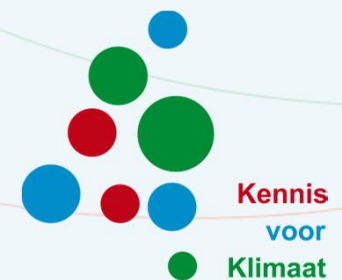




# GO-FRESH

Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening



Kennis voor Klimaat Knowledge for Climate



## Citeren als:

Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S., Zuurbier, K.G., Velstra, J., Veraart, J., Brouwer, W., Faneca Sánchez, M., Pauw, P.S., Vreke, J., Schoevers, M. 2014. GO-FRESH: Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening, KvK 151/2014, ISBN EAN 978-94-92100-12-2, 84 p.

# Consortium partners



Gualbert Oude Essink  
Esther van Baaren  
Pieter Pauw  
Marta Faneca Sanchez



Koen Zuurbier  
Gertjan Zwolsman  
Gerard van den Berg



Jouke Velstra  
Jacob Oosterwijk  
Lieselotte Tolk



Wim Brouwer  
Marlon Schoevers  
Jan van der Vleuten



Jeroen Veraart  
Jan Vreke  
Peter Schipper



# Stakeholders



Meeuwse handelsonderneming bv



Dit onderzoeksproject is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat [www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl). Wij danken de volgende partijen die door co-financiering dit onderzoek mogelijk hebben gemaakt: de provincie Zeeland, ZLTO, het Waterschap Brabantse Delta, de gemeente Schouwen-Duiveland, Productschap Tuinbouw, Handelsonderneming Meeuwse en STOWA. Het Waterschap Scheldestromen draagt bij in de vorm van lokale gebiedsspecifieke kennis, het regelen van vergunningen en het verzorgen van kleine waterhuishoudkundige maatregelen.



imaGeau en Fugro dragen bij in meetapparatuur en monitoring van hydrogeologische effecten



# Leeswijzer



1. Inleiding
  2. Projectorganisatie
  3. Zeeuwse grondwater systeem
  4. Maatregelen voor zoetwateropslag in de ondergrond
    - De Freshmaker
    - De Kreekrug Infiltratie Proef
    - Drains2Buffer
  5. Sociaaleconomische haalbaarheid
  6. Opschalingsmogelijkheden
  7. Kennistransfer naar de stakeholders
  8. Conclusies en aanbevelingen
  9. Communicatie
  10. Referenties
- Bijlagen

# Management samenvatting



GO-FRESH is een Kennis voor Klimaat project in de Zuidwestelijke Delta. Een consortium bestaande uit Deltares (trekker), Alterra, KWR, Acacia Water en HZ University of Applied Sciences onderzoekt in hoeverre lokale maatregelen de zoetwaterbeschikbaarheid voor de landbouw kunnen vergroten in gebieden die onafhankelijk zijn van het hoofwatersysteem. Hierbij wordt de ondergrond gebruikt voor opslag van zoet water in periodes van wateroverschot, om het water vervolgens te gebruiken in droge tijden.

Dit project richt zich op twee typen gebieden die door klimaatverandering waarschijnlijk sneller onder druk komen te staan in termen van zoetwaterbeschikbaarheid: a. gebieden met kreekruggen met een wat diepere zoetwaterlens en b. lager gelegen gebieden met zoute kwel en dientengevolge dunne regenwaterlenzen.

Binnen GO-FRESH zijn 3 maatregelen gestart:

1. **Kreekrug Infiltratie Proef:** toename zoetwatervoorraad in een kreekrug door verhoging van de grondwaterstand via peilgestuurde drainage in combinatie met infiltratie van oppervlaktewater
2. **Freshmaker:** toename zoetwatervoorraad in een kreekrug door injectie zoet water én onttrekking zout grondwater via horizontale putten
3. **Drains2Buffer:** vergroten/behouden zoetwatervoorraad van dunne regenwaterlenzen door diepe drainage

Twee van de drie maatregelen hebben de dikte van de zoetwaterlens vergroot tijdens de duur van het KvK project (dat liep van 1 maart 2013 tot en met 28 februari 2014) en kunnen op de proeflocaties droogteschade voorkomen. In de derde maatregel is de meetperiode niet lang genoeg geweest om te onderscheiden of de dunne zoetwaterlens is gegroeid als direct gevolg van de maatregel of als onderdeel van de natuurlijke variabiliteit van het weer.

Binnen het werkpakket Sociaaleconomische haalbaarheid is -op basis van een multicriteria analyse- een rekentool in Excel gemaakt om de netto opbrengst te berekenen bij implementatie van de 3 maatregelen. Het werkpakket Kennistransfer heeft alle opgedane kennis in een zogenaamde VUE-Graph omgezet.

# Management samenvatting



In het werkpakket 'Sociaaleconomische Haalbaarheid' is onderzocht welke sociaaleconomische factoren van belang zijn voor betrokken beleidsmakers, onderzoekers en ondernemers.

- Betrouwbare zoetwatervoorziening en flexibele wet- en regelgeving blijken de meest doorslaggevende factoren te zijn voor ondernemers en beleidsmakers om wel of niet in deze technieken te investeren.
- Over de bedrijfseconomische kengetallen spelen verschillen van inzicht en hangen nauw samen met inzichten over de hydrologische haalbaarheid.

Daarom zijn de bedrijfseconomische kengetallen ingeschat van extra zoetwatervoorziening door toepassing van deze drie technologieën op een akkerbouw en een fruitteeltbedrijf (voorbeelden) onder verschillende aannames over kosten, baten en hydrologische prestaties:

- deze voorbeelden illustreren dat het effect van extra zoetwatervoorziening op bedrijfseconomische kengetallen afhangt van het agrarisch bedrijfstype en bouwplan.
- er is een concept rekenschema gemaakt om de netto opbrengst te bepalen die de extra zoetwatervoorziening oplevert onder verschillende aannames over kosten en baten waarbij verschillende bedrijfsoppervlakten ingesteld kunnen worden voor bouwplannen met aardappel, zomertarwe, wintertarwe, bloemkool, suikerbieten, zaai ui, appels (Elstar) en peer (Conference).



# 1. Inleiding



De beschikbaarheid van zoet water is in de Zuidwestelijke Delta geen vanzelfsprekendheid door de alomtegenwoordige aanwezigheid van zout grondwater en zal in de toekomst meer onder druk komen te staan.



In grote delen van de Zuidwestelijke Delta is geen aanvoer van extern zoet water mogelijk. Het zoete grondwater is alleen beschikbaar in de duinen, kreekruigen en in dunne regenwaterlenzen in de laaggelegen polders. Hierdoor is de zoetwaterbeschikbaarheid in de wortelzone in deze gebieden geheel afhankelijk van het neerslagoverschot en van nalevering vanuit het grondwater. Hierdoor is het systeem zonder externe aanvoerkwetsbaar voor droge periodes, die in de toekomst alleen maar zullen toenemen. Om de zoetwatervoorziening minder afhankelijk te laten zijn van weersomstandigheden, zijn maatregelen nodig om de zoetwaterbeschikbaarheid tijdens droge tijden te garanderen.

Hoofddoel van dit praktijkgerichte Kennis voor Klimaat project is: *bestaande zoete grondwatervoorraden beter benutten en nieuwe zoete grondwatervoorraden creëren, en daarmee de zelfvoorzienendheid vergroten en de afhankelijkheid van externe aanvoer verkleinen*. Centraal staat daarbij het identificeren en uitvoeren van technische maatregelen. Na een effectieve meetperiode van iets meer dan 1 jaar is geëvalueerd in hoeverre de maatregelen kunnen worden doorvertaald naar de gehele regio, waarbij aandacht wordt besteed aan zowel de hydrologische als de bedrijfseconomische haalbaarheid.

Het is nog onvoldoende duidelijk welke maatregelen in de praktijk daadwerkelijk werken en óf deze maatregelen bedrijfseconomisch wel haalbaar zijn. Beleidsmakers, landbouwers én onderzoekers hebben elkaar nodig om tot implementatie van de maatregelen te komen.

We definiëren de volgende drie projectonderdelen:

1. lokaal opslaan van water in kreekruigen, vooral ten behoeve van piekvraag en hoogwaardige teelten,
2. optimaliseren van de zoetwatervoorraad in regenwaterlenzen in zoute kwelgebieden,
3. vormgeven aan het gebiedsproces om succesvolle oplossingen robuust en duurzaam te implementeren.



## 2. Projectorganisatie



Kick-off meeting 19 september 2012, Vlissingen



Het consortium bestaat uit Deltares, KWR Watercycle Research Institute, Acacia Water, Alterra en HZ University of Applied Sciences. De Stuurgroep bestaat uit de stakeholders van het project.



Het project is georganiseerd in 4 werkpakketen (WPs), management & communicatie. Werkpakket 1a beschrijft de maatregel De Freshmaker. Dit WP wordt geleid door KWR. WP1b bevat de maatregel De Kreekrug Infiltratie Proef (KIP) en wordt door Deltares geleid. WP2 bevat de maatregel Drains2Buffer en wordt door Deltares en Acacia getrokken. WP3 gaat over de sociaaleconomische haalbaarheid met Alterra als trekker. WP4 beschrijft de kennistransfer naar stakeholders en is de verantwoordelijkheid van HZ University of Applied Sciences.

De management van het project is door Deltares gedaan met de hulp van de Stuurgroep die uit de stakeholders bestaat.

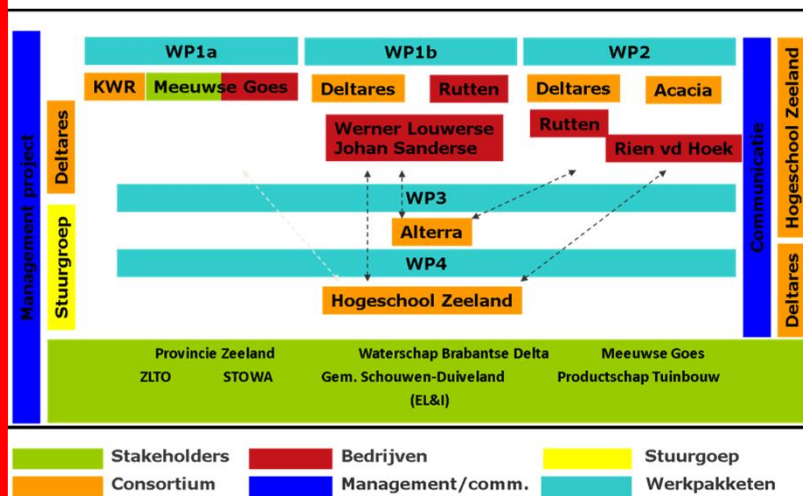


Fig. 1 Organisatie van de werkpakketen en consortium partijen

De stakeholders van de Stuurgroep zijn:

- Provincie Zeeland
- ZLTO
- Waterschap Brabantse Delta
- Waterschap Scheldestromen
- Gemeente Schouwen-Duiveland
- Meeuwse Handelsonderneming Goes BV
- STOWA
- Productschap Tuinbouw

Daarnaast zijn de drie agrarische ondernemers Werner Louwerse, Johan Sanderse, Rien van den Hoek en draineur Rutten zijn nauw betrokken bij de uitvoering van het project om de innovaties direct in en met de praktijk te toetsen.

### 3. Het Zeeuwse grondwater systeem





## Inleiding



In de Zeeuwse grondwater systeem zijn kreekkruggen, polders, duinen kenmerkende elementen

De Provincie Zeeland maakt deel uit van laag-Nederland (Zeeland, 2004). Bijna de gehele provincie bestaat uit poldersystemen. Hierbij zijn de hoogteverschillen in maaiveld zijn gering. Momenteel bevindt het grootste deel van het maaiveld zich rondom N.A.P. (fig. 1). Een belangrijke kenmerk van Zeeland is dat het buitenwater nooit ver weg is en dat vrijwel elke polder direct op het buitenwater kan lozen. Boezemwateren komen nauwelijks voor.

Momenteel is vrijwel overal het grondwater in Zeeland grotendeels brak tot zout. Hieraan liggen verschillende oorzaken als geologische ontstaansgeschiedenis en inpolderingen gedurende de laatste eeuwen ten grondslag. Boven in de bodem is meestal een laag zoet water aanwezig. De dikte van dit zoete grondwater varieert van enkele decimeters tot ongeveer 30 meter (de hele diepe zoetwaterlenzen in enkele duingebieden niet beschouwd).

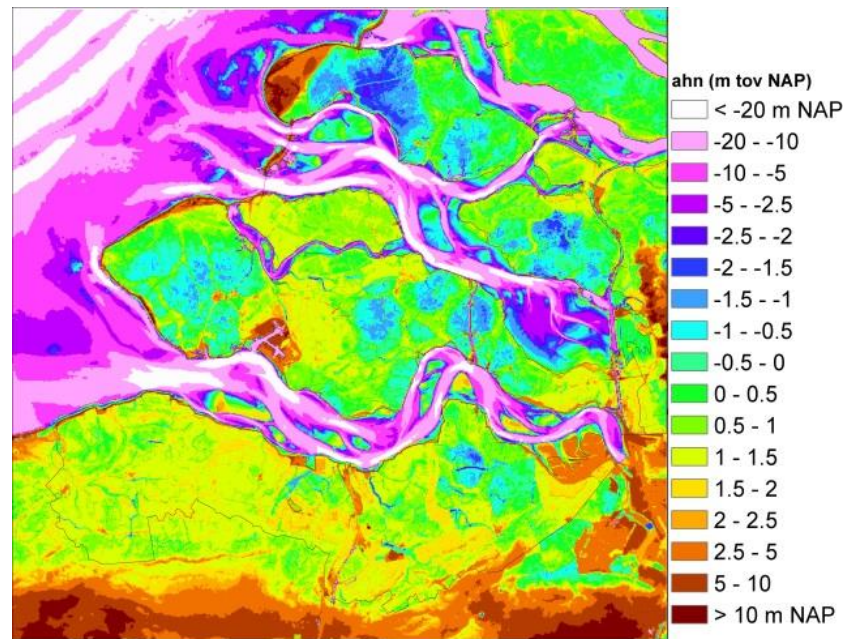


Fig. 1 algemeen hoogtebestand Nederland (AHN)



## Inleiding

# Het Zeeuwse grond- en oppervlaktewater systeem is over het algemeen brak tot zout, met hier en daar zoete elementen



In de Deelstroomgebiedsvisie (Zeeland, 2004) worden drie typen watersystemen onderscheiden (fig. 2) (o.a. Goes *et al.*, 2009; De Louw *et al.*, 2011; De Louw, 2013):

1. diepe zoete watersystemen die zich bevinden in gebieden met dekzanden, onder duinen en kreekruigen.
  2. zout-brakke watersystemen bij de lage gronden dichtbij de kust.
  3. dunne regenwaterlenzen, die 'drijven' op het brakke tot zoute grondwater, komen het meeste voor in Zeeland (fig. 4). Gewassen voeden zich met het zoete water uit deze lenzen die tot enkele meters dik zijn.
- Weliswaar is in het Zeeuwse gebied zonder zoetwateraanvoer het oppervlaktewater vaak brak tot zout door de kwel van zout grondwater, tegelijk zijn er toch nog voldoende zoete waterlopen te identificeren. Binnen [De Waterhouderij Walcheren](#) wordt intensief gemeten aan het zoutgehalte van sloten om zoet oppervlaktewater op te sporen en te gebruiken voor ondergrondse wateropslag (Van Baaren en Harezlak, 2011).

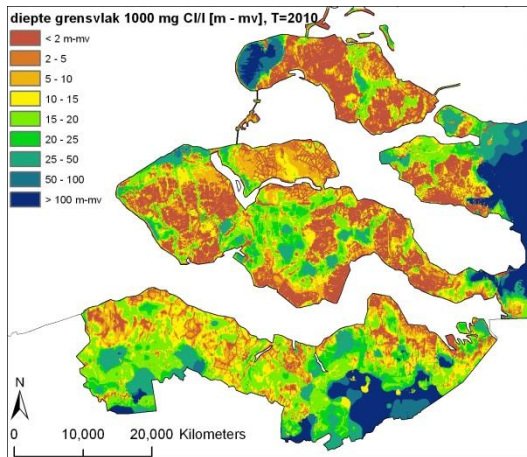


Fig. 2 grensvlak 1000 mg Cl/l

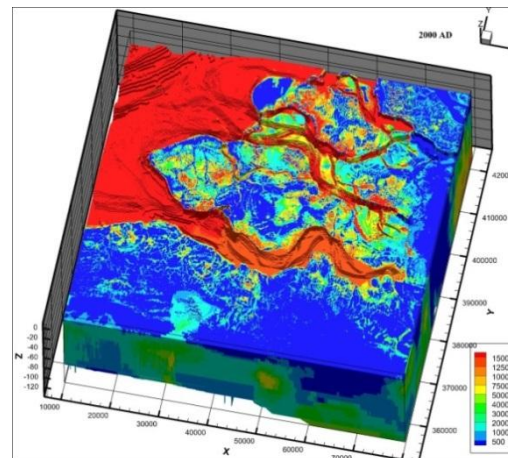


Fig. 3: 3D zoet-zout verdeling in Zeeland.

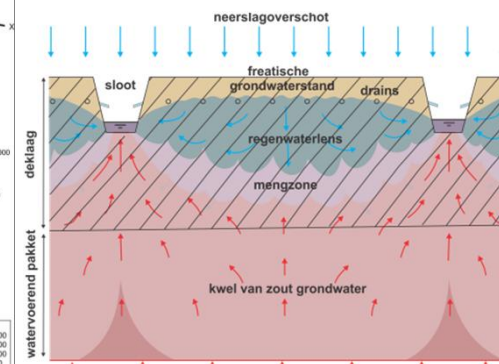


Fig. 4: concept van een regenwaterlens in een zout kwelgebied.

## Ontstaansgeschiedenis Zuidwestelijke Delta



In de Zuidwestelijke Delta waren overstromingen schering en inslag, toch heeft de mens de belangrijkste rol gespeeld bij de totstandkoming van het gebied

De Zuidwestelijke Delta is ontstaan uit een kustveenmoeras. Een strandwal schermde dit veenmoeras aanvankelijk af van de zee, maar toen de zee oprukte na de laatste ijstijd, overspoelde deze het moerasgebied. Er ontstond een dynamisch gebied waar wind, zee en getij een grillig patroon vormden van duinen, geulen, platen, slikken en schorren. Voor de bewoners was het niet eenvoudig in dit barre land het hoofd boven water te houden. Er werd veel land bedijkt en/of ingepolderd. Vanaf de Middeleeuwen is in Zeeland land aangewonnen. Met name in de Gouden 17de Eeuw hebben op grote schaal bedijkingen plaatsgevonden, voor een oppervlakte van zo'n 50.000 ha (Van der Ven, 1992; Schultz, 1992).

Geen eeuw ging voorbij of er moest land door stormvloedden opnieuw aan de zee worden prijsgegeven, zoals tijdens de Sint-Elisabethsvloed in 1421 waarbij de Biesbosch ontstond. Na de watersnoodramp van 1953 stond vast dat er iets veranderd moest worden. Het Deltaplan voorzag naast dijkverhogingen in afsluitingen van zeegaten om zo de kustlijn te verkorten. De achterliggende watersystemen veranderden in compartimenten die of zoet of zout zijn geworden. Alleen de Nieuwe Waterweg en de Westerschelde zijn open verbindingen gebleven vanwege de scheepvaart. Het Haringvliet en Volkerak-Zoommeer werden zoet. De Grevelingen en de Oosterschelde bleven, na eerst ook als zoet water gepland te zijn, uiteindelijk toch zout.

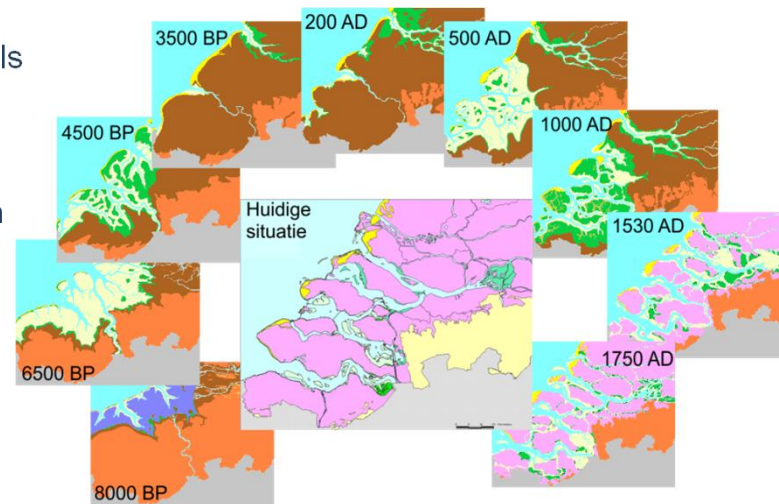


Fig. 5 Reconstructie van de geomorfologische ontwikkeling van de Zuidwestelijke Delta sinds de laatste ijstijd.

## Wat zijn kreekrukken en poelgronden



Als gevolg van de inpoldering is het omliggende veen en klei ingeklonken, en liggen deze voormalige geulen nu juist hoger (als een 'rug') in het landschap.

De krekken vormden vroeger de laagste delen van het landschap. Vanaf 1200AD geraakten de krekken inactief en slibden ze geleidelijk dicht. Nadat de mensen dijken gingen aanleggen en water aan de bodem onttrokken door allerlei watergangen te graven ging dit gepaard met inklinking van de veenlagen in de ondergrond en met rijping van de klei. Hierdoor daalde het maaiveld. Omdat de veenlagen in de vroegere krekken al waren verdwenen en omdat de opvulling van de krekken vaak uit zandig materiaal bestond klonk de bodem van de oude krekken veel minder in dan in de omgeving. Hierdoor kwamen de dichtgeslibde krekken in de loop van de tijd hoger te liggen dan de omgeving. We spreken dan ook van kreekrukken, de hoger gelegen delen van het landschap, terwijl de lager gelegen delen poelgronden worden genoemd. De hoogteverschillen tussen beide zijn nog verder toegenomen doordat de veenlagen in de poelgebieden voor een groot deel zijn afgegraven voor de winning van turf en zout. De kreekrukken zijn duidelijk zichtbaar op de maaiveldkaart (fig. 1).

**1200 AD; voor de inpoldering**

**huidige situatie**

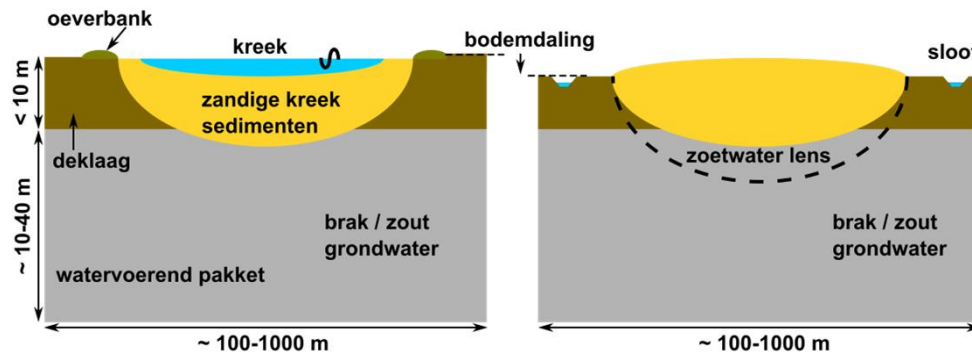


Fig. 6 Schematische weergave over het ontstaan van kreekrukken.

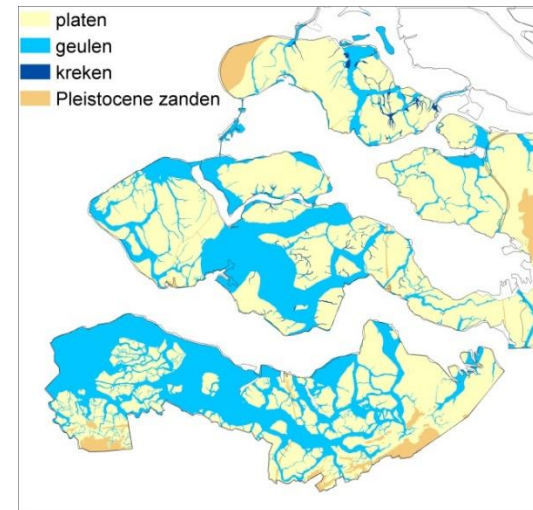


Fig. 7 kartering van platen, geulen, krekken en Pleistocene zanden (REGIS).

## Hydrogeologie en definitie zoet-brak-zout



### In de Zuidwestelijke Delta is men in staat gebleken succesvol landbouw te bedrijven ondanks het tekort aan zoet water

Onder de 'kreekruggen' heeft zich in de loop der vele jaren een zoetwaterlens ontwikkeld. Afhankelijk van de lokale omstandigheden kan deze lens een maximale dikte tot zo'n 30 meter hebben. In Zeeland zijn overigens veel voorbeelden van efficiënt gebruik van zoet water. Er vindt immers al eeuwenlang succesvol landbouw plaats, zonder dat er zoet oppervlaktewater beschikbaar is. Het zoete water dat er is komt van de regen. Dat regenwater vormt een laag zoet water in de bodem, dat drijft op het zwaardere zoute water. In de Zeeuwse sloten kom je vaak brak tot zout water tegen.

Zeker in droge zomers kwelt het zoute grondwater op, maar zo lang het brakke water in de sloot niet nodig is om gewassen te beregenen is dat geen probleem. Voor veel gewassen, zoals granen, grassen en suikerbieten is een hoge zoutconcentratie ook niet zo'n probleem (Stuyt *et al.*, 2006; Van Dam *et al.*, 2007). Maar voor gewassen die beregend moeten worden, is het regenwater meestal niet voldoende. Boeren zijn in de Zeeuwse delta van oorsprong dus beperkt in hun gewaskeuze.

#### Definities van zoet-brak-zout grondwater

Er zijn verschillende klasse indelingen van zoet, brak en zout grondwater in omloop, afhankelijk van o.a. het gebruiksdoel. Zo heeft de term zoet grondwater voor een bloembollenkweker een andere betekenis dan voor een agrariër die suikerbieten verbouwt. In de Zeeuwse Delta komt water met een chloride concentratie lager dan 150 mg Cl-/l nauwelijks voor. Zodoende wordt hier een andere indeling gebruikt dan in de rest van Nederland: Zoet: <1000 mg Cl-/l; Brak: 1000 – 3000 mg Cl-/l; Zout: >3000 mg Cl-/l. De grens tussen zoet en brak grondwater (1000 mg Cl-/l) wordt in Zeeland ook wel *landbouwkundig zoet* genoemd. Deze grens is overigens ook in het buitenland gangbaar. Andere karakteristieke waarden zijn: 100 (gemiddelde chloride concentratie Rijnwater dat de grens overkomt); 150 (de wettelijk vastgestelde grens voor drinkwater); 250 (veelgebruikte grenswaarde voor innamepunten in West-Nederland); en 19.000 (oceaan water).



## Klimaatverandering en menselijke ingrepen

De klimaatscenario's van KNMI voorspellen naast zeespiegelstijging natter winters, droger zomers; bovendien zal menselijk handelen het Zeeuwse water systeem in hoge mate beïnvloeden



Naar alle verwachting zullen in de loop van deze eeuw diverse ontwikkelingen plaatsvinden die de beschikbaarheid van zoet water in de Zuidwestelijke Delta beïnvloeden. De belangrijkste ontwikkelingen die worden verwacht zijn (de Vries *et al.*, 2009, Klijn *et al.*, 2012; KNMI 2014):

- het tempo van zeespiegelstijging neemt toe. Er is een hogere kans op overstromingen van grote en kleine riviers. Lange periodes van droogte kunnen leiden tot watertekort en verzilting van het water. Door de zeespiegelstijging kan meer zout water het land binnen dringen.
- De afname van gemiddeld neerslag in de zomer kan lijden naar mogelijk vaker voorkomen van (zeer) lage rivierafvoeren. Hierdoor zal de zoutbelasting van het gebied, door steeds zouter wordende kwel, toenemen.
- de voortzetting van de huidige trend in de verandering van het landgebruik: meer (kapitaalintensieve) zoutgevoelige en watervragende teelten;
- het zout maken van het Volkerak Zoommeer, en tenslotte
- het op een kier zetten van de sluizen in de Haringvlietdam (indien van toepassing) waardoor het zoutgehalte in het westelijke deel van het Haringvliet zal toenemen.

Thema's die hierbij samenhangen zijn wateroverlast, verdroging, de achteruitgang van de waterkwaliteit en de verdere verzilting van het grond- en oppervlaktewater.

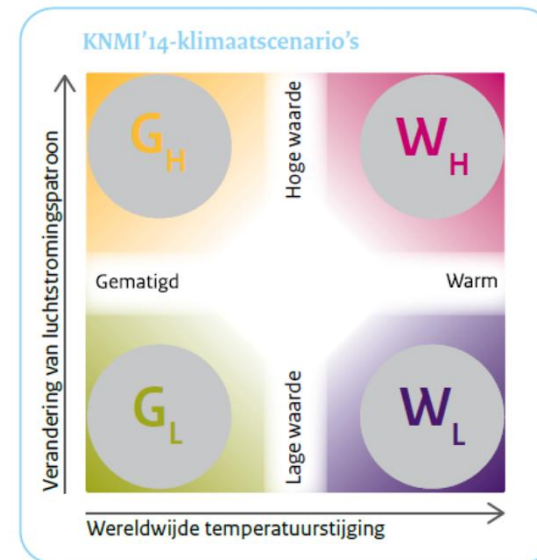


Fig. 8: Schematische weergave van de KNMI Scenario's



## 4. Maatregelen voor zoetwateropslag in de ondergrond





# De Freshmaker



1. Inleiding
2. Beschrijving van de maatregel
3. Hydrologische haalbaarheid
  - Methoden
  - Metingen
  - Resultaten modellering
4. Resultaten



Locatie proef: Overzande, Zuid Beveland.



## Inleiding De Freshmaker



### Zoetwateroverschotten inzetbaar bij droogte door gecontroleerde ondergrondse opslag via De Freshmaker

#### Waarom?

'Ondergrondse waterberging' is een efficiënte techniek om (gebiedseigen) zoetwateroverschotten ondergronds op te slaan en staat internationaal bekend als 'aquifer storage and recovery' (ASR, Pyne, 2005). Doordat het zoet water met ASR in de bodem opgeslagen wordt, kan op het maaiveld geteeld worden. Ondergrondse opslag van zoet water in verzilte gebieden als de Zuidwestelijke Delta middels gangbare, verticale putten is echter zowel theoretisch (Zuurbier *et al.*, 2013a; 2013b) als praktisch (Projectgroep Zoetwateronderzoek Goes, 1986) doorgaans inefficiënt gebleken door het opdrijven van zoet in zout grondwater.

#### Waarom vernieuwend?

Met de Freshmaker wordt tegelijkertijd *zoet water ondiep opgeslagen* en *zout water daaronder afgevangen* (Zuurbier, 2012). Door dit te doen met boven elkaar geplaatste, lange *horizontale putten* (horizontal directional drilled wells, afgekort 'HDDWs') wordt een bestaande, dunne (<15 m) zoetwaterlens over een groot oppervlak vergroot. Hierbij wordt een groot zoet water volume opgeslagen, welke beschikbaar blijft voor irrigatie.

#### Waar?

De eerste Freshmaker is als proef in 2013 gerealiseerd in Ovezande op Zuid-Beveland (Zeeland). Hier is ruim 1.700 m<sup>3</sup> zoet water opgeslagen en succesvol teruggewonnen voor irrigatie in de zomer van 2013. De belangrijkste onderzoeksdoelen waren de 'proof of concept' (blijft het zoet water op zijn plaats?), herkennen van installatietechnische en operationele optimalisaties, analyse waterkwaliteitsveranderingen tijdens opslag en het verkrijgen van inzicht in de werkelijke kosten voor aanleg.



Fig. 9: Het bovengrondse ruimtebeslag van de Freshmaker: pompen en regelunit op de proeflocatie in Ovezande.



## Maatregelbeschrijving van De Freshmaker



### Uitgekiende horizontale putten maken het verschil bij vergroting, opslag en terugwinning van zoetwaterlenzen middels Freshmaker

Anders dan conventionele (verticale) ASR toepassingen, maakt de Freshmaker gebruik van horizontale putten (de 'HDDWs'), waarbij de diepste op 14,5 m-maaiveld wordt gebruikt als interceptieput. Hiermee wordt zoutwater, dat de neiging heeft zoet water te verdrücken, afgevangen. Het opgeslagen zoet water wordt zodoende beschermd, ook in tijden dat geen injectie plaatsvindt. Met de ondiepe put (7 m-maaiveld) wordt zoet water ondiep geïnjecteerd, bij voorkeur in een reeds aanwezige zoetwaterlens. Een relatief jonge techniek maakt deze toepassing mogelijk: horizontaal directional drilled wells (HDDWs). Hierbij wordt vanuit een intredeput een lang horizontaal transect geboord, waarbij boorspoeling wordt gebruikt om sediment af te voeren en het boorgat open te houden. Sinds enkele jaren is deze techniek zover dat ook putfilters in het boorgat op hun plaats kunnen worden gebracht. Zo is het voor het eerst mogelijk om zonder verstoring van het maaiveld en dieper dan 5,5 m een lang horizontaal putfilter te plaatsen.

De Freshmaker maakt het mogelijk om zoetwateroverschotten (in Ovezande winters oppervlaktewater) in een zoute omgeving ondergronds op te slaan. Een consequentie is wel dat afgevangen zout water geloosd moet worden. In overleg met het Waterschap gebeurt dit bij de proef in Ovezande op het oppervlaktewater.

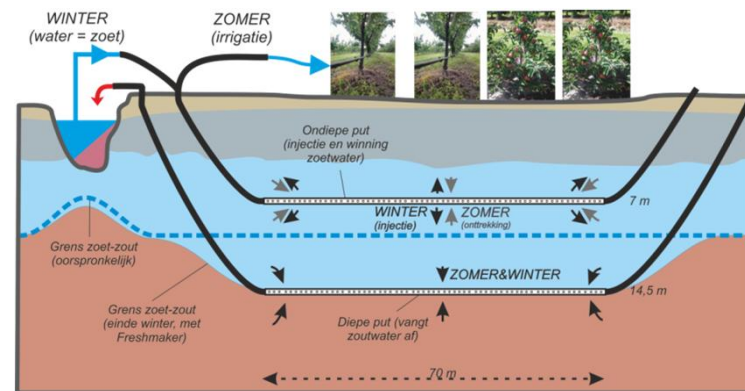


Fig. 10: De Freshmaker injecteert zoet oppervlaktewater in de winter met een ondiepe HDDW en vangt zout water af met een diepere HDDW. In droge periodes kan de ondiepe HDDW zoet water leveren aan bassin of druppelirrigatie.

# Hydrologische haalbaarheid van De Freshmaker



Grondwatermonitoring en modelsimulaties brengen gedrag ondergrondse zoetwaterlens in beeld

## Methoden

Om de positie van de zoetwaterlens in de tijd te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van geofysische metingen en CTD-sensoren in peilbuizen.

Veldbemonstering en lab-analyses van injectie- en winwater en grondwater in het pakket gaven juist meer informatie over waterkwaliteitsveranderingen tijdens de opslag.

Een grondwatertransportmodel (SEAWAT) is toegepast om langjarige effecten te bepalen.

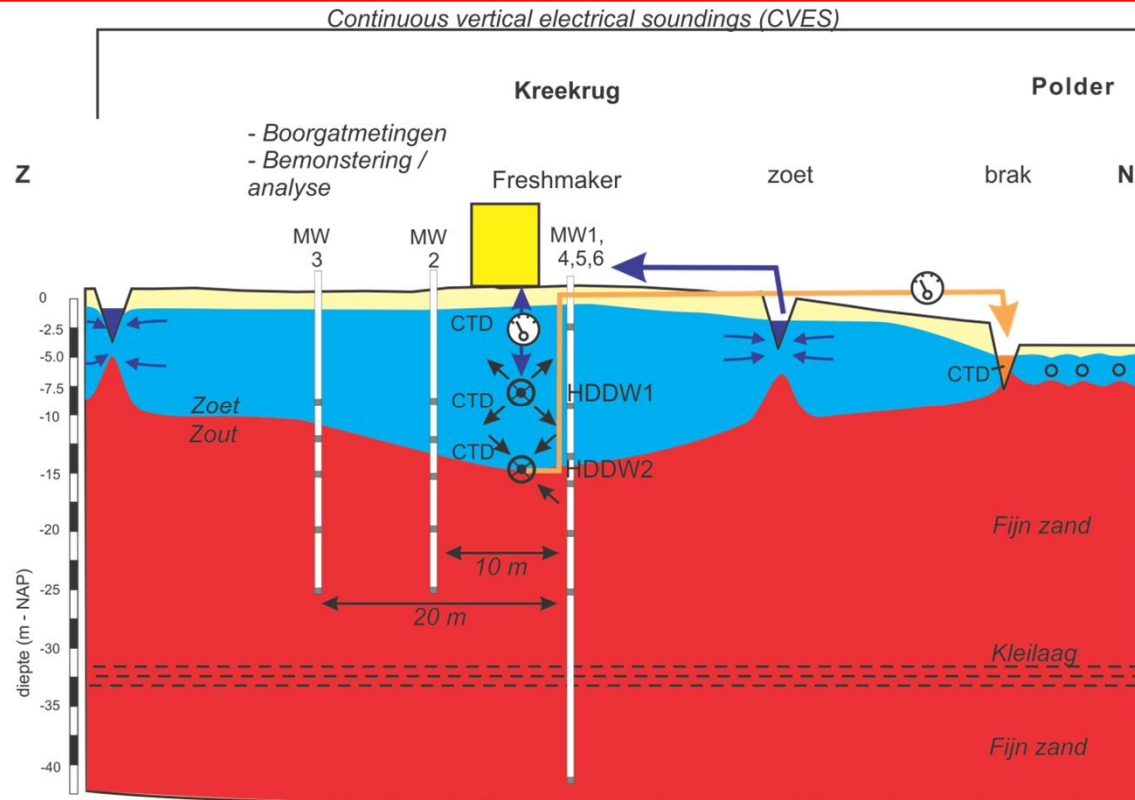


Fig. 11: Doorsnede van de Freshmaker inclusief meetinspanningen. MW = peilbuisnest, CTD = sensor voor druk, temperatuur en elektrische geleidbaarheid. Horizontaal niet op schaal.

# Hydrologische haalbaarheid van De Freshmaker



De metingen toonden een verdikking van de zoete lens, teruggewonnen water voldeed aan de eisen voor irrigatiewater.

## Metingen

Injectie van 1,728 m<sup>3</sup> in 15 dagen en diepe onttrekking met 40 m<sup>3</sup>/d zorgden voor een verdikking van de zoete lens met maximaal 2 m t.o.v. de referentiesituatie, ondanks extra verzilting tijdens de aanleg van de HDDWs (Fig. 12). Tijdens terugwinning bleef zout water ver van de ondiepe HDDW, waardoor zelfs een groter volume zoet water gewonnen had kunnen worden dan er was geïnjecteerd.

Na injectie van bijna 3.000 m<sup>3</sup> in seizoen 2 was de lens bij de HDDWs (MW1) ca. 3 m verdikt, terwijl op 10 m afstand daarvan (MW2) een verdikking van ca. 1,5 m te zien was. Aan het (verre) uiteinde van de HDDWs (MW4, niet weergegeven) is de lens halverwege seizoen 2 met ruim 1 m verdikt.

Het teruggewonnen water voldeed ook na verblijf in de ondergrond aan de eisen voor irrigatiewater. Wel was een tijdelijke lichte toename in Fe en Mn zichtbaar, wat bij druppelirrigatie kan leiden tot verstopping. Dit aspect verdient nader onderzoek.

Ondanks lozing van zout water vanuit HDDW2 op de lokale watergang blijft deze licht brak, met concentraties rond de gemiddelde zomerwaarden.

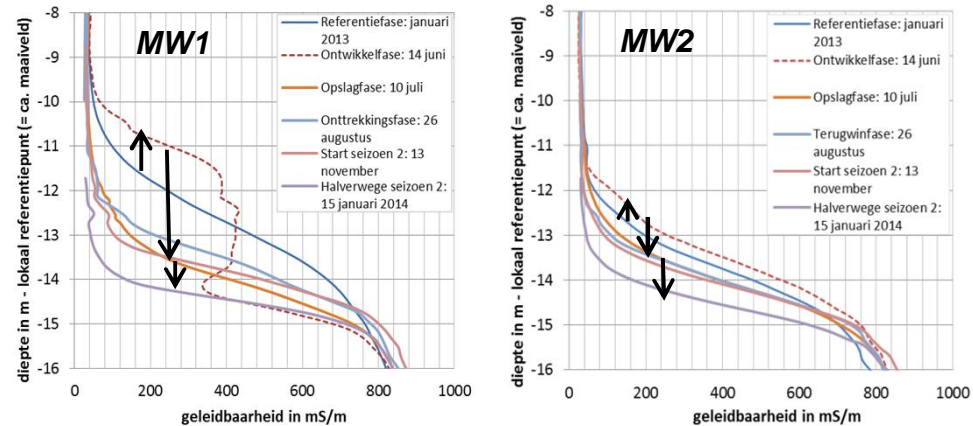


Fig. 12 Elektrische geleidbaarheid van de ondergrond tegen de diepte gemeten op verschillende tijdstippen halverwege de lengte van de HDDWs. Resultaten ter plaatse van de HDDWs zelf (MW1, links) en op 10 m afstand daarvan (MW2, rechts).



## Hydrologische haalbaarheid van De Freshmaker



Het model toont: verzoeting van het grondwater systeem, jaarlijks zoet water om het terug te winnen en weinig effecten aan maaiveld

### Model De Freshmaker

Met SEAWAT is een model gemaakt dat dichtheidsgedreven grondwaterstroming en gekoppeld zouttransport simuleert. Het model van 5 jaar jaarlijkse injectie en terugwinning van 4,200 m<sup>3</sup> zoet water laat zien dat (Zuurbier *et al.*, in press):

- het geïnjecteerde zoet water ieder jaar ruimschoots kan worden teruggewonnen;
- het omliggende grondwater systeem langzaam verzoet: de zoute kwel richting naastgelegen watergang vindt niet meer plaats;
- het te lozen zout water na 4 jaar een concentratie heeft tussen 4,000 (winter) en 13,000 mg Cl/I (zomer);
- de effecten aan maaiveld (freatische grondwaterstand) zeer beperkt blijven (~0.1 m verlaging boven de HDDWs);
- zonder infiltratie en/of diepe interceptie het niet mogelijk is om eenzelfde volume te winnen. Eenzelfde volume zoet water kan jaarlijks wel gewonnen worden na 1,5 jaar onttrekking van dieper zoutwater.

De resultaten tonen aan dat er (langjarige) effecten optreden die verdere studie behoeven en kansen op alternatieve pompregimes bieden. Zo zou het op termijn niet meer noodzakelijk hoeven te zijn om jaarlijks zoet water te injecteren om te kunnen winnen, doordat de natuurlijke wegzijging (gestimuleerd door de diepe onttrekking) voldoende is. Dit kan verder gestimuleerd worden door bijvoorbeeld peilgestuurde of klimaatadaptieve drainage. Een andere optie is om wel te blijven infiltreren, maar minder zout water af te vangen/lozen om zo het oppervlaktewatersysteem te ontlasten.

## Resultaten De Freshmaker

### Eerste cyclus van injectie, opslag en onttrekking een succes



De Freshmakerproef heeft aangetoond dat:

- met De Freshmaker zoetwateroverschotten relatief snel kunnen worden opgeslagen;
- deze overschotten beschermd worden door diepe afvang van onderliggend zoutwater;
- het water bij terugwinning geschikt lijkt voor irrigatie. Vervolgonderzoek is evenwel noodzakelijk naar de mobilisatie van metalen in de ondergrond tijdens (langere) opslag;
- een concurrerende kostprijs per m<sup>3</sup> (ca. 0.40 €) ten opzichte van (landbouwwater)leidingwater (0.70 €) goed haalbaar is, mits de monitoringseisen vanuit bevoegd gezag rond deze kleinschalige systemen beperkt blijven.

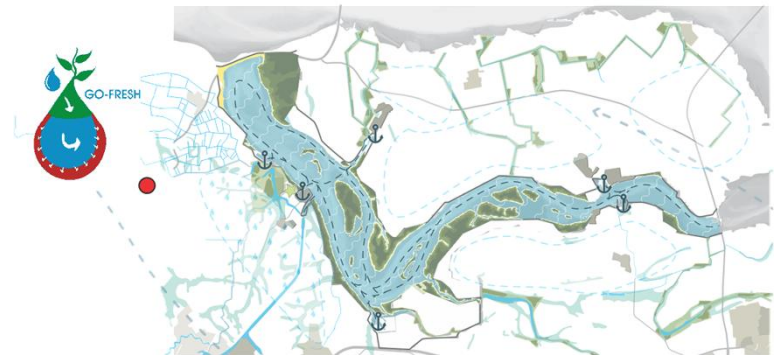
Vervolgonderzoek is noodzakelijk op de volgende onderdelen:

- monitoring en (langjarige) 3D-modellering om de maximale opslagcapaciteit, benodigde infiltratie/afvang, en effecten aan uiteinden van de HDDWs te bepalen;
- analyse effectiviteit voorzuivering en bepaling van putverstopping (mechanisch, biologisch) ter bepaling/verhoging levensduur HDDWs;
- effecten van de zoutwaterlozing op het oppervlaktewatersysteem;
- waterkwaliteitsontwikkeling in ondergrond bij langduriger opslag;
- opschaling met gebruik van meerdere HDDWs, en/of meerdere Freshmakers in één watervoerend pakket of stroomgebied;
- risicobenadering waterkwaliteit en -kwantiteit om te komen tot gepaste regelgeving.

# Kreekrug Infiltratie Proef



1. Inleiding
2. Beschrijving van de maatregel
3. Hydrologische haalbaarheid
  - Aanpak
  - Metingen
  - Model
4. Resultaten



Locatie proef: Serooskerke, Walcheren





## Inleiding Kreekrug Infiltratie Proef



Kreekruggen: ondergrondse opslag van zoet water in tijden van wateroverschot voor irrigatie van gewassen in tijden van watertekort.

### Urgentie zoetwatertekort

Boeren in Zeeland ervaren nu al een gevolg van klimaatverandering in de vorm van afnemende zoetwaterbeschikbaarheid. Dat heeft zowel te maken met toenemende vraag als gevolg van toenemende verdamping, als ook met afnemend aanbod vanwege toenemende zoute kwel onder invloed van zeespiegelstijging.

### Kreekruggen

Kreekruggen zijn hoger gelegen infiltratiegebieden waaronder zoete regenwaterlenzen van 6 – 30 m diep aanwezig zijn, in een verder zoute omgeving. Kreekruggen kunnen gebruikt worden voor extra ondergrondse opslag van water; hierdoor wordt geen ruimte in beslag genomen. Echter, in gebieden met veel zout grond- en oppervlaktewater is deze vorm van ondergrondse opslag nog niet zo eenvoudig. Binnen de Kreekrug Infiltratie Proef wordt een nieuwe methode getest waarmee zoetwaterlenzen in kreekruggen vergroot worden in tijden van wateroverschot, zodat droogte- en zoutschade in tijden van watertekort voorkomen kan worden.

### Waarom vernieuwend?

- Bergen van het neerslagoverschot in een zoute omgeving via een peilgestuurd infiltratiesysteem;
- Boeren in de Waterhouderij Walcheren zorgen samen met het Waterschap Scheldestromen voor optimalisatie van het systeem en de zoetwateraanvoer;
- Controle van peilen en debieten door gebruiker;
- Meet- en modelleertechnieken voor systeemoptimalisatie.

### Waar?

Serooskerke Walcheren: akkerbouwperceel van Johan Sanderse en tuinbouwperceel van Werner Louwerse.

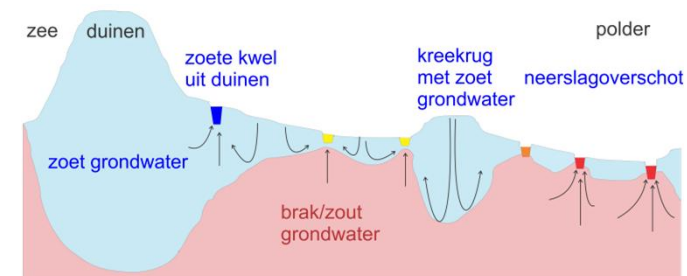


Fig. 13: Schematische weergave van het grondwater systeem

# Beschrijving van de maatregel Kreekrug Infiltratie Proef



Regelbaar systeem dat ondiep het neerslagoverschot infiltreert. Grondwaterstand wordt hoger en zoetwaterlens (veel) groter.

De Kreekrug Infiltratie Proef maakt gebruik van het neerslagoverschot en de natuurlijke werking van het grondwater systeem. In tijden van wateroverschot wordt het zoete water via een peilgestuurd infiltratiesysteem ondiep (1.20 m – mv) geïnfiltreerd over de volle breedte van de kreekrug. Hierdoor wordt de grondwaterstand verhoogd, waardoor het zoete grondwater in de kreekrug het zoute grondwater verder wegdrukt. De waterbron voor deze maatregel is een zoete sloot. De zoetwaterlens groeit langzaam maar gestaag en kan via een diepdrain gebruikt worden voor (extra) irrigatie van landbouwgewassen. Bijkomend voordeel van deze maatregel is vermindering van droogteschade door de hogere grondwaterstanden in de percelen op de kreekrug.

## Regelbaar systeem

Het infiltratiesysteem wordt automatisch uitgezet indien:

- 1) Het zoutgehalte van het infiltratiewater te hoog wordt;
- 2) De grondwaterstand in de percelen te hoog wordt;
- 3) Er geen aanvoer van zoet water is.

De eerste twee drempelwaarden kunnen door de ondernemers zelf ingesteld worden.

Het peilgestuurde infiltratiesysteem is trapsgewijs aangelegd om wateroverlast in de lagere delen van de kreekrug te voorkomen. Het drainageniveau is per trap door de ondernemer zelf eenvoudig in te stellen. De investeringskosten zijn relatief laag: slechts een peilgestuurd drainagesysteem en een kleine pomp.

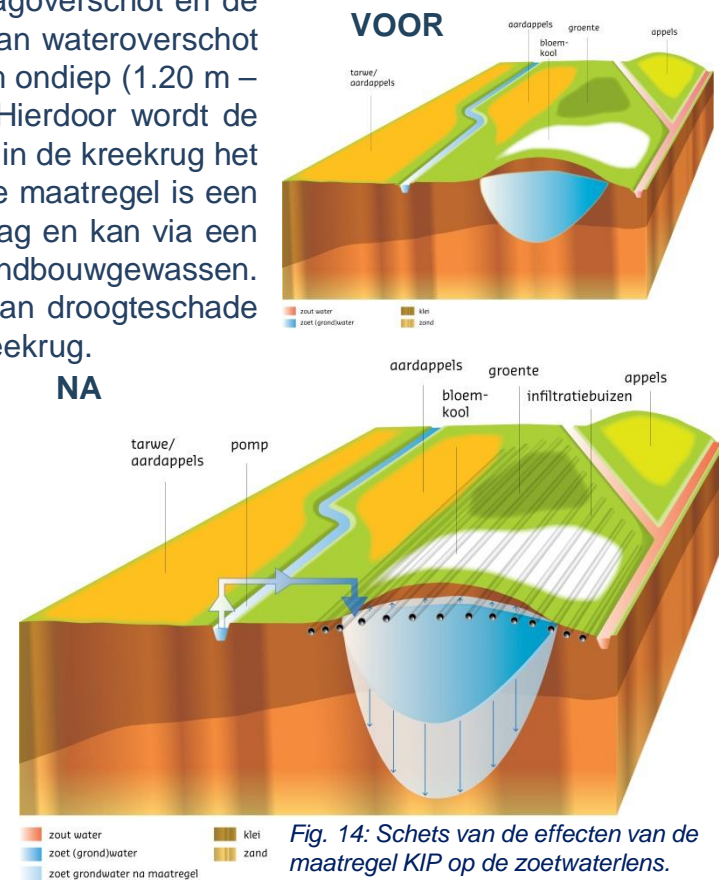


Fig. 14: Schets van de effecten van de maatregel KIP op de zoetwaterlens.

# Hydrologische haalbaarheid Kreekrug Infiltratie Proef



Modelresultaten en metingen zijn veelbelovend voor de hydrologische haalbaarheid. Veel detail in meetresultaat (tijd en ruimte).

## Aanpak

Een uitgebreid meetnet is ingericht om het grondwater systeem te begrijpen en te optimaliseren. Het meetnet geeft inzicht in 1. de zoet-zoutverdeling van het grondwater (ruimtelijke verdeling en in de tijd); 2. de stijghoogte / grondwaterstanden; 3. het infiltratiedebiet. De metingen worden ook gebruikt voor kalibratie van het 3D zoet-zout grondwatermodel. Dit model berekent korte- en lange-termijn effecten van de maatregel.



Fig. 15 : Schets van het drainageplan.

Techniek/naam (aantal)	Type / principe	Doel
Divers in peilbuizen (12)	Metten van de waterdruk	Grondwaterstand in de tijd
EM 31 (1)	Elektromagnetische methode voor het meten van de EC van de ondergrond/formatie	Snelle karting van lithologie en/of EC grondwater van de bovenste 6 meter van de ondergrond
CVES (8 van 0-situatie)	Geo-elektrische methode om de EC van de ondergrond te bepalen	2D beeld (dwarsdoorsnede) van de combinatie van lithologie en EC grondwater
Minifilters (3*6 dieptes)	Bemonsteren van grondwater op diepte via kleine filters (0.4 m)	Bepalen van de formatie factor en 'ground truthing'
SMD; Subsurface Monitoring Device (1)	Geo-elektrische methode om de EC van de ondergrond te bepalen. (verticale resolutie 10-20 cm, tijdsresolutie 1 dag)	Monitoren EC van het grondwater door de tijd
Boorbeschrijving (1)	Lab-analyse	Bepalen van lithologie, porositeit en formatie factor
SlimFlex (6)	Elektromagnetische methode voor het meten van de EC van de ondergrond/formatie	Bepalen van de lithologie en EC grondwater via een sonde in een peilbuis.
Elektrische sonderingen (5)	Metten van de kleef, conusweerstand, waterspanning en EC van de ondergrond	Bepalen van de lithologie en EC grondwater
EC slootwater	EC meter	Bepalen van EC infiltratiewater
Debietmetingen	Metten van het debiet van de pomp	Bepalen hoeveel water er infiltreert



# Resultaten van de Kreekrug Infiltratie Proef



Metingen tonen twee meter verdikking van de zoetwaterlens onder de kreekrug na één jaar infiltratie.

## Metingen Kreekrug Infiltratie Proef

Aan de hand van bestaande data en nulmetingen is een goed beeld verkregen van de geologie en de huidige verdeling van zoet en zout grondwater. Deze kennis is gebruikt voor het ontwerp van het monitoringsnetwerk. Het monitoringsnetwerk bestaat uit verschillende, complementaire meettechnieken. Uit onderzoek zal moeten blijken welke (combinatie van) meettechnieken het meest geschikt is. Een verhoging van de grondwaterstand is gerealiseerd (tot 50 cm hoger in de kreekrug) terwijl er geen verhoging van de grondwaterstand in de omgeving is waargenomen. Midden op de kreekrug is het zoet-zout grensvlak binnen 1 jaar 2 meter gezakt; aan de zijkanten van de kreekrug is dit enkele decimeters. De geschatte toename van de zoetwatervoorraad tussen mei 2013 en februari 2014 bedraagt 12000m<sup>3</sup>, gebaseerd op alle metingen. Ook de zomerbuizen van 2013 konden gebruikt worden voor infiltratie in de kreekrug.

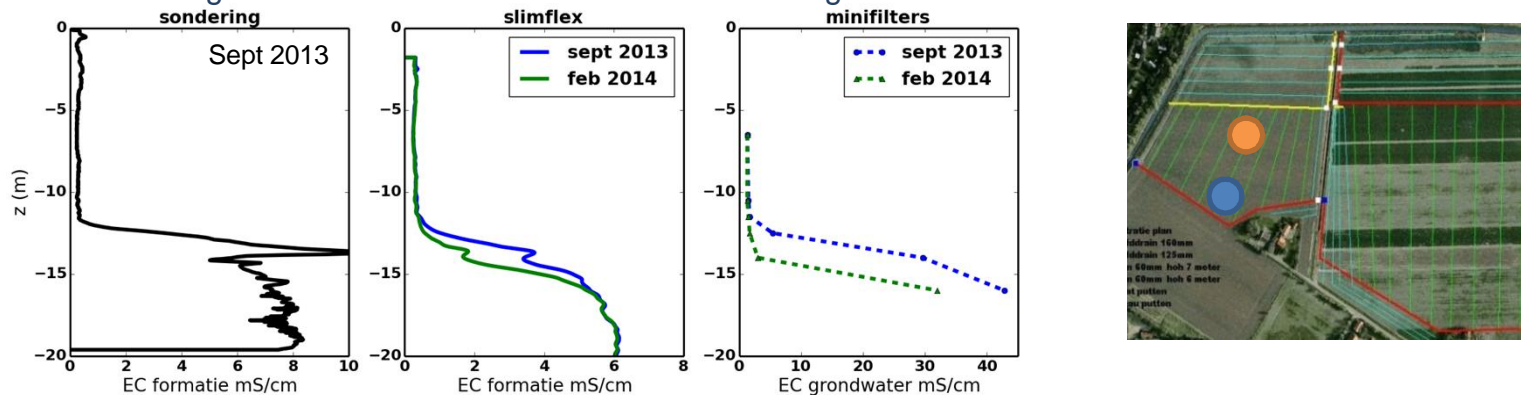


Fig. 16: 3 typen metingen (sondering, SlimFlex en minifilters) op dezelfde locatie (blauwe stip in figuur rechts) in de kreekrug. De oranje stip geeft de locatie van de subsurface monitoring device (SMD) weer (zie fig. 17, volgende pagina).

# Resultaten van de Kreekrug Infiltratie Proef



Model toont groei zoetwaterlens van een paar meter op korte termijn en tientallen meters op lange termijn.

## Model Kreekrug Infiltratie Proef

### Model

Van de zoetwaterlens in de kreekrug is een SEAWAT 3D model ontwikkeld waarmee de grondwaterstroming en het zout transport kan worden berekend (zie voor meer informatie: Pauw *et al.*, submitted to Hydrogeology Journal). Met dit model kan bepaald worden wat de korte en lange termijn effecten zijn (dikte lens, stijghoogte/grondwaterstanden, kwel/infiltratie). Een tweede doel is het begrijpen van het grondwater systeem.

### Kalibratie en scenario's

Het model is gekalibreerd met behulp van de nulmetingen: de diepte van het zoet-zout grensvlak en de dynamische grondwaterstand. Ook zijn de effecten van de maatregel op de lange termijn bepaald (fig. 17). Het gekalibreerde model laat een goede overeenkomst zien met de veldmetingen. Het scenario voor de effecten op lange termijn berekent dat na elk infiltratie-seizoen het zoet-zout grensvlak weer iets omhoog komt, maar dat er netto verlaging plaatsvindt (fig. 17). Op lange termijn leidt de maatregel tot een significante uitbreiding van de zoetwaterlens in de kreekrug: binnen 10 jaar wordt de lens 15 meter dikker, binnen 20 jaar 20 m dikker.

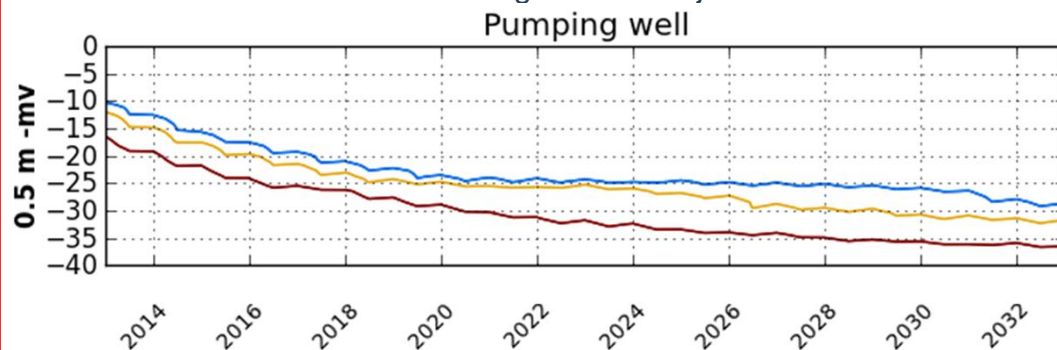


Fig. 17: Gemodelleerde ontwikkeling van de zoetwaterlens in de kreekrug. Rood = 10000 mg/L Cl (zout), oranje = 1000 mg/L Cl (brak) en blauw = 150 mg/L Cl (zoet). In het winterhalfjaar wordt een peil van 0.5 m onder maaiveld aangenomen.

# Resultaten Kreekrug Infiltratie Proef



Spectaculaire resultaten: de grondwaterstand gaat omhoog en het zoetzout grensvlak zakt tot 2 m. Nu de komende jaren de trend meten!

Sinds de aanleg in april 2013 heeft het enkele weken in mei 2013 veel geregend, voordat de zomer aanbrak. De gewenste verhoogde grondwaterstand (+0.5 m) benodigd voor het zakken van het zoet-zout grensvlak (naar -25 m -mv in 10 jaar) is toen direct gerealiseerd. Ook zakte het zoet-zout grensvlak in deze weken al voorzichtig met 15 cm. In de winter van 2013 – 2014 is het peil lang hoog gehouden, waardoor een significante verdieping van de zoetwaterlens is gerealiseerd.

Opschaling van de Kreekrug Infiltratie Proef laat zien dat niet alleen deze kreekrug kansen biedt voor dit systeem. Schattingen uit een detailstudie op Walcheren laten zien dat 12 % van het landbouwgebied kan profiteren van deze maatregel (Sommeijer, 2013; Sommeijer *et al.*, 2013).

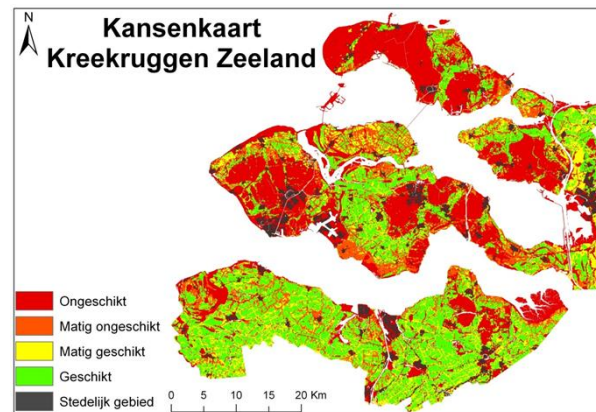


Fig. 18: kansenkaart voor opschaling van de Kreekrug Infiltratie Proef. Detail metingen zijn nodig voor een verdere analyse.

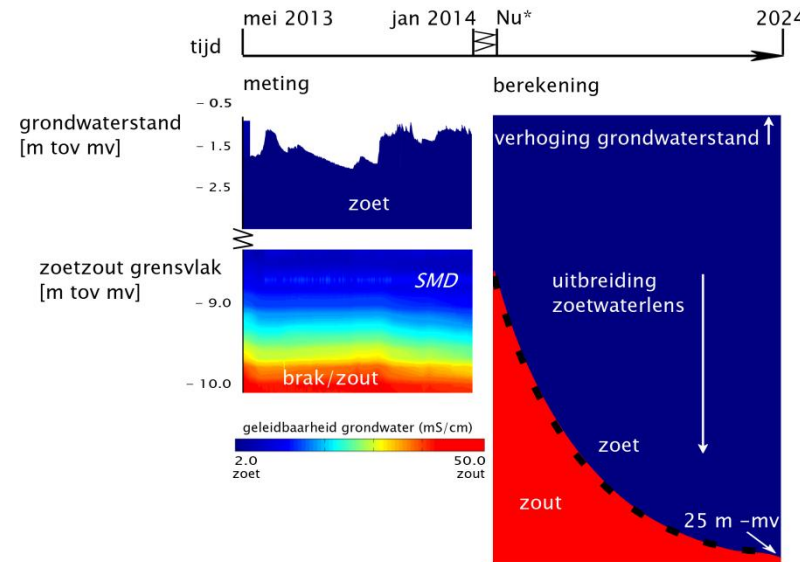


Fig. 19: Vergroten van de zoetwaterlens door verhogen grondwaterstand door infiltratie oppervlaktewater. Links: metingen van de SMD. Rechts: numeriek zoet-zout model berekening voor de toekomst.



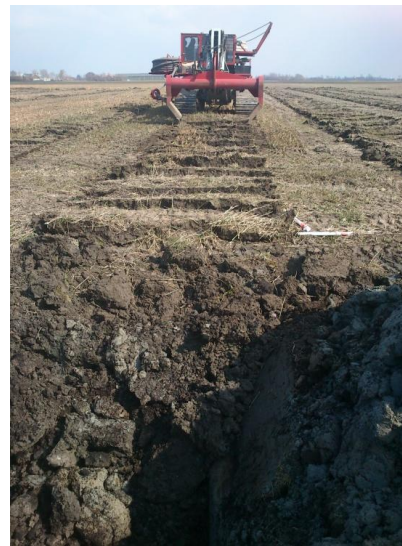
# Drains2Buffer



1. Inleiding
2. Beschrijving van de maatregel
3. Hydrologische haalbaarheid
  - Aanpak
  - Metingen
  - Modellen
4. Resultaten



Locatie proef: Kerkwerpe, Schouwen-Duiveland



## Inleiding Drains2Buffer



Dunne regenwaterlenzen in zoute kwelgebieden zijn belangrijk voor landbouwgewassen. Maar ook kwetsbaar.

Zoutschade aan gewassen vindt plaats doordat het water waarmee de planten in aanraking komen brak tot zout is. Dit water komt rechtstreeks uit de ondergrond (zout grondwater via capillaire opstijging leidt tot hogere zoutconcentraties in de wortelzone) of via beregening met grondwater of oppervlaktewater. In zoute kwelgebieden is landbouw mogelijk dankzij de dunne zoete tot brakke regenwaterlenzen die drijven op het zoute grondwater.

Echter, op enkele plaatsen in het Nederlandse kustgebied zijn deze regenwaterlenzen zo dun of zelfs afwezig dat zoutschade optreedt aan gewassen. Op veel plaatsen in onze Zuidwestelijke Delta zijn deze regenwaterlenzen erg kwetsbaar; zeespiegelstijging, bodemdaling en langdurige droogte vormen een risico voor het voortbestaan van deze regenwaterlenzen.

In de zoute kwelgebieden wordt nu vaak het ondiepe zoete/brakke grondwater door drainagebuizen afgevoerd naar de (vaak al zoute) sloten. De afgelopen jaren heeft veel onderzoek plaatsgevonden naar deze regenwaterlenzen (Louw et al., 2011, Louw et al., 2013, Velstra et al., 2012) en groeit het idee dat deze regenwaterlenzen robuust kunnen worden gemaakt waardoor de zoetwatervoorraad in de grond iets kan toenemen en het negatieve effect van klimaatverandering kan worden verminderd. Hierbij gaat het om directe schadebestrijding, niet om voorraadvorming.

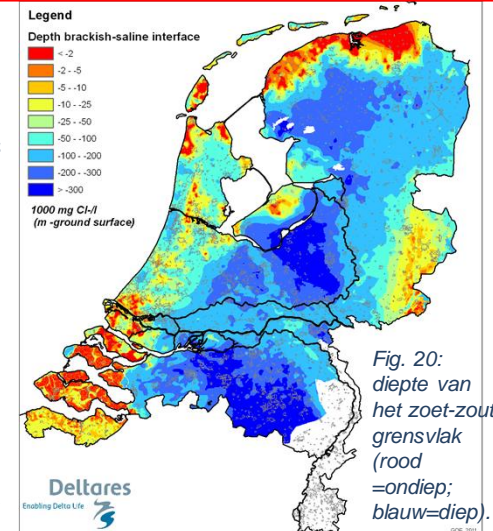


Fig. 20: diepte van het zoet-zout grensvlak (rood = ondiep; blauw = diep).

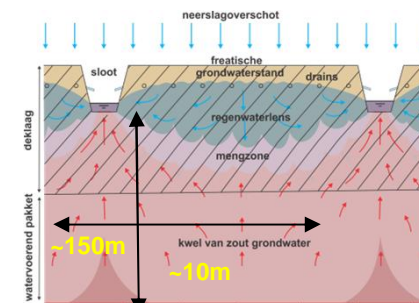


Fig. 21: concept van een regenwaterlens in een zout kwelgebied.

## Maatregelbeschrijving Drains2Buffer



Diepe peilgestuurde drainage voert zout grondwater af. De regenwaterlens groeit door het natuurlijk neerslagoverschot.

### Doelstelling

Zoetwatorraad in de ondiepe ondergrond in zoute kwelgebieden vergroten door regenwaterlenzen te laten groeien. Hierdoor ontstaan klimaatrobuste regenwaterlenzen en wordt zoutschade aan gewassen voorkomen.

### Methode: diepe peilgestuurde drainage

Door gebruik te maken van peilgestuurde diepe drainage wordt het zoute grondwater afgevoerd naar de sloten en kan de zoetwaterlens groeien door natuurlijke aanvulling van zoet water uit het neerslagoverschot. De grondwaterstand verandert niet door deze maatregel.

### Locatie

Deze maatregel ligt in een akkerbouwperceel van Rien van den Hoek in Kerkwerpe op Schouwen-Duiveland. Dit perceel ligt op ~2 m-NAP en heeft vanaf 1.2 – 1.5 m-mv slappe klei.

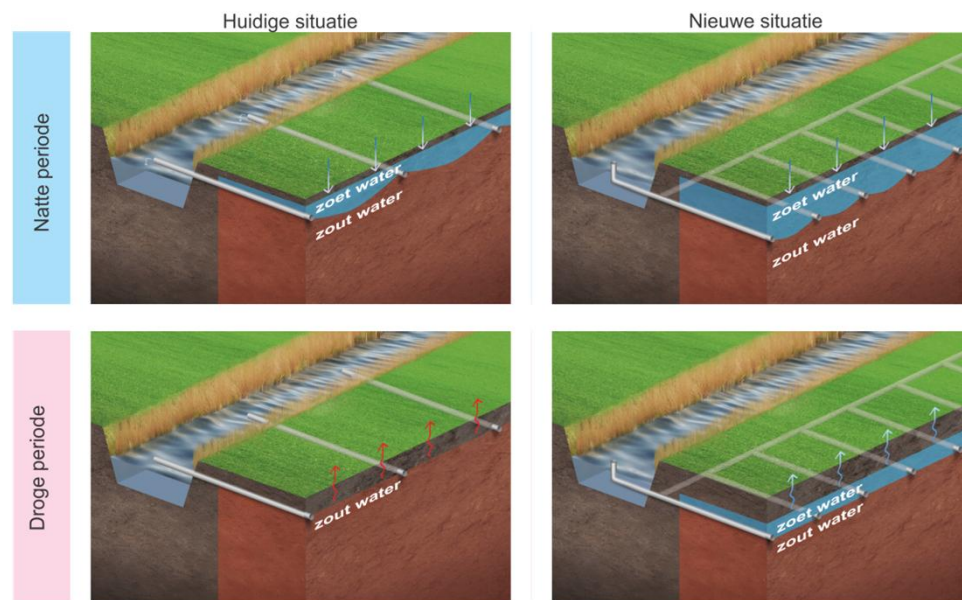


Fig. 22: Schets van de maatregel Drains2Buffer.



# Hydrologische haalbaarheid Drains2Buffer

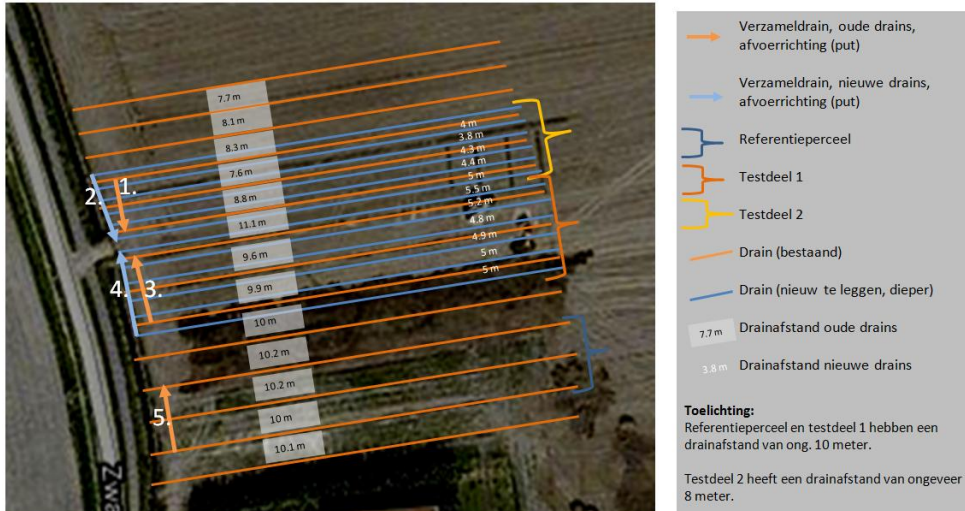


## Afweging maximaal effect maatregel en praktische uitvoerbaarheid

### Aanpak (1)

#### Drainageontwerp

Gekozen is voor een zo'n diep mogelijke aanleg van de drainagebuizen om een maximaal effect te bereiken in de aangroei van de regenwaterlens in de beperkte doorlooptijd die de maatregel heeft. De maximale diepte is beperkt door de aanwezigheid van ongerijpte klei op ca. 1,2m; dit is de diepte van de drainage geworden. Het proefperceel is opgezet met één referentie perceel waar de huidige situatie wordt gemeten. Op twee proefpercelen is peilgestuurde drainage aangelegd. Het verschil tussen de twee proefpercelen is de drainafstand. De drainafstand van de peilgestuurde drainage is afhankelijk gemaakt van de uitgangssituatie.



#### Oude drainage:

- Afstand 8 – 10 m
- Diepte 0.6 – 0.9 m – mv

#### Nieuwe drainage:

- Afstand 4 – 5 m
- Diepte 1,20 – 1,30 m – mv
- Peil op 0,6 – 0,9 m-mv

Fig.23: Drainageontwerp van de maatregel Drains2Buffer.

# Hydrologische haalbaarheid Drains2Buffer



## Complexe meetcampagne voor hoogfrequente metingen en hoge resolutie

### Aanpak (2)

#### Doel meetopstelling

De meetopstelling en keuze van meetapparatuur is gericht op hoogfrequente metingen met een hoge resolutie om zo goed mogelijk de veranderingen in zoet-zout verdeling grondwater binnen de duur van de maatregel waar te kunnen nemen.

#### Opzet meetopstelling

De nulmeting van het proefperceel en de karakteristieken van de regenwaterlenzen zijn voor de periode 2010 - 2011 vastgelegd (De Louw, 2011 en 2013). Er wordt nu op drie proefpercelen gemeten:

- Grondwaterstand op en tussen de drains
- Ontwikkeling van het zoutgehalte in het grondwater op verschillende manieren o.a.:
  - CVES ( 2D geofysica meting, zie figuur), meting 2x per jaar
  - TRIME (meting van 1D profiel zoutgehalte (on)verzadigde zone, enkele keren per jaar
  - Prikstok (meting van 1D profiel zoutgehalte), enkele keren per jaar
  - ResProbe (meting van 1D profiel zoutgehalte), resolutie 5 cm en frequentie ½ uur

# Resultaten van Drains2Buffer



## Veranderingen regenwaterlens observeren met gedetailleerde metingen

### Metingen Drains2Buffer

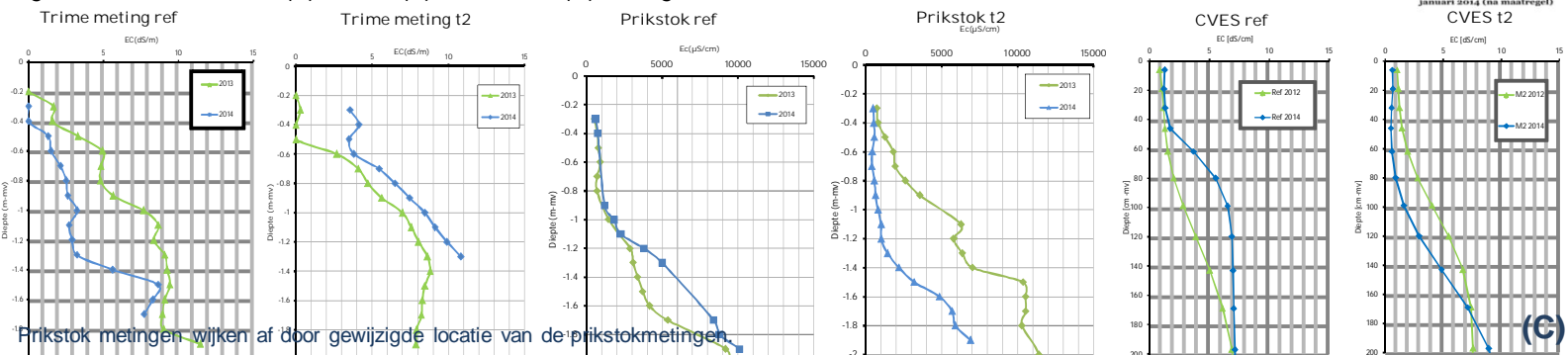
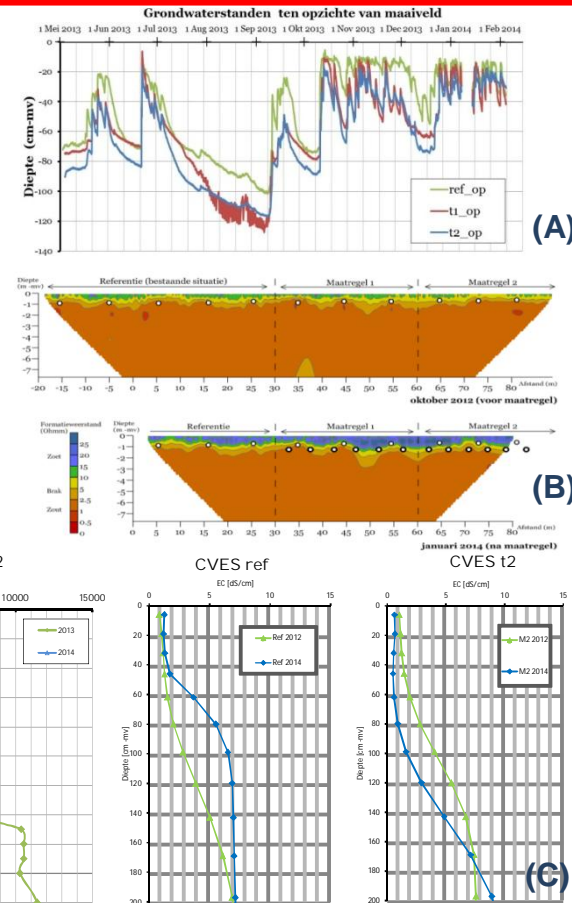
#### Grondwaterstand (A)

Sinds okt. 2013 is het perceel zeer nat; terug te zien in grondwaterstanden tot aan maaiveld. De grondwaterstand in referentiedeel ligt vaak hoger dan waar de maatregelen zijn genomen. Mogelijke oorzaak hiervan is de intensievere drainage in de perceelsdelen van de maatregelen (t1 en t2).

#### CVES (B) Trime en Prikstok (C)

Locatie van bestaande drainage is veelal herkenbaar in het meetresultaat van de CVES. Er is een geringe verzoeting zichtbaar in 2014. Dit lijkt echter een seizoenseffect te zijn want een vergelijkbare verzoeting treedt op bij het referentie deel. Vergelijkbare effecten treden op in de andere metingen.

Fig. 24: Grondwaterstand (A), CVES (B) en Prikstok (C) metingen.



Prikstok metingen wijken af door gewijzigde locatie van de prikstokmetingen.



# Resultaten van Drains2Buffer



Het model voorspelt een 40 cm verdikte stabiele zoetwaterlens na 4-5 jaar.

## Model Drains2Buffer

Met een dichtheidsafhankelijk grondwatermodel met gekoppeld zouttransport (MOCDENS3D, 2D model) zijn berekeningen gemaakt ter ondersteuning van het ontwerp van de drainage en voor het voorspellen van de effecten van de maatregel. Dit model is gecalibreerd met metingen (zoetzout en stijghoogte) van de nulsituatie. Na de ingreep in het drainagesysteem kost het tijd tot een nieuwe evenwichtssituatie van de regenwaterlens zich heeft ingesteld.

Modelberekeningen tonen dat dit ca. 4-5 jaar duurt. Bij het ontwerp en het monitoringsplan is hiermee rekening gehouden.

### Conclusies uit het model

- Toename van de zoetwaterlens ongeveer 40 cm
- Nieuwe zoet-zout grens grondwater zakt tot de nieuwe drainagediepte
- Na 4 jaar is een nieuwe stabiele zoetwaterlens ontstaan (indien andere factoren constant zijn)
- Toename na ½ jaar ~ 10 cm , na 1 jaar ~ 20 cm

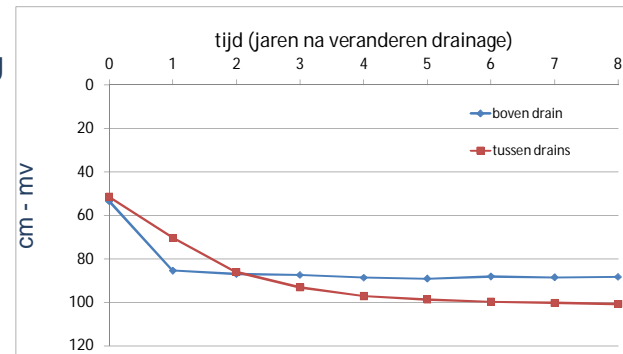


Fig. 25: verlaging van het zoet-zout grensvlak tussen en boven de drains.

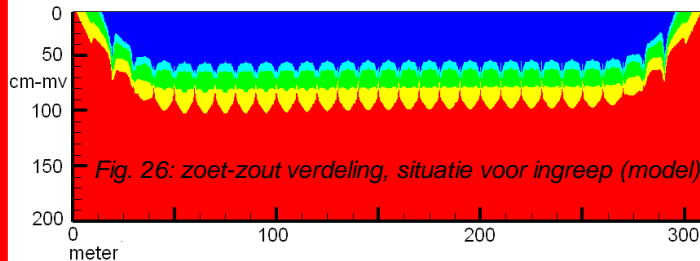


Fig. 26: zoet-zout verdeling, situatie voor ingreep (model)

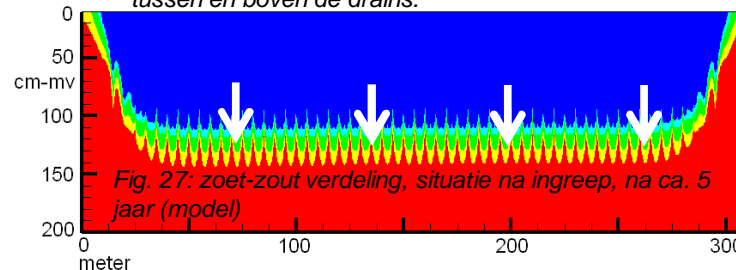


Fig. 27: zoet-zout verdeling, situatie na ingreep, na ca. 5 jaar (model)

## Resultaten Drains2Buffer



De eerste meetresultaten uit het veld worden verwacht.  
Modelberekeningen laten zien dat de lens decimeters groeit.

### Resultaten

De drainagebuizen liggen sinds april 2013 in het veld. Per februari 2014 is minder dan 1 winter aan metingen beschikbaar. In deze rapportage worden slechts de eerste resultaten gepresenteerd.

### Voorlopige conclusies

- Drainerende werking nieuwe diepe drainage beter en sneller dan oude drainage; water draineert van de gewenste diepte (1.20 m-mv)
- Het is nog niet mogelijk vast te stellen of de voorzichtige effecten van verzoeting seizoenseffecten zijn of effecten van de maatregel
- Model laat groei van ~10 cm zien na een half jaar; met metingen is dit kleine verschil lastig aan te tonen

### Vervolgstappen:

- Optimaliseren drainagesysteem:
  - niveau diepe drains hoger, op oude drainage-niveau
  - ondiepe drains 'dicht' zetten; diepe drains voeren snel genoeg en voldoende af
  - drainagetest: peil verhogen en snel verlagen
- Vertaling ResProbe monitoring naar EC grondwater. Vertaling naar formatiesweerstand is nog in ontwikkeling; door diefstal en vernieling ontbreekt deel van de metingen
- Calibratie model met behulp van metingen maatregel
- Uitbreiden monitoring met debieten en EC drainagewater en nauwkeurige peilen drainage

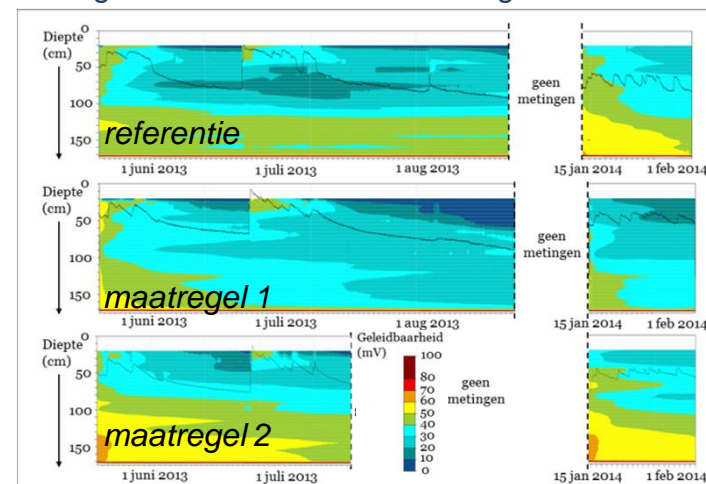


Fig. 28: Resprobe resultaten laten de geleidbaarheid zien.



## 5. Sociaaleconomische haalbaarheid

Jeroen Veraart  
Jan Vreke



# Sociaaleconomische haalbaarheid

## Inleiding en doel



Sociaaleconomische haalbaarheid is een containerbegrip, waaraan eenieder zijn eigen invulling kan geven. In dit onderzoek hebben we het begrip benaderd vanuit zowel een regionaal en bedrijfseconomisch perspectief. Er is onderzocht hoe de sociaaleconomische haalbaarheid van de drie maatregelen bepaald kan worden voor een akkerbouw en fruitteelt bedrijven.

Inzichten over bedrijfseconomische opbrengst en gebruikersgemak spelen een grote rol bij de ondernemer. Tegelijkertijd wordt vanuit het maatschappelijk perspectief gekeken naar de effecten van toepassing van de technologie op zaken zoals welvaart, milieu en regionale economisch ontwikkeling.

### Daaruit vloeien de volgende onderzoeksvragen:

- Welke criteria zijn van belang om de sociaaleconomische haalbaarheid te bepalen vanuit de betrokken stakeholders en onderzoekers binnen het GO-FRESH project?
- Hoe beoordeel je vervolgens de sociaaleconomische haalbaarheid van deze drie experimenten en de opschaling daarvan op basis van deze criteria?



# Sociaaleconomische haalbaarheid



Onderwerpen en evaluatiemethode zijn vastgesteld met stakeholders

## Aanpak

De beoordeling van de sociaaleconomische haalbaarheid van de GO-FRESH technologieën bestaat uit het vergelijken van verschillende grootheden zoals de hoeveelheid extra zoet water (m<sup>3</sup>) die de technologie oplevert, netto landbouwopbrengsten (€ ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>), (investerings)kosten (€), juridische aspecten en gebruikersgemak (Veraart en Vreke, 2013).

Het denkkader van een multicriteria-analyse (MCA) is gebruikt om de beoordeling van verschillende grootheden uiteindelijk te kunnen doen op een schaal van -1 tot +1. De **subcriteria** (blauw) zijn vastgesteld in overleg met ZLTO, de Provincie Zeeland, STOWA, bij de experimenten betrokken landbouw- en drainagebedrijven, en onderzoekers van Deltares, WUR, Acacia-Water, KWR en HZ. Daarna zijn deze subcriteria op verschillende manieren hiërarchisch ingedeeld (zie tabel hiernaast en volgende pagina). De **aspecten** (geel) corresponderen met de fases bij de invoering. De **criteria** (roze) beschrijven de onderwerpen die bij een aspect aan de orde zijn. Na het selecteren van indicatoren zijn de volgende stappen te nemen:

- kwantificeren/Kwalificeren van de subcriteria (**projectdoel**)
- beoordelen op een schaal van -1 tot 1 (toekomstige toepassing)
- het toepassen van wegingsfactoren (toekomstige toepassing)
- hiërarchie aanbrenge(n) (**projectdoel**) en agregatie van subscores (toekomstige toepassing)

aspect	criterium	subcriterium
<b>haalbaarheid</b>		
	<b>juridisch</b>	
		invloed vigerende regelgeving
		vergunningverlening
		kans dat vergunning niet wordt verleend
	<b>fysiek</b>	
		adequate beschikbaarheid water
		adequate waterafvoer
		invloed op bodemkwaliteit
		invloed op kwaliteit grondwater
	<b>economisch</b>	
		netto opbrengst
		voorkomen grote schade
		kosten techn/m3 water (100mm, afschr. 15jr)
<b>uitvoerbaarheid</b>		
	<b>technologie</b>	
		gebruiksgemak
		kans op storingen
	<b>fysiek</b>	
		kans adequate beschikbaarheid water
		kans adequate waterafvoer
	<b>economisch</b>	
		terugverdienperiode
		ratio levensduur/terugverdienperiode
		bedrag van de investering
<b>prestaties</b>		
	<b>economisch</b>	
		bedrijfszekerheid
		extra inkomsten door aanleg technologie
		continuïteit van het bedrijf
	<b>omgeving</b>	
		invloed afvoer op waterkwaliteit
		invloed op landschap
		mogelijkheden andere watergebruikers

## Sociaaleconomische haalbaarheid



### Verschillende perspectieven op sociaaleconomische factoren

	Betrokken technische experts	Betrokken Bedrijven en Draineurs	Betrokken Regionale overheden
<b>Hydrologische prestaties</b> (extra water voor het gewas) (m <sup>3</sup> , mm)	Belangrijk, zij nemen aan dat de technologieën significant extra water opleveren;	Belangrijk, technologieën zijn veelbelovend;	Belangrijk, maar zij wijzen ook op de onzekerheden over de hydrologische prestaties;
<b>Betrouwbaarheid c.q. leveringszekerheid</b>	Gericht op verminderen zout- en droogte schade en een klimaatbestendige zoetwatervoorziening	Gericht op een betrouwbare zoetwatervoorziening op het perceel en klimaatbestendig	Gericht op – Voedselzekerheid, –Zelfvoorzienendheid (water) en Klimaatbestendig
<b>Wet en regelgeving</b>	Verminder complexiteit	Verminder complexiteit	Wel noodzakelijk, erkenning dat het complex is.
<b>Bedrijfseconomisch</b>	- CBA op bedrijfsniveau (Δ€ ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> ) - Kosteneffectiviteit (€ m <sup>-3</sup> ) - Terugverdientijd (yr)	Jaarlijkse kosten op perceel Kosteneffectiviteit (€ m <sup>-3</sup> )	CBA, maar ook gericht op alle actieve agrarische bedrijven in de regio (Δ€ ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
<b>Gebruikersgemak</b>	Erkend	Heel Belangrijk	Erkend
<b>Regionale milieu effecten</b>	Waterkwaliteit	De vergunning bepaald de grenzen	Waterkwaliteit, ecologie en landschap
<b>Regionale economische effecten</b>	CBA voor de hele regionale agrarische sector (opschaling); (Beschouwd in project €ureyopener)	Concurrentievoordeel of gezamenlijke zoetwatervoorziening	Eerlijke verdeling van kosten en baten van zoetwatervoorziening



## Sociaaleconomische haalbaarheid



### Verschillende perspectieven op sociaaleconomische factoren (WP3 en WP4)

- Het was moeilijk om 1 bedrijfseconomische kengetal te kiezen waar alle betrokkenen over de relevantie het helemaal eens waren. Dit hangt nauw samen met onzekerheid over de hydrologische presetaties;
- Echter, gedurende het project (2012-2014) is het vertrouwen bij de betrokkenen gegroeid dat de technologieën daadwerkelijk extra zoet water kunnen leveren ondersteund door veelbelovende meetresultaten uit de experimenten (Veraart *et al.*, submitted to Water Resources Management);
- Betrouwbare zoetwatervoorziening (leveringszekerheid op het perceel) en wet- en regelgeving op maat voor kleinschalige toepassing blijken de meest doorslaggevende factoren te zijn voor ondernemers en beleidsmakers om wel of niet in deze technieken te investeren.



## Sociaaleconomische haalbaarheid



### Het concept rekenschema voor de berekening van de netto meeropbrengst door toepassing van de innovaties

#### Kwantificeren en kwalificeren van subcriteria

Bij veel subcriteria ontbreken de data om deze exact te kunnen kwantificeren tijdens deze experimentele fase. Er is prioriteit gegeven aan de berekening van de *netto meeropbrengst van extra zoetwatervoorziening*), *terugverdientijd* en *investeringskosten m<sup>-3</sup> zoetwater*. De overige subcriteria zijn kwalitatief geschetst.

#### Stappen berekening netto meeropbrengst en kosten indicatoren van extra zoetwatervoorziening

1. Bepaling bruto opbrengst voor ieder gewasoppervlakte uit het bouwplan in de referentiesituatie (zonder extra zoetwater) door oogst (kg) te vermenigvuldigen met gewogen gemiddelde prijzen (5 jaar) beiden op basis van KWIN-AGV en FRUIT van PPO Wageningen UR (inclusief BTW);
2. Marginale opbrengst bepaald in de referentiesituatie door kosten van arbeid, bemesting en grondbewerking (etc.) af te trekken van de bruto opbrengst;
3. De marginale opbrengst met extra zoet water is berekend door de marginale opbrengst in de referentie situatie te vermenigvuldigen met  $(1/(1-\text{potentiële schadereductie}^*))$ ;
4. De jaarlijkse kosten van de toepassing van de technologie bestaan uit (a) afschrijving, (b) beheer en onderhoud en (c) vergunning. De afschrijving is berekend door de investeringskosten door 15 jaar te delen (schatting levensduur);

5. De Netto meeropbrengst is berekend door: 
$$\frac{\text{Marginale opbrengst (met extra)} - \text{Marginale opbrengst (referentie)}}{\text{Jaarlijkse kosten}}$$

## Sociaaleconomische haalbaarheid



Vereenvoudigingen en aannames waren nodig bij de bepaling van de subcriteria in afwachting van de experimentele resultaten

*Er zijn aannames gemaakt over **agrohydrologische, bedrijfseconomische en economische** onzekerheden:*

- De drie technologie-combinaties resulteren in evenveel extra zoet water (100 mm) voor het gewas, via het bodemvocht of beschikbaar voor beregening;
- Voor de akkerbouw is aangenomen dat 100 mm extra zoet water een gewasopbrengst reductie compenseert van 8 tot 15% in een matig droog jaar. Binnen deze onzekerheidsmarges is gerekend;
- Voor de fruitteelt was de vijfjaarlijkse gemiddelde gewasopbrengst per hectare (2007-2011) beschikbaar voor Elstar (appel) en Conference (peer) met onderscheid tussen boomgaarden met en zonder irrigatie mogelijkheden via PPO (Peppelman en Groot, 2004; PPO, 2012). Met irrigatie is de opbrengst respectievelijk 16% (appels) en 22% (Peer) hoger;
- De investeringskosten van de 3 technologie-combinaties zijn in de experimentele fase hoger (monitoring e.d.). Bij de kosten voor beheer, onderhoud en vergunningskosten is gewerkt met hoge en lage inschattingen van kosten;
- De combinatie van de vijfjaarlijkse gemiddelde opbrengstprijzen en de gemiddelde toename van de fysieke opbrengst bij gebruik van de technologie, geeft een adequate benadering van de invloed van de variabele weersomstandigheden op de financiële opbrengst;
- Invloeden en feedbacks van klimaatverandering, verschillende bodemcondities en verzilting op gewasopbrengst en zoetwatervoorziening kunnen lokaal zeer verschillen en niet gekwantificeerd;
- De mix van gewassen (het bouwplan) die een individuele akkerbouwer of fruitteeler heeft is uniek;
- Lange termijn ontwikkeling van de markt voor landbouwproducten en prijsontwikkelingen.
- De verwachte levensduur van de toegepaste infiltratie en drainage technieken is 15 jaar;



## Sociaaleconomische haalbaarheid



### Toepassing van concept rekenschema met illustratieve voorbeelden in de fruitteelt en akkerbouw

Er is een concept rekenschema gemaakt om de netto opbrengst te bepalen die de extra zoetwatervoorziening oplevert onder *verschillende aannames over kosten en baten* waarbij *verschillende bedrijfsoppervlakten* ingesteld kunnen worden voor bouwplannen met aardappel, zomertarwe, wintertarwe, bloemkool, suikerbieten, zaai ui, appels (Elstar) en peer (Conference). In deze rapportage illustreren we het algemeen rekenschema voor de netto opbrengst bepaling aan de hand van fictieve voorbeelden (zie tabel) in de **akkerbouw en fruitteelt** voor de 3 GO-FRESH experimenten. Voor Referentie en alternatief bouwplan is (a) het effect van extra zoetwatervoorziening (**scenario 1**) en (b) een wijziging in bouwplan met extra zoetwatervoorziening (**scenario 2**) op bedrijfseconomische kengetallen berekend.

**Tabel:** Overzicht van fictieve voorbeelden waarvoor bedrijfseconomische kengetallen zijn ingeschat.

	Fruitbedrijf 1	Fruit bedrijf 2	Akkerbouwbedrijf	
<i>Technologie-combinatie</i>	<i>Freshmaker</i>	<i>Freshmaker</i>	<i>Kreekrugproef</i>	<i>Drains2buffer</i>
Oppervlakte (ha)	15	15	40	40
Referentie Bouwplan	100% Elstar	75% Elstar, 25% Conference	Aardappel (25%), ui (25%), suikerbiet (25%), bloemkool (25%)	
Alternatief bouwplan met meer renderende gewassen	50% Elstar, 50% Conference	50% Elstar, 50% Conference	Aardappel (25%), ui (25%) en bloemkool (50%)	

# Sociaaleconomische haalbaarheid



## Toepassing van concept rekenschema met illustratieve voorbeelden in de fruitteelt en akkerbouw

Bedrijfseconomische indicatoren	Fruitbedrijf 1 (15 ha)	Fruitbedrijf 2 (15 ha)	Akkerbouwbedrijf (40 ha)	
<b>Technologie combinatie</b>	<i>Freshmaker</i>		<i>Kreekrug Infiltratie Proef</i>	<i>Drains2Buffer</i>
<b>Investeringskosten</b> (gebaseerd op de kosten van de experimenten)	56000		80000	100000
<b>Kosteneffectiviteit</b> (€ m <sup>-3</sup> )	0.32 – 0.57* (in de maximum schatting zijn monitoringskosten infiltratie besluit bodem meegenomen)		Wel berekend, maar zonder onzekerheidsmarges. Is dit wel een relevant kengetal voor deze technologieën	
<b>Terugverdientijd</b>	Wel berekend, maar geeft geen plausibele uitkomsten met dit concept rekenschema.			
<b>Jaarlijkse kosten</b> (incl. afschrijving investering over 15 jaar, beheer, onderhoud, vergunning) (euro)	4800 – 11.000** (3700 afschrijving) Onderhoudintensief		7500 – 8400 (5300 afschrijving) Onderhoudintensief	6700 – 6900 (6700 afschrijving) Onderhoudarm
<i>Jaarlijkse totaal kosten per hectare</i> (€ ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	320-730 (w.v. 250 afschrijving)		190-210 (w.v. 130 afschrijving)	170-175 (w.v. 170 afschrijving)
<b>Scenario 1: Extra zoetwatervoorziening (effect technologie combinatie)</b>				
<b>Netto opbrengst</b> (Δ k€ ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	0.2** – 0.6	0.7** - 1.0	0.1 - 0.7	0.2 - 0.7
<b>Scenario 2: Extra zoetwatervoorziening en gewijzigd bouwplan</b>				
<b>Netto opbrengst</b> (Δ k€ ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	4.5 – 4.9	2.5-2.7	1.1 - 1.7	1.1 - 1.8

## Sociaaleconomische haalbaarheid

Wet en regelgeving omtrent toepassing van de technologieën  
Bron: De tabel is afgeleid uit onderzoek van Peter de Putter (2014)



Activiteit	Freshmaker	Kreekrug Infiltratie Proef	Drains2Buffer
Aanleg (bore hole drilling, etc.)	Vergunning nodig	Vergunning nodig	Hangt van de locatie af;
Infiltration of surface water in aquifer via soil	n.v.t.	Toestemming nodig (Provincie)	n.v.t.
Direct infiltration of surface water in aquifer	Vergunning nodig met monitoring	N.v.t.	n.v.t.
Withdrawal of brackish water from aquifer	Vergunning nodig met monitoring	n.v.t.	n.v.t.
Discharge of brackish ground water in surface water	Vergunning nodig met monitoring	n.v.t.	n.v.t.
Drainage of (brackish) soil water	n.v.t.	Toestemming nodig Waterschap (Keur)	Toestemming nodig Waterschap (Keur)
Withdrawal of freshwater from aquifer (for irrigation)		Vergunning nodig met monitoring	n.v.t.
Aantal vergunningen	5	2	0
Aantal toestemmingen	0	2	1



## Sociaaleconomische haalbaarheid



Wanneer tevens het bouwplan wordt aangepast aan de nieuwe zoetwatervoorziening neemt de netto opbrengst verder toe.

### Bezien vanuit het type bedrijf:

- In de scenario's stijgt de netto opbrengst tussen de 100-1000 €/ha in de gekozen fruitteelt en akkerbouw voorbeelden, afhankelijk van de bedrijfsopzet (zonder teelt switch). Bedrijven met meer renderende gewassen in hun bedrijfsvoering hebben meer profijt van extra zoetwatervoorziening (onder de gebruikte aannames);
- Indien extra zoetwatervoorziening gecombineerd wordt met een gewijzigd bouwplan neemt de netto opbrengst verder toe.
- Het multiplier effect lijkt in de fruitteelt voorbeelden 3 tot 4 maal groter is dan in de akkerbouw. Er moet echter rekening mee worden gehouden dat de netto meeropbrengst voor de fruitteelt is bepaald voor de situatie dat de bomen in volle productie zijn, dus na de aanlooptijd. Appels en Peren hebben respectievelijk 4 en 6 jaar nodig voordat een aangelegd perceel volle productie heeft bereikt;
- Verschillende aannamen over de investeringskosten hebben relatief weinig effect op de netto meeropbrengst doordat deze worden uitgemiddeld over 15 jaar;
- De netto-meeropbrengst van Drains2buffer zijn vermoedelijk geringer dan hier ingeschat wanneer deze toegepast worden op poelgronden; de meeropbrengst hangt in de praktijk af van de bodemkarakteristieken;



## Sociaaleconomische haalbaarheid



De jaarlijkse kosten per hectare verschillen per technologie-combinatie en variëren tussen de 170 en 730 €/ha

### De Freshmaker

- De jaarlijkse kosten ( $\text{Ha}^{-1}$ ) zijn het grootst voor deze technologie. Zij kunnen sterk omlaag gebracht worden wanneer het vergunningstelsel voor infiltratie aangepast wordt voor kleinschalige toepassing. De potentiële netto opbrengst is juist het grootst bij toepassing in de fruitteelt en hoogrenderende gewassen; De kosten voor beheer en onderhoud zijn een onzekerheid;
- De geschatte jaarlijkse kosten ( $320\text{-}730 \text{ € ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ ) worden door het consortium lager ingeschat in vergelijking tot eerder onderzoek (Tolk, 2013). Deze studie noemt een bandbreedte tussen  $730$  en  $2100 \text{ € ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ ;
- Meekoppelkansen: Ook inzetbaar voor nachtvorstbestrijding in het voorjaar en goed combineerbaar met druppelfertigatie (Deze meekoppelkansen zijn niet meegenomen in de netto opbrengst bepaling).

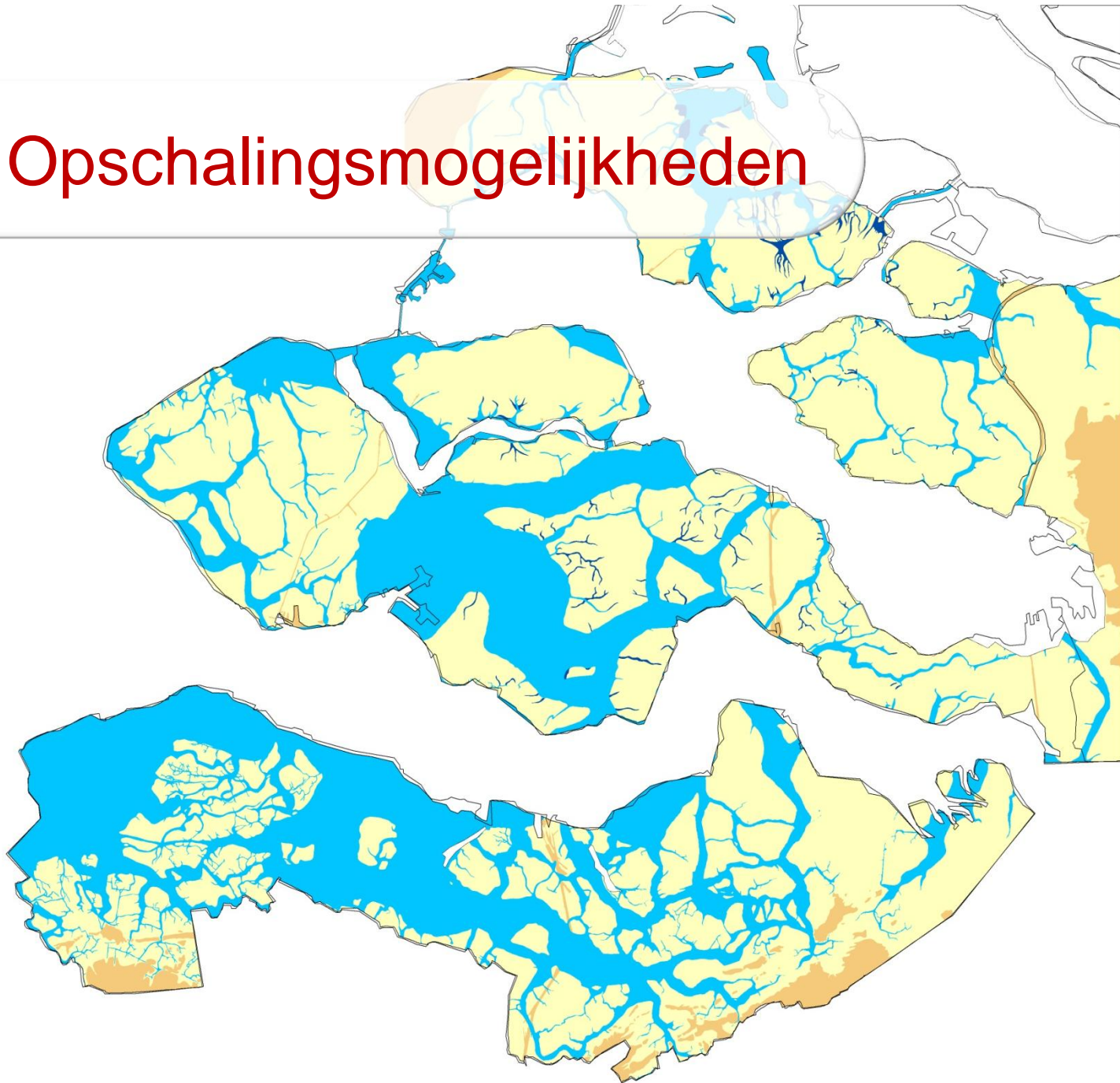
### De Kreekrug Infiltratie Proef

- De jaarlijkse kosten per hectare zijn ingeschat op  $<200 \text{ € ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ , maar in acht moet worden genomen dat de zoetwaterbel onder de Kreekrug een aantal jaren tijd nodig heeft om aan te groeien voordat er water uit onttrokken mag worden (correctie nodig voor aanlooptijd); bij deze technologie spelen onzekerheden over de jaarlijkse kosten voor vergunning en onderhoud, maar deze zijn kleiner in vergelijking tot de Freshmaker;
- Meekoppelkansen: Optimalisatie met andere drainagefuncties, zoals voorkoming van natschade en de bewerkbaarheid van het land is nog niet onderzocht.

### Drains2Buffer

- De jaarlijkse kosten per hectare zijn ingeschat op  $<<200 \text{ € ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ . De initiële investeringskosten zijn hoger in vergelijking tot de Kreekrug omdat meer drainagebuizen nodig zijn per hectare, maar het systeem heeft nauwelijks kosten voor onderhoud en vergunning.
- De netto-meeropbrengst van Drains2buffer zijn vermoedelijk geringer dan hier ingeschat wanneer deze toegepast worden op poelgronden; de netto opbrengst hangt af van de bodemkarakteristieken;
- Meekoppelkansen: Optimalisatie met andere drainagefuncties, zoals voorkoming van natschade en de bewerkbaarheid van het land is nog niet onderzocht.

## 5. Opschalingsmogelijkheden



# Opschalingsmogelijkheden

## De Freshmaker en Fruitteelt uitgelicht



### Juridisch

- Complex vergunningstraject omdat er sprake is van infiltratie van water en lozing van brak/zout water. Voor de maatregel is de vergunning verkregen.

### Fysiek

- Het extra geïnfiltreerde water is direct voor de ondernemer beschikbaar c.q. minder weersafhankelijk vergeleken met de andere twee proeven. Het infiltratie water komt in de proef uit oppervlaktewater en het bassin, elders kan de situatie anders zijn.
- In de lokale situatie van de maatregel zijn effecten op bodemkwaliteit en waterkwaliteit aanvaardbaar geacht (en maximum toelaatbare effecten zijn vastgelegd in de vergunning). Bij ingebruikname van de technologie in andere regio's of bij andere bedrijven kan de situatie anders zijn.

### Technologie

- Eerste resultaten zijn veelbelovend; maar meer praktijkervaring moet nog opgedaan worden voordat er iets gezegd kan worden over zaken zoals gebruikersgemak, storingsgevoeligheid en bedrijfszekerheid.

### Omgeving

- Op een kreekrug bevinden zich meerdere agrarische bedrijven en ook andere gebruiksfuncties die van zoet water afhankelijk zijn; hoe verdeel je en beheer je het water uit de zoetwaterlens en bijbehorende kosten en baten?
- Welke eventuele water- en bodemkwaliteitseffecten zijn maatschappelijk aanvaardbaar (in vergunning)?



# Opschalingsmogelijkheden

## De Kreekrug Infiltratie Proef en akkerbouw uitgelicht



### Juridisch

- Naast een regulier drainage vergunning is ook een vergunning nodig voor de infiltratie van zoet water en onttrekking van zoet water voor eventuele beregening. Vergunningenbeleid is anders voor zoetwaterlenzen <15m). Juridisch is deze technologie complexer dan Drain2buffer maar eenvoudiger in vergelijking tot de Freshmaker (geen lozing van brak water). Het vergunningenbeleid is complex maar wel afdoende om de bedrijfsmatige toepassing af te kunnen wegen tegen maatschappelijke belangen voor alle gebruikers.

### Fysiek

- Bij deze technologie groeit de zoetwaterlens onder de Kreekrug over een langere tijdsperiode, de groeisnelheid van de voorraad is weersafhankelijk en afhankelijk van beschikbaar zoet infiltratiewater. Maar als de extra zoetwatervoorraad op termijn is gecreëerd heb je een constante betrouwbare extra zoetwatervoorziening.
- Effecten op bodemkwaliteit en waterkwaliteit zijn nog niet uitgezocht voor dit drainage ontwerp (voor andere vormen van peilgestuurde drainage wel, zie Stuyt *et al.*, 2013).

### Technologie

- Eerste resultaten zijn veelbelovend; maar er dient eerst meer ervaring in de praktijk mee opgedaan te worden om iets te kunnen zeggen over gebruikersgemak, storingsgevoeligheid en bedrijfszekerheid, met name qua zoet wateraanvoer.

### Omgeving

- Op een Kreekrug bevinden zich meerdere agrarische bedrijven en ook andere gebruiksfuncties die van zoet water afhankelijk zijn; hoe verdeel je en beheer je het water uit de zoetwaterlens en bijbehorende kosten en baten?
- Welke eventuele water- en bodemkwaliteitseffecten zijn maatschappelijk aanvaardbaar (in vergunning)?

# Opschalingsmogelijkheden

## Drains2Buffer en akkerbouw uitgelicht



### Juridisch

- Behoudens de reguliere drainage vergunning zijn er geen extra vergunningen nodig. De overheden zijn ingesteld op deze technologie in hun vergunningen beleid omdat het om een specifieke vorm van drainage betreft.

### Fysiek

- Mits de experimenten aantonen dat de technologie werkt, dan is extra zoet water direct voor het gewas beschikbaar via de bodem, de extra aanvulling met zoet water is echter wel meer weersafhankelijk (neerslag) vergeleken met De Freshmaker (infiltratie van oppervlaktewater) en de Kreekrug Infiltratie Proef.
- Effecten op bodemkwaliteit en waterkwaliteit zijn nog niet uitgezocht voor dit drainage ontwerp (voor andere vormen van peilgestuurde drainage wel, zie Stuyt *et al.*, 2013).

### Technologie

- Eerste resultaten zijn veelbelovend; maar er dient eerst meer ervaring in de praktijk mee opgedaan te worden voordat er iets gezegd kan worden over zaken zoals gebruikersgemak, storingsgevoeligheid en bedrijfszekerheid.

### Omgeving

- Zowel het economisch profijt als eventuele milieukundige bijeffecten (positief en negatief) zijn perceels/bedrijfsgebonden. Toepassing van de technologie zal overigens niet leiden tot competitie om schaars zoet water tussen watergebruikers onderling.

# Opschalingsmogelijkheden



De Kreekrug Infiltratie Proef opgeschaald op Walcheren; op 12% van het totale landbouwareaal kunnen zoetwaterlenzen middels de Kreekrug Infiltratie Proef worden vergroot

## Inleiding

Om een regionaal beeld te krijgen is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd voor kreekruglocaties in het deel van Walcheren ten westen van het Kanaal door Walcheren, Zeeland (Sommeijer, 2013; Sommeijer *et al.*, 2013).

## Geschiktheid kreekruggen

Voor de bepaling van kreekruggen die geschikt zijn voor het vergroten van zoetgrondwatervoorraden is een GIS-analyse uitgevoerd. Deze locaties zijn geïdentificeerd a.d.h.v. 7 (geofysische) criteria: 1. maaiveld ligt boven NAP; 2. grondsoort bevat minder dan 35% lutum; 3. landgebruik is landbouw; 4. er vindt infiltratie plaats (i.p.v. kwel); 5. diepte van het zoet-zout grensvlak is minstens 5 m; 6. onverzadigde zone bedraagt minstens 0.85 m; 7. er bevinden zich geen ondoorlatende lagen in de bovenste 20 m van de ondergrond.

## 12% van het landbouwareaal

De kreekruglocaties die geschikt zijn voor het vergroten van zoetgrondwatervoorraden middels diverse

watermanagement maatregelen beslaan in totaal 1342 ha, dit is 12% van het landbouwareaal in het studiegebied van Walcheren. Op 20 % van de kreekruglocaties kan actieve infiltratie toegepast worden.

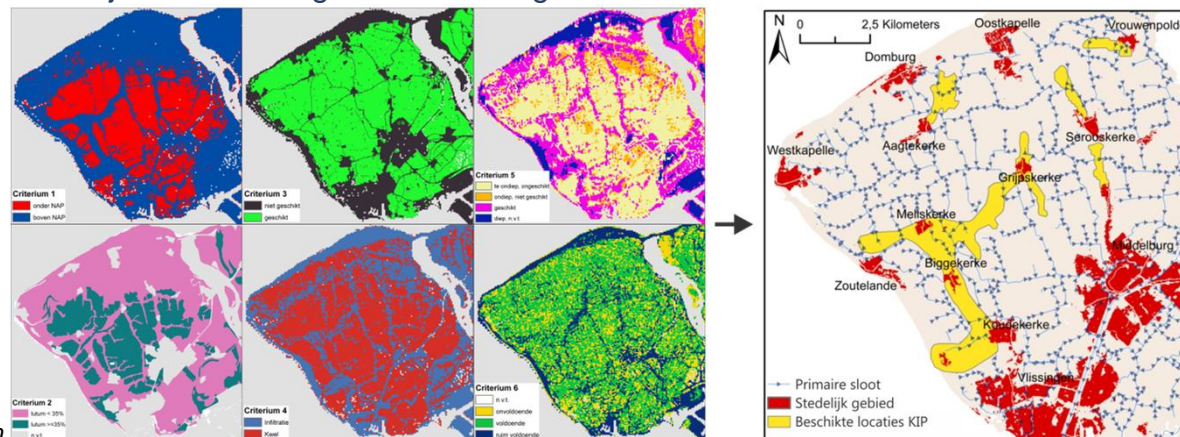


Fig. 30: opschaling KIP te Walcheren.



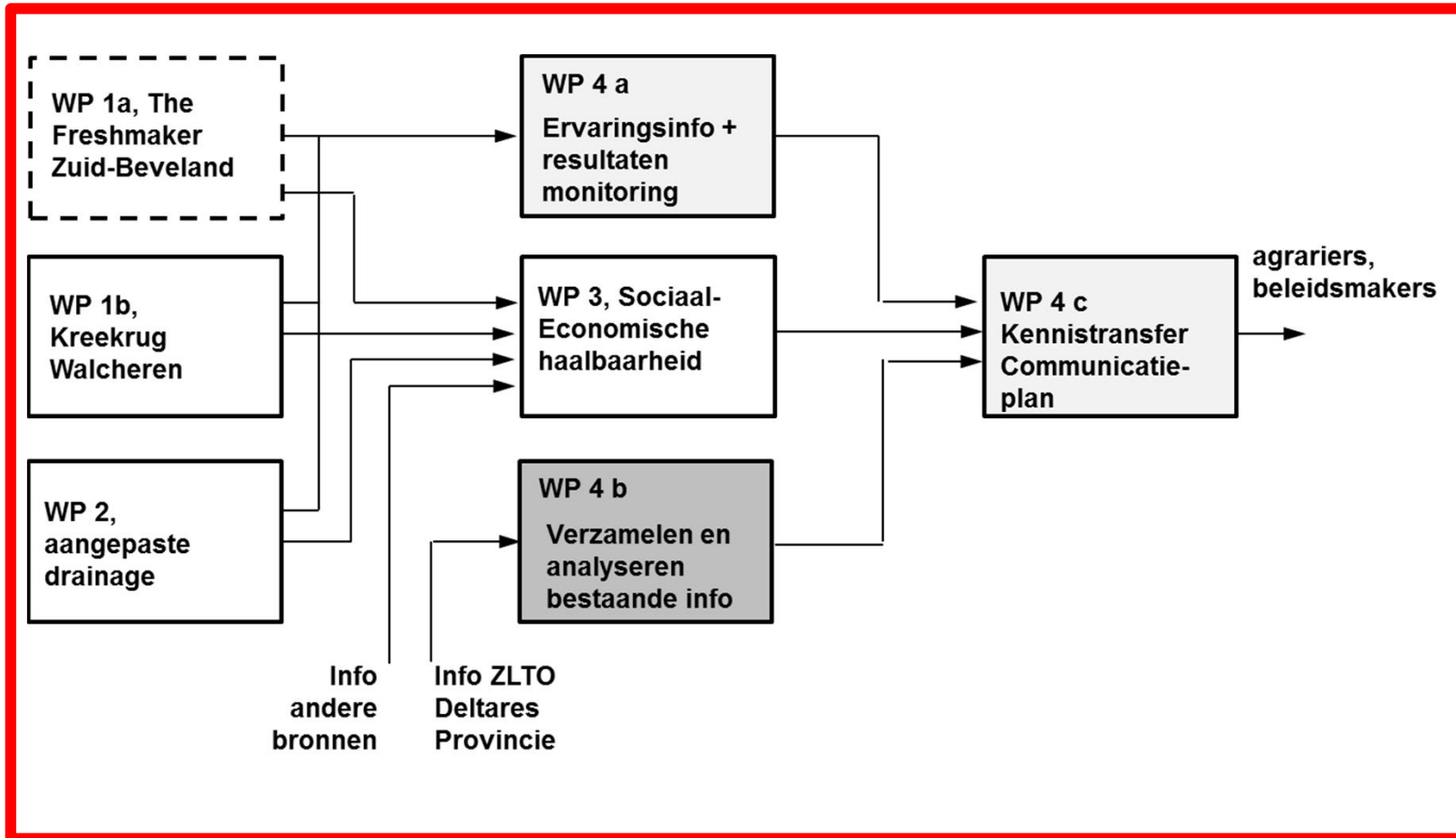
## 6. Kennistransfer naar de stakeholders





# Kennisdisseminatie

## Schema van de kennistransfer binnen het project



## Kennisdisseminatie

Het doel is de agrarisch ondernemers van informatie te voorzien op basis waarvan ze een investeringsbeslissing kunnen nemen.



Dit Werkpakket 4 heeft tot doel om de belangrijkste stakeholders van GO-FRESH, de agrarisch ondernemers, van informatie te voorzien op basis waarvan ze een investeringsbeslissing kunnen nemen. Die informatie is afkomstig van de eerste twee werkpakketten waarin de proeven plaatsvinden. Meer technische informatie over de drie experimenten en informatie over de sociaaleconomische haalbaarheid is te vinden in Werkpakket 3. Informatie is ook van belang voor de beleidsmakers, maar de primaire focus ligt op de ondernemers..

Behalve een selectie van de relevante informatie is ook de wijze waarop die informatie wordt aangeboden van belang. De ZLTO heeft al veel ervaring opgebouwd met succesvolle methoden waar gebruik van wordt gemaakt. Er staan echter in de huidige tijd diverse digitale methoden van communicatie tot onze beschikking. Vooral omdat veel informatie continu aan verandering onderhevig is, kan ICT behulpzaam zijn bij het actueel houden van de informatiestroom richting de agrarische ondernemers..

De volgende onderzoeksvragen zijn geformuleerd:

- **Identificeren:** welke kennisvragen hebben de ondernemers?
- **Inventariseren:** welke kennis is of komt bij de wetenschappers beschikbaar die voor ondernemers relevant is?
- **Dissemineren:** op welke wijze kan kennis effectief aan de ondernemers worden aangeboden.

# Kennisdisseminatie

## Identificeren van de kennisvragen van ondernemers



**Identificeren** van de kennisvragen van ondernemers: Er is een literatuurstudie gedaan naar het beslissingsgedrag van agrarisch ondernemers en een beslissingsmodel. Daarnaast zijn een aantal semi-structureerde interviews gehouden met ondernemers en met ZLTO gericht op hun informatiebehoefte.

Voor het inventariseren van de reeds beschikbare kennis bij de wetenschappers en bij beleidsmakers, zijn documentanalyses uitgevoerd bij Deltares en ZLTO. Daarnaast is een zogenaamde conceptmap gegenereerd op open interviews met de werkpakketleiders en andere stakeholders. De conceptmaps geven de zogenaamde wereldbeelden van de stakeholders weer met betrekking tot de wijze waarop beslissingen tot stand komen en welke informatie daarvoor nodig is. De conceptmap wordt doorvertaald naar een semantische wiki, waar de voor de ondernemers relevante informatie aan kan worden gekoppeld en geactualiseerd.

Er zijn workshops, minisymposia en excursies naar de proeflocaties georganiseerd volgens de aanpak van ZLTO. Er is een gebruikstest uitgevoerd onder ondernemers en beleidsmakers met de eerste versie van de wiki.



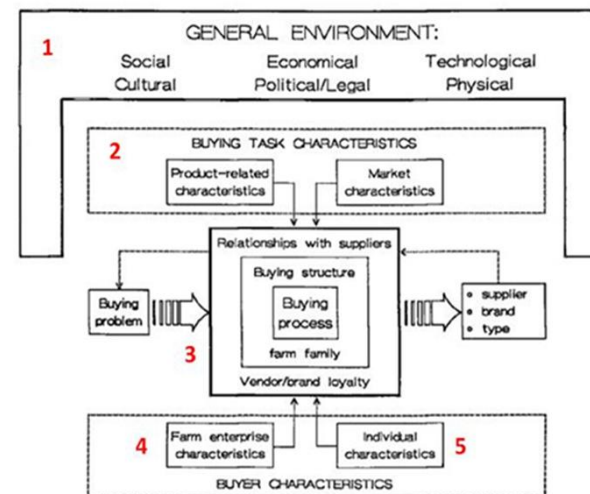


**Identificeren** kennisvragen: Ondernemers tonen zich zeer geïnteresseerd in het thema ondergrondse zoetwaterberging. De beschikbaarheid van voldoende zoet water is voor agrarisch ondernemers van groot belang, voor akkerbouwers en nog meer voor fruitteilers.

De belangrijkste en eerste vraag die de ondernemers stellen is, welke technologie in zijn situatie toepasbaar is, gezien de ondergrond. Kennis daarover is in het algemeen slechts globaal aanwezig en niet voldoende om met enige zekerheid te kunnen vaststellen welke technologie toepasbaar is, hoeveel water dat ongeveer gaat opleveren en welke investering er mee gemoeid is. Met die basisinformatie zou een ondernemer zelf grofweg kunnen berekenen wat het hem in potentie gaat opleveren in minder gewasschade, andere bouwplannen, e.d.

Eén van de ondernemers heeft verteld dat het laten uitvoeren van een sondering evenveel kost als het laten aanleggen van diepdrainage. Voor hem zijn die kosten een show-stopper. Het heeft er schijn van dat het voor verdere disseminatie van de drie technologieën noodzakelijk is dat de kosten voor sondering sterk dalen, door een innovatiesprong in sonderingstechnieken, door slimme business modellen van draineurs, door overheidsbijdragen in de kosten, of anderszins.

Overige kennisvragen blijken in lijn te liggen met wat de literatuur daarover meldt (Kool, 1994; Kool *et al.*, 1997).





# Kennisdisseminatie

## Resultaten



**Inventariseren** beschikbare kennis: Er is al heel veel kennis beschikbaar in literatuur, in documenten en experts Deltares, ZLTO, Provincie, Waterschappen. Een belangrijke vraag is welke kennis voor ondernemers van belang is en hoe die aan de ondernemers wordt aangeboden.

Voor het beantwoorden van de eerste vraag hebben de interviews met de werkpakketleiders en andere specialisten de VUE-graph opgeleverd (zie voorbeelden volgende pagina's), waarin de hoofdelementen zijn benoemd die bij het beslissingsproces voor de ondernemer van belang zijn. De ondernemers bevestigen dat dit model de stappen goed weergeeft.

De VUE-graph kan worden omgezet in een semantische wiki, waar vervolgens de achterliggende informatie in kan worden opgenomen. Voor dit project is dit laatste in beperkte mate gebeurd. De ondernemers kunnen bij het gebruik van de semantische wiki zelf bepalen welke informatie ze willen zien.

Er is al veel kennis beschikbaar, maar er ontbreken ook nog veel betrouwbare ervaringsgegevens over experimenten, die cruciaal zijn voor het beslissingsproces van de ondernemers. De wiki biedt een eenvoudige mogelijkheid om informatie toe te voegen of verouderde informatie te verwijderen of te actualiseren.



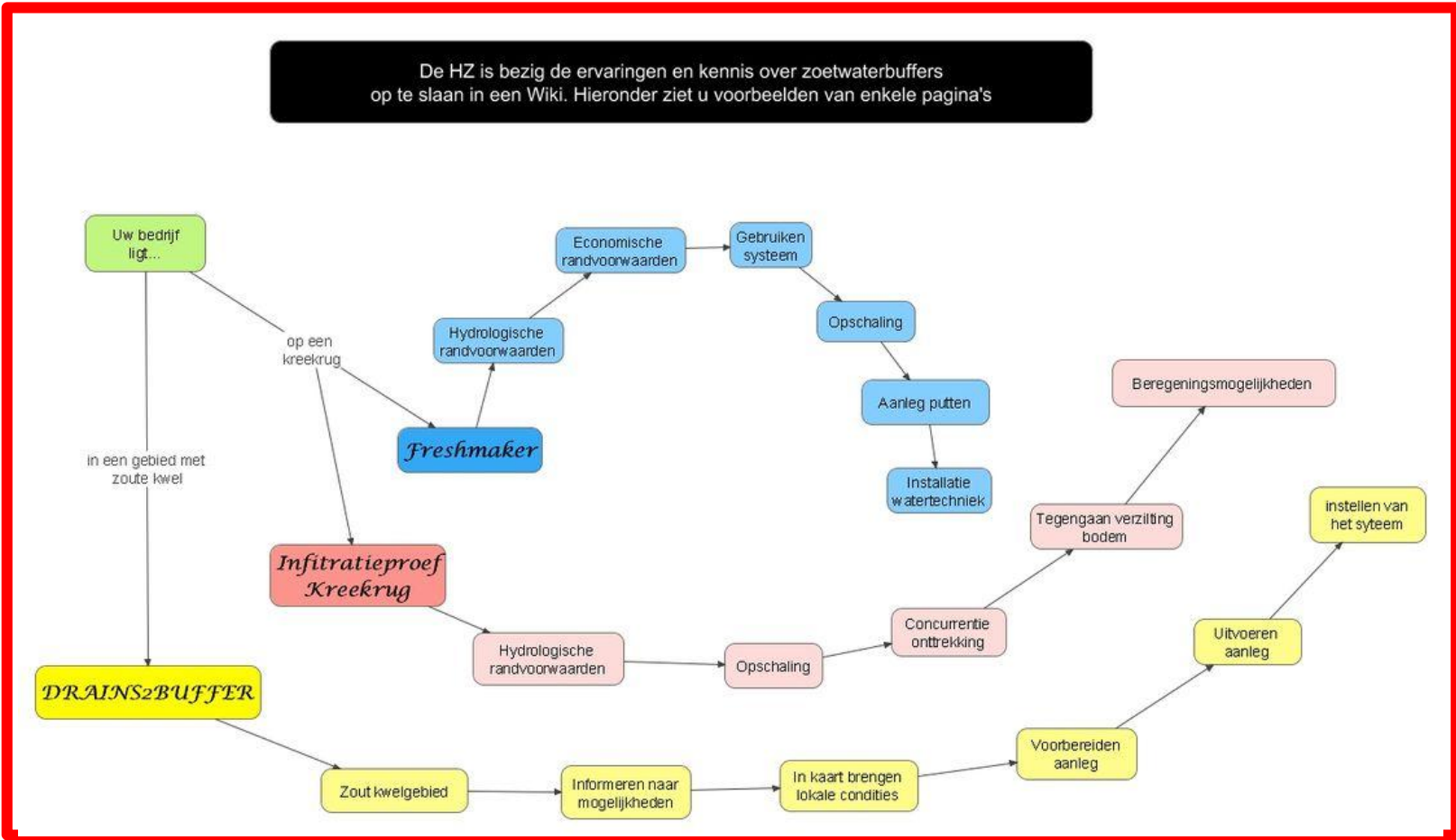
# Kennisdisseminatie



Resultaten: de VUE-Graph, zie voor een eerste indruk

[http://www.zeeweringenwiki.nl/mediawiki/index.php/Kennis\\_voor\\_Klimaat](http://www.zeeweringenwiki.nl/mediawiki/index.php/Kennis_voor_Klimaat)

De HZ is bezig de ervaringen en kennis over zoetwaterbuffers op te slaan in een Wiki. Hieronder ziet u voorbeelden van enkele pagina's

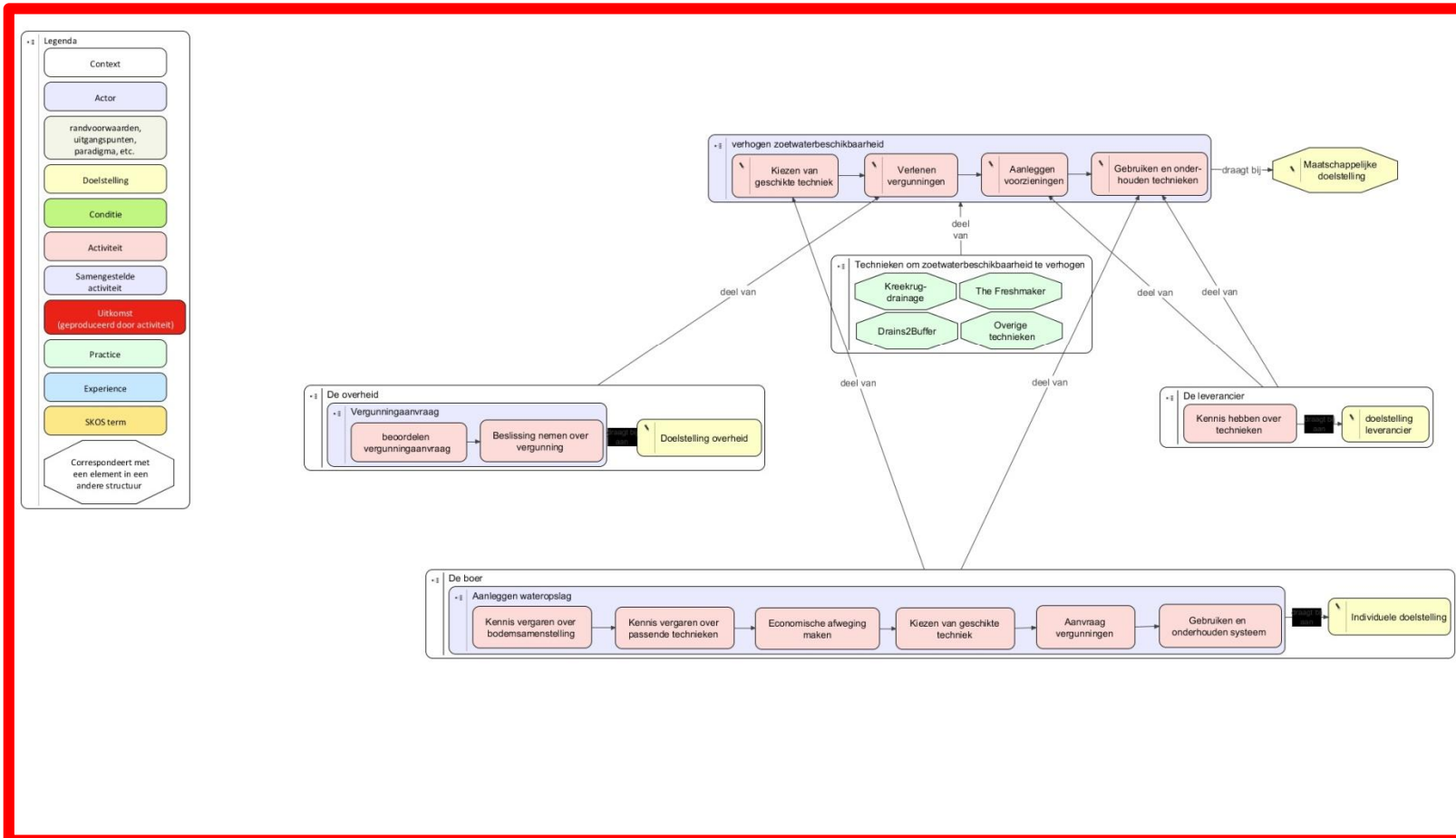


# Kennisdisseminatie



Resultaten: de VUE-Graph, zie voor een eerste indruk:

[http://www.zeeweringenwiki.nl/mediawiki/index.php/Kennis\\_voor\\_Klimaat](http://www.zeeweringenwiki.nl/mediawiki/index.php/Kennis_voor_Klimaat)



# Kennisdisseminatie

## Resultaten



### **Dissemineren** beschikbare kennis:

Ondernemers geven aan dat ze vooral bij elkaar kijken. Als een bekende collega met een nieuwe technologie begint, zijn ze geïnteresseerd. De praktische ervaringen van andere ondernemers met de technologie hebben veel overtuigingskracht.

Een disseminatiemethode die hierbij aansluit is het bezoeken van concrete experimenten (Open Dagen, excursies). Wel is het moment van groot belang dat deze events worden georganiseerd. Dat kan het best in de winter gebeuren (meer 'vrije tijd' beschikbaar), hoewel er bij deze technologieën juist in de zomermaanden iets te zien is. Een alternatief is het benutten van de landbouw-dag in juni op de proefboerderij Wilhelminadorp voor de akkerbouwers, of de peren-dag voor de fruittelers. Daar gaan veel ondernemers naar toe.

Nieuwsbrieven van de eigen organisatie, of presentaties tijdens kringbijeenkomsten, of studiebijeenkomsten zijn ook opties, maar minder effectief. Een wiki is in principe wel bruikbaar, meer voor de jongere ondernemers dan de ouderen, maar pas in tweede instantie, als de ondernemer al geïnteresseerd is geraakt.

Een keukentafelgesprek met een adviseur van ZLTO of met een draineur is nuttig om de eigen specifieke mogelijkheden op een rijtje te zetten.



## 8. Conclusies en aanbevelingen



foto Jan Snel, 2012



Algemene conclusie: De beschikbaarheid van zoet water is in de Zuidwestelijke Delta geen vanzelfsprekendheid door de alomtegenwoordige aanwezigheid van zout grondwater en zal in de toekomst meer onder druk komen te staan. Maatregelen zijn nodig.



In grote delen van de Zuidwestelijke Delta is geen aanvoer van extern zoetwater, terwijl zoet grondwater alleen beschikbaar is in de duinen en kreekruigen en in dunne regenwaterlenzen in de laaggelegen polders. Hierdoor is de zoetwaterbeschikbaarheid in de wortelzone afhankelijk van het neerslagoverschot en nalevering vanuit het grondwater en daardoor kwetsbaar voor de steeds toenemende droogtes. Om de gewasopbrengsten minder afhankelijk te laten zijn van weersomstandigheden, zijn maatregelen nodig om de zoetwaterbeschikbaarheid tijdens droge periodes te garanderen.

Het hoofddoel van dit praktijkgerichte project is: *bestaande zoetwatervoorraden beter te benutten en nieuwe voorraden te creëren, en daarmee de zelfvoorzienendheid vergroten en de afhankelijkheid van externe aanvoer verkleinen*. Centraal staat daarbij het identificeren en uitvoeren van technische ingrepen in het grondwater systeem. Geëvalueerd wordt hoe deze ingrepen kunnen worden doorvertaald naar de gehele regio, op basis van zowel de hydrologische als de bedrijfseconomische haalbaarheid.



Algemene conclusie: Alle drie de maatregelen laten zien dat het fysiek zeer goed mogelijk is om de zoetwatervoorraden te vergroten; de bedachte maatregelen zijn haalbaar gebleken en werken zoals verwacht.



Binnen dit Kennis voor Klimaat project GO-FRESH zijn drie maatregelen in het veld toegepast:

1. **Kreekrug Infiltratie Proef:** waar de zoetwatervoorraad in een kreekrug wordt vergroot door verhoging van de grondwaterstand via peilgestuurde drainage in combinatie met infiltratie van oppervlaktewater, vooral ten behoeve van piekvraag;
2. **Freshmaker:** de zoetwatervoorraad in een kreekrug wordt vergroot door injectie zoet water én onttrekking zout grondwater via horizontale putten;
3. **Drains2Buffer:** vergroten/behouden/optimaliseren van de zoetwatervoorraad van dunne regenwaterlenzen in zoute kwelgebieden door diepe drainage.

De realisatie van de maatregelen is in alle gevallen haalbaar gebleken. Door de intensieve monitoring en modellering weten we dat ze (in grote lijnen en tot op heden) werken zoals verwacht. Verder is gewerkt aan het vormgeven van het gebiedsproces om de maatregelen robuust en duurzaam te implementeren.

De mate waarin de drie maatregelen ook in de praktijk oplossingen bieden voor andere locaties in de Zuidwestelijke Delta is nog niet voldoende gekwantificeerd. Een eerste analyse van de sociaaleconomische haalbaarheid toont aan dat de maatregelen bedrijfsmatig rendabel kunnen zijn en sterk afhankelijk van agrarisch bedrijfstype en bouwplan. Opschaling van de maatregelen naar vergelijkbare gebieden lijkt mogelijk. De grootste onzekerheden hierbij zijn terug te voeren op beschikbaarheid van infiltratiewater, vergunningverlenging en mogelijk interferentie tussen gebruikers.



# Fysische en sociaaleconomische haalbaarheid

## Aanbevelingen



De eerste resultaten van de maatregelen zijn veelbelovend. Echter, om betere uitspraken te kunnen doen over de prestaties van de maatregelen onder hydrologisch variërende omstandigheden heeft men echter **langere meetreeksen** nodig. Een nadere aanpak hiervoor is beschreven in het projectvoorstel GO-FRESH II (2014-2017).

In het Kennis voor Klimaat project Fresh Water Options Optimizer (FWOO, Van Bakel, 2014) is reeds een eerste stap gemaakt om meer inzicht te krijgen over de fysisch-geografische opschalingsmogelijkheden in geheel Nederland. In combinatie met het in het najaar van 2014 gestarte onderzoeksprogramma [FRESHM](#), waarbinnen de 3D zoet-brak-zout verdeling in de Provincie Zeeland zal worden gekarteerd, moet het mogelijk zijn de fysisch-geografische opschalingsmogelijkheden in de Zuidwestelijke Delta een impuls te geven.

De opschaalbaarheid van de maatregelen hangt tevens af van het type agrarische bedrijven in een regio, de bedrijfsopzet, juridische procedures (vergunningen, subsidies, regelgeving) en de milieu & landschapseffecten. Het is onze aanbeveling deze twee dimensies (fysische als sociaaleconomische haalbaarheid) steeds beiden in het oog te houden.

Ruimtelijk specifieke bedrijfseconomische kengetallen zijn niet altijd vrij toegankelijk bij bedrijven (draineurs, boeren), intermediairen (o.a. ZLTO, Stichting Waterbuffer (Nikkels, 2013), STOWA), technologie ontwikkelaars (Deltares, KWR, ACACIA, Alterra) en bronhouders bij kennisinstellingen (o.a. PPO, LEI, CBS). In het vervolgtraject GO-FRESH II moet uitgezocht worden wat een goede (tijdelijke) intermediaire organisatie is tussen onderzoek en bedrijfsleven die innovatie kan boosten.

Er wordt aanbevolen om het concept rekenschema aan te scherpen en te delen met agrariërs die niet betrokken zijn geweest bij GO-FRESH, en uit te zoeken of men hier een 'eigen' GO-FRESH tool van maakt of dat men de rekenmethode integreert in methodieken en hulpmiddelen die ondernemers reeds gebruiken voor hun bedrijfseconomische keuzes (bijv.: KWIN AGV informatie, hun eigen Excel sheet) i.c.m. bijvoorbeeld adviesgesprekken waarbij dergelijke tools als HULPMiddel gebruikt worden onder begeleiding van een adviseur.



## Kennisdisseminatie

### Aanbevelingen



Aanbevolen wordt om bij bepalen van de (fysische als sociaaleconomische haalbaarheid) specifieke aandacht te hebben voor:

- effecten op bodem- en (grond)waterkwaliteit. Deze effecten zijn nog niet goed uitgezocht voor de toegepaste infiltratie en waterconserveringsmethoden. Als er effecten zijn, welke acht men maatschappelijk acceptabel?;
- optimalisatie met andere drainagefuncties. Hierbij ligt de nadruk op voorkoming van natschade en de bewerkbaarheid van het land;
- Het vergroten van het gebruikersgemak, het verlagen van de storingsgevoeligheid om zodoende de bedrijfszekerheid te vergroten;
- interferentie: Op een kreekrug en binnen een deelstroomgebied bevinden zich meerdere agrarische bedrijven en ook andere gebruiksfuncties die van zoet water afhankelijk zijn. Hoe verdeel je en beheer je afstromende zoetwater en het water uit de zoetwaterlens en bijbehorende kosten en baten? Hoe ga je om met free-riders: het ene bedrijf investeert om de zoetwaterlens aan te vullen en de buurman pompt het extra grondwater 'gratis' op? Wat is het effect van kleine bovenstroomse brakwaterlozingen op de benedenstroomse (zoet)watervoorziening?

Praktische aanbevelingen betreffende de kennisdisseminatie zijn:

- de standaardmethoden van ZLTO voor kennisdisseminatie (zoals telersbijeenkomsten) blijven gebruiken;
- maak gebruik van een lokale aannemers bij de dimensionering van de technieken (zoals drainage, horizontale putten), want zij worden gerespecteerd om hun praktische expertise;
- benut de Landbouwdag en de Perendag om de maatregelen te promoten;
- werk de wiki verder uit en vul deze aan met meer relevante informatie, en houd deze goed beschikbaar/bereikbaar;

## 9. Communicatie en Public Relations



Beregening van uien op zandgrond bij Wouw (nabij Bergen op Zoom) in augustus 2010 (foto Jeroen Veraart, 2010)

## Communicatie en PR: GO-FRESH over de jaren 2013-2014 enorm in de belangstelling



GO-FRESH heeft over de periode 2013-2014 veel lokale, regionale en nationale aandacht gekregen in allerlei soorten media. Interviews zijn afgenomen, stukjes zijn verschenen in vakbladen en er zijn zelfs Kamervragen gesteld over de proeven. Hieronder een bloemlezing:

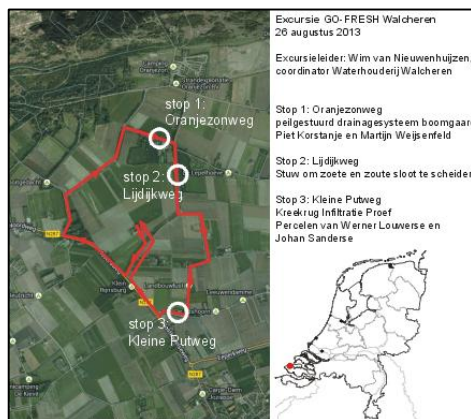
- [20141130, Land+Water: Freshmaker vergroot zoetwatervoorraad](#)
- [20140930, Water Innovaties Nederland, case 24](#)
- [20140527, Volkskrant: Landbouw op zout water](#)
- [20140428, Trouw: Zuinig op het zoete water](#)
- [20140331, De Akker: Zorgen om zoute kwel; Toenemende verzilting vereist bewustere omgang met zoet water](#)
- [20140320, Ministerie I&M: Waterinnovaties in Nederland \(cases nr. 24\)](#)
- [20140320, NWP factsheet GO-FRESH voor ExpoAgro in Argentinië](#)
- [20140407, Financieel Dagblad: Zuinig op Zoet Water](#)
- [20140205, PZC: Hoe Bloemkool nog jaren kan groeien](#)
- [20140125, Nieuwe Oogst: Zoute Kwel Onder De Duim Houden](#)
- [20140120, Nederlands-Franse samenwerking binnen project GO-FRESH](#)
- [20131130, Nieuwe Oogst: editie ZLTO: Sparen als je sparen kunt](#)
- [20131121, Minister overweegt financiële steun GO-FRESH project](#)
- [20130924, De Boerderij: Zeeuwse telers sparen zoet water](#)
- [20130906, Groenten en Fruit Actueel bericht; Jan de Rijk: Hele jaar door water sparen zonder bassin](#)
- [20130810, Fruitteelt bericht; The Freshmaker](#)
- [20130717, Artikel Land+Water: Zeeland kan voorraden zoet grondwater vergroten](#)
- [20130423, Youtube video GO-FRESH: filmpje over de GO-FRESH proeven, gelanceerd tijdens de Kennisconferentie Deltaprogramma](#)
- [20120404, BN de Stem Zeeuws-Vlaanderen: Een zoektocht naar zoet water](#)



# 26 augustus 2013 Open Dag GO-FRESH op het terrein van Wim van Nieuwenhuijzen, te Oostkapelle



Tijdens deze drukbezochte bijeenkomst zijn de verschillende werkpakketten uitgebreid aan bod gekomen. Tijdens de excursie heeft het gezelschap in het veld het volgende bekeken: een peilgestuurd drainage systeem in een boomgaard, een stuw om zoet en zout water te scheiden en de Kreekrug Infiltratie Proef van GO-FRESH.









## 10. Referenties

Druppelirrigatie en fertigatie bij een fruitteeltbedrijf op Zuid-Beveland dichtbij Yerseke (foto Jeroen Veraart, 2010)







- De Louw, P.G.B. 2013. Saline seepage in deltaic areas. Preferential groundwater discharge through boils and interactions between thin rainwater lenses and upward saline seepage. PhD thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429.
- De Louw, P.G.B., Eeman, S., Oude Essink, G.H.P., Vermue, E., Post, V.E.A. 2013. Rainwater lens dynamics and mixing between infiltrating rainwater and upward saline groundwater seepage beneath a tile-drained agricultural field. *J. Hydrology*, 501, 133-145, doi: [10.1016/j.jhydrol.2013.07.026](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.07.026)
- De Louw, P.G.B., Eeman, S., Siemon, B., Voortman, B.R., Gunnink, J., van Baaren, E.S., and Oude Essink, G.H.P. 2011. Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 3659-3678, doi: [10.5194/hess-15-3659-2011](https://doi.org/10.5194/hess-15-3659-2011)
- De Putter, P. 2014. Deltaprogramma -Deelprogramma Zoetwatervoorziening - Juridische aspecten van Zoetwater-technieken, Sterk Consulting, Leiden.
- De Vries, A., De Vries, I., Veraart, J.A., Zwolsman, G.J., Oude Essink, G.H.P., Van Baaren, E.S., Creusen, R. en Buijtenhek, H.S. 2009. Vraag en aanbod van zoet water in de Zuidwestelijk Delta, een verkenning. 79 p.
- Goes, B.J.M., Oude Essink, G.H.P., Vernes, R.W. and Sergi, F. 2009. Estimating the depth of fresh and brackish groundwater in a predominantly saline region using geophysical and hydrological methods, Zeeland, the Netherlands, *Near Surface Geophysics* 401-412, doi: [10.3997/1873-0604.2009048](https://doi.org/10.3997/1873-0604.2009048)
- Klijn, F., E.H. Van Velzen, J. Ter Maat, and J. Hunink. 2012. Zoetwatervoorziening in Nederland aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw, Deltares, Editor, Deltares: Delft. p. 230p. 1205970-000.
- KNMI, 2014: KNMI'14 climate scenarios for the Netherlands; A guide for professionals in climate adaptation, KNMI, De Bilt, The Netherlands, 34 pp
- Kool, M., Meulenbergh, M.T.G. and Broens, D.F. 1997. Extensiveness of Farmers' Buying Processes, *Agribusiness*, Vol. 13, No. 3, 301-318.
- Kool, M. 1994. *Buying Behavior Of Farmers*, Wageningen, Wageningen Pers.
- Nikkels, M. 2013. Kennismontage omtrent decentrale zoet water buffering in een zoute ondergrond. Kansen en uitdagingen op uitvoeringstechnisch, geohydrologisch, sociaal-economisch en beleidsmatig gebied, Vrije Universiteit Amsterdam: Amsterdam MSC.
- Pauw, P.S., van Baaren, E.S., Visser, M, De Louw, P.G.B. and Oude Essink, G.H.P. Testing the feasibility of increasing a fresh water lens below a creek ridge by artificial recharge using a controlled drainage system. Submitted to *Hydrogeology Journal*.



- Peppelman, G. en M.J. Groot. 2004. Kwantitatieve Informatie Fruitteelt 2003/2004, P.P.O.B.V.-S. fruit, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. - Sector fruit: Zetten PPO Publicatienr. 611 (Wageningen UR).
- PPO. 2012. De Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2012 (KWIN-AGV 2012), Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (Wageningen UR): Lelystad, PPO nr. 486.
- Projectgroep Zoetwateronderzoek Goes. 1986. Zoetwaterinfiltratieproef Kapelle, Commissie Waterbeheersing en Verziltig.
- Pyne, R.D.G. 2005. Aquifer Storage Recovery - A guide to Groundwater Recharge Through Wells. ASR Systems LLC, Gainesville, Florida, USA, 608 pp.
- Schipper, P.N.M., Janssen, G.M.C.M., Stuyt, L.C.P.M., Polman, N.B.P., van Bakel, P.J.T., Linderhof, V.G.M., Massop, H.T.L., Kselik, R.A.L., Oude Essink, G.H.P. 2014. €ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden, Wageningen, Alterra/Deltares/De Bakelse Stroom, Alterra-rapport 2439.
- Schultz, E. 1992. Water Management of the Drained Lakes in the Netherlands, PhD. study Delft University of Technology, 507 pp., Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad, ISBN 90-369-1087-0.
- Stuyt, L.C.P.M., *et al.* 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw, Indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland, Alterra-rapport 1132, Wageningen, 2006.
- Stuyt, L.C.P.M., Bakel, P.J.T. van, Delsman, J., Massop, H.T.L., Kselik, R.A.L., Paulissen, M.P.C.P., Oude Essink, G.H.P., Hoogvliet, M. Schipper, P.N.M. 2013. Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap van Rijnland. Alterra rapport 2439.
- Tolk, L. 2013. Zoet water verhelderd. Maatregelen voor zoet water zelfvoorzienendheid in beeld, ACACIA-Water: Gouda. p. 80 p., Kennis voor Klimaat rapport, KvK 90/2013.
- Van Dam, A.M., Clevering, O.A., Voogt, W., Aendekerk, Th.G.L. en van der Maas, M.P. 2007. Zouttolerantie van landbouwgewassen, Deelrapport Leven met zout water. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Van Baaren, E. en Harezlak, V. 2011. Zoetwatervoorziening Schouwen-Duiveland, Deltares.
- Van Bakel, P.J.T., De Louw, P.G.B., Stuyt, L.C.P.M., Tolk, L., Velstra, J. en Hoogvliet, M. 2014. Methode voor het bepalen van de potentie voor het toepassen van lokale zoetwateroplossingen – Fresh Water Options Optimizer – Fase 1. Wageningen: De Bakelse Stroom.
- Van de Ven, G.P. (Editor). 1986. Atlas van Nederland, Deel 15 Water, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Velstra, J., Groen, J. en de Jong, K., 2011, Observations of salinity patterns in shallow groundwater and drainage water from agricultural land in the northern part of the Netherlands, Irrigation and Drainage 60.





- Veraart J., Vreke J. 2013. Lokale maatregelen in de zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond. Drechtsteden, Wageningen, Wageningen UR.
- Veraart, J.A., Van Duinen R., Vreke, J., in review. Evaluation of socio-economic factors that determine adoption of measures to improve freshwater supply at farm level in view of climate change: a case study in the southwest Netherlands (submitted to Water Resources Management).
- Sommeijer, M.J., Pauw, P.S., van Baaren, E.S. en Oude Essink, G.H.P. 2013. Zeeland kan voorraden zoet grondwater vergroten. Land + Water, juli 2013
- Sommeijer, M.J. Identifying suitable measures to enlarge fresh groundwater reserves on a regional scale; A feasibility study in Walcheren, the Netherlands , MSc internship report, Hydrology & Quantitative Water Management, WUR and Deltares, 72 p.
- Zeeland. 2004. Deelstroomgebiedsvisie Zeeland, 2004.
- Zuurbier, K.G. 2012. Oppervlaktewaterkwaliteit watergang Louisepolder (Ovezande) in relatie tot bodeminfiltratie in het kader van de Freshmakerproef (bijlage A4-2d). KWR2012.077.
- Zuurbier, K., Bakker, M., Zaadnoordijk, W. en Stuyfzand, P. 2013a. Identification of potential sites for aquifer storage and recovery (ASR) in coastal areas using ASR performance estimation methods. Hydrogeology Journal, 21(6): 1373-1383.
- Zuurbier, K.G., Zaadnoordijk W.J. en Stuyfzand, P.J. 2013b. Enabling successful small- to medium-scale aquifer storage and recovery (ASR) in coastal aquifers using spatial performance estimation and multiple partially penetrating wells. International symposium on managed aquifer recharge 8, Beijing, China.
- Zuurbier, K.G., Kooiman, J.W., Maas, B., Groen, M.M.A. en Stuyfzand, P.J. In press. Enabling successful aquifer storage and recovery (ASR) of freshwater using horizontal directional drilled wells (HDDWs) in coastal aquifers. Journal of Hydrologic Engineering.



# Bijlage A Sociaaleconomische haalbaarheid



Landbouwperceel van plantenveredelingsbedrijf Rijk Zwaan bij Fijnaart op kleigrond (foto Jeroen Veraart, 2010)





# Sociaaleconomische haalbaarheid



## Opbouw van het concept rekenschema van de netto opbrengst

Berekening netto opbrengst op basis KWIN (PPO) met en zonder extra zoetwater van GO-FRESH technologie		Gewas: aardappel, zomertarwe, wintertarwe, bloemkool, suikerbiet, ui, appel, peer				
		Fractie gemiddelde schade		0.15		
		Ophoging gebruik technologie		1.18		
		hoeveelh.	prijs	Bruto opbrengst		toename
				zonder	met technologie	
<b>Bruto geldopbrengst</b>	(hoofdproduct, bijproduct)					
<b>Toegerekende kosten</b>						
<i>materialen</i>						
uitgangsmateriaal						
bemesting						
gewasbescherming						
energie	brandstof/bewaren					
	GO-FRESH technologie					
<i>afzet</i>	o.a. transport/sorteren/drogen					
<b>Losse arbeid</b>	oogst en verwerking					
	CAOloon					
<b>Overige productgebonden kosten</b>						
	GO-FRESH technologie (heffing, --)					
	onderzoek/monster					
	productschapsheffing					
	verzekering (potatopol)					
<b>Rente omlopend vermogen</b>						
	berekende rente					
<b>loonwerk</b>						
	bewerken etc					
	oogsten/rooien					
<b>Totaal toegerekende kosten</b>						
<b>Marginaal saldo in € per hectare (zonder vaste kosten GO-FRESH technologie)</b>						
<b>vaste kosten technologie</b>						
<b>technologie</b>	afchrijving, onderhoud, beheer					
	vergunning					
<b>Marginaal saldo in € per hectare (MET GO FRESH Technologie)</b>						

In de gele vakjes is aangegeven hoe kengetallen uit de Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KWIN-AGV 2012) en KWIN Fruitteelt (2009-2010) van PPO zijn aangepast om iets te kunnen zeggen over het effect van de onderzochte projecten in het GO-FRESH project.

Het rekenschema voor de fruitteelt heeft nog enkele andere posten: correcties voor nachtvorstschade, hagelverzekering en kosten voor de koeling van Fruit.



# Sociaaleconomische haalbaarheid

## Het plaatje van de totaalafweging



	Kreekrug proef Akkerbouw	Drains2buffer Akkerbouw	Freshmaker Fruittelst	criterium score	weging
<b>haalbaarheid</b>					
<b>juridisch</b>					
invloed vigerende regelgeving vergunningverlening kans dat vergunning niet wordt verleend	complex klein	eenvoudig klein	complex matig		1
<b>fysiek</b>					
adequate beschikbaarheid water	redelijk vaak	redelijk vaak	altijd		1
adequate waterafvoer	altijd	altijd	redelijk		1
invloed op bodemkwaliteit			binnen vergunning		1
invloed op kwaliteit grondwater		geen	binnen vergunning		1
<b>economisch</b>					
netto opbrengst (euro)	28913	27580	10025		1
voorkomen grote schade	ja	ja	ja		1
kosten technologie per m3 water (euro)	0.13	0.17	0.25		1
<b>uitvoerbaarheid</b>					
<b>technologie</b>					
gebruiksgemak kans op storingen					1
<b>fysiek</b>					
kans adequate beschikbaarheid water	redelijk	redelijk	groot		1
kans adequate waterafvoer	groot	groot	redelijk		1
<b>economisch</b>					
terugverdienperiode (jaren)	3	3	5		1
ratio levensduur/terugverdienperiode	5	5	3		1
bedrag van de investering (euro)	80000	100000	56250		1
<b>prestaties</b>					
<b>economisch</b>					
bedrijfszekerheid					1
extra inkomsten door aanleg technologie					1
continuïteit van het bedrijf					1
<b>omgeving</b>					
invloed afvoer op waterkwaliteit			binnen vergunning		1
invloed op landschap					1
mogelijkheden andere watergebruikers					1

Dit is een voorbeeld van een subcriterium die je alleen kunt bepalen met de uitkomsten van de veldexperimenten.

Dit is een voorbeeld van een subcriterium die in de experimentele fase nog niet te bepalen is.

De score is een waarde tussen -1,0 en 1. Hier: klein = -1; redelijk = 0 en groot = 1.

Indien gewenst kan er gewerkt worden met wegingsfactoren



Meer informatie?

[www.go-fresh.info](http://www.go-fresh.info)

[gualbert.oudeessink@deltares.nl](mailto:gualbert.oudeessink@deltares.nl)

Dit onderzoeksproject is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat [www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl). Wij danken de volgende partijen die door co-financiering dit onderzoek mogelijk hebben gemaakt: de provincie Zeeland, ZLTO, het Waterschap Brabantse Delta, de gemeente Schouwen-Duiveland, Productschap Tuinbouw, Handelonderneming Meeuwse en STOWA. Het Waterschap Scheldestromen draagt bij in de vorm van lokale gebiedsspecifieke kennis, het regelen van vergunningen en het verzorgen van kleine waterhuishoudkundige maatregelen. ImaGeau en Fugro dragen bij in meetapparatuur en monitoring van hydrogeologische effecten

Bovengronds opslag van zoet water voor een Ganzenfamilie op Zuid-Beveland (foto Jeroen Veraart, 2010)