren door drainage aanzienlijk kunnen toenemen. Bovendien treden aanzienlijke effecten op voor de nutriëntenbelasting naar grond- en oppervlaktewater (zowel positief als negatief). Drainage is daarom geen populaire maatregel in het waterbeheer. In een eerder artikel<sup>1)</sup> is betoogd dat drainage juist wel kan bijdragen aan verdrogingsbestrijding en een beter milieu, mits drainage gepaard gaat met een verhoging van de ontwateringsbasis door middel van peilsturing en verdiepte aanleg. Om deze vorm van drainage in te zetten als maatregel bij de wateropgaven dient de effectiviteit ervan met veld- en modelonderzoek echter beter te worden onderbouwd. De projectgroep Peilgestuurde drainage (met vertegenwoordigers van de betrokken waterschappen, DLG Limburg, Provincie Limburg en Wageningen Universiteit) wil dit onderzoek laten uitvoeren. Voor het

veldonderzoek is recent de benodigde financiering gevonden. Voorafgaand hieraan is een modelonderzoek uitgevoerd. Dit moest inzicht geven in de effecten van drainage voor verschillende hydrologische en landbouwkundige omstandigheden, informatie bieden op basis waarop waterbeheerders beleid kunnen voeren ten aanzien van peilgestuurde drainage (omdat resultaten van veldonderzoek nog wel even op zich laten wachten) en een basis geven voor de inrichting en beheer van de veldproeven en de opschaling van de resultaten.

De waterschappen Peel en Maasvallei en Brabantse Delta en DLG Limburg (trekker van de pilot waarbij maatregelen voor tegengaan van fosfaatuitspoeling worden beproefd) waren de opdrachtgevers voor dit modelonderzoek. Over de resultaten is recent gerapporteerd<sup>2)</sup>. In dit artikel worden de aanpak en de belangrijkste resultaten besproken.

## Vormen van drainage

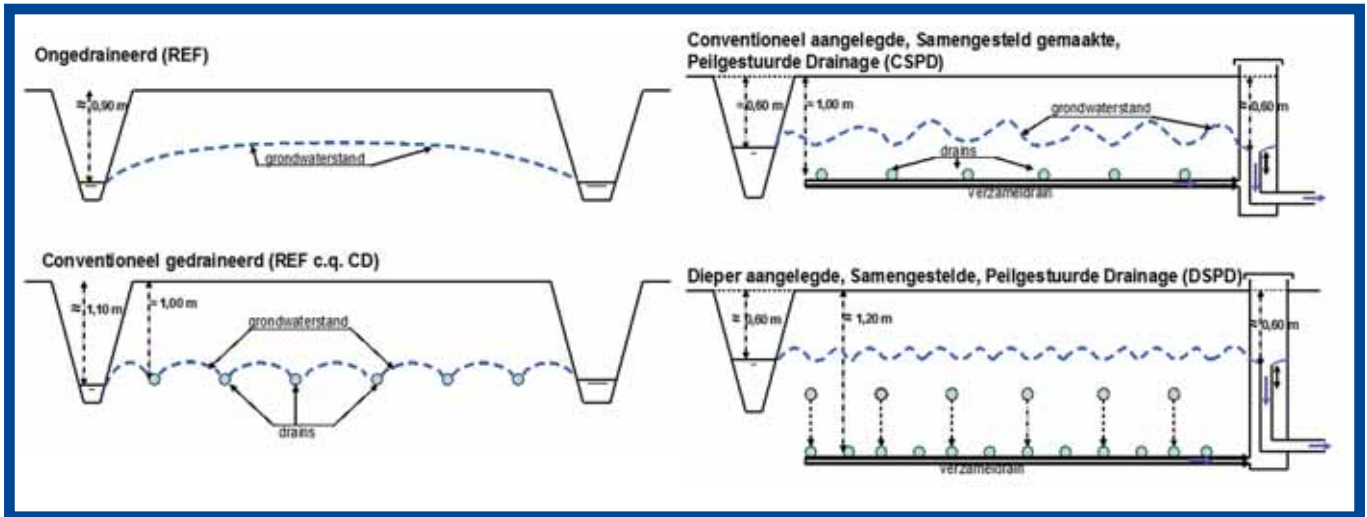
**Conventionele drainage** is de in Nederland gebruikelijke vorm van drainage, waarbij de drains uitmonden in een sloot en de slootwaterstand onder normale omstandigheden lager is dan de hoogte van de drainuitmonding en waarbij de draandiepte en -afstand landbouwkundig zijn bepaald;

**Drainage Nieuwe Stijl** is een systeem van drainage waarbij de drains ondieper liggen dan gebruikelijk en de drainafstand kleiner is om toch te voldoen aan landbouwkundige ontwateringseisen;

**Peilgestuurde drainage** is een systeem van drainage waarbij de hoogte van de drainagebasis kan worden gestuurd. Omdat de drains zelf fysiek niet in hoogte verstelbaar zijn, liggen de drains meestentijds onder water; **Samengestelde, peilgestuurde drainage** is een systeem van drainage waarbij drains uitmonden in een verzamelrain die uitmondt in een sloot of put. Bij het zogenoemde Systeem Van Iersel kan in de put met behulp van een pijpje de hoogte van de ontwateringsbasis worden geregeld. De mogelijk negatieve effecten van de aangenomen verhoging van de ontwateringsbasis met zo'n 50 cm op zandgronden (winterstreefpeil 60 cm -mv; zomerstreefpeil 40 cm -mv) en 60 cm op klei- en zavelgronden (winterstreefpeil 70 cm -mv; zomerstreefpeil 50 cm -mv) wordt voor een deel opgeheven door intensivering van de drainage;

**Dieper aangelegde drainage** is een systeem van drainage waarbij de drains uit het oogpunt van waterkwaliteit dieper zijn aangelegd dan gebruikelijk.

In het modelvooronderzoek zijn drie vormen van drainage vergeleken met twee wezenlijk



Afb. 1: Principetekeningen van de twee uitgangssituaties en de twee vormen van peilgestuurde drainage.

verschillende uitgangssituaties: ongedraineerd en conventioneel gedraineerd. Deze drie drainagevarianten zijn:

- conventionele drainage (CD). Deze variant is alleen relevant voor een ongedraineerde uitgangssituatie;
- conventioneel aangelegde, samengesteld gemaakte, peilgestuurde drainage (CSPD), waarbij de bestaande drains worden aangesloten op een verzamelramp en de drainagebasis wordt verhoogd en peilgestuurd gemaakt. De drainafstand en daarmee de weerstand van de drainbuizen wordt daarbij niet veranderd. Ook worden geen sloten gedempt. Deze drainage-variant wordt alleen toegepast bij reeds gedraineerde plots;
- dieper aangelegde, samengestelde, peilgestuurde drainage (DSPD). Deze variant wordt gecombineerd met intensivering van de drainage (halvering van de

weerstand) en gedeeltelijk dempen van de sloten (de helft van de tertiaire sloten) en wordt toegepast bij zowel ongedraineerde als gedraineerde plots in de uitgangssituatie. Afbeelding 1 geeft de uitgangssituaties en varianten schematisch weer.

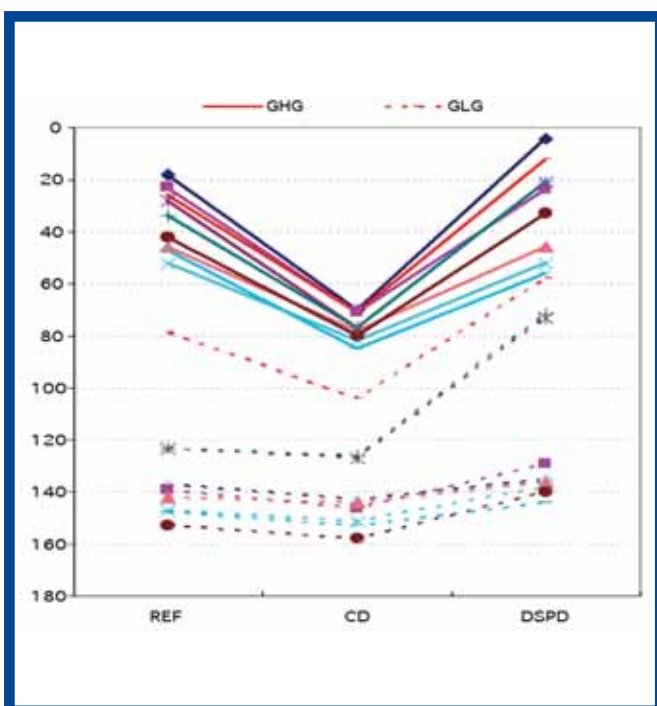
### Uitgangspunten en aanpak van modelonderzoek

De effecten van de verschillende vormen van drainage zijn berekend met behulp van het STONE-instrumentarium<sup>3</sup>. Hierin zijn voor heel Nederland 6405 plots gedefinieerd. Elke plot is representatief voor de hydrologie en nutriëntenhuishouding van het topsysteem (de bovenste 13 meter) van een x aantal gronden van 250 x 250 meter. De motivering voor het gebruik van STONE is dat dit het enige instrumentarium is waarbij op operationele basis de stikstof- en fosfaatbelasting naar het oppervlaktewater kan worden berekend.

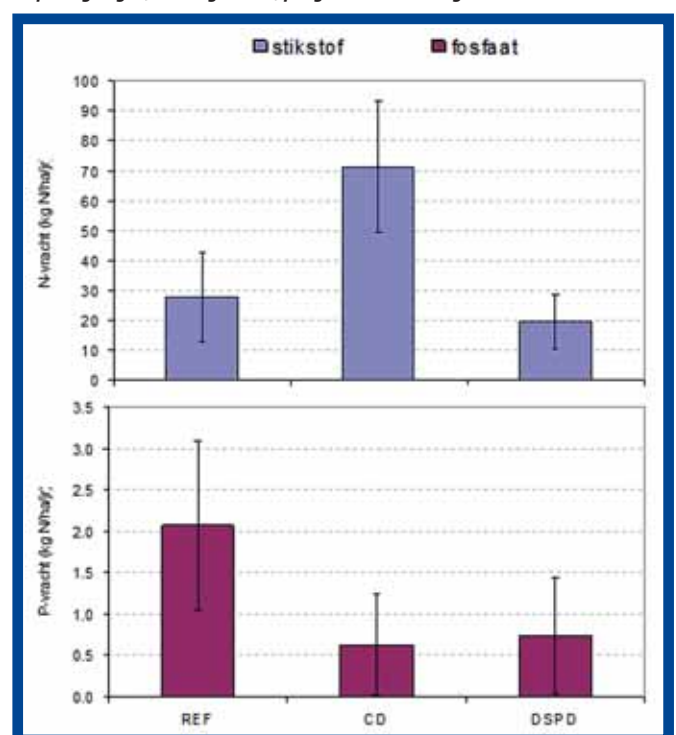
Binnen het zandgebied van Noord-Brabant en Noord-Limburg zijn in de uitgangssituatie negen ongedraineerde en vier gedraineerde plots geselecteerd uit de 286 STONE-plots waarmee voor dit gebied onder andere de effecten van mestbeleid worden doorgerekend. Bij de selectie van de plots is rekening gehouden met spreiding over de vier belangrijkste hydrotypen binnen het zoekgebied, het areaal en de spreiding in berekende stikstof- en fosfaatbelasting in de uitgangssituatie. Ook zijn twee plots gedefinieerd binnen het kleigebied van West-Brabant. Voor elke geselecteerde plot is met behulp de modellen SWAP<sup>4</sup> en ANIMO<sup>5</sup> de hydrologie en de nutriëntenhuishouding berekend voor een periode van 30 jaar, in zowel de uitgangssituatie als de twee gedefinieerde drainagevarianten.

Het effect van het dieper aanleggen van drainage wordt modelmatig in rekening

Afb. 2: De gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van de negen zandplots in de ongedraineerde uitgangssituatie (REF) en twee bij conventionele drainage (CD) en diep aangelegde, samengestelde, peilgestuurde drainage (DSPD).



Afb. 3: De gemiddelde jaargemiddelde stikstof- en fosfaatbelasting over negen zandplots in de ongedraineerde uitgangssituatie en bij conventionele drainage en diep aangelegde, samengestelde, peilgestuurde drainage.

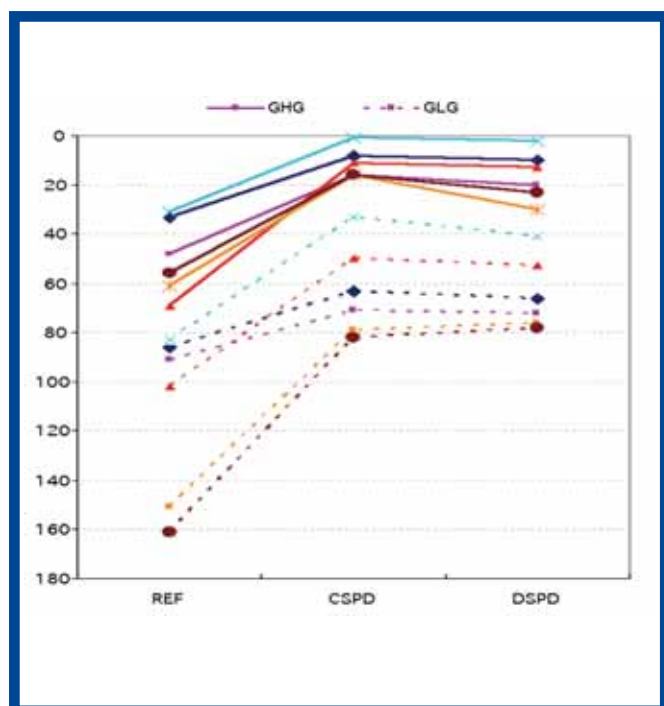


gebracht door bij gedraineerde situaties de laterale uitstroming van water naar de drains alleen te laten plaatsvinden onder drainniveau. Het (modelmatig) effect is dat water een langere weg in het profiel aflegt en daardoor ook langer onder weg is met meer kans op vastlegging en/of afbraak van nutriënten.

De relatie met de regionale systeem wordt gelegd via een fluxrandvoorwaarde aan de onderkant van het model. Van elke plot is deze flux in de uitgangssituatie bekend. Door (her)drainage verandert echter de grondwaterstand in het ge(her)draineerde perceel, waardoor ook een verandering in de onderrandvoorwaarde optreedt. Daarbij hoort de veronderstelling dat de gedraineerde percelen 'eilanden zijn in een zee van ongedraineerde percelen'. Dit wegleffect is in rekening gebracht door voor de vier voornaamste, in Noord-Brabant en Noord-Limburg voorkomende, hydrotypen met behulp van SIMGRO-modellen voor deelstroomgebieden<sup>6)</sup> de zogenoemde weglekweerstand te bepalen, bij een grootte van een gedraineerd perceel van tien hectare. Deze weerstand is gedefinieerd als het quotiënt van grondwaterstandsverandering en kwelverandering, beide gemiddeld over het gedraineerde perceel.

De tijdsverloop van de stijghoogte van het grondwater in het regionaal systeem in de uitgangssituatie wordt berekend uit de gesimuleerde grondwaterstand en de gegeven flux. Deze stijghoogtes worden vervolgens als potentiaalonder-randvoorwaarde opgelegd bij de twee drainagevarianten, met een weerstand tussen freatische en diepe grondwaterstand gelijk aan de systeemweerstand. Voor het kleigebied is deze aanpak niet gevolgd,

**Afb. 4:** De gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand van de vier zandplots en de zavel- en kleiplot in de gedraineerde uitgangssituatie en bij de varianten conventioneel aangelegde, samengesteld gemaakt, peilgestuurde drainage en diep aangelegde, samengestelde, peilgestuurde drainage.



omdat is verondersteld dat alle percelen zijn gedraineerd en integraal zullen overgaan op peilgestuurde drainage. Door de hogere weerstand van de deklaag zijn ook minder regionale effecten te verwachten dan in de zandgebieden.

## Resultaten

Bij de analyse is het van belang verschil te maken tussen de ongedraineerde en gedraineerde plots.

### Ongedraineerde plots

De meest in het oog springende resultaten zijn:

- De jaargemiddelde grondwaterstanden van alle negen plots worden door conventionele drainage met gemiddeld 20 cm verlaagd; door het dieper aanleggen en peilgestuurd maken van de drainage wordt de gemiddelde grondwaterstand twaalf cm hoger vergeleken met de uitgangssituatie (de effecten op de gemiddelde hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand staan afgebeeld in afbeelding 2).

De GHG en GLG worden door conventionele drainage met gemiddeld 42 en 7 cm verlaagd; door peilgestuurde drainage worden de GHG en GLG met gemiddeld zes en 19 cm verhoogd. Vooral bij plots met wateraanvoer wordt de GLG fors hoger;

- De piekafvoeren worden door conventionele drainage met gemiddeld 27 procent verlaagd. Bij de peilgestuurde variant zijn de piekafvoeren ongeveer gelijk aan de uitgangssituatie (de effecten op de stikstof- en fosfaatbelasting worden samengevat in afbeelding 3).

Door conventionele drainage neemt de stikstofbelasting toe met gemiddeld ruim 40 kilo per hectare per jaar en de fosfaatbelasting af met ongeveer 1,5 kilo per hectare per jaar. Voor de peilgestuurde variant zijn de uitkomsten een afname met bijna tien en ruim een kilo.

### Gedraineerde plots

De belangrijkste resultaten hierbij zijn:

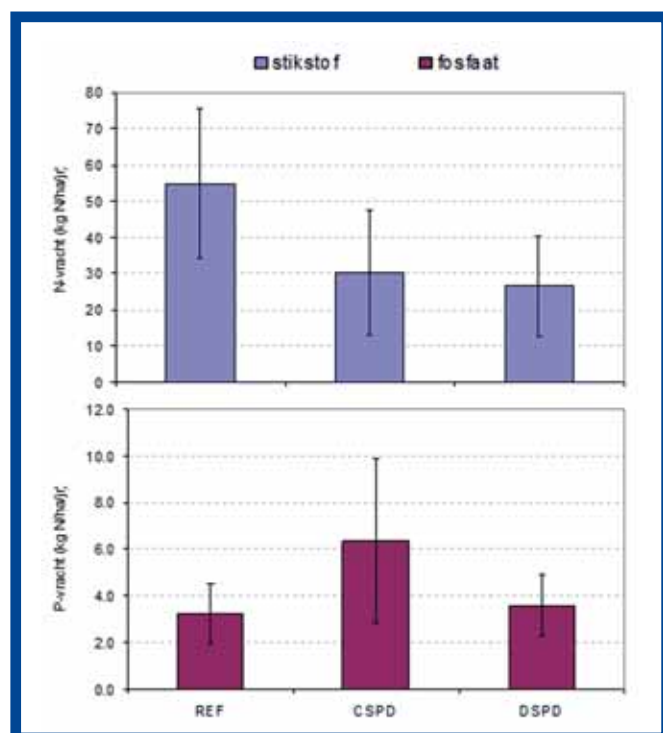
- De jaargemiddelde grondwaterstanden van alle vier plots worden door het samengesteld en peilgestuurd maken van de conventionele drainage met gemiddeld 36 cm verhoogd. Door het peilgestuurd maken in combinatie met intensivering van de drainage wordt de gemiddelde grondwaterstand met 34 cm verhoogd ten opzichte van de uitgangssituatie (zie voor de effecten op de GHG en GLG afbeelding 4).

De GHG en GLG worden door peilgestuurd maken van conventionele drainage gemiddeld met respectievelijk 35 en 50 cm verhoogd. Door aanleg van samengestelde peilgestuurde drainage worden de GHG en GLG gemiddeld met respectievelijk 32 en 49 cm verhoogd;

- De piekafvoeren worden door het peilgestuurd maken van conventionele drainage of door herdrainage met gemiddeld 30 procent verhoogd (zie voor de effecten op de stikstof- en fosfaatbelasting op de vier zandplots afbeelding 5).

Door het samengesteld maken van conventionele drainage neemt de gemiddelde stikstofbelasting af met 25 kilo per hectare per jaar en neemt de gemiddelde fosfaatbelasting toe met ongeveer drie kilo per

**Afb. 5:** De gemiddelde jaargemiddelde stikstof- en fosfaatbelasting over vier zandplots in de gedraineerde uitgangssituatie en bij conventioneel aangelegde, samengesteld gemaakt, peilgestuurde drainage en diep aangelegde, samengestelde, peilgestuurde drainage, met een indicatie van de bijbehorende standaardafwijkingen.



hectare per jaar. Voor zavel- en kleiplot zijn de effecten vergelijkbaar: de stikstofbelasting neemt door peilgestuurd maken van conventionele drainage af met ruim zeven kilo per hectare per jaar, terwijl de fosfaatbelasting toeneemt met ongeveer 0,4 kilo per hectare per jaar. Aanleg van peilgestuurde drainage laat een iets grotere afname van de stikstofbelasting (ongeveer 8 kilo) en een iets minder grote toename van de fosfaatbelasting (ongeveer 0,25 kilo) zien.

### Conclusies voor ongedraineerde situaties

Door de aanleg van conventionele drainage worden de grondwaterstanden aanzienlijk verlaagd. Hierdoor reduceert de maaiveldafvoer en nemen de piekafvoeren af. Door de lagere grondwaterstanden neemt de stikstofbelasting toe en de fosfaatbelasting af. Door peilsturing met relatief hoge streefpeilen in combinatie met intensivering van de drainage wordt de gemiddelde grondwaterstand wat hoger dan in de uitgangssituatie, maar de gemiddeld hoogste grondwaterstand blijft ongeveer gelijk. De piekafvoeren zijn ongeveer gelijk in vergelijking met de uitgangssituatie. De stikstofbelasting is lager in vergelijking met de uitgangssituatie, als gevolg van de diepere ligging van de drains. De fosfaatbelasting is ondanks vergelijkbare grondwaterstanden duidelijk lager dan in de uitgangssituatie. Voor ongedraineerde situaties is dus 'winst' te boeken met drainage, mits wordt gekozen voor diep aangelegde peilgestuurde drainage met een aanzienlijke verhoging van de ontwateringsbasis.

### Conclusies voor gedraineerde situaties

Het samengesteld maken van conventionele drainage, waardoor peilsturing mogelijk wordt, of het herdruinieren en toepassen van hoge streefpeilen leidt tot een aanzienlijke verhoging van de grondwaterstand ten opzichte van conventionele drainage. Door de vernatting nemen de piekafvoeren toe, vooral door de toename van de maaiveldafvoer. Door de vernatting neemt bij conventioneel aangelegde, peilgestuurde drainage de stikstofbelasting behoorlijk af en de fosfaatbelasting aanzienlijk toe. Deze verhoging kan ongeveer ongedaan worden gemaakt door intensiever te draineren (waardoor minder maaiveldafvoer optreedt) en de drains dieper aan te leggen.

### Discussie en aanbevelingen

Bij de aanvang van de modelstudie is gekozen voor relatief hoge streefpeilen bij de peilgestuurde drainage. Bij plots met landgebruik akkerbouw of mais en met relatief hoge kwelintensiteiten kan dit leiden tot natschade. In de praktijk zullen dan lagere streefpeilen moeten worden aangehouden dan bij het modelonderzoek zijn gebruikt. De effecten kunnen daardoor ook anders zijn dan berekend.

Sommige plots hebben de mogelijkheid van wateraanvoer. Bij peilgestuurde drainage kunnen de drains infiltreren, waardoor de grondwaterstands daling sterk wordt afgeremd. In de praktijk is de wateraanvoer-

capaciteit vaak ontoereikend om aan de infiltratiebehoefte te kunnen voldoen. De berekende effecten voor de plots met wateraanvoer zijn dan ook minder realistisch.

Drainage heeft een aanzienlijk effect op de kwel en/of wegzijging en daarmee op de hydrologie en de nutriëntenhuishouding. Het is daarom absoluut noodzakelijk dit effect in rekening te brengen. De wijze waarop dit bij dit modelonderzoek is gemodelleerd, is goed toepasbaar bij vervolgstudies. Bij realisatie van peilgestuurde drainage op meer dan incidentele schaal treedt onderlinge wisselwerking op en loopt de werkwijze uit zijn toepassingsbereik en dient vervangen te worden door berekeningen met behulp van regionale hydrologische modellen.

De afvoer via het maaiveld vindt plaats via grondwaterstandsafhankelijke drainage naar 20 cm diepe greppels of als oppervlakteafvoer (bij overschrijden van de infiltratiecapaciteit en het opgevuld zijn van de bergingsmogelijkheden op het maaiveld). De conceptualisering en parameterisering van dit proces met behulp van een ééndimensionaal model is noodzakelijkerwijs 'primitief'. Dit geldt ook voor de nutriëntenconcentraties in het oppervlakkig afstromend water. Uit een beperkte analyse blijkt dat in ongedraineerde uitgangssituaties de invloed van het proces van maaiveldafvoer op met name de fosfaatbelasting aanzienlijk kan zijn. Blokkeren van de maaiveldafvoer biedt dus mogelijkheden voor reductie van de fosfaatbelasting. Combinatie met verbetering van de ontwatering door de aanleg van (peilgestuurde) drainage ligt voor de hand.

Er is geen rekening gehouden met het optreden van schijngrondwaterspiegels of andere, met anisotropie in de bovengrond (verticale weerstand significant hoger dan de horizontale) verbonden verschijnselen. Daardoor zijn de effecten voor gronden met een niet-verwaarloosbare weerstand boven het drainniveau minder representatief<sup>7)</sup>.

Bij peilgestuurde drainage wordt modelmatig het streefpeil in alle sloten gelijk gehouden aan de hoogte van de ontwateringsbasis in de put (bovenkant pijpje). In de praktijk zal alleen de ontvangende sloot een hoger streefpeil krijgen. Toepassing van peilgestuurde drainage op grotere schaal maakt het echter mogelijk ook de streefpeilen in de hoofdwaterlopen te verhogen, omdat het streefpeil is afgestemd op een norm voor de drooglegging van de laagste percelen die door peilgestuurde drainage met zo'n 30 cm kan worden verhoogd.

De hydrologische effecten van de twee drainagevarianten (grondwaterstanden en afvoeren) zijn zoals verwacht. Aan de berekende effecten op de piekafvoeren kan niet al te veel waarde worden toegekend. Het concept van het proces van maaiveldafvoer (het proces dat verantwoordelijk is voor hoge afvoerpieken en daarmee soms ook voor hoge stikstof- en fosfaatpieken) is eenvoudig. De richting en grootte van de effecten van de twee drainagevarianten op de stikstof- en fosfaatbelasting zijn zoals

op basis van expertise en uit literatuuronderzoek min of meer is te verwachten. Dit geldt niet voor de grootte van het effect van het dieper aanleggen van drainage. Uit de literatuur zijn geen effecten bekend. De berekende effecten zijn daarom een 'primeur' en geven een eerste goede indicatie. Daarbij moet worden bedacht dat de effecten staan of vallen met de validiteit van de gehanteerde modelconcepten. In het bijzonder de modellering van de maaiveldafvoer en daarmee verbonden afspoeling van nutriënten en het niet meenemen van anisotropie zijn zwakke plekken.

De gevonden effecten van peilgestuurde drainage zijn zonder meer veelbelovend. Men dient zich echter te realiseren dat deze conclusie is gebaseerd op modelresultaten die onderbouwd door veldonderzoek behoeven. Veldonderzoek is echter duur en de resultaten laten in het gunstigste geval nog jaren op zich wachten. Een maatregel met zoveel potenties om de wateropgaven op te lossen komt echter niet elke dag langs. Dat is ook de reden dat waterschappen Peel en Maasvallei en Brabantse Delta volop inzetten op deze maatregel. Op basis van de resultaten van het modelonderzoek is een uitgebreid onderzoeksvoorstel opgesteld waarbij op meerdere locaties gedurende drie jaar de effecten van peilgestuurde drainage zullen worden gemonitord en de technische werking van samengestelde drainage zal worden gevolgd. Daarbij is veel aandacht voor voorlichting. De financiering is door toezeggingen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en STOWA grotendeels rond.

#### LITERATUUR

- 1) Van Bakel J., J. Peerboom en L. Stuyt (2007). Drainage tegen verdroging en voor een beter milieu: paradox of werkelijkheid. H<sub>2</sub>O nr. 1, pag. 25-28.
- 2) Van Bakel P., E. van Boekel en G.-J. Noij (2008). Modelonderzoek naar effecten van conventionele en samengestelde peilgestuurde drainage op de hydrologie en nutriëntenhuishouding. Alterra. In voorbereiding.
- 3) Wolf J., M. Hack-ten Broeke en R. Rötter (2005). Simulation of nitrogen leaching in sandy soil in The Netherlands with the ANIMO model and the integrated modelling system STONE. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 105, pag. 523-540.
- 4) Kroes J. en J. van Dam (eds.) (2003). SWAP 3.0.3. Reference manual. Alterra. Rapport 773.
- 5) Groenendijk P., L. Renaud en J. Roelsma (2005). Prediction of Nitrogen and Phosphorus leaching to groundwater and surface waters. Process descriptions of the ANIMO4.0 model. Alterra. Rapport 983.
- 6) Van Bakel P., A. Poelman en L. Stuyt (2007). Water vasthouden in de provincie Noord-Brabant. Alterra. Rapport 1488.
- 7) Van der Gaast J. en H. Massop (2006). Verdroging veelal systematisch overschat. H<sub>2</sub>O nr. 21, pag. 25-29.