



Proof of concept

> Effectiviteit van waterinlaat

IDEA/EXPLORATION



PROOF OF CONCEPT



EXPERIMENT/PILOT



IMPLEMENTATION/IN OPERATION

INHOUD

INLEIDING
GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
STRATEGIE: VASTHOUDEN, BERGEN, AANVOEREN
SCHEMATISCHE WEERGAVE
WERKING
KOSTEN EN BATEN
RANDVOORWAARDEN
GOVERNANCE
PRAKTIJKERVARINGEN (NATIONAAL EN INTERNATIONAAL)
KENNISLEEMTEN
HANDELINGSPERSPECTIEF
LITERATUUR EN LINKS
OVERZICHT LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN
DISCLAIMER

INLEIDING

Door het inlaten van water in waterloopstelsels in perioden met een neerslagtekort wordt schade voorkomen die ontstaat door het te diep wegzakken van het oppervlaktewaterpeil en het grondwaterpeil. Zonder waterinlaat zou schade ontstaan aan landbouwgewassen (droogte- en zoutschade), natuur en infrastructuur als veendijken, gebouwen en wegen. Behalve voor het peilbeheer wordt water ook ingelaten voor het handhaven van een gewenste waterkwaliteit. Doorspoeling is in West-Nederland meestal gericht op het voorkomen van te hoge chlorideconcentraties in het oppervlaktewater als gevolg van zoute kwel. Doorspoelen is vaak een van oudsher gegroeide praktijk, zonder vastgelegde doelen ten aanzien van de gewenste/te realiseren (landbouw)zoetwatervoorziening. De vraag naar water met een voldoende laag chloridegehalte is vooral afkomstig vanuit de landbouw. Ook wordt water ingelaten om bloei van blauwalg te voorkomen, om het grondwater op peil te houden voor het beperken van de maaiveldval in veenweiden, verbeteren van de zuurstofhuishouding in stedelijk wateren en om verdroging van natuurgebieden te voorkomen. Doorspoelen is op landelijke schaal een relatief grote watervrager, olopend tot wel 20% van de totale watervraag uit het hoofdwatersysteem. In West-Nederland kan dit percentage regionaal zelfs oplopen tot 50%.

De huidige praktijk van water inlaten voor peilbeheer en doorspoeling is gebaseerd op ruime aanvoer van rivierwater vanuit het buitenland (Rijn, Maas). Met de afsluiting van het IJsselmeer en ook de Haringvliet werden de landbouwgebieden waar zoet water kan worden ingelaten fors uitgebreid. Door klimaatverandering en de toenemende vraag naar water vanuit andere sectoren spreekt het niet langer voor zich dat grote hoeveelheden water beschikbaar zijn om de landbouw van voldoende water van voldoende kwaliteit te voorzien. Voor de besluitvorming hierover is kennis over de effectiviteit en baten van waterinlaat van belang. In deze factsheet ligt het accent op waterinlaat ten behoeve van de landbouw (berekening) en daarmee ook op doorspoeling voor handhaving van de kwaliteit van het oppervlaktewater.

GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

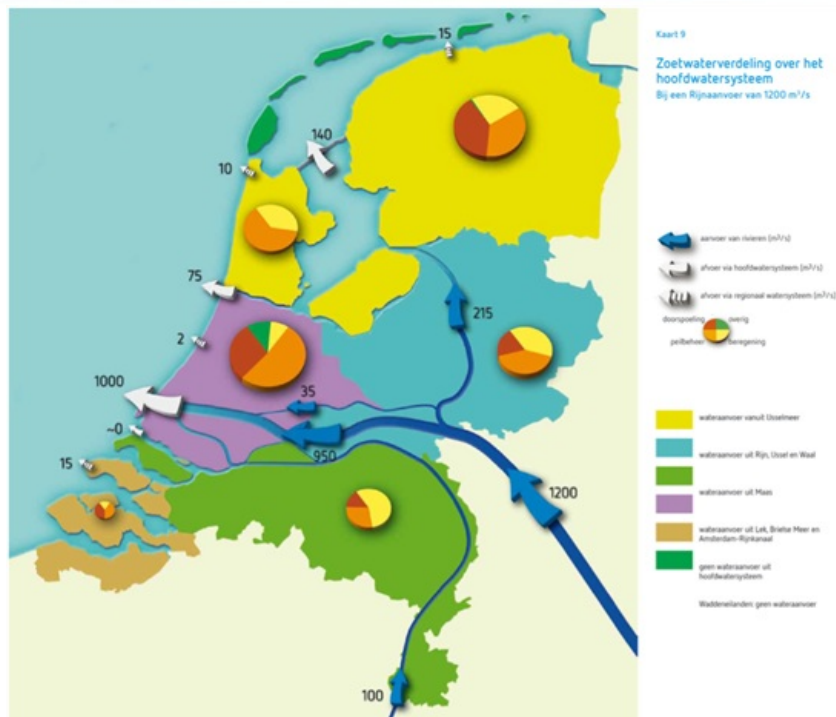
Onderwerpen: watertekort en zoetwatervoorziening, peilbeheer, berekening, droogteschade, zoutschade, waterkwaliteit.

Deltafacts: Zouttolerante teelten, Bodemvocht gestuurd beregenen, Brakke kwel, Zoetwatervoorziening, Zoutindringing, Effecten verzilting aquatische ecosystemen, Beprijzen van water voor de landbouw

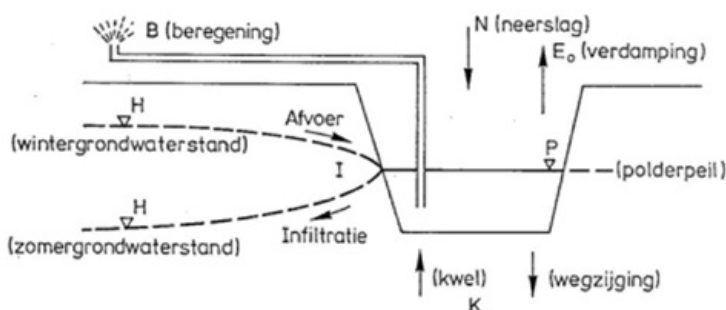
STRATEGIE: VASTHOUDEN, BERGEN, AANVOEREN

Waterinlaat is voor de regionale waterbeheerder een strategie van **aanvoeren** van voldoende water van voldoende kwaliteit. Het huidige waterbeheer in Nederland richt zich mede op het krijgen en houden van voldoende zoet water van goede kwaliteit op de juiste plek. In hoog Nederland is wateraanvoer slechts naar een beperkt areaal mogelijk, en gebeurt dit voornamelijk door het benutten van het gebiedseigen oppervlaktewater en het aanwezige grondwater. In laag Nederland is het waterbeheer erop gericht om het beschikbare rivierwater zo goed mogelijk te verdelen en daarnaast (interne en externe) verzilting en zoutindringing via de Nieuwe Waterweg zo veel mogelijk te voorkomen. Hierdoor blijven onder normale omstandigheden belangrijke innamepunten voor zoet water langs het Haringvliet, Hollands Diep, Spui (Bernisse) en de Hollandsche IJssel zoet. Het inlaatwater wordt gebruikt voor peilhandhaving, natuur en economisch gebruik zoals voor landbouw, drinkwater, industrie en energie. Bron: [Nationaal Waterplan, 2010](#).

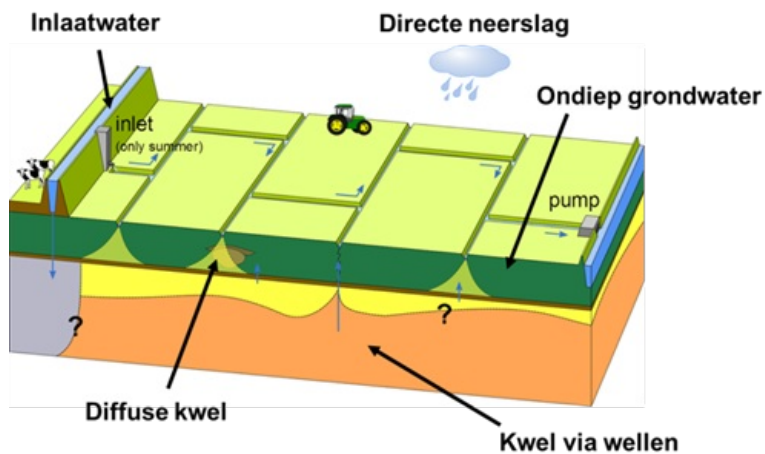
SCHEMATISCHE WEERGAVE



Figuur 1: Zoetwaterverdeling en aanvoer vanuit het hoofwatersysteem bij Rijnaanvoer van $1200\text{m}^3/\text{s}^{-1}$ (vergelijk: zomergemiddelde afvoer 1976 ($1115\text{m}^3/\text{s}$) en 1967 ($2250\text{m}^3/\text{s}$)) Bron: Nationaal Waterplan 2009-2015. N.B. De hier gepresenteerde getallen en verdeling wijken af van de resultaten uit latere studies, o.a. Witteveen en Bos (2011), Klijn et al. (2012)



Figuur 2: Doorspoeling van deelgebieden op Goeree-Overflakkee. Bron: Wit, 1987. N.B. Dit is een voorbeeld van een ontwerp dat weinig effectief en efficiënt is voor doorspoeling. Inmiddels zijn door Witteveen en Bos verbeterde ontwerpalternatieven voorgesteld.



Figuur 3: Overzicht van soorten (bronnen van) water die in een diepe polder in de sloot mengen.

Begrippenkader en afbakening

Effectiviteit

De centrale vraag voor de waterbeheerder bij het toetsen van de effectiviteit is of door het inlaten van water de daarmee beoogde doelen worden gerealiseerd. In deze factsheet beperken we ons tot waterinlaat voor de landbouw, met name voor beregening en voor doorspoeling met het oog op het verminderen van de chlorideconcentraties in het oppervlaktewater dat voor beregening wordt gebruikt.

Efficiëntie

De efficiëntie, gezien vanuit de waterbeheerder, wordt bepaald door de hoeveelheid water die daadwerkelijk wordt benut als percentage van de hoeveelheid water die wordt ingelaten. Vanwege de focus op beregening in de landbouw en doorspoeling gaat het in deze factsheet om:

(Volume voor beregening dat is onttrokken aan oppervlaktewater) / (Volume dat is ingelaten voor beregening en doorspoeling) X 100%.

Deze waterhuishoudkundige efficiëntie is iets anders als de beregeningsefficiëntie. Bij de laatste gaat het om het percentage beregeningswater dat ten goede komt aan de gewasgroei.

WERKING

Het waterloopstelsel in Nederland is in eerste instantie aangelegd voor het afvoeren van overtollig water. Hetzelfde stelsel wordt ook gebruikt voor het inlaten van water, voor peilbeheersing of doorspoeling. Bij het inlaten van water voor peilbeheer gaat het om het om kwantitatief waterbeheer; doorspoeling is gericht op handhaving van een gewenste waterkwaliteit. Activiteiten gericht op peilbeheer kunnen echter ook grote invloed hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater, waarbij vooral de kwaliteit van het ingelaten water een bepalende factor is. Wanneer handhaving van een bepaalde waterkwaliteit van het oppervlaktewater wordt nagestreefd, zijn zowel peilbeheersing als doorspoeling afhankelijk van een voldoende aanvoer van water van een voldoende kwaliteit. Vooral bij peilbeheersing is de behoefte aan water het grootst in perioden met een neerslagtekort. Die perioden worden juist gekenmerkt door een grotere vraag naar water vanuit diverse sectoren maar een mindere beschikbaarheid.

Een factor die bepalend is voor de beschikbaarheid van rivierwater voor waterinlaat is de hoeveelheid water die wordt aangewend voor het terugdringen van de zouttong in de Nieuwe Waterweg. Figuur 1 geeft de verdeling van het water over het hoofdsysteem aan bij een Rijnafvoer van 1200 m³/s. Bij deze relatief lage rivierafvoer wordt 1000 m³/s naar de Nieuwe Waterweg gestuurd. Het overige water is beschikbaar voor waterinlaat in deelgebieden, voor peilbeheer en doorspoeling.

Factoren die zowel een rol spelen bij peilbeheersing als bij zouttransport (zie figuur 2 voor de in de tekst gebruikte symbolen):

In de winterperiode is er een neerslagoverschot ($N > E_o$) en de wintergrondwaterstand is hoger dan het polderpeil. Dit resulteert in een afvoer van water (met eventueel daarin opgeloste zouten) naar de waterloop. In de zomer is er een netto neerslagtekort ($N < E_o$), de zomergrondwaterstand is lager dan het polderpeil. Dit resulteert in infiltratie: een netto waterbeweging vanuit de waterloop naar de bodem. Ondanks de infiltratie kan bij het uitblijven van regen het bovenste deel van de bodem uitdrogen. De boeren willen dan beregenen (B) om droogteschade te voorkomen. In gebieden met zoute kwel (K) kan het water in de waterlopen een te hoog chloridegehalte hebben, waardoor zoutschade kan ontstaan. Dit kan worden voorkomen door doorspoelen. De uitspoeling van zout naar het oppervlaktewater is complex (Figuur 3). Onderzoek heeft uitgewezen dat zoute wellen in diepe polders wel meer dan 50-60% kunnen bijdragen aan de totale zoutbelasting op het oppervlaktewatersysteem (De Louw e. a., 2010, 2011, 2013; Delsman e.a., 2013). Brak kwelwater komt hier direct in de sloot. Dit betekent een continue hoge zoutlast, die zeker in droge perioden voor hoge concentraties zorgt. Bij meer diffuse kwel komt brak grondwater met name in het perceel naar boven. Doordat dit grondwater onder het perceel in natte perioden wordt afgevoerd, treedt de zoutlast met name op in natte situaties (Delsman e.a., 2014). Al met al een complex dynamisch gekoppeld watersysteem.

Werking en effectiviteit van doorspoeling

De gewenste waterkwaliteit per deelgebied is afhankelijk van de in het gebied voorkomende teelten. In principe is het meest zoutgevoelige gewas maatgevend. De doorspoelbehoefte hangt af van enerzijds het transport van chloride naar de

sloten via de zoute kwel en vanuit de percelen onder invloed van het weer en anderzijds de concentraties van het ingelaten water en de hydraulische eigenschappen van het waterlopenstelsel. Complicerende factoren voor de effectiviteit van doorspoelen zijn:

- Doelen van doorspoelen zijn regelmatig niet vastgelegd. Het instrument van Waterbeschikbaarheid kan hier meer duidelijkheid in brengen;
- Inlaatdebieten zijn doorgaans niet bekend, doordat deze onbemeten blijven;
- Het doorspoeldebiet is daarnaast niet eenvoudig vast te stellen, doordat waterbalansen moeilijk sluitend zijn te maken door onbekende grootheden als kwel en infiltratie;
- De hydraulische eigenschappen van het waterloopstelsel maken dat doorspoeling zich beperkt tot de hoofdwatgangen, in een zo recht mogelijke lijn van inlaat tot gemaal;
- Onder invloed van topografie, bodemgesteldheid, landgebruik en weersomstandigheden kan in hetzelfde deelgebied en op hetzelfde moment het ene perceel water met zout afvoeren, terwijl in het andere perceel dit zoute water vanuit de waterloop infiltrereert.

In de Handreiking doelmatig doorspoelen (Delsman en Kramer, 2017) worden handreikingen gegeven om de praktijk van doorspoeling in een gebied in samenspraak met zoetwatergebruikers meer transparant en doelmatig te maken.

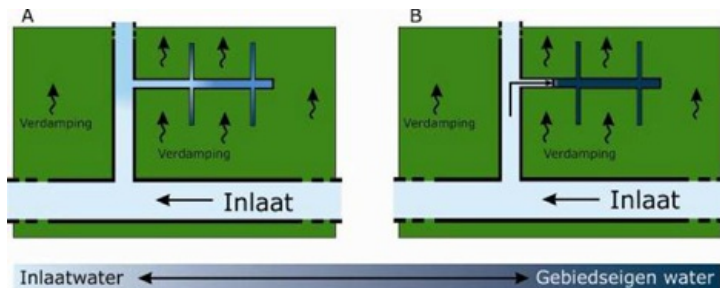
OVERWEGINGEN BIJ DOORSPOELEN

Zoutgevoeligheid landbouwgewassen

De *drempelwaarde* is de chloride(Cl)-concentratie waarboven de landbouwopbrengst verondersteld wordt lineair af te nemen bij stijgende concentraties (zie Deltafact *Zouttolerante teelten*). Een voorbeeld: bij snijmais ligt de geschatte drempelwaarde tussen de 275 en 700mg Cl/l (Deltafact *Zouttolerante Teelten*) en neemt de opbrengst af met een helling van 3,43% per 100 mg Cl/l extra (Stuyt et al 2016). In de praktijk verschilt de zouttolerantie per gewas of ras. Bloembollen kunnen bijvoorbeeld minder zout verdragen. Het maakt bovendien uit wanneer in het groeiseizoen de verhoogde chlorideconcentraties optreden. Afhankelijk van de teeltkeuzes van de aanwezige agrarische bedrijven, kunnen waterbeheerders daarom hun drempelwaarde voor waterinlaat aanpassen op de karakteristieken van de aanwezige agrarische bedrijven. In de praktijk zijn ook verschillen geconstateerd in chloride drempelwaarden voor waterinlaat die waterschappen hanteren. Stuyt et al (2011, 2016) stellen dat de drempelwaarden, in veel gevallen, naar boven bijgesteld kunnen worden. Drempelwaarden op basis van chloride zijn bovendien maatwerk en mogen per waterhuishoudkundige eenheid verschillen. Hoeveel en hoe lang een waterbeheerder doorspoelt hangt in sommige gevallen niet alleen af van de chloride drempelwaarde van landbouwgewassen, maar in sommige gevallen dienen ook (ecologische) effecten van doorspoelen mee te worden gewogen, bijvoorbeeld wanneer in het systeem KRW doelen zijn benoemd die negatief of positief beïnvloed kunnen worden met doorspoelen (Veraart & Van Gerven, 2012).

Doorspoelen bereikt alle waterlopen

Van *doorspoelen* is sprake wanneer het water in de watgangen significant wordt verdund met het ingelaten water. Het proces van doorspoelen is het meest efficiënt bij een rechte waterloop zonder vertakkingen, met een inlaat aan de ene zijde en een uitlaat aan de andere, en een uniform verhang in de richting van de uitlaat. Dit wijkt sterk af van de situatie in de polders met vele vertakkingen, wisselende geometrie en bodemverhang, doodlopende sloten. Metingen met gadolinium als tracer laten zien dat inlaatwater minder ver doordringt in de kleinste waterlopen dan eerder werd aangenomen (Figuur 4), inlaatwater beperkt zich tot de kortste route tussen inlaat en gemaal (Figuur 6).



Figuur 4: De verspreiding van inlaatwater in droge perioden met veel verdamping. (A): denkmodel vroeger: inlaatwater mengt met gebiedseigen water en dringt helemaal door tot in de 'haarvaten van het oppervlaktewatersysteem'; (B): huidig denkmodel: minder menging, inlaatwater 'duwt' gebiedseigen water terug de haarvaten in. Bron: Siderius e.a. 2011

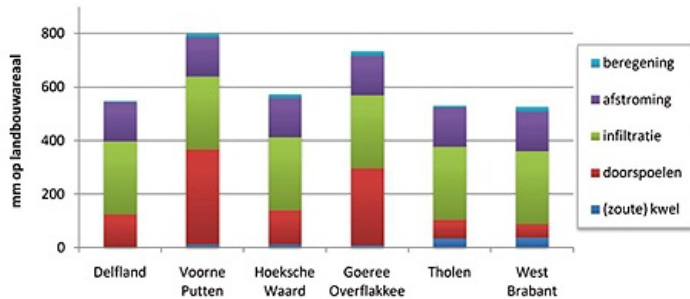
Hoe diep het inlaatwater de haarvaten van het oppervlaktewatersysteem binnendringt is sterk afhankelijk van de geometrie van het systeem en de ligging van de haarvaten ten opzichte van het inlaatpunt (Hendriks, 1990; Van Gerven, 2011, Delsman, 2015), maar ook van de infiltratiebehoefte ter plekke. Hendriks (1990) toonde met modelberekeningen aan dat in (deel)gebieden met kwel het inlaatwater minder diep de haarvaten binnendringt dan in (deel)gebieden met wegzijging. In aanvulling hierop illustreren de studies van Delsman (2015) en Kelderman (2015) dat met relatief kleine aanpassingen in het hydraulische ontwerp van het watersysteem (verbindingen tussen sloten aan of afsluiten, aanleg duikers etc.) het mogelijk is om inlaatwater beter over een gebied te verdelen.

Eerder was ook al geconcludeerd dat het landbouwareaal dat effectief kan worden doorgespoeld kleiner is dan het areaal onder peilbeheer. In de ICW-studie naar de doorspoelbehoefte van Goeree Overflakkee (GO) en Voorne Putten (VP) was dit gemiddeld 80%; voor deelgebieden binnen deze eilanden varieerde het percentage tussen 30-100% (Querner 1988). Uit dezelfde studie bleek dat in gebieden met hoge chloridebelasting (> 2000 mg/l) het in bepaalde perioden niet mogelijk was om aan de norm te voldoen, omdat er dan een doorspoelintensiteit van meer dan 0,5 l/s/ha nodig zou zijn. Het percentage van het areaal waar de norm niet gehaald kon worden varieerde per deelgebied, tussen 50 en 100%. In 2014 zijn vuistregels over doorspoelintensiteit nader bekeken in het kader van de toekomstige zoetwatervoorziening rondom het Volkerak-Zoommeer. Er was veel discussie over de waarde en toepasbaarheid van de vuistregel (Baltissen et al, 2014).

Efficiëntie van doorspoeling

Naar de efficiëntie van doorspoeling wordt al lange tijd onderzoek gedaan. De ICW studie (Wit, 1987) geeft aan dat voor doorspoeling ongeveer vijf keer zoveel water nodig was als voor beregening (efficiëntie van 20%). Voor sommige deelgebieden moest zelfs meer dan 20 maal zoveel worden ingelaten als nodig voor beregening en dan nog werd de chloridenorm niet overal in het deelgebied gehaald (efficiëntie van 5%).

Voor het Kennis voor Klimaatprogramma is de wateraanvoerbehoefte voor de Zuidwestelijke Delta berekend (Vries e.a. 2009), en weergegeven in Figuur 5. Ook daar bleek dat de (ingelaten) hoeveelheid voor doorspoelen vele malen groter is dan die voor beregening: rond 30 maal zo groot voor Voorne Putten en iets minder dan 20 voor Goeree Overflakkee. Dit zou neerkomen op een efficiëntie van doorspoeling van ongeveer 3% (VP) en 5% (GO).



Figuur 5: Componenten van de waterbalans voor de zomerperiode, situatie 2003. Bron: Vries e.a. 2009.

Voor een uitgebreid bemeten perceel in de Schermer (Noord-Holland) bepaalde Delsman (2014) een doorspoelefficiëntie van 14% in een droog jaar. De verschillende genoemde getallen zijn gebied specifiek, want afhankelijk van de gebied specifieke verziltingsomstandigheden en beregeningsvraag. Wel is duidelijk dat de efficiëntie van doorspoelen, wanneer deze wordt afgezet tegen de beregeningsvraag, niet hoog is. Vanwege de toename van de interne verzilting onder invloed van zeespiegelstijging wordt een toename van de benodigde hoeveelheid inlaatwater verwacht van 25% (Deltaprogramma, 2011). Hierdoor neemt, hoewel ook de vraag naar beregeningswater verder toeneemt, de doorspoelefficiëntie waarschijnlijk verder af.

KOSTEN EN BATEN

Waar hierboven geconstateerd is dat de doorspoelefficiëntie veelal niet hoog is, wanneer de hoeveelheid doorspoeling wordt afgezet tegen de beregeningsbehoefte, is het relevanter om te kijken naar de kosten en baten van inlaten en doorspoelen.

De financiële kosten van waterinlaat voor de waterbeheerder zijn beperkt, omdat gebruik gemaakt wordt van de bestaande infrastructuur die is aangelegd voor de ontwatering. Inlaten gebeurt daarbij meestal onder vrij verval. Kosten liggen bij het beheer, onderhoud en bediening van inlaatconstructies. De belangrijkste kosten van doorspoeling liggen bij het weer uitmalen van doorspoelwater.

De watersysteemheffing verschilt sterk per waterschap (tabel 1). De kostprijs per m³ voor water uit de landbouwwaterleiding of voor kraanwater is veel hoger dan die van de watersysteemheffing (tabel 2).

HH Delfland	€ 137,51/ha
WS Hollandse Delta	€ 79,73 /ha
WS Zeeuwse Eilanden	€ 59,71 /ha
WS Zeeuws Vlaanderen	€ 62,76 /ha
WS Brabantse Delta	€ 31,19 /ha

Tabel 1: 'Watersysteemheffing ongebouwd' bij diverse waterschappen. Bron: De Vries, e.a. (2009).

zoetwatervoorziening	kostprijs
watersysteemheffing	€ 0,02 / m ³
Reigersbergse polder	€ 0,15 / m ³
proefgebied ZO-Tholen	gratis
ruilverkavelingsrente	€ 0,10 / m ³
landbouwwaterleiding	€ 0,50 / m ³
Schouwen, april 2007	€ 1075/ha
(één sproeibeurt 22 mm)	€ 5,00 / m ³
verborgen kosten zoet VZM	€ 1,50 / m ³
kraanwater	€ 1,50 / m ³

Tabel 2: Verschillen in kostprijs van water. De hoge kosten op Schouwen-Duiveland hebben betrekking op een éénmalige gebeurtenis waarbij water is aangevoerd met tankwagens. Bron: De Vries, e.a. (2009).

Zowel effectiviteit als efficiëntie van waterinlaat blijken sterk uiteen te lopen per locatie. Dat geeft problemen wanneer alle gebruikers overal en altijd een bepaalde waterkwaliteit eisen. Daaraan kunnen de waterbeheerders onmogelijk voldoen: de infrastructuur is er niet geschikt en er is in sommige perioden onvoldoende inlaatwater beschikbaar. In de huidige praktijk doet deze situatie zich niet voor: op nationaal niveau wordt 26% van het landbouwareaal beregend, voor Zeeland is dit 8% (Massop et al, 2012). Het is ook minder een probleem als waterbeheerders en gebruikers tot overeenstemming willen en kunnen komen over de locaties die van voldoende water van voldoende kwaliteit worden voorzien. Dat vraagt overleg en flexibiliteit van beide kanten, en wordt in het traject van Waterbeschikbaarheid opgepakt. Het vraagt gebied- en gewas specifieke kennis om tot werkbare oplossingen te komen. Bovendien is er een flinke mate van solidariteit nodig tussen de gebruikers om akkoord te gaan met een scheve verdeling van kosten en baten: voor sommige locaties is veel meer water nodig en/of is veel meer inspanning nodig om er voldoende water naar toe te sturen, dan op andere. Ook zijn er aanzienlijke verschillen tussen de gebruikers in het beregende areaal, de omvang van de beregening en de vereiste waterkwaliteit. Een exacte toedeling van de door de waterbeheerder gemaakte kosten per individuele gebruiker is daardoor vrijwel onmogelijk. Zie ook de factsheet *Beprijzen van water voor de landbouw*.

Laagdrempelig instrument dat inzicht biedt in de zoetwatervoorziening

De Eureyeopener is een laagdrempelig instrument dat voor een regio of (deel)stroomgebied snel en interactief inzicht biedt in de huidige zoetwatervoorziening. Het instrument toont de mogelijkheden om in tijden van waterschaarste anders om te gaan met de zoetwaterverdeling. Na de ontwikkeling van de Eureyeopener versie 1.0 voor het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland (Stuyt e.a., 2012) is het instrument doorontwikkeld voor de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond Drechtsteden (Schipper e.a., 2014), ter ondersteuning van beleidsontwikkeling voor het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma. De waterbeheerders willen meer inzicht krijgen in het effect van de huidige zoetwatervoorziening op de baten in de landbouw en welke maatregelen zinvol en kosteneffectief zijn om de zoetwatervoorziening toekomstbestendig te maken. Met het instrument worden kennisvragen rond de regionale zoetwatervoorziening adequaat en eenduidig beantwoord. De meerwaarde van Eureyeopener is dat het snel en interactief inzicht biedt in de effectiviteit van potentieel aantrekkelijke opties voor het inlaatregime van zoetwater door de transparante berekening van de water- en zoutbalans en door de effecten op de landbouw in opbrengstveranderingen te vertalen en daarbij de effecten van de maatregelen direct inzichtelijk maakt door accurate specificatie van kosten en baten. Voor de berekening van kosten zijn wel voor een aantal maatregelen aanvullende locatie specifieke kentallen noodzakelijkerwijs verzameld.

RANDVOORWAARDEN

Voorwaarde voor waterinlaat is het voorhanden zijn van voldoende water van een voldoende kwaliteit. Figuur 1 geeft aan dat in periode van lage rivierafvoer de wateraanvoer onder druk komt te staan. Dit is nu reeds het geval in droge zomers. Onder invloed van klimaatverandering wordt verwacht dat de vraag naar water zal toenemen, terwijl het aanbod verder afneemt (Vries e.a., 2009). Voorwaarde voor een effectief beheer is het stellen en communiceren van duidelijke en haalbare doelen, met eveneens duidelijke afspraken over de aansprakelijkheid bij het niet (kunnen) verwezenlijken van deze doelen. Dit wordt momenteel met het aangeven van Voorzieningenniveaus vorm gegeven.

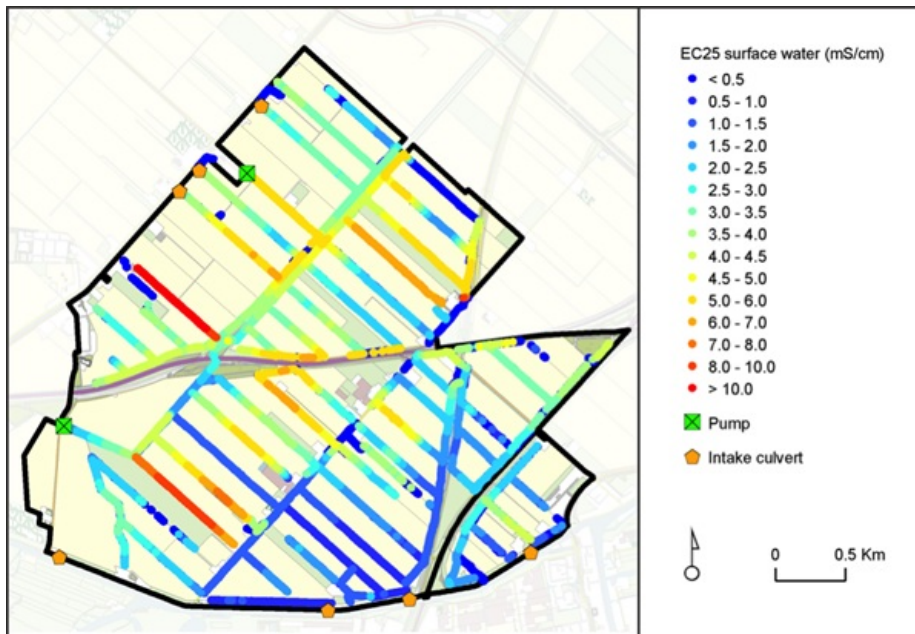
Effectief beheer vereist ook een aanvoerstelsel en kunstwerken van voldoende capaciteit. Voor efficiënt beheer is essentieel dat ingelaten watervolumes permanent worden gemeten en geregistreerd. Op dit moment wordt vrijwel nergens in Nederland aan deze voorwaarden voldaan.

GOVERNANCE

Een complicerende factor is het naast elkaar bestaan van publieke en private watervoorzieningen, waarbij bovendien grote onderlinge verschillen zijn tussen serviceniveaus en tarieven. Een andere complicerende factor is de onzekerheid over de geleverde kwantiteit en kwaliteit. Dit laatste wordt nog versterkt doordat agrariërs in het recente verleden investeringen hebben gedaan vanuit de verwachting te allen tijde over water van voldoende kwaliteit te kunnen beschikken.

Doorspoelen werd in Nederland vanaf het eind van de 19^e eeuw toegepast voor het verbeteren van de kwaliteit van de grachten in de steden. Doorspoelen om verzilting tegen te gaan voor de landbouw is van latere datum. **Van den Noort (2003)** laat zien dat voor beide doeleinden studies nodig waren voordat werd besloten kostbare voorzieningen te treffen zoals het 'Ververschingskanaal' (1888) en de Brielse Meer-leiding (1988). Een controversieel punt daarbij was steeds de benodigde hoeveelheid water en de effectiviteit van de maatregel.

In Nederland is hier de laatste jaren expliciet onderzoek naar gedaan (promotieonderzoek Joost Delsman (Delsman, 2015)). Delsman laat zien dat doorspoelen er in de huidige praktijk toe leidt dat slechts een beperkt deel van een polder van zoet water wordt voorzien. Doordat inlaatwater zich niet verspreid maar beperkt blijft tot enkele sloten, waar het bovendien snel wordt bijgemengd met brak kwelwater, profiteren slechts enkele agrariërs van zoet water.



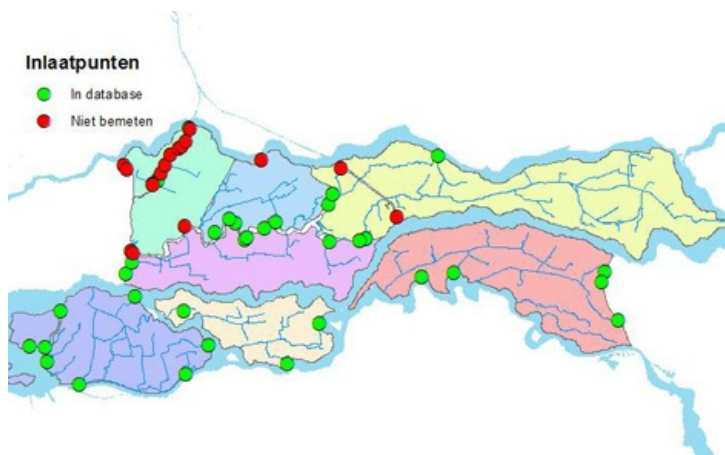
Figuur 6: Chloride concentratie metingen (in termen van Elektrische Conductiviteit EC) in een peilvak van de Haarlemmermeerpolder: het doorspoelwater bereikt een veel kleiner deel van het peilvak dan gedacht. De inlaat in het zuidoosten bestaat uit (blauw) zoet water, maar binnen enkele honderden meters vanaf de inlaat is het ingelaten zoete water door zoute wellen in het oppervlaktewater te zout voor beregening geworden. Het ruimtelijk beeld is niet diffuus hetzelfde, maar het zoutgehalte van het oppervlaktewater varieert van sloot tot sloot (Delsman, 2015).

Op een grotere schaal is gekeken naar de relatie tussen doorspoelen en zoutschade in het beheersgebied van Rijnland. Of doorspoelen ook daadwerkelijk een extra watervraag voor het hoofdwatersysteem betekent hangt vooral af van de afstand tot de inlaat; water wordt vaak meerdere malen gebruikt (Stuyt, 2012, Delsman, 2015).

KENNISLEEMTEN

De efficiëntie en noodzaak van doorspoelen zijn momenteel moeilijk vast te stellen. Dit komt door:

- De hoeveelheid ingelaten water wordt slechts op enkele locaties gemeten (zie bijvoorbeeld figuur 7, bij kleine inlaatconstructies langs boezemwateren is het percentage bemeten nog aanmerkelijk lager);
- De hoeveelheid die daadwerkelijk voor doorspoeling wordt gebruikt is moeilijk vast te stellen, door beperkt zicht op gebruik en hergebruik van water op haar route tussen in- en uitlaat (Delsman, 2015);
- De daadwerkelijke behoefte aan zoet oppervlaktewater. Gehanteerde informatie over de benodigde kwaliteit van beregeningswater staat onder discussie (zie ook deltafact *Zouttolerante teelten*), bovendien is de vraag naar zoet water voor verschillende gewassen door het jaar heen verschillend;
- Grote verschillen in lokale zoetwatercondities, door sterke ruimtelijke verschillen in zoutconcentraties in de sloot;
- Weinig zicht op kosten en met name baten van inlaten en doorspoelen;
- Effecten van doorspoelen voor KRW doelen / natuurwaarden: denk aan de omgekeerde seizoensdynamiek voor zout als in de winter doorspoelen stopt. Doorspoelen en effect op andere waterkwaliteitsvariabelen.



Figuur 7: Wel en niet bemeten inlaatpunten in Rivierenland. Bron: van Boekel, 2011.

HANDELINGSPERSPECTIEF

Het belangrijkste handelingsperspectief voor de regionale waterbeheerder is om zoetwatervoorziening / doorspoelen integraal onderdeel te laten zijn van regionale planvorming. De Handreiking doelmatig doorspoelen (Delsman en Kramer, 2017) geeft hiervoor een bruikbare werkwijze.

Wat kunnen waterbeheerders doen, uitgaande van de nu beschikbare kennis?:

- Breng het watersysteem in kaart,
- Breng veronderstelde schade in kaart, zodat kosten en baten van maatregelen in monetaire eenheden zijn af te wegen,
- Voer de discussie met watergebruikers over de gewenste zoetwatervoorziening (traject Waterbeschikbaarheid),
- Stimuleer zelfvoorzienendheid bij gebruikers of aanpassing van landgebruik, daar waar het niet mogelijk is gebieden van voldoende zoet water te voorzien,
- Oefen met inbreng van de kennis van het watersysteem invloed uit op besluiten in de ruimtelijke ordening,
- Bekijk op lokaal niveau kritische situaties samen met agrariërs. Onderzoek ook de effecten van hun eigen waterbeheersmaatregelen.

LITERATUUR EN LINKS

- Baltissen, J., I. De Vries, and E.J. van der Meer, *Joint Fact Finding - zoet water Eindrapportage voor de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer*. 2014, Royal Haskoning DHV / Deltares / DLG. p. 92.
- Boekel, E.M.P.M. van e.a. 2011. *Ex-ante evaluatie landbouw en KRW. Bijdrage van het voorgenomen beleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de realisatie van de KRW-nutriëntendoelstelling*. Alterra rapport 2121
- Delsman, J., Oude Essink, G.H.P., Beven, K.J., Stuyfzand, P.J. 2013. *Uncertainty estimation of end-member mixing using generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE), applied in a lowland catchment*, *Water Resources Research*.
- Delsman, J. R., Waterloo, M. J., Groen, M. M. A., Groen, J., & Stuyfzand, P. J. (2014). *Investigating summer flow paths in a Dutch agricultural field using high frequency direct measurements*. *Journal of Hydrology*, 519, 3069–3085.
- Delsman, J. R. (2015). *Saline groundwater - surface water interaction in coastal lowlands*. PhD thesis, VU University Amsterdam.
- Delsman, J.R. & M. Kramer, 2017. *Handreiking doelmatiger doorspoelen*. Deltares rapport 11200588-030
- Gerven, L.P.A. van, B. van der Grift, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011a. *Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden. Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-III*. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2220.
- Hendriks, R.F.A., 1990. *Effecten van aanvoer van gebiedsvreemd water op de waterkwaliteit in een kwelgebied*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 100.
- Kelderman, I, 2015. *Slimmer inlaten in de Haarlemmermeerpolder - Efficiënter doorspoelen en beperken van verzilting van het oppervlaktewater door zoute kwel*. Deltares rapport 1210766.
- Klijn, F, J. Kwadijk, K. de Bruijn en J. Hunink. *Overstromingsrisico's en droogterisico's in een veranderend klimaat. Verkenning van wegen naar een klimaatveranderingsbestendig Nederland*. Deltares, Delft / Utrecht.
- Louw, de, P.G.B., Van de Velde, Y., Van der Zee, S.E.A.T.M., 2011. *Quantifying water and salt fluxes in a lowland polder catchment dominated by boil seepage: a probabilistic end-member mixing approach*. *Hydrology and Earth System Sciences* 15, 2101-2117.
- Louw, de, P.G.B., Doornenbal, P., Hendriks, D.M.D., 2012. *Veldonderzoek naar het dichten van wellen*. Deltares-rapport. 1201949-000, 52p.
- Louw, de, P.G.B., Vandenbohede, A., Werner, A.D., Oude Essink, G.H.P., 2013. *Natural saltwater upconing by preferential groundwater discharge through boils*, *Journal of Hydrology* 490, 74-87.
- Massop, H.T.L., Schuiling, C., Veldhuizen, A.A., 2012. *Potentiele beregeningskaart 2012*, Alterra rapport 2382.
- Noort, J. van den. 2003. *De hand in eigen boezem: Waterkwaliteit in het Hoogheemraadschap van Delfland (1883-2003)*. Uitgeverij Verloren, Hilversum
- Stuyt, L.C.P.M. en P.J.T. van Bakel. 2011. *Basic survey zout en joint fact finding effecten van zout. Naar een gedeeld beeld van het zoetwaterbeheer in laag Nederland*. Alterra rapport 2200
- Schipper, P.N.M., Janssen, G.M.C.M., Polman, N.B.P., Linderhof, V.G.M., van Bakel, P.J.T., Massop, H.T.L., Kselik, R.A.L., Oude Essink, G.H.P. en Stuyt, L.C.P.M. 2014. *€ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en*

Rijnmond-Drechtsteden, Eindconcept, 71p.

- Stuyt, L.C.P.M., van Bakel, P.J.T., Delsman, J., Massop, H.T.L., Kselik, R.A.L., Paulissen, M.P.C.P., Oude Essink, G.H.P., Hoogvliet, M. en Schipper, P.N.M., 2012, **Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap van Rijnland; Onderzoek met hulp van EUREYOPEER 1.0**, 93p. Alterra-rapport 2439.
- Stuyt, L.C.P.M., Blom-Zandstra, M., Kselik, R.A.L., 2016. Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens, Wageningen Environmental Research report 2739. Wageningen.
- Querner, E.P. 1988. **Berekening doorspoelbehoefte voor Goeree-Overflakkee en Voorne- Putten voor bestrijding verzilting**. ICW nota 1864. Instituut voor Cultuurtechniek en waterhuishouding, Wageningen.
- Veraart, J.A. and L.P.A. Van Gerven, **Verzilting, klimaatverandering en de Kaderichtlijn Water. Casestudie het boezemstelsel van Schieland**. 2012, Kennis voor Klimaat rapport, Alterra: Wageningen. p. 82p.
- Visser, 2011. **Deltaprogramma rapport Zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden**.
- Vries, A., de Vries I., de Veraart J.A., Zwolsman G.J., Oude Essink, G.H.P., Baaren, E.S. van; Creusen, R. Buijtenhek, H.S. 2009. **Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijk Delta, een verkenning**. 79 p.
- Wit, K.E. e.a. 1987. **Wateraanvoerbehoefte Zuidhollandse Eilanden en Waarden; peilbeheersing en bestrijding van de verzilting**. ICW nota 1801. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen
- Witteveen en Bos, 2011. Landelijke inventarisatie verzilting. Rijkswaterstaat, Waterdienst.

Deze factsheet is opgesteld door Alterra en Deltares, december 2011, laatst geactualiseerd in januari 2018.

Auteurs: J. Delsman (Deltares), J. Veraart (Alterra), B. Snellen (Alterra), G. Oude Essink (Deltares)

OVERZICHT LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN

Onderzoeksproject	Links/documenten
Deltaprogramma Zoetwater	https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma
Verziltingsonderzoek Deltares	https://publicwiki.deltares.nl/display/ZOETZOUT/Projecten
Waterwijzer Landbouw - Zout	http://waterwijzer.stowa.nl/

DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.