



Jouke Velstra, Acacia Water

Koos Groen, Acacia Water

Marcel Boomgaard, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

# Mogelijkheden voor beperking van inlaatwater in polders

**Sturing in drainage, peilen en inlaat kan de gevolgen van klimaatverandering, het vaker optreden van droge zomers zoals in 2003, voor een deel compenseren. Dat is van belang in de discussie over het veiligstellen van de wateraanvoer in de zomer in laag Nederland. De inlaat voor het doorspoelen van brakke polders is een belangrijke post en vaak vele malen groter dan de inlaat voor peilhandhaving alleen. In die zin is het streven in het Nationaal Waterplan om de knelpunten in de zomerse wateraanvoer in eerste instantie op te lossen door maatregelen binnen de regionale watersystemen te steunen. Maatregelen in de rijkswateren komen in tweede instantie aan de orde. In dit artikel wordt verslag gedaan van een aantal observaties en berekeningen voor polder De Schermer in Noord-Holland. Deze studies maken deel uit van het project 'Leven met zout water', dat Acacia Water uitvoert voor het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Waternet.**

De Schermer is een oude droogmakerij met een divers agrarisch landgebruik van veeteelt, bloembollen- en groenteteelt tot traditionele akkerbouw. Overtollig neerslagwater en kwelwater worden afgevoerd via een stelsel van watergangen en uitgeslagen door twee gemalen. Het kwelwater heeft hoge zoutgehalten vooral in het zuidelijk deel van de polder. In voorjaar en zomer worden grote delen van de polder doorgespoeld met zoet water, aangevoerd vanuit het Markermeer. De percelen voor akkerbouw en groenteteelt worden ontwaterd met buisdrainage, terwijl grasland over het algemeen alleen is begreppeld.

Met behulp van geofysische metingen laten we de ruimtelijke verdeling zien van zoet en brak grondwater onder de percelen bij verschillende drainagemiddelen. Verder tonen we middels computersimulaties aan hoe het dynamisch gedrag van die grondwatersystemen de zoutgehalten in de watergangen bepaalt. Ook zijn de effecten van verschillende doorspoelregimes op de zoutgehalten gesimuleerd. Aan het eind worden de resultaten bediscussieerd in het licht van mogelijke maatregelen ter vermindering van de inlaat en ter voorkoming van zoutschade.

Het stelsel van watergangen en drainagemiddelen in onze polders reguleert grondwaterstanden en bodemvocht op de percelen ten

behoefte van de landbouw. Dit is aanvankelijk empirisch gegroeid en later gerationaliseerd door ingenieurs van de Landbouwuniversiteit Wageningen. Dit stelsel van watergangen en drainagemiddelen wekt ook grondwaterstromen op in de ondergrond die medebepalend zijn voor de chemie van het ondiepe grondwater en de watergangen. Dit is vooral zichtbaar in polders waar brak kwelwater uit de diepte in contact komt met geïnfiltrerd neerslagwater. Dit aspect is minder goed onderzocht. Dat leek ook niet nodig, zolang de ontwatering diep genoeg is om opstijgen van zout in de wortelzone te voorkomen en zolang genoeg inlaatwater voor handen is om de watergangen door te spoelen. In de zomerperiode wordt circa 40 procent van de waterbehoefte van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier bepaald door doorspoelen.

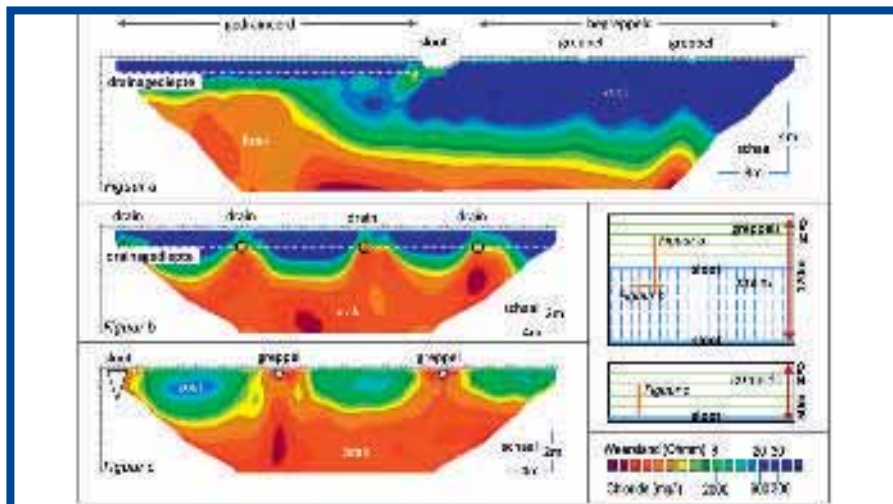
Als gevolg van klimaatverandering en bodemdaling zal de waterbehoefte toenemen, maar neemt tegelijkertijd de beschikbaarheid van inlaatwater door verminderde afvoer van de Rijn in de toekomst af. Dit noodzaakt ons de drainage en wateraanvoer van de polders te optimaliseren. Dit is geheel in lijn met de bevindingen van de commissie Veerman, die aanstuurt op polders die meer zelfvoorzienend moeten worden. In het waterbeheerplan van Hollands Noorderkwartier is verder opgenomen dat bij watertekorten het

gebruik van inlaatwater voor doorspoelen wordt beperkt. In dit nieuwe beheer wordt dan ook gestuurd op waterkwaliteit. Deze afstemming vereist meer inzicht in de werking van het ondiepe grondwater en de interactie met drainagemiddelen en het oppervlaktewater. Ook maakt dit het ontwikkelen en implementeren van maatregelen effectiever.

## Zoutgehalten ondiep grondwater

Met de geofysische CVES-methode<sup>1)</sup> zijn de elektrische weerstanden van de ondergrond in kaart gebracht in tweedimensionale profielen over enkele percelen (zie afbeelding 1). De elektrische weerstand wordt bepaald door de bodemopbouw, vochtgehalte en zoutgehalte. In de getoonde metingen is het zoutgehalte de dominante factor. De zoutconcentraties van 300, 600 en 2000 mg/l komen ongeveer overeen met de formatieweerstanden 30, 20 en 8 Ohmm. Deze zoutconcentraties zijn de gewenste bovengrenzen die Hollands Noorderkwartier hanteert ten behoeve van respectievelijk tuinbouw en bloembollenteelt, akkerbouw en veeteelt<sup>2)</sup>. Het profiel van afbeelding 1a over twee aangrenzende percelen laat zien dat zich onder greppeldrainage een dikkere zoete neerslaglens kan vormen dan onder buisdrainage.

Verschillende onderzoekers hebben reeds onderzoek gedaan naar deze zogenaamde neerslaglens<sup>3),4)</sup>. Meestal speelden de



**Afb. 1: Gemeten weerstandsprofielen (CVES) over enkele percelen. Profiel a geeft links het gedraineerde perceel (parallel en precies tussen twee drains) en rechts het begreppelde perceel (greppels dwars op het perceel). Het brakke water reikt tot aan de drains terwijl onder het begreppelde perceel een neerslaglens van vier meter aanwezig is. Profiel b is genomen dwars op profiel a en toont de invloed van de drains die het brakke water omhoog trekken en daartussen een dunne neerslaglens. Het brakke water bij de drains reikt tot in de wortelzone. Profiel c toont een begreppeld perceel waarbij het brakke water in de greppels reikt en neerslaglensen tussen de greppels aanwezig zijn.**

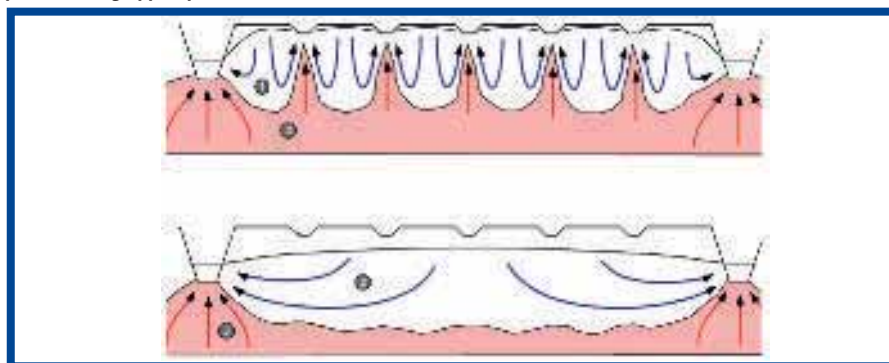
drainagemiddelen en zoutgehalten geen rol in deze studies. Als we de zoutpatronen nauwgezet bestuderen, zien we dat sprake is van kleine grondwaterstromingssteempjes tussen de buisdrains en greppels, die niet permanent water afvoeren. Deze tijdelijke drainagesystemen zijn gesuperponeerd op een groter systeem dat wordt beheerst door de grondwaterafvoer direct naar de watergangen. Dit laatste noemen we het perceelssysteem. Deze twee zoete systemen liggen op hun beurt weer ingebed in het brakke kwelsysteem, waarin brak water uit de diepte opkwelt en wordt afgevoerd naar de watergangen en soms ook de drains en greppels. De verschillende systemen zijn schematisch weergegeven in afbeelding 2. De situatie onder het begreppelde perceel van afbeelding 1c geeft dit stelsel het best weer. Onder dit begreppelde perceel zien we dat het perceelssysteem nauwelijks bestaat, omdat hier brak grondwater duidelijk uitstroomt tot in de greppels. Mogelijk dat het perceelssysteem in een droge periode, als de greppels geen water meer voeren, wel functioneert en de *upconing* van brak water onder de greppels teniet wordt gedaan. Een verklaring voor het verschil tussen beide begreppelde percelen is dat de kweldruk onder het perceel met de dikke zoetwaterlens lager is. Het zoutpatroon onder het perceel met buisdrainage (afbeelding 1b) laat zien dat hier geen perceelssysteem en ook nauwelijks zoete drainsystemen bestaan. De diepe drains op korte afstand van elkaar (tien meter) laten niet toe dat zich zoete perceel- en drainsystemen kunnen ontwikkelen, zoals in het aangrenzende begreppelde perceel. Dichtbij de buisdrains komen hoge zoutgehalten tot dicht onder de bodem. In afbeelding 1b zien we zelfs dat daar brak grondwater door capillaire opstijging reikt tot in de wortelzone.

### Zoutgehalten in watergangen bij perceeldrainage

Met de gedachte dat oppervlaktewater in Nederland eigenlijk dagzomend grondwater

is (De Vries, persoonlijke communicatie), is het zoutgehalte in de watergangen te berekenen als uitstroom vanuit de verschillende hierboven beschreven grondwatersystemen. Het gedrag van die systemen is mathematisch te beschrijven aan de hand van drainageformules<sup>(5),(6),(7),(8),(9)</sup>. Deze formules en routines voor oppervlaktewaterafstroming en bodemvocht en kwel zijn gekoppeld en geïntegreerd tot een model op perceelschaal. Dit model simuleert de zoutgehalten in de watergangen, waarin de zoete waterstromen uit de oppervlakte, drainage- en perceelssystemen en de brakke waterstroom uit het kwelsysteem uitmonden en zich mengen. De gesimuleerde zoutgehalten uit afbeelding 3a zijn dus zoutgehalten van een watergang die alleen wordt bepaald door het aanliggende perceel, zonder invloed van water stroomopwaarts (inlaatwater). Met dit model is onderzocht hoe de zoutgehalten in de watergang zich gedragen met als invoer de dagelijkse neerslag en de verdamping van de laatste tien jaar.

**Afb. 2: Grondwatersystemen in een polder met brakke kwel. In het bovenste profiel wordt de situatie weergegeven waarbij greppels in natte perioden water afvoeren. Dit afwateringssysteem (1) wordt gevoed door neerslag en soms ook door brakke kwel (3). Bij ontwatering door buisdrains ontstaat hetzelfde patroon; alleen zijn de lensjes tussen de drains kleiner. De geofysische profielen 1b en 1c geven deze systemen mooi weer. Wanneer in het voorjaar de greppels of buisdrains niet meer afvoeren, stroomt het grondwater direct af naar de watergangen en treedt het perceelssysteem (2) in werking, zoals aangegeven in het onderste profiel. Systeem 1 en 2 kunnen ook tegelijk in werking zijn als de kwelstroom minder sterk is. Dat is goed te zien in het geofysisch profiel 1a (begreppeld perceel), waar een dikke zoetwaterlens zichtbaar is.**



De grafiek toont duidelijk het patroon van jaarlijkse verzilting van het oppervlaktewater tijdens het voorjaar en zomer met een opvallende piek tijdens het droge jaar 2003. De pieken beginnen al in het voorjaar wanneer verdamping de overhand krijgt op de neerslag en de afstroming vanuit de drainage- en perceelssystemen ophoudt, zodat de brakke kwel dominant wordt. Met dit model zijn berekeningen uitgevoerd voor een perceel met buisdrainage en een perceel met greppels. De drains hebben een relatief kleine drainageweerstand en een relatief diepe ontwatering in vergelijking met de greppels. Dat betekent dat de waterberging in het eerste geval kleiner is. Dat blijkt al uit de geofysische metingen in afbeelding 1. Met het model zijn verschillende maatregelen doorgerekend die van invloed kunnen zijn op de dikte van de neerslaglens en het verloop van de waterkwaliteit in de sloot. Zo is ook een berekening gedaan om de effecten van een natuurlijker peilbeheer met hogere winterpeilen en lagere zomerpeilen te bestuderen ten opzichte van het huidige omgekeerde peilregime. Een natuurlijk peilbeheer leidt tot dikkere zoetwaterlensen. Deze toename van grondwaterberging zie je terug in het gesimuleerde verloop van de zoutgehalten. Bij een natuurlijk peilbeheer komt de verzilting gemiddeld vier tot acht weken later op gang dan in een perceel met traditioneel peilbeheer (zie afbeelding 3a). Verder is sprake van afzwakking van de zoutpieken in droge perioden.

### Zoutgehalten in watergangen bij diverse inlaatscenario's

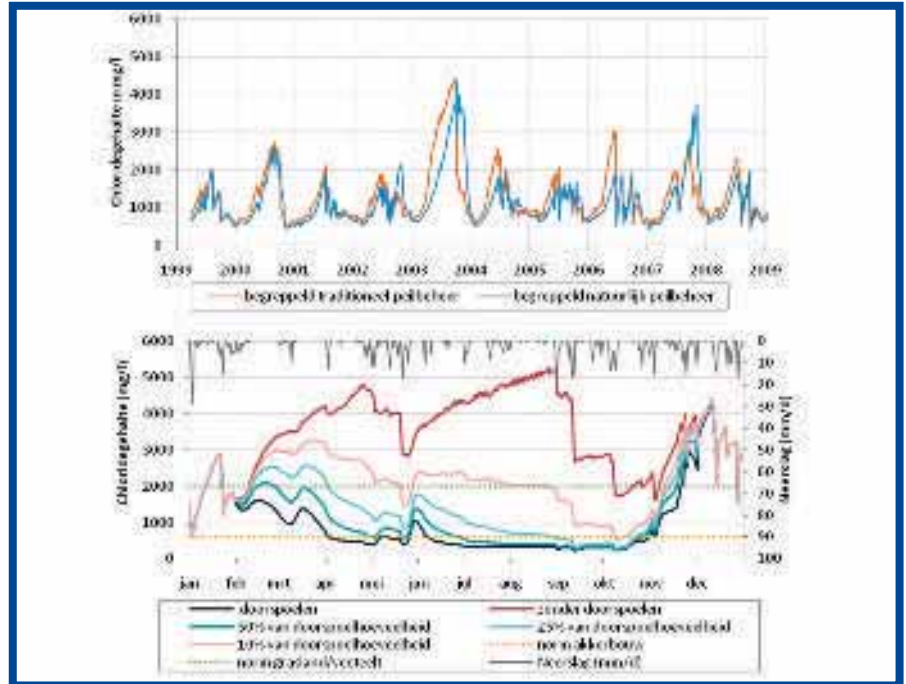
De theoretische simulaties hierboven hebben betrekking op individuele percelen en de aanliggende watergangen. In een ander onderzoek<sup>(10)</sup> is een realistischer model opgesteld voor de gehele polder. Het bestaat uit een reservoirmodel voor het oppervlaktewaterstelsel en perceelmodellen voor combinaties van bodem en landgebruik zoals die in De Schermer voorkomen. De perceelmodellen zijn gebaseerd op de SWAP-code en vergelijkbaar met het hierboven beschreven perceelmodel. De onverzadigde zone is uiteraard beter verwerkt, maar de grondwaterdrainage, bestaande uit een

enkelvoudig systeem, is juist wat simpeler. Het model voor De Schermer is in wezen een opschaling van de processen, zoals die zijn beschreven voor de percelen. Het model kan het zoutgehalte van het uitgeslagen water goed simuleren en levert een betrouwbare schatting op van de inlaat.

Interessant in dit onderzoek is de studie naar het effect van vermindering van de inlaat. Het blijkt dat de inlaat in een droog jaar als 2003 met 50 procent is te reduceren zonder dat de zoutgehalten boven de gewenste norm voor akkerbouw uitkomen; dit geldt alleen voor het bestaande peilbeheer en perceelsdrainages (zie afbeelding 3b). De berekeningen laten zien dat een beperking van inlaatwater mogelijk is zonder dat direct landbouwschade optreedt. In het genoemde model is het oppervlaktewaterstelsel een simpel enkelvoudig reservoir. In werkelijkheid is het stelsel van watergangen en stuwen complexer, wat ook weer mogelijkheden biedt voor efficiënt inlaatbeheer. Door regulering via inlaatpunten en stuwen kan het water gestuurd worden naar de gebieden waar het werkelijk nodig is. Hollands Noorderkwartier en Acacia Water werken nu aan een gecombineerd SOBEK-SEAWAT/MODFLOW-model voor de Wieringermeer en Schermer, waarin alle watergangen (primair en secundair) zijn opgenomen. Met dit model is de inlaat verder te optimaliseren.

**Discussie en conclusies**

De CVES-metingen geven een beeld van de zoutgehalten op slechts een paar locaties en tijdstippen. Die patronen zullen van plaats tot plaats en van tijd tot tijd veranderen. Acacia Water voert daarom een uitgebreid meerjarig veldonderzoek



**Afb. 3: a) Gesimuleerde zoutgehalten in de sloot van een begreppeld perceel met traditioneel en natuurlijk peilbeheer. Verzilting komt gemiddeld vier tot acht weken later op gang bij natuurlijk peilbeheer. Verder worden de zoutpieken in droge perioden afgezwakt. Een gedraineerd perceel laat een vergelijkbaar verloop zien. b) Het chlorideverloop in het zuidelijke deel van De Schermer in 2003, met de volledige inlaat en voor gereduceerde inlaathoeveelheden. De inlaat in een droog jaar (zoals 2003) kan gehalveerd worden zonder dat de zoutgehalten boven de gewenste norm voor de akkerbouw uitkomt.**

uit op de hier onderzochte percelen. Met de hier inmiddels verkregen inzichten in de ruimtelijke variatie en de bepalende factoren van ontwateringsmiddelen op de neerslaglenzen en waterkwaliteit is dit jaar een vergelijkbaar onderzoek begonnen op een groot aantal percelen in Noord-Nederland. De waarde van de hier getoonde metingen is dat de interactie tussen zoet en

zout grondwater wordt blootgelegd en de systeemtheorieën van Ernst<sup>7)</sup>, De Vries<sup>5)</sup> en Engelen en Kloosterman<sup>11)</sup> worden bevestigd. De resultaten en daarop gebaseerde bevindingen zijn naast brakke systemen ook toepasbaar in volledig zoete systemen.

De perceel- en poldermodellen, die op basis hiervan zijn opgesteld om de zoutgehalten van watergangen te simuleren, zijn eenvoudig. Op de aannames is wellicht het één en ander af te dingen. Momenteel werken we aan een numeriek perceelmodel waarin alle transportprocessen voor grond- en oppervlaktewater zijn geïntegreerd. Met dit simulatie-instrument kunnen we voor allerlei veldcondities drainage- en ondergrondse wateraanvoersystemen optimaliseren voor het huidige en toekomstige klimaat. De hier gepresenteerde eenvoudige benadering laat al zien dat het type drainage, het peilbeheer en de inlaat aanzienlijke consequenties hebben ten aanzien van de hoogte en fluctuatie van het zoutgehalte in het oppervlaktewater. Greppeldrainage geeft meer grondwaterberging en is gunstig voor de zoutgehalten in de watergangen. Het vertraagt de verzilting en vlak de pieken af. Dit is echter geen optie voor land- en tuinbouw en bollenteelt vanwege de gewenste ontwateringsdiepte. Peilgestuurde drainage met buisdrains, die nu sterk in de belangstelling staat<sup>12)</sup> zal hetzelfde effect hebben. Ook een natuurlijker peilbeheer is gunstig, omdat hiermee meer grondwaterberging wordt gecreëerd.

Ondanks deze maatregelen blijft in de meeste polders met brakke kwel inlaat noodzakelijk voor de gevoelige teelten, maar de inlaat kan wel worden beperkt. Dat geldt voor de inlaatperioden, maar ook voor de

**Meetopstelling van een CVES-meting, waarvan de resultaten in afbeelding 1 zijn weergegeven.**



hoeveelheid. De simulatie voor het droge jaar 2003 voor De Schermer toont aan, dat bij reductie van de huidige inlaat tot de helft de zoutgehalten in de watergangen nauwelijks toenemen: teelt van zoutgevoelige gewassen blijft mogelijk. In welke mate een beperking van inlaat ook mogelijk is voor andere polders zal nader moeten worden uitgezocht. Dit is afhankelijk van de specifieke waterbehoefte en andere waterkwaliteitsparameters zoals nutriënten. Inlaatwater is overigens vaak een bron van nutriënten en is beperking van inlaat vanuit ecologische perspectief wenselijk. De resultaten uit het onderzoek bieden in elk geval perspectief om in perioden van waterschaarste in de waterbehoefte te blijven voorzien. Reductie van de inlaat is mogelijk maar vraagt dan wel om sturing op de waterkwaliteit. De praktijk is nu dat de inlaat vaak niet wordt gemeten of wordt geregeld door landgebruikers. Net als sturing van de bemaling op peil, is de

inlaat voor kwaliteitshandhaving te sturen op zoutgehalte en heel eenvoudig te monitoren met geleidbaarheidssensoren.

#### LITERATUUR

- 1) Dahlin T. (1993). On the automation of 2D resistivity surveying for engineering and environmental applications. PhD thesis.
- 2) Waterbeheersplan 2010-2015 (2009). Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- 3) Poot A. en P. Schot (2000). Neerslaglenzen: vorm en dynamiek. Stromingen nr. 4, pag. 13-26.
- 4) Van der Wal B. (2001). Neerslaglenzen: sterke ruimtelijke variatie. Stromingen nr. 3, pag. 17-24.
- 5) De Vries J. (1974). Groundwater flow systems and stream nets in the Netherlands. Ph.D. thesis Vrije Universiteit Amsterdam.
- 6) Hooghoudt S. (1940). Algemene beschouwing van het probleem van de detailontwatering en de infiltratie door middel van parallel loopende drains, greppels, slooten en kanalen. Nr. 7 in de serie: Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond. Bodemkundig Instituut Groningen.
- 7) Ernst L. (1978). Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables. Journal of Hydrology 39, pag. 1-50.
- 8) Kraijenhoff van de Leur D. (1958). A study of nonsteady groundwater flow with a special reference to a reservoir coefficient. I. De Ingenieur 70, pag. 87-94.
- 9) De Zeeuw J. en F. Hellinga (1958). Neerslag en afvoer. Landbouwkundig Tijdschrift 70, pag. 405-422.
- 10) Acacia Water (2009). Leven met Zout Water. Waterbalansstudie Schermer.
- 11) Engelen G. en F. Kloosterman (1996). Hydrological system analysis, methods and applications. TNO Institute of Applied Geoscience. Water Science and Technology Library jaargang 20.
- 12) Akkermagazine (2010). Mogelijkheden van samengestelde peilgestuurde drainage.