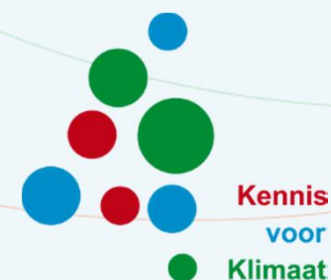




GO-FRESH

Valorisatie kansrijke oplossingen voor
robuuste zoetwatervoorziening



Kennis voor Klimaat Knowledge for Climate

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
Peter Schipper

Stakeholders



Meeuwse handelsonderneming bv



Bijdragen in meetapparatuur en monitoring effecten van Imageau en Fugro

Leeswijzer



1. Inleiding
 2. Projectorganisatie
 3. Zeeuwse grondwatersysteem
 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 zoetwater 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 showcases gestart:

1. **Kreekrug Infiltratie Proef:** toename zoetwatervoorraad in een kreekrug door infiltratie van oppervlaktewater
2. **Freshmaker:** toename zoetwatervoorraad in een kreekrug door injectie zoetwater én onttrekking zout grondwater
3. **Drains2Buffer:** vergroten/behouden zoetwatervoorraad van dunne regenwaterlenzen door slimme diepe drainage

Twee van de drie proeven 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 showcase 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.

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, kreekruggen 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 zoetwatervoorraden beter benutten en nieuwe voorraden 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 kreekruggen, 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 showcase De Freshmaker. Dit WP wordt geleid door KWR. WP1b bevat de showcase De Kreekrug Infiltratie Proef (KIP) en wordt door Deltares geleid. WP2 bevat de showcase 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.

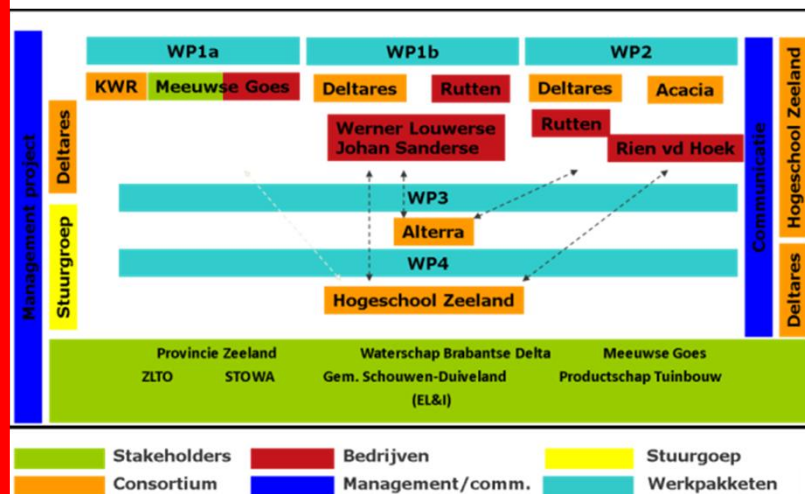


Fig. 1 Organisatie van de werkpakketen en consortium partijen

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 kunnen toetsen.

3. Het Zeeuwse grondwatersysteem



Inleiding



In de Zeeuwse grondwatersysteem 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).

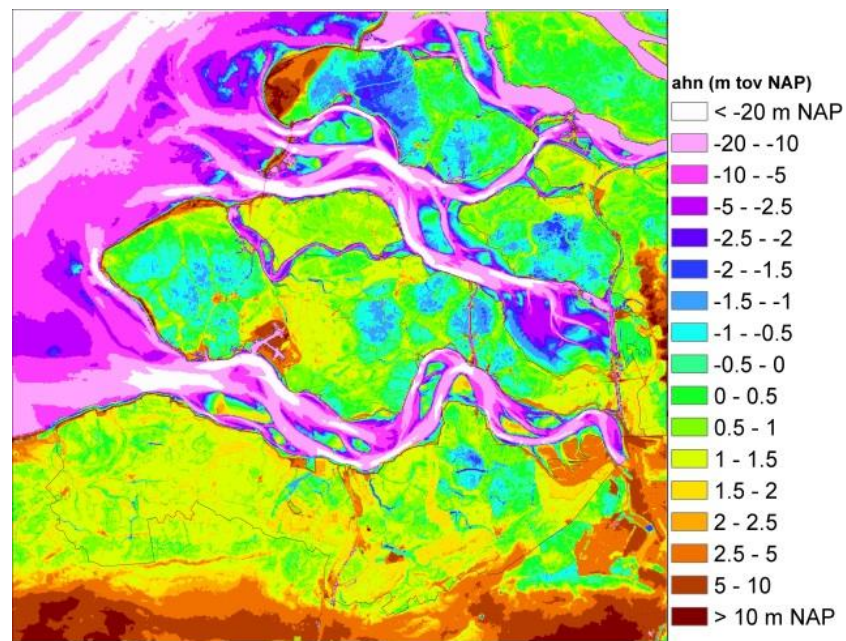


Fig. 1 algemeen hoogtebestand Nederland (AHN)

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 en 3):

1. diepe zoete watersystemen die zich bevinden in gebieden met dekzanden, te vinden onder duinen en kreekkruggen.
2. zout-brakke watersystemen bij de lage gronden dichtbij de kust.
3. dunne zoete watersystemen komen het meeste voor in het Zeeuwse landelijke gebied. Hier drijven dunne regenwater lenzen bovenop het brakke tot zoute grondwater dat zich op slechts enkele meters onder maaiveld bevindt (fig. 4). Het zoete grondwater uit de regenwaterlens wordt gebruikt voor de landbouw ter plaatse.

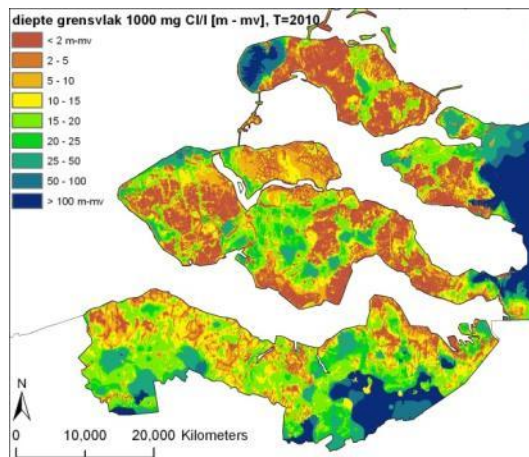


Fig. 2 grensvlak 1000 mg Cl/l

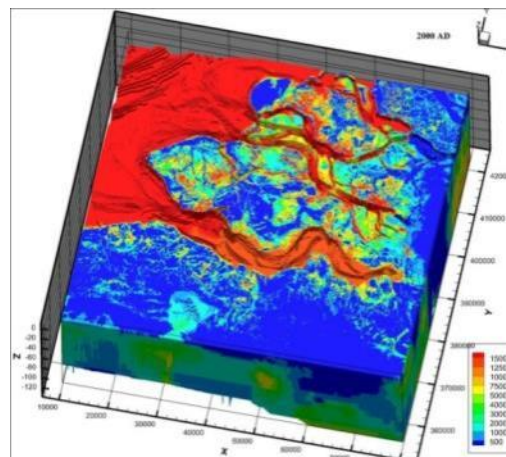


Fig. 3: 3D zoet-zout verdeling in Zeeland.

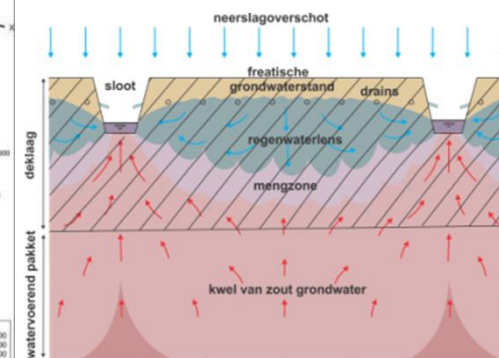


Fig. 4: concept van een regenwaterlens in een zout kwelgebied.

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 stormvloed en 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.

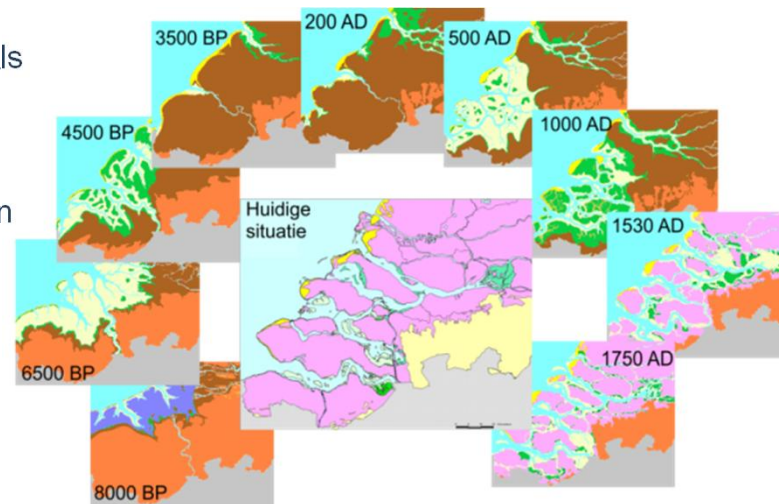


Fig. 5 Reconstructie van de geomorfologische ontwikkeling van de zuidwestelijke delta sinds de laatste ijstijd.

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).

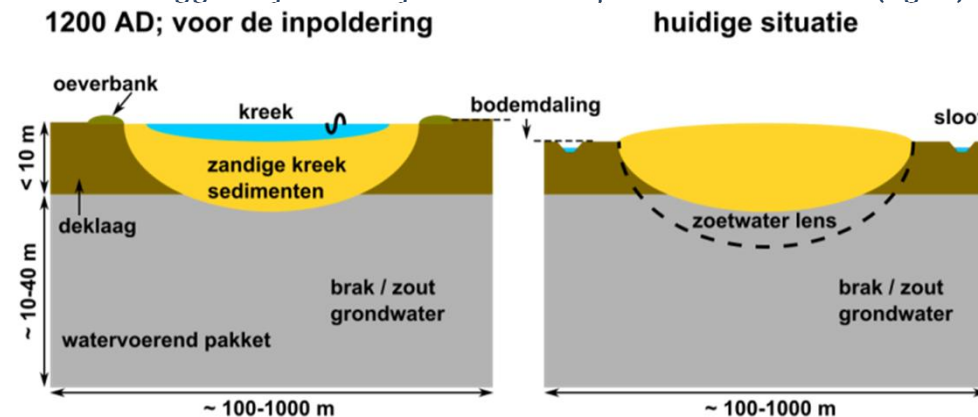


Fig. 6 Schematische weergave over het ontstaan van kreekrukken.

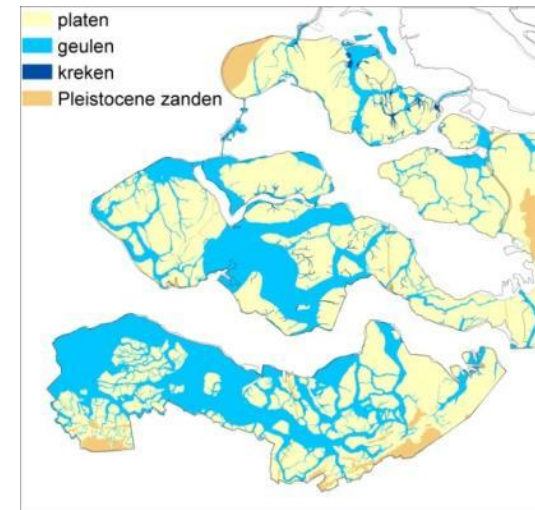


Fig. 7 kartering van platen, geulen, krekken en Pleistocene zanden (REGIS).

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 18.000 (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 zoetwater in de Zuidwestelijke Delta beïnvloeden. De belangrijkste ontwikkelingen die worden verwacht zijn (de Vries *et al.*, 2009):

- het stijgen van de zeespiegel en het mogelijk vaker voorkomen van (zeer) lage rivierafvoeren als gevolg van klimaatverandering. Hierdoor zal de zoutbelasting van het gebied, door steeds zouter wordende kwel, toenemen en zal meer zout via de Nieuwe Waterweg binnendringen;
- het mogelijk vaker voorkomen van droge, warme zomers (zoals die van 1976 of 2003) met een hoger dan gemiddeld neerslagtekort. Hierdoor zal in de zomer mogelijk vaker en in grotere hoeveelheden, zoetwater vanuit het hoofdwatersysteem in het regionale watersysteem moeten worden ingelaten;
- 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.

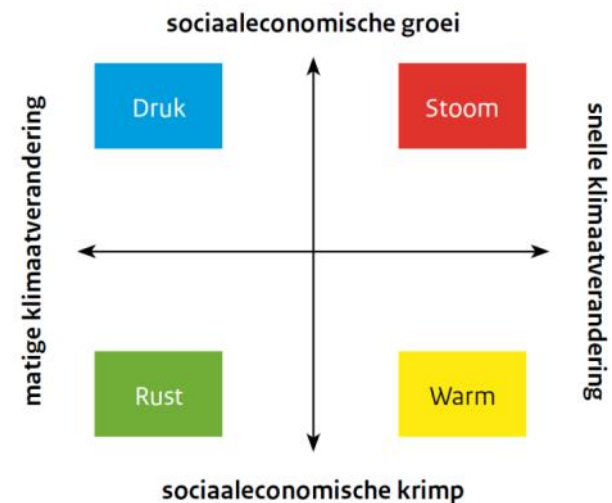


Fig. 8: Schematische weergave van de Deltascenario's

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 zoetwater 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., 2013) als praktisch (Projectgroep Zoetwateronderzoek Goes, 1986) doorgaans inefficiënt gebleken door het opdrijven van zoet in zout grondwater.

Waarom vernieuwend?

Met de Freshmaker wordt tegelijkertijd *zoetwater ondiep opgeslagen* en *zoutwater daaronder afgevangen*. 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 zoetwater 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 m³ zoetwater opgeslagen en succesvol teruggewonnen voor irrigatie in de zomer van 2013. De belangrijkste onderzoeksdoelen waren de 'proof of concept' (blijft het zoetwater 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 zoetwater te verdrukken, afgevangen. Het opgeslagen zoetwater wordt zodoende beschermd, ook in tijden dat geen injectie plaatsvindt. Met de ondiepe put (7 m-maaiveld) wordt zoetwater ondiep geïnjecteerd, bij voorkeur in een reeds aanwezige zoetwaterlens. Een relatief jonge techniek maakt deze toepassing mogelijk: horizontal 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 zoutwater geloosd moet worden. In overleg met het Waterschap gebeurt dit bij de proef in Ovezande op het oppervlaktewater.

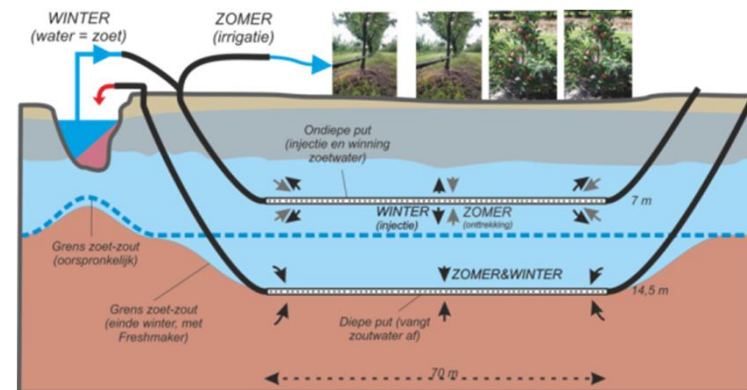


Fig. 10: De Freshmaker injecteert zoet oppervlaktewater in de winter met een ondiepe HDDW en vangt zoutwater af met een diepere HDDW. In droge periodes kan de ondiepe HDDW zoetwater leveren aan bassin of druppelirrigatie.

Hydrologische haalbaarheid van De Freshmaker



Grondwatermonitoring en modelsimulaties brengen gedrag ondergrondse zoetwaterlens in beeld

Aanpak

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 grondwatertransport-model (SEAWAT) is toegepast om langjarige effecten te bepalen.

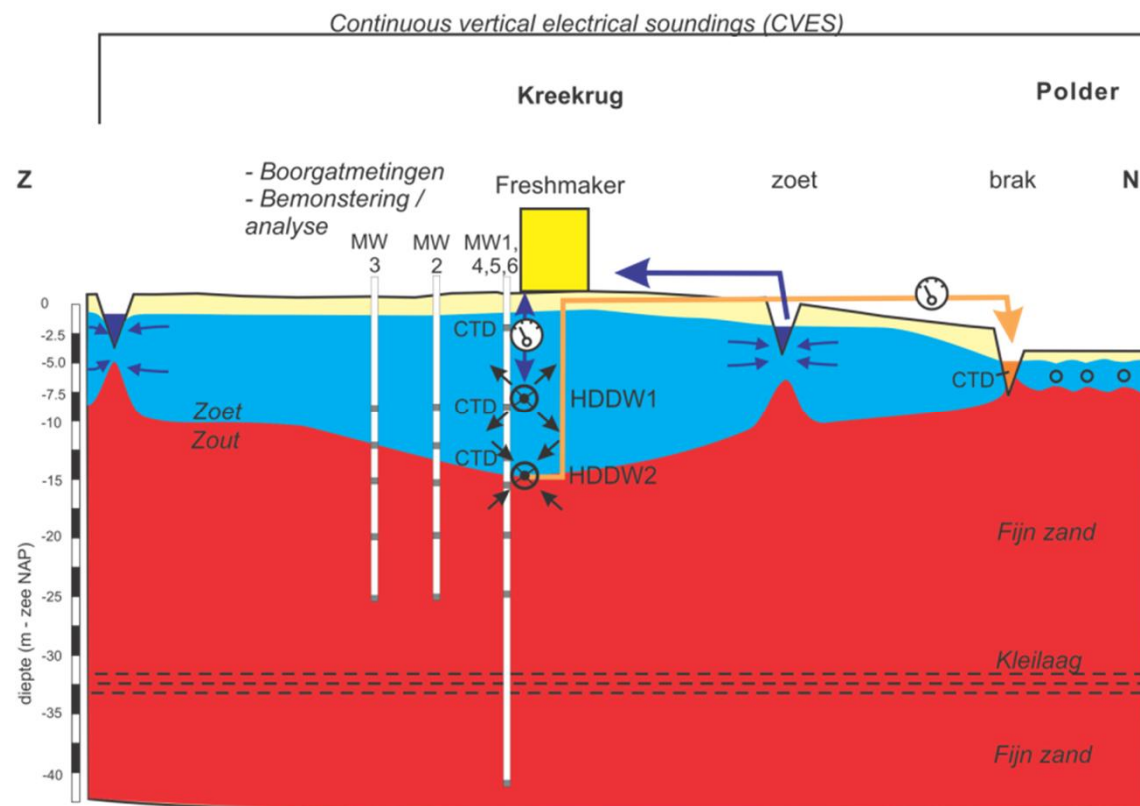


Fig. 11: Doorsnede van de Freshmaker inclusief meetinspanningen. MW = peilbuisnest, CTD = sensor voor druk, temperatuur en elektrische geleidbaarheid. Horizontaal niet op schaal.

Resultaten van De Freshmaker



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

Metingen

Injectie van 1,728 m³ in 15 dagen en diepe onttrekking met 40 m³/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 zoutwater ver van de ondiepe HDDW, waardoor zelfs een groter volume zoetwater gewonnen had kunnen worden dan er was geïnjecteerd.

Na injectie van bijna 3.000 m³ 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 zoutwater vanuit HDDW2 op de lokale watergang blijft deze licht brak, met concentraties rond de gemiddelde zomerwaarden.

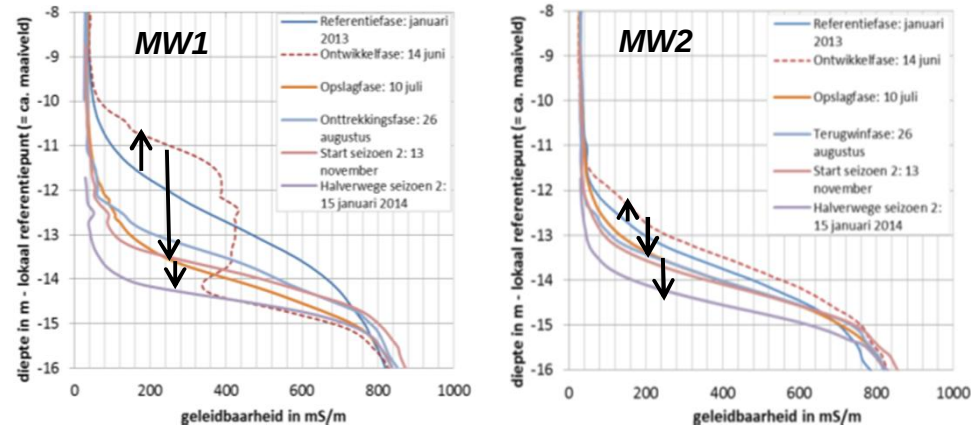


Fig. 12 Elektrische geleidbaarheid van de ondergrond tegen de diepte gemeten op verschillende tijdstippen halverwege de lengte van de HDDWs. Resultaten ter plaatse van de HDDWs zelf (MW1, links) en op 10 m afstand daarvan (MW2, rechts).

Resultaten van De Freshmaker



Het model toont: verzoeting van het grondwatersysteem, jaarlijks zoetwater om het terug te winnen en weinig effecten aan maaiveld

Model De Freshmaker

Het SEAWAT model simuleert dichtheidsgedreven grondwaterstroming en gekoppeld zouttransport. Het model van 5 jaar met jaarlijkse injectie en terugwinning van 4,200 m³ zoetwater laat zien dat:

- het geïnjecteerde zoetwater ieder jaar ruimschoots kan worden teruggewonnen;
- het omliggende grondwatersysteem langzaam verzoet: de zoute kwel richting naastgelegen watergang vindt niet meer plaats;
- het te lozen zoutwater na 4 jaar een concentratie heeft tussen 4,000 (winter) en 13,000 mg Cl/l (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 zoetwater 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 zoetwater 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 zoutwater 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 m³ (ca. 0.40 €) 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 beïnvloedingsgebied;
- 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 droogteschade aan gewassen. In droge jaren (2009 en 2010) loopt deze schade op tot 30%. Door klimaatverandering nemen de weersextremen toe en door zeespiegelstijging zal de zoute kwel toenemen. Gevolg: toename van de watervraag en afname van de beschikbaarheid van water.

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 garantie van zoetwateraanvoer;
- Controle van peilen en debieten door gebruiker;
- Meet- en modellertechnieken voor systeemoptimalisatie.

Waar?

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



Fig. 13: Schematische weergave van het grondwatersysteem

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 grondwatersysteem. 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 wegdukt. De waterbron voor deze proef is een zoete sloot. De zoetwaterlens groeit langzaam maar gestaag en kan 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 investering is relatief laag: slechts een peilgestuurd drainagesysteem en een kleine pomp.

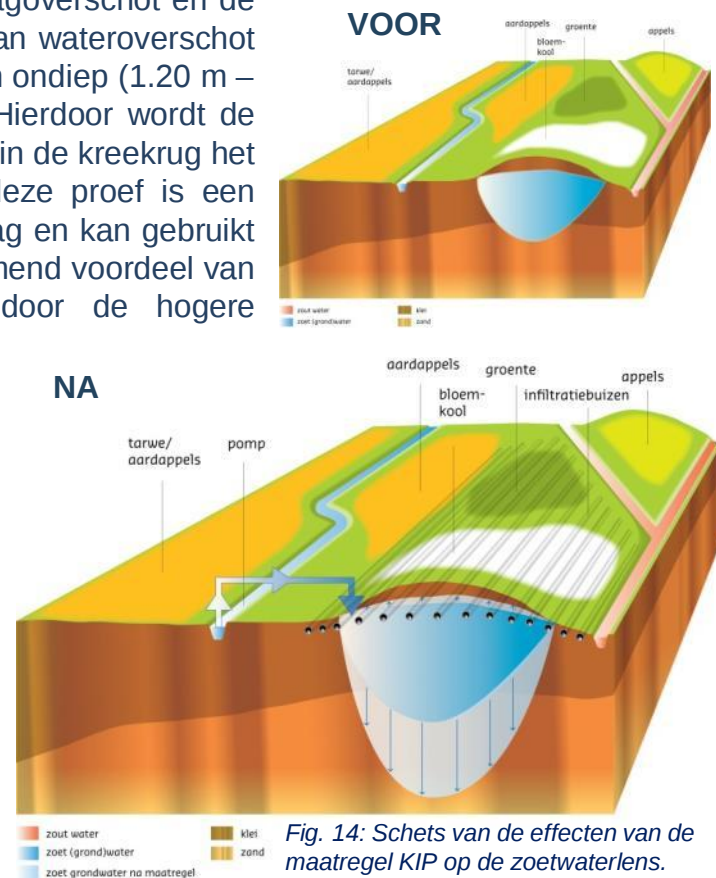


Fig. 14: Schets van de effecten van de maatregel KIP op de zoetwaterlens.

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 grondwatersysteem 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 12000 m³, gebaseerd op alle metingen. Ook de zomerbuizen van 2013 konden gebruikt worden voor infiltratie in de kreekrug.

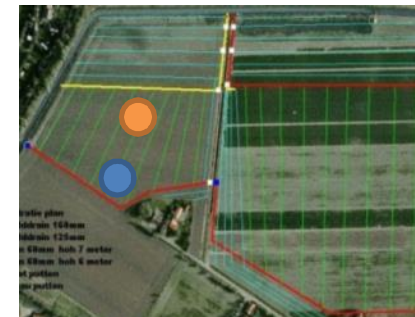
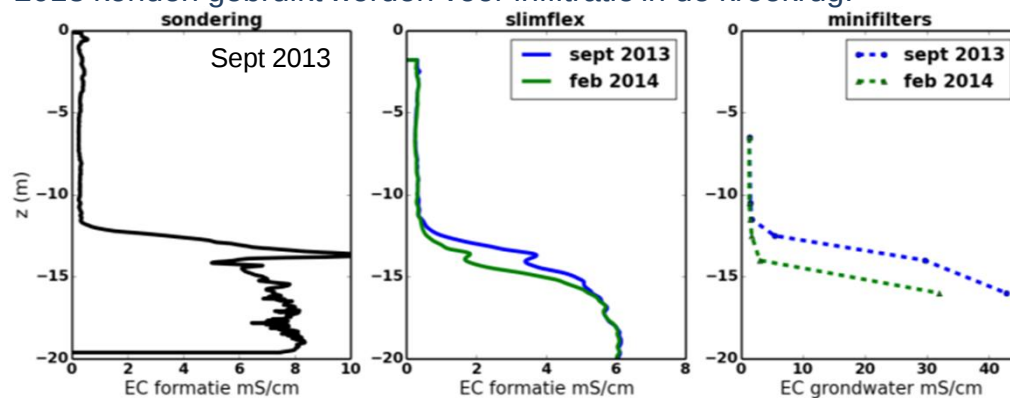


Fig. 16: 3 typen metingen (sondering, SlimFlex en minifilters) op dezelfde locatie (blauwe stip in figuur rechts) in de kreekrug. De oranje stip geeft de locatie van de subsurface monitoring device (SMD) weer (zie fig. 17, volgende pagina).

Resultaten van de Kreekrug Infiltratie Proef



Model laat zien dat op korte termijn groeit de zoetwaterlens een paar meter en op lange termijn tientallen meter

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. 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 grondwatersysteem.

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.

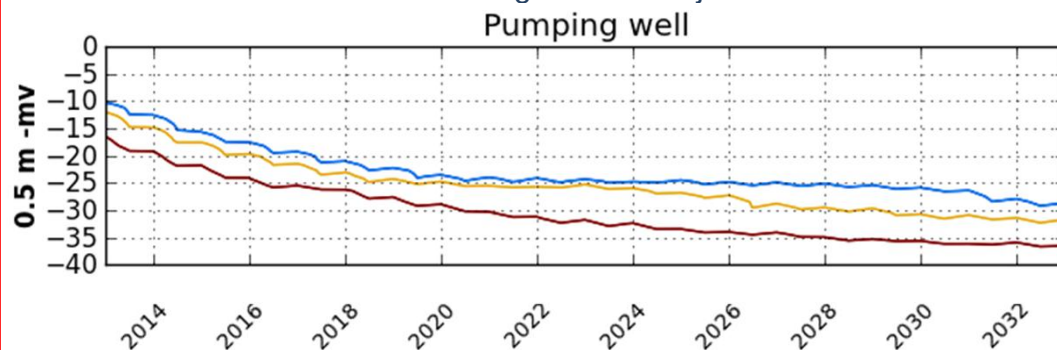


Fig. 17: Gemodelleerde ontwikkeling van de zoetwaterlens in de kreekrug. Rood = 10000 mg/L Cl (zout), oranje = 1000 mg/L Cl (brak) en blauw = 150 mg/L Cl (zoet). In het winterhalfjaar wordt een peil van 0.5 m onder maaiveld aangenomen.

Resultaten Kreekrug Infiltratie Proef



Veelbelovende resultaten: de grondwaterstand gaat omhoog en het zoet-zout 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).

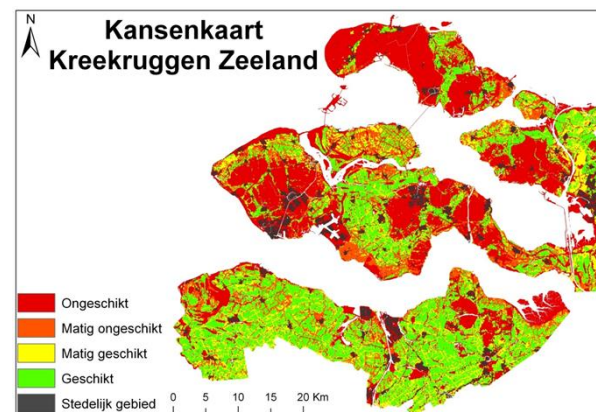


Fig. 18: kansenkaart voor opschaling van de Kreekrug Infiltratie Proef. Detail metingen zijn nodig voor een verdere analyse.

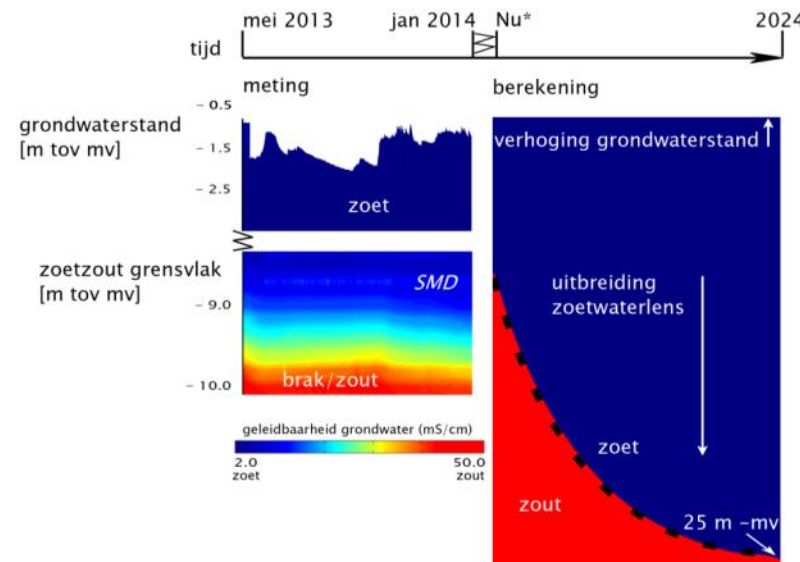


Fig. 19: Vergroten van de zoetwaterlens door verhogen grondwaterstand door infiltratie oppervlaktewater. Links: metingen van de SMD. Rechts: numeriek zoet-zout model berekening voor de toekomst.

Drains2Buffer



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



Locatie proef: Kerkwerpe, Schouwe 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 we deze regenwaterlenzen robuust kunnen maken voor klimaatverandering en zelfs de zoetwatervoorraad in de grond iets kunnen laten groeien.

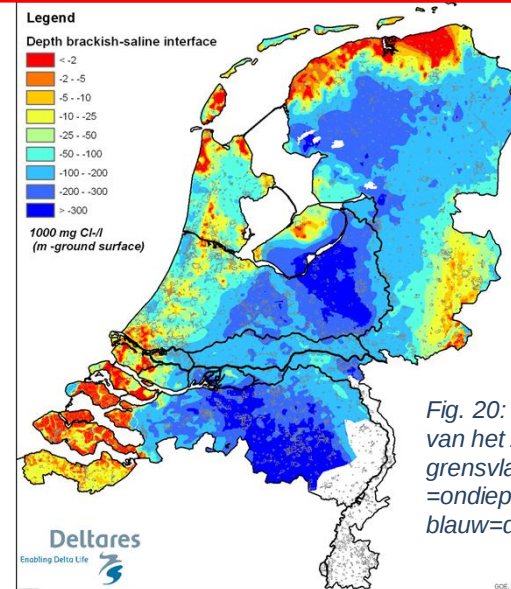


Fig. 20: diepte van het zoet-zout grensvlak (rood =ondiep; blauw=diep).

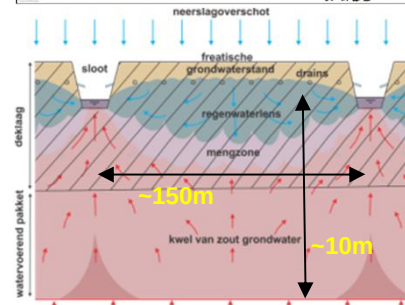


Fig. 21: concept van een regenwaterlens in een zout kwelgebied.

Maatregelbeschrijving Drains2Buffer



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

Doelstelling

Zoetwatervoorraad in de ondiepe ondergrond in zoute kwelgebieden vergroten door regenwaterlenzen te laten groeien. Hierdoor ontstaan klimaatrobuuste 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.

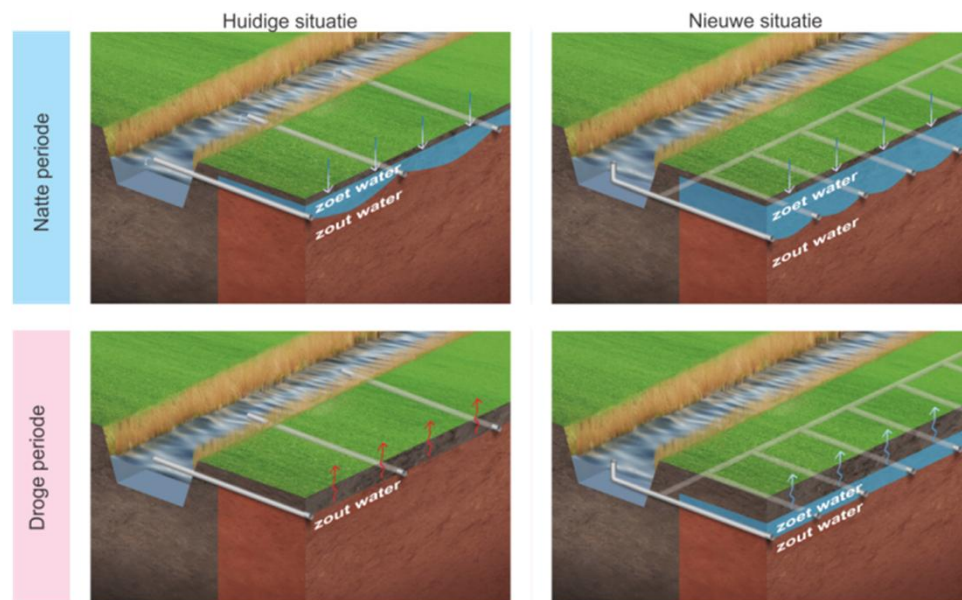


Fig. 22: Schets van de maatregel Drains2Buffer.

Hydrologische haalbaarheid Drains2Buffer

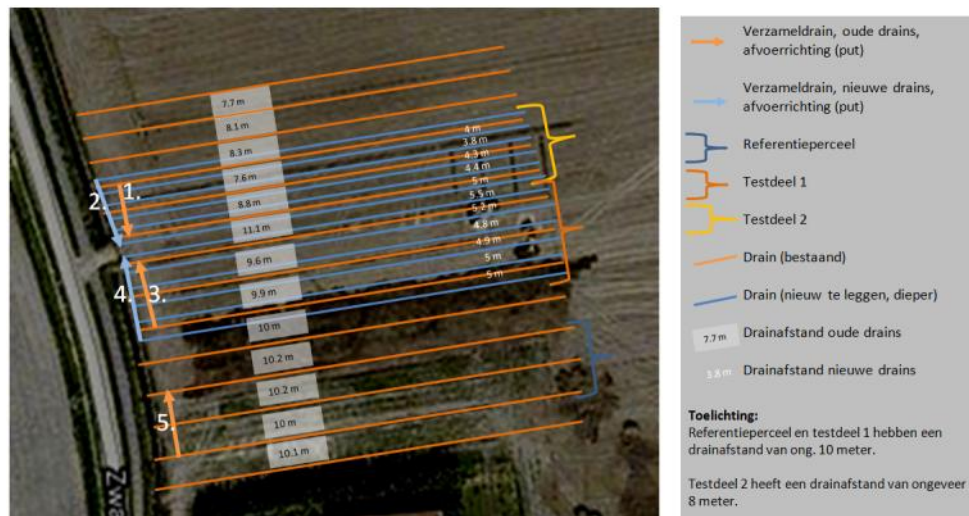


Afweging maximaal effect maatregel en praktische uitvoerbaarheid

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 proef 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)

Opzet meetopstelling

De meetopstelling en keuze van meetapparatuur is gericht op hoogfrequente metingen met een hoge resolutie om zo goed mogelijk de veranderingen binnen de duur van de proef waar te kunnen nemen. 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.:
 - o CVES (2D geofysica meting, zie figuur), meting 2x per jaar
 - o TRIME (meting van 1D profiel zoutgehalte (on)verzadigde zone, enkele keren per jaar
 - o Prikstok (meting van 1D profiel zoutgehalte), enkele keren per jaar
 - o ResProbe (meting van 1D profiel zoutgehalte), resolutie 5 cm en frequentie ½ uur

Resultaten van Drains2Buffer

Veranderingen regenwaterlens observeren met gedetailleerde metingen



Metingen Drains2Buffer

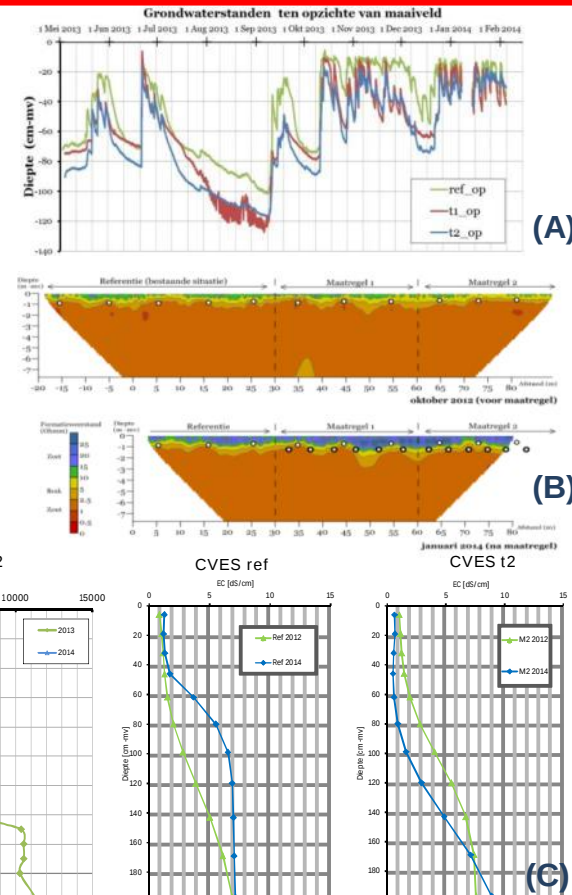
Grondwaterstand (A)

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 toont aan een nieuwe stabiele zoetwaterlens 40cm dikker na 4-5 jaar

Model Drains2Buffer

Met een dichtheidsafhankelijk grondwatermodel met gekoppeld zouttransport 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

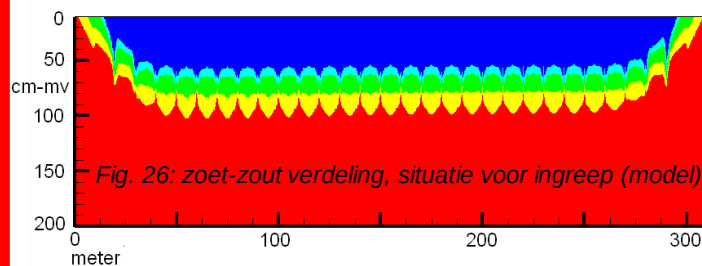


Fig. 26: zoet-zout verdeling, situatie voor ingreep (model)

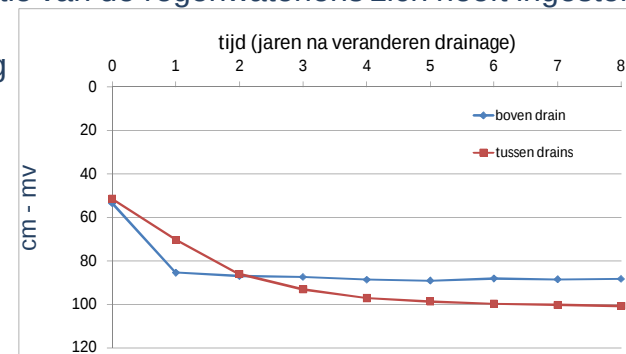


Fig. 25: verlaging van het zoet-zout grensvlak tussen en boven de drains.

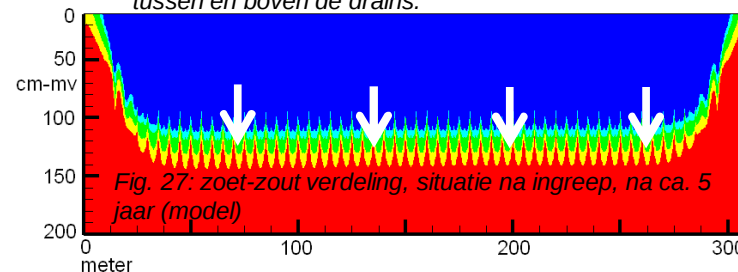


Fig. 27: zoet-zout verdeling, situatie na ingreep, na ca. 5 jaar (model)

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:
 - o niveau diepe drains hoger, op oude drainage-niveau
 - o ondiepe drains 'dicht' zetten; diepe drains voeren snel genoeg en voldoende af
 - o 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

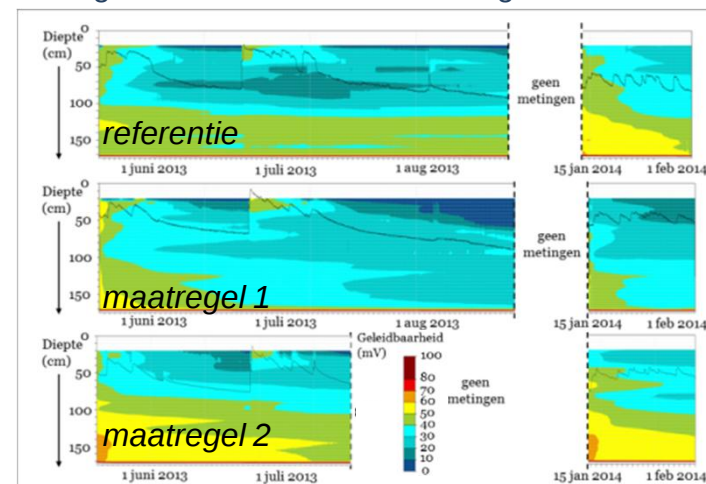


Fig. 28: Resprobe resultaten laten de geleidbaarheid zien.

5. Sociaaleconomische haalbaarheid

Jeroen Veraart
Jan Vreke

Sociaaleconomische haalbaarheid

Inleiding en doel



In dit werkpakket is gekeken hoe de sociaaleconomische haalbaarheid van de drie showcases bepaald kan worden voor een bedrijf en, bij opschaling, naar meer bedrijven in de regio.

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. Sociaaleconomische haalbaarheid is overigens een containerbegrip, waaraan eenieder zijn eigen invulling kan geven.

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 3 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 een technologie bestaat uit het vergelijken van qua aard en/of meeteenheid verschillende grootheden. Bij de GO-FRESH experimenten gaat het om de grootheden hoeveelheid extra zoetwater (m³) die de technologie oplevert, netto landbouwopbrengsten (€/ha) en juridische aspecten. Een multicriteria-analyse (MCA) is gebruikt om deze vergelijking makkelijker te maken. Hierbij is een hiërarchische opbouw (zie tabel hiernaast) gevolgd.

De **aspecten** (geel) corresponderen met de fases bij de invoering. De *haalbaarheid* verkent de mogelijkheden om de technologie toe te passen, de *uitvoerbaarheid* is gericht op de aanschaf van de technologie en de *prestaties* beschrijven de resultaten als de technologie functioneert. De **criteria** (roze) beschrijven de onderwerpen die bij een aspect aan de orde zijn. De **subcriteria** (blauw) geven invulling aan de criteria en deze worden zoveel mogelijk gekwantificeerd en en beoordeeld.

De waarneming bestaat uit de beschrijving van de situatie van de subcriteria (in de eigen meeteenheid). De beoordeling van deze situatie (op een schaal van -1 tot +1) geeft de subcriteriumscores. De criterium- en aspectcores worden bepaald door aggregatie van de subcriteria resp. de criteria. Daarbij kan worden gevarieerd met het oordeel over subcriteria en het relatieve belang van (sub)criteriën. Deze zijn vastgesteld in overleg met de stakeholders en consortium partijen.

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

Sociaaleconomische haalbaarheid



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

Bij veel subcriteria ontbreken de data om deze exact te kunnen kwantificeren of te kwalificeren, omdat het niet gaat om gangbare technologieën maar om innovaties die in experimenten worden getest. Verder is het verzoek gedaan om bij de bepaling van de sociaaleconomische haalbaarheid prioriteit te geven aan de berekening van de *netto opbrengst* (saldo van kosten en opbrengsten), *terugverdiensijd* en *investeringskosten/m³ zoetwater*. De overige subcriteria zijn kwalitatief geschetst op basis van expertoordeel en literatuuronderzoek.

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

(1) de hydrologische prestaties van de drie experimenten op lokaal en regionaal niveau (opschaling), dat wordt juist onderzocht in de experimenten; het effect van klimaatverandering en weersvariabiliteit op de zoetwatervoorziening, gewasmeeropbrengst en droogte- en verziltingschade; (3) De kosten van een technologie die nog in de experimentele fase zit zijn anders dan bij uitvoering en opschaling naar meerdere bedrijven; (4) de mix van gewassen (het bouwplan) die een individuele akkerbouwer of fruitteelt heeft is uniek, en daarmee ook de gewasmeeropbrengst door toepassing van de technologie en extra meeropbrengst door wijzigingen in het bouwplan. (5) Lange termijn ontwikkeling van de markt voor landbouwproducten en prijsontwikkelingen.

*Daarom zijn in de algemene aanpak de volgende **vereenvoudigingen** toegepast:*

- Er is een algemeen rekenschema (Excel) om de netto opbrengst te bepalen die de extra zoetwatervoorziening oplevert waarbij verschillende bedrijfsoppervlakten ingesteld kunnen worden. De netto opbrengst kan doorgerekend 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 **2 representatieve voorbeelden uit de akkerbouw en fruitteelt** voor de 3 GO-FRESH experimenter

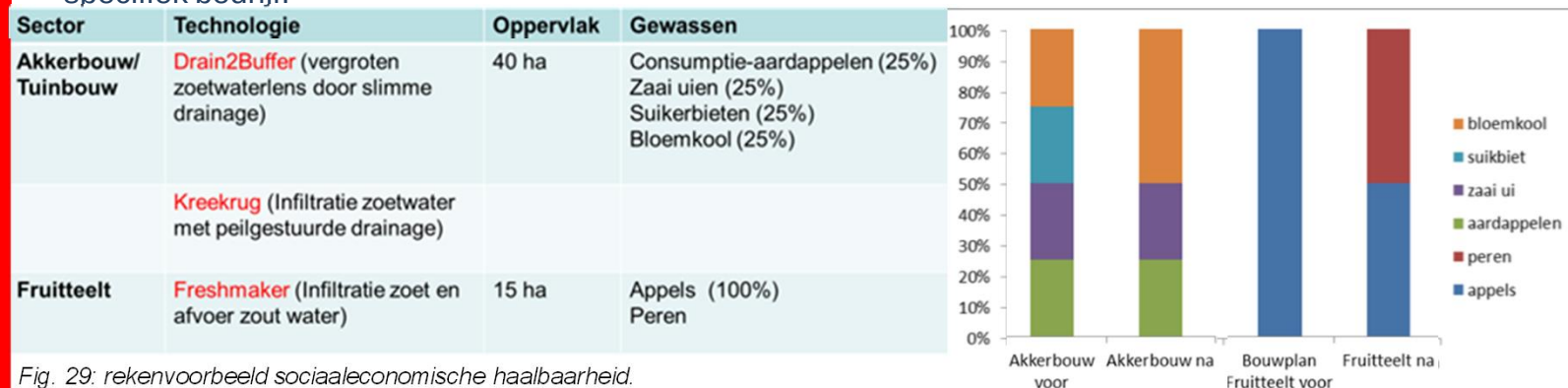
Sociaaleconomische haalbaarheid



Toepassing rekenschema met twee representatieve voorbeelden

Een gemiddeld akkerbouwbedrijf in Zeeland heeft een oppervlakte van 40 ha en een bouwplan met 4-5 gewassen, een fruitteeltbedrijf is tussen de 10-20 ha groot (CBS, LEI).

- In het rekenvoorbeeld (fig. 29) worden in aanvank op het fictieve akkerbouwbedrijf van 40 ha aardappelen, uien, suikerbieten en bloemkool geteeld. Daarna wordt geïllustreerd wat het effect is van extra zoetwatervoorziening op de netto opbrengst door gebruik te maken van het Drains2Buffer concept en de Kreekrug Infiltratie Proef en wat er gebeurt wanneer de suikerbiet in het bouwplan vervangen wordt door bloemkool, een hoger renderend gewas.
- Op het fictieve fruitteeltbedrijf van 15 ha worden alleen Elstar appels geteeld in aanvank. Daarna wordt geïllustreerd wat het effect is van extra zoetwatervoorziening op de netto opbrengst door gebruik te maken van de Freshmaker concept en wat er gebeurt met de netto opbrengst wanneer de helft van het areaal Elstar appels vervangen wordt door Conference peren.
- In de excelsheet kunnen het bouwplan en het bedrijfsoppervlak veranderd worden voor de situatie van een specifiek bedrijf.



Sociaaleconomische haalbaarheid



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

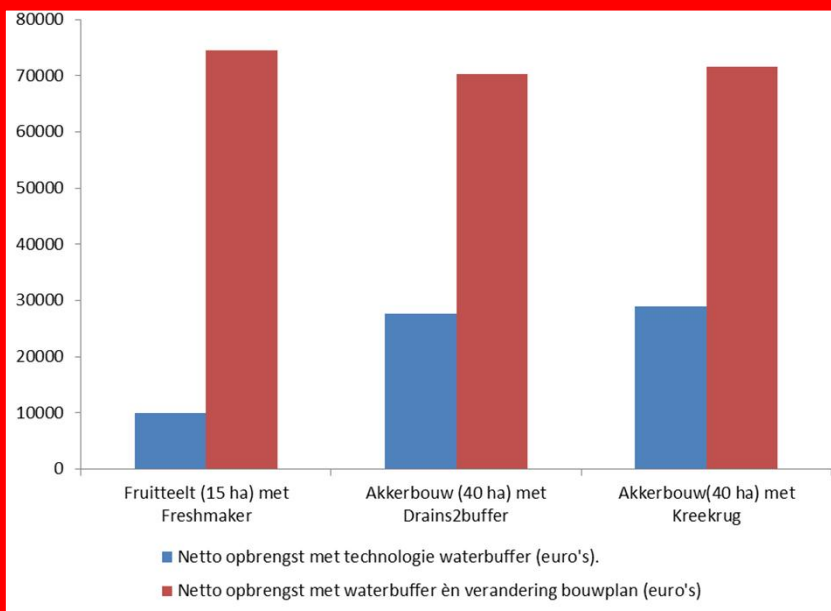


Fig. 30: Netto opbrengst met waterbuffer, en verandering bouwplan

Let op: de netto opbrengst per hectare is schaalafhankelijk en mag men niet, zonder meer, opschalen naar bijvoorbeeld het totaal areaal fruitteelt bedrijven op Zuid-Beveland.

Verschiedende kosteninschattingen hebben minder effect op de netto opbrengst doordat deze uitgemiddeld worden over 15 jaar.

Door de extra zoetwatervoorziening stijgt de netto opbrengst met 700€/ha bij zowel fruitteelt als akkerbouwbedrijf in dit voorbeeld. De netto opbrengst (€/jaar) neemt verder flink toe door de omschakeling naar hoger renderende teelten:

- bij vervanging van 50% van de Elstar appels voor Conference peren stijgt de netto opbrengst tot 5000 €/ha op het fruitteeltbedrijf.
- door de suikerbiet te vervangen met bloemkool stijgt de netto opbrengst tot 1800 €/ha voor het fictieve akkerbouw bedrijf.

De berekening van de netto opbrengst is gevoelig voor aannamen over prijs(schommelingen), weersvariabiliteit, vermeden schade met extra water) en de aanlooptijd. Bij appels zijn de productieve periode korter en de aanlooperperiode korter ten opzichte van peren. Perenopbrengst zijn ook gevoeliger voor ziekten en plagen waardoor in het rekenschema de meeropbrengst door de omschakeling met peren wordt overschat.

Sociaaleconomische haalbaarheid



De afschrijving van de investering verschilt per showcase en bedraagt tussen de 2000 en 4000€/ha

De Freshmaker

- De netto opbrengst is positief maar afhankelijk van bedrijfsopzet (biedt ook kansen!) en landbouwmarkt, de terugverdientijd is relatief langer in vergelijking tot de andere 2 showcases. De afschrijving van de investering (15 jaar) bedraagt 3750 €/ha (excl. onderhoud en vergunningskosten).
- Ook inzetbaar voor nachtvorstbestrijding in het voorjaar; goed combineerbaar met druppelfertigatie (effect niet meegenomen in netto opbrengst bepaling).

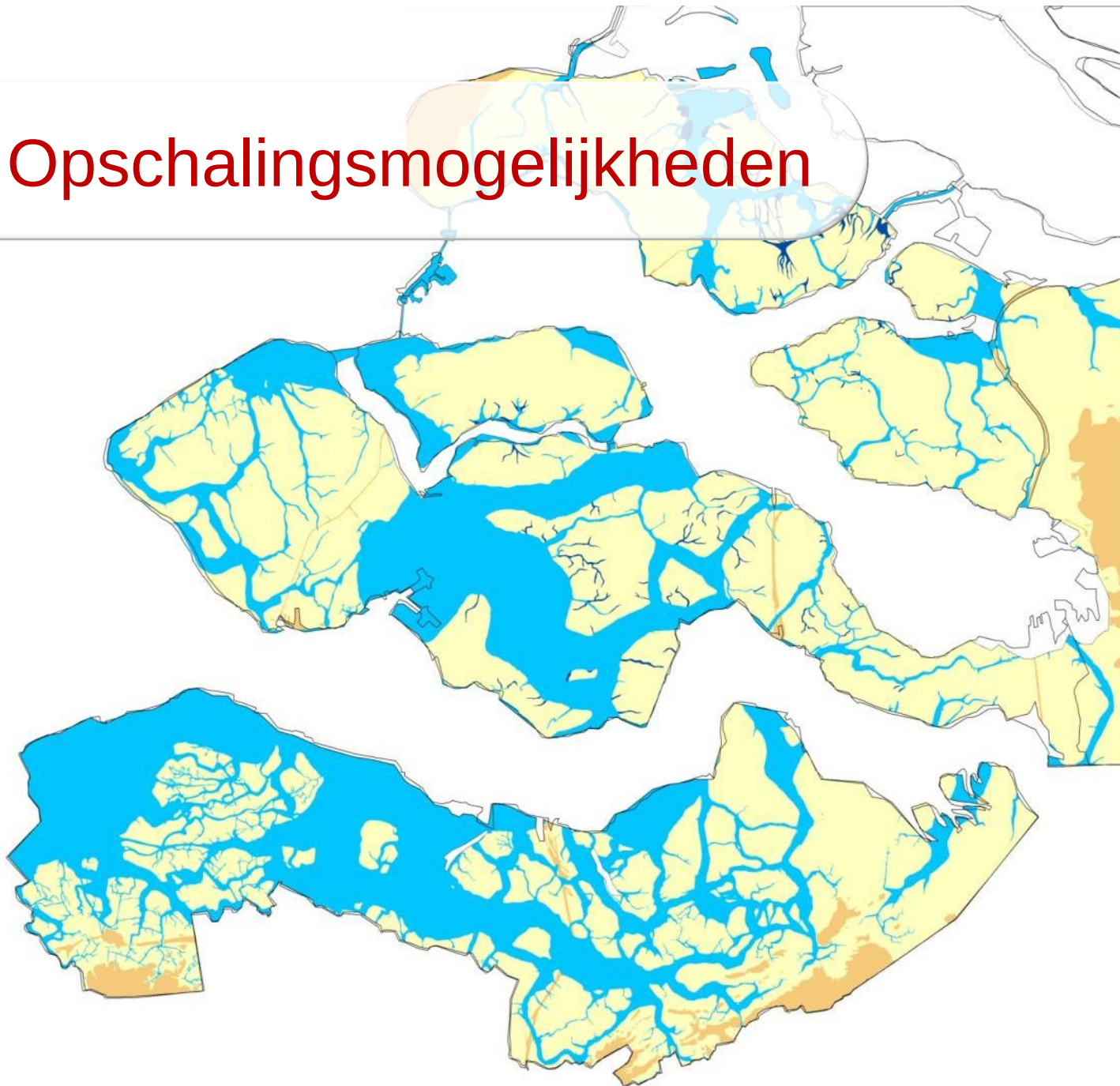
De Kreekrug Infiltratie Proef

- De netto opbrengst is positief maar afhankelijk van bedrijfsopzet (biedt ook kansen!) en landbouwmarkt, de terugverdientijd is korter dan voor de Freshmaker. De afschrijving van de investering (15 jaar) zijn ongeveer gelijk aan een standaard peilgestuurde drainagesysteem en bedraagt ongeveer 2000 €/ha (excl. onderhoud en vergunningskosten).
- Optimalisatie met andere drainagefuncties, zoals voorkoming van natschade en de bewerkbaarheid van het land is nog niet onderzocht.

Drains2Buffer

- De netto opbrengst is positief maar afhankelijk van bedrijfsopzet (biedt ook kansen!) en landbouwmarkt, de terugverdientijd is korter dan voor De Freshmaker. De afschrijving van de investering (15 jaar) is nog moeilijk te bepalen en bedraagt tussen de 2000 en 4000 €/ha (excl. onderhoud en vergunningskosten); door de lange afschrijvingstijd heeft de spreiding in deze getallen weinig invloed op de netto opbrengst.
- 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 showcase 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 showcase 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 zoetwater 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 zoetwater en onttrekking van zoetwater voor eventuele beregening. Vergunningenbeleid is anders voor zoetwaterlenzen (<15m). Juridisch is deze technologie complexer dan Drain2buffer maar eenvoudiger in vergelijk 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 zoetwater 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 zoetwater direct voor de ondernemer beschikbaar, de extra aanvulling met zoetwater 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 zoetwater tussen watergebruikers onderling.

Opschalingsmogelijkheden



De Kreekruginfiltratie Proef opgeschaald op Walcheren; op 12% van het totale landbouwareaal kunnen zoetwaterlenzen middels de Kreekruginfiltratie 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.

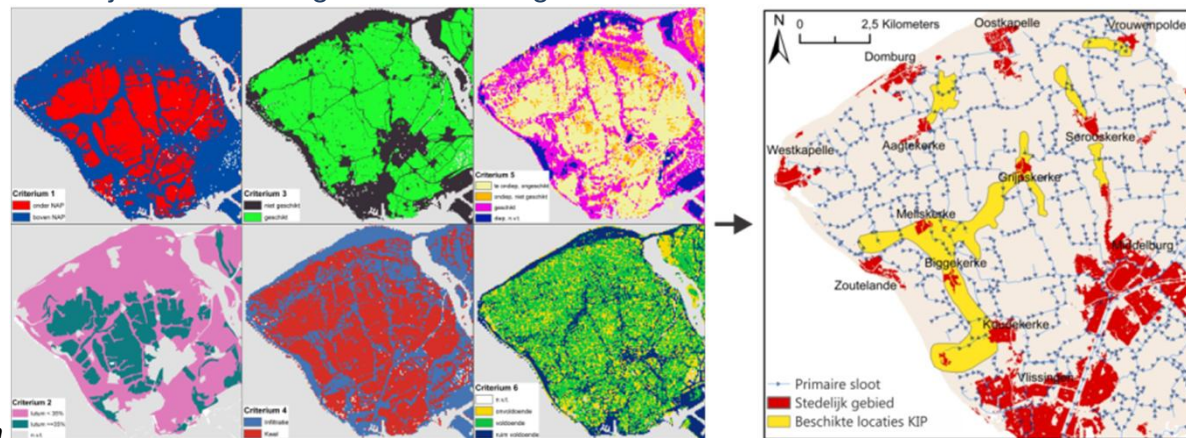


Fig. 30: opschaling KIP te Walcheren.

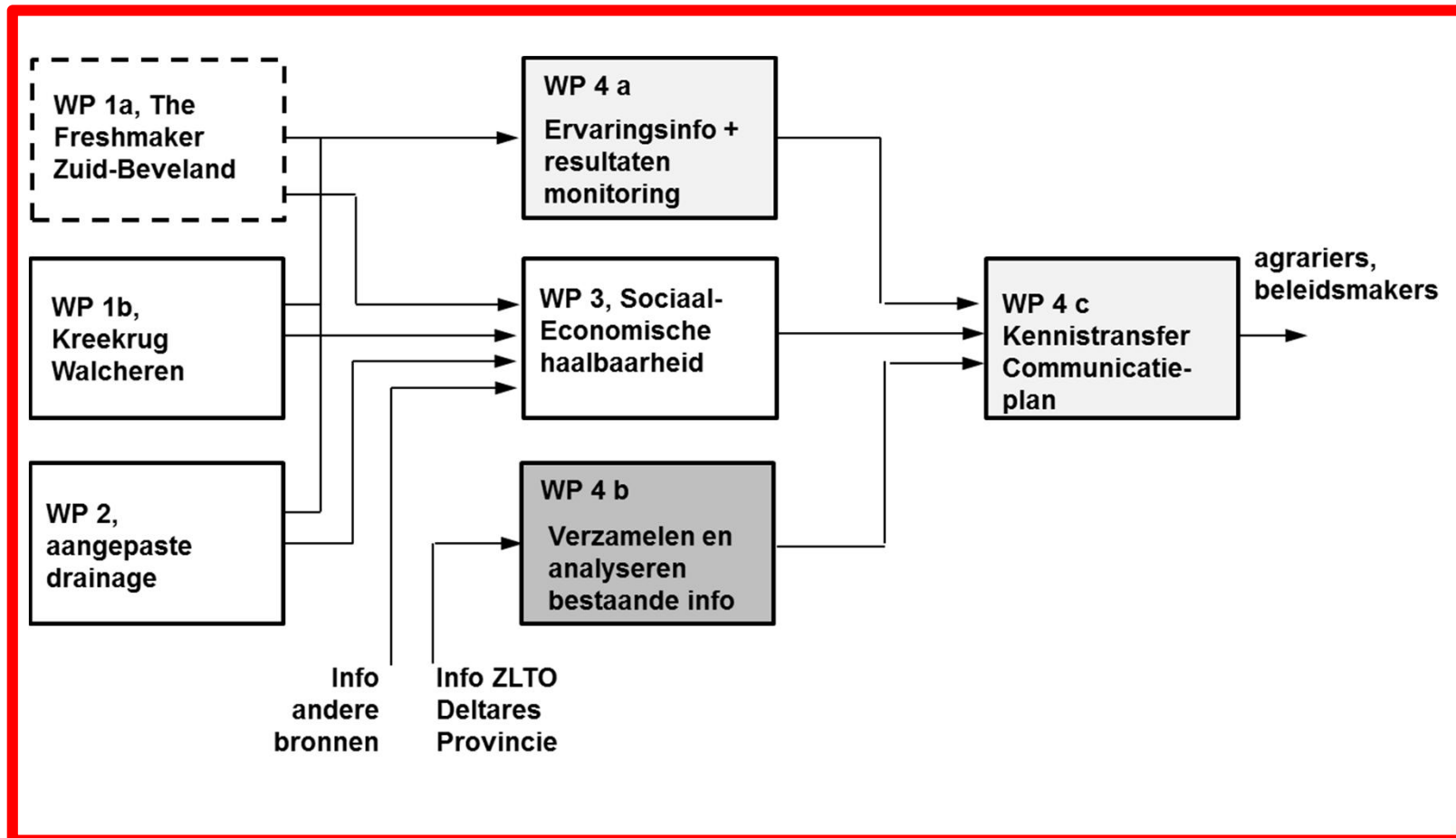
6. Kennistransfer naar de stakeholders



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-gestructureerde 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.



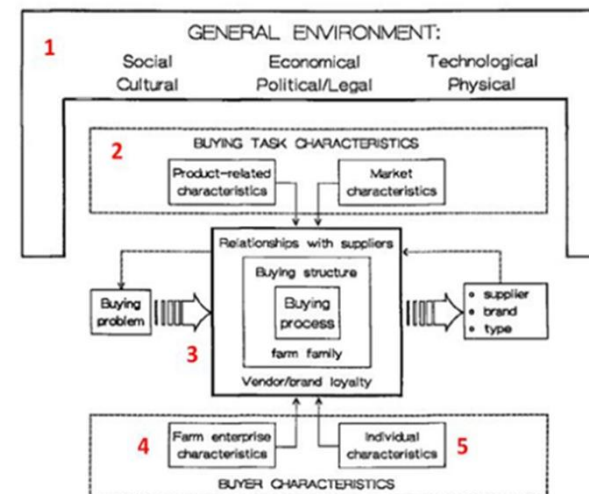
Resultaten

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, bijv: Kool, M. 1994. Buying Behavior Of Farmers, Wageningen pers.



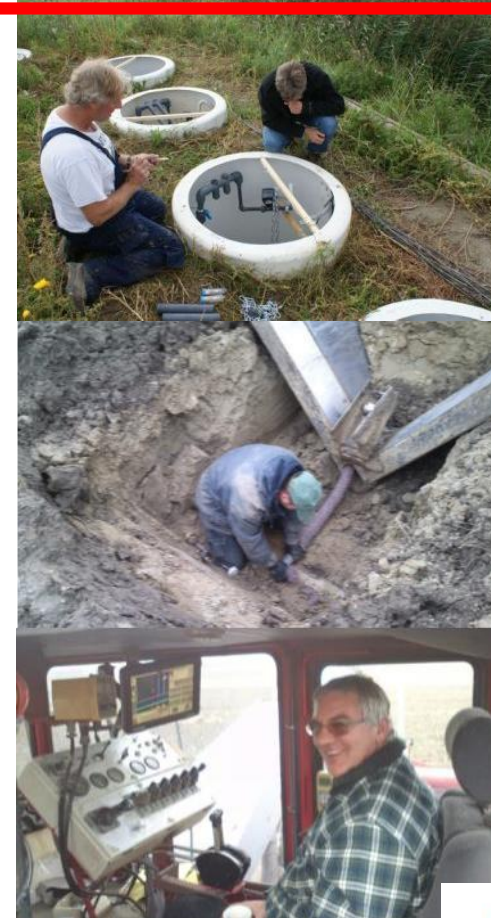


Inventariseren beschikbare kennis: Er is al heel veel kennis beschikbaar in literatuur, in documenten en experts Deltares, ZLTO, Provincie, Waterschappen. Een belangrijke vraag is welke kennis voor ondernemers van belang is en hoe die aan de ondernemers wordt aangeboden.

Voor het beantwoorden van de eerste vraag hebben de interviews met de werkpakketleiders en andere specialisten onderstaande VUE-graph opgeleverd, 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.

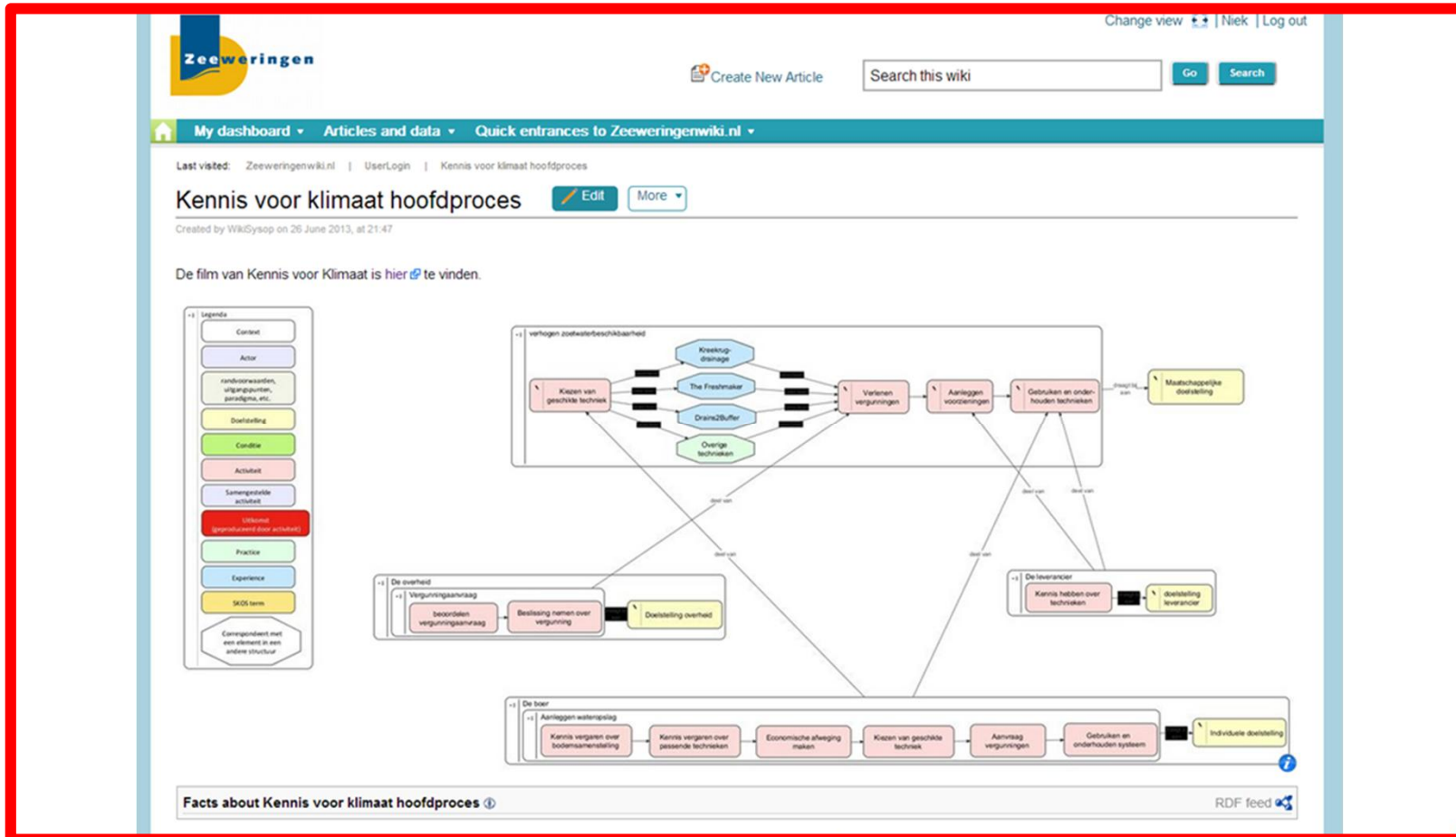
De VUE-graph kan worden omgezet in een semantische wiki, waar vervolgens de achterliggende informatie in kan worden opgenomen. Voor dit project is dit laatste in beperkte mate gebeurd. De ondernemers kunnen bij het gebruik van de semantische wiki zelf bepalen welke informatie ze willen zien.

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





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 zoet water; zoet grondwater is alleen beschikbaar in de duinen en kreekruggen 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 droogten. Om de zoetwatervoorziening minder afhankelijk te laten zijn van weersomstandigheden, zijn maatregelen nodig om de beschikbaarheid tijdens droge jaren/periodes te garanderen.

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



Algemene conclusie: De 3 maatregelen laten zien dat het fysiek mogelijk is om de zoetwatervoorraden te vergroten; het is echter nog te vroeg te bepalen of dit bedrijfseconomisch voldoende is, en aantrekkelijk voor agrariërs in de in de Zuidwestelijke Delta en daarbuiten



Binnen dit Kennis voor Klimaat project GO-FRESH zijn 3 showcases gestart:

1. **Kreekkrug Infiltratie Proef:** waar de zoetwatervoorraad in een kreekkrug wordt vergroot door infiltratie van oppervlaktewater, vooral ten behoeve van piekvraag;
2. **Freshmaker:** de zoetwatervoorraad in een kreekkrug wordt vergroot door injectie zoetwater én onttrekking zout grondwater, vooral ten behoeve van piekvraag en hoogwaardige teelten;
3. **Drains2Buffer:** vergroten/behouden/optimaliseren van de zoetwatervoorraad van dunne regenwaterlenzen in zoute kwelgebieden door slimme diepe drainage.

Verder is gewerkt aan het vormgeven van het gebiedsproces om succesvolle oplossingen robuust en duurzaam te implementeren.

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.



Fysische en sociaaleconomische haalbaarheid

Aanbevelingen



De eerste resultaten van de proeven zijn veelbelovend; om betere uitspraken te kunnen doen over de hydrologische prestaties van de proeven onder verschillende weersomstandigheden heb je **langere meetreeksen** nodig. Verder wil je meer inzicht hebben om iets te kunnen zeggen over de fysisch-geografische opschalingsmogelijkheden: waar in de Zuidwestelijke Delta is infiltratie, in combinatie met waterconservering, nog meer kansrijk op basis van hydrogeologie (bijv. zoet-zout grensvlak), bodemsamenstelling (infiltratiecapaciteit) en beschikbaarheid van voldoende infiltratie water van voldoende kwaliteit.

De opschalingskansen van combinaties van infiltratie- en drainagetechnologie hebben niet alleen een fysische component maar ook een sociaaleconomische dimensie. De opschalingskansen van de GO-FRESH experimenten naar meerdere bedrijven in de Zuidwestelijke Delta, of elders in de wereld, hangt af van het type agrarische bedrijven in een regio, de bedrijfsopzet (gewaskeuze, grondbewerking, bemesting, etc.), juridische procedures (vergunningen, subsidies, regelgeving) en de milieu& landschapseffecten die andere stakeholders mogelijk verwachten bij grootschalige toepassing van waterconservering en infiltratietechnieken en lange termijn ontwikkelingen in de mondiale landbouwmarkt. Het is onze aanbeveling deze twee dimensies (fysische als sociaaleconomische haalbaarheid) steeds beiden in het oog te houden.

Aspecten die haalbaarheid mede bepalen

Aanbevelingen kennisdisseminatie



Bij het bepalen van de (fysische als sociaaleconomische haalbaarheid) is specifieke aandacht noodzakelijk voor:

- Effecten op bodemkwaliteit en waterkwaliteit. Deze effecten zijn nog niet goed uitgezocht voor de toegepaste infiltratie en waterconserveringsmethoden;
- Optimalisatie met andere drainagefuncties. Hierbij ligt de nadruk op voorkoming van natschade en de bewerkbaarheid van het land;
- Inzicht in gebruikersgemak, storingsgevoeligheid en bedrijfszekerheid;
- Het verdelingsvraagstuk. Op een kreekruig bevinden zich meerdere agrarische bedrijven en ook andere gebruiksfuncties die van zoetwater afhankelijk zijn. Hoe verdeel je en beheer je 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?
- Welke eventuele water- en bodemkwaliteitseffecten zijn maatschappelijk aanvaardbaar (in vergunning)?

Praktische aanbevelingen betreffende de kennisdisseminatie zijn:

- De standaardmethoden van ZLTO voor kennisdisseminatie blijven gebruiken;
- Maak gebruik van een draineur bij de dimensionering van de drainagetechnieken, want draineurs worden gerespecteerd om hun praktische expertise;
- Benut de landbouwdag en de peredag;
- Werk de wiki verder uit en vul deze aan met meer relevante informatie;
- Ontwikkel een slimme aanpak om het sonderen van de bodem voor de individuele ondernemer veel goedkoper te maken.

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 de laatste twee jaar enorm in de belangstelling



GO-FRESH heeft de laatste twee jaar 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:

- [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 zoet water](#)
- [20140320, NWP factsheet GO-FRESH voor ExpoAgro in Argentinië](#)
- [20140129, Reformatorisch Dagblad: Boeren in Zilte Polders](#)
- [20140125, Nieuwe Oogst: Zoute Kwel Onder De Duim Houden](#)
- [20140120: Nederlands-Franse samenwerking binnen project GO-FRESH](#)
- [20131130, Nieuwe Oogst: 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 over GO-FRESH proeven, gelanceerd tijdens Kennisconferentie Deltaprogramma](#)
- [20120404, BN de Stem Zeeuws-Vlaanderen: Een zoektocht naar zoet water](#)

De Zeeuwse bodem wordt droger en zouter. Driftig wordt gezocht naar manieren om zoet water op te slaan.

Freshmaker maakt zoute ondergrond zoet

Op Zuid-Beveland hielden zoete grondwaterlenzen een uitkomst. Deze zijn ontstaan in de hoger gelegen kreekruggen en hieruit kan men uit een ondiepe put zoet water winnen. Vaak zijn deze zoetwaterlenzen

De Freshmaker is een pilot van het onderzoeksproject Go-fresh van Kennis voor Klimaat. In dit project onderzoekt men het beschikbaar krijgen en houden van zoet water voor de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta. Partijen die Go-fresh financieren over ondersteunen, zijn: Kennis voor Klimaat, Deltareis, KWR, Meeuwse Handelsonderneming, ZLTO, provincie Zeeland, STOWA, Waterschap Brabantse Delta, gemeente Schouwen-Duiveland, Waterschap Scheldestromen, Alterra, Acacia Water en Hogeschool Zeeland. Bos Grijskerke BV heeft financieel bijgedragen aan de ontwikkeling en plaatsing van de horizontale putten.

Binnen de Waterhouderij Walcheren bufferen acht agrarische ondernemers zoveel mogelijk zoet water in een gebied van 300 hectare. „Daarmee beregenen we de percelen van onderaf“, zegt stichtingsvoorzitter Wim van Nieuwenhuijzen uit Oostkapelle.

Zoute kwel onder de duim houden

Bij akkerbouwer Rien van de Hoek in Kerkwerve-
zilt het zoute water kort onder de bouwvoor.
Daarom vindt op zijn land onderzoek plaats
om met een extra drainagesysteem het zoute
kwaakwater af te voeren.



Deltares and ImaGeau sign agreement during visit French president Hollande to the Netherlands

Posted on 24 January 2014



Jan Rijk tevreden proefkonijn voor Freshmaker

Nederland waterland. Natuurlijk. Maar toch breken genoeg tuinders zich het hoofd over gegarandeerd en betaalbaar zoet water. Fruitteler Jan Rijk heeft op dat punt een meevaller: op zijn bedrijf wordt zeker vijf jaar lang de Freshmaker uitgezet.

VVD-fractie: Denk aan zoet water

DEN HAAG - Zoet water wordt hét probleem van de toekomst. Zowel voor gebruik als drinkwater als voor industrie en landbouw. Daarom moet minister Melanie Schultz (Infrastructuur) steun bieden aan lokale initiatieven zoals het Zeeuwse Go Fresh.

Daar was de VVD in de Tweede Kamer. Kamelierd André Brouwer vraagt vandaag tijdens een debat over water hoe schuldig het samenwerkingsverband gaat steunen. Go Fresh wemert Delatras, Alterra en de Hogeschool Zeeland aan de hand van de laatste jaren. Het zien van de minister van Landbouw te vergoeten. "Verzetting levert een probleem op voor de landbouw", aldus Brouwer. Zijn regelmatige toezicht op het water maakt de verzetting van de landbouw mogelijk. Het buifuren in kreekgraven of te injecteren in grondlagen en zout water weg te pompen, wordt gewerkt aan een stabiel zout grondwaterpeil. Niet als de PvdA maakt ook de minister van Landbouw de kennis bij Rijkswaterstaat en de Oosterscheldedekking. Brouwer: ik niet met voorstellen dat je niet meer alle expertise in huis hebt, maar dan moet je wel mensen met de expertise kunnen benoemen. De minister van Landbouw de minister dat zal regelen.

Schultz zei verder 'positief te staan' tegenover het Zeeuwse project Go Fresh. Daarin werken Deltares, Alterra en de Hogeschool Zeeland aan een manier om de zoetwatervoorziening voor de landbouw te vergroten. „We kijken zelf als overheid bijvoorbeeld naar hoe we verzilting kunnen terugdringen. Maar het helpt als partijen in het veld nadenken over hoe we verstandig met water kunnen omgaan.” Onder voorwaarden is financiële steun uit het Deltafonds mogelijk, aldus Schultz.

Toenemende verzilting vereist bewustere omgang met zoet water

„We moeten bewuster en efficiënter omgaan met zoet water“, zegt Perry de Louw, geohydroloog bij Kennisinstituut Deltares in Utrecht. Hij onderzocht het effect van zoute kwel op verzilting van oppervlaktewater en bodem. Zoute kwel is via wellen de belangrijkste verziltingsbron en kan een serieus probleem worden voor de landbouw.

VOORRADEN Experimenten in drie Zeeuwse regio's

Proeven voor meer zoet water landbouw

WEDEROM - Hoe kun je de zoetwatervoorzien van de landbouw in Zeeeland vergemakken? Dat antwoord moeten drie proeven geven.

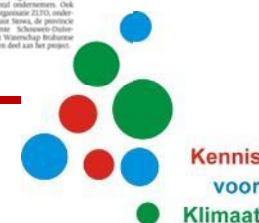
val.

"Klimaatverandering in combinatie met zeespiegelstijging en bodemdaling zijn hiervan de belangrijkste oorzaken. De verwachting is bovendien dat door dingeren anders de grote rivieren minder water zullen afvoeren terwijl ook elders de vraag naar meer water toeneemt. Ook daarom staan lokale mogelijkheden voor meer wateraafvoer nu wel op de belangstelling."

Op drie plaatsen in Zeeland worden verschillende methoden beke-

zoeneconomisch te verspreiden. Op Scheepswaardstadij vindt een klein bedrijf een drainageprobleem, bedolven met de dunnere laag van de klei. Het bedrijf wordt verzocht grondwater te verspreiden bij de drie proeven wordt nagegaan of de methoden aansluit technisch als sociaal-economisch haalbaar zijn.

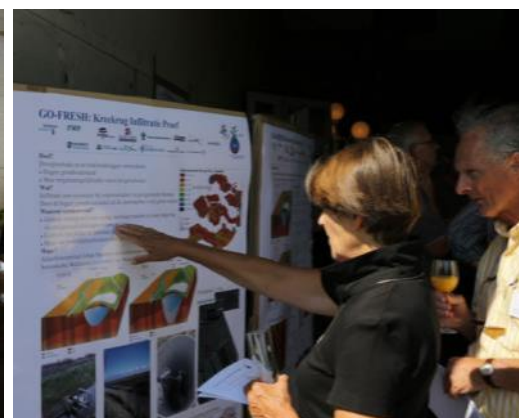
De drie proefprogrames maken de uitval van het onderzoekprogramma Kennis van Water mogelijk door de kennis te verspreiden door een consortium van Delftse Accia-Water, KWR (waterwetenschappelijk), Alterra (Wageningen Universiteit), de Hoogheijde Zeehaven en een aantal ondernemers. Ook landbouworganisatie LIZO, de natuurorganisatie Soewa, de provincie van Groningen, Schiedamsche Dredif en het Waterschap Rijnland-Delfland nemen deel aan het project.



26 augustus 2013 vond de Open Dag GO-FRESH plaats 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

Druppellirrigatie en fertigatie bij een fruitteeltbedrijf op Zuidbeveland dichtbij Yerseke (foto Jeroen Veraart, 2010)





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.

De Louw, P.G.B., de 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.

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 zoetwater in de Zuidwestelijk Delta, een verkenning. 79 p.

Geerling-Eiff, F.A, Hubeek, F.B. & Van Baalen P.J. 2004. Kennis en gedrag; Een studie binnen het kader van de Eindevaluatie Actieplan Nitraatprojecten, Den Haag, LEI.

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.

Konert, M., Vandenberghe, J., 1997. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. Sedimentology, 44(3): 523-535.

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.

Morville, P. 2005. Ambient Findability: What We Find Changes Who We Become. Cambridge: O'Reilly Media.



Nikkels, M.. 2013. Kennismontage omtrent decentrale zoetwater buffering in een zoute ondergrond. Kansen en uitdagingen op uitvoeringstechnisch, geohydrologisch, sociaal-economisch en beleidsmatig gebied, Vrije Universiteit Amsterdam Amsterdam MSC.

Peppelman, G. and 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 Verzilting.

Pyne, R.D.G. 2005. Aquifer Storage Recovery - A guide to Groundwater Recharge Through Wells. ASR Systems LLC, Gainesville, Florida, USA, 608 pp.

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.

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.

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.

Tolk, L. 2013 Zoetwater verhelderd. Maatregelen voor zoetwater 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 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
- 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. 2013. 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. 2013. 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



Belangrijke aannames bij de opbouw van het rekenschema

Belangrijke gemaakte aannames in het rekenschema zijn:

- De netto opbrengst* is bepaald op bedrijfsniveau voor de situatie, na de aanlooptijd, wanneer de technologie operationeel is en er voldoende zoetwater is om te kunnen functioneren;
- De verwachte levensduur van de toegepaste infiltratie en drainage technieken is 15 jaar;
- De combinatie van (1) gemiddelde opbrengstprijzen voor gangbare teelten (KWIN 2009-2010 en 2012) en (2) 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;
- Bij akkerbouwgewassen leidt gebruik van de technologie tot een gemiddelde toename van de fysieke opbrengst van 15%, dit is vergelijkbaar met de situatie in een 'matig droog jaar' (zoals 1996) met een beregeningsbehoefte van 100mm;
- Bij fruitteelt is de verwachte toename in de fysieke opbrengst gelijk aan het verschil tussen de 5-jaarsgemiddelden van de fysieke opbrengsten met en zonder irrigatie (KWIN 2009-2010).



Foto: www.agriholland.ie (Lisa Deeney)

* De netto opbrengst (saldo van kosten en opbrengsten) zijn gebaseerd op kengetallen uit de Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Volleggrondsgroenteteelt (KWIN-AGV 2012) en KWIN Fruitteelt (2009-2010) van PPO.

** De investeringskosten, terugverdientijd en prijs/m³ zijn gebaseerd op de gemaakte kosten bij de aanleg van de 3 pilots en expertoordeel hoe deze zich vertalen naar een marktsituatie.

*

Sociaaleconomische haalbaarheid



Opbouw van het 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	
				zonder	met technologie
					toename
Bruto geldopbrengst	(hoofdproduct, bijproduct)				
Toegekende kosten					
materialen					
uitgangsmateriaal					
bemesting					
gewasbescherming					
energie	brandstof/bewaren				
	GO-FRESH technologie				
afzet	o.a. transport/sorteren/drogen				
Losse arbeid	oogst en verwerking				
	CAOloon				
Overige productgebonden kosten					
	GO-FRESH technologie (heffing, --)				
	onderzoek/monster				
	productschapsheffing				
	verzekering (potatopol)				
Rente omlpend vermogen					
	berekende rente				
loonwerk					
	bewerken etc				
	oogsten/rooien				
Totaal toegekende kosten					
Marginaal saldo in € per hectare (zonder vaste kosten GO-FRESH technologie)					
vaste kosten technologie					
technologie	afschrijving, onderhoud, beheer				
	vergunning				
Marginaal saldo in € per hectare (MET GO FRESH Technologie)					

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



		Krekrug proef Akkerbouw	Draamsbunel Akkerbouw	Freshmaker Fruittelt	Criterium score	weging
haalbaarheid						
juridisch						
	invloed vigerende regelgeving					1
	vergunningverlening	complex	eenvoudig	complex		1
	kans dat vergunning niet wordt verleend	klein	klein	matig		1
fysiek						
	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
economisch						
	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
uitvoerbaarheid						
technologie						
	gebruiksgemak					1
	kans op storingen					1
fysiek						
	kans adequate beschikbaarheid water	redelijk	redelijk	groot		1
	kans adequate waterafvoer	groot	groot	redelijk		1
economisch						
	terugverdienperiode (jaren)	3	3	5		1
	ratio levensduur/terugverdienperiode	5	5	3		1
	bedrag van de investering (euro)	80000	100000	56250		
prestaties						
economisch						
	bedrijfszekerheid					1
	extra inkomsten door aanleg technologie					1
	continuïteit van het bedrijf					
omgeving						
	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.nl

gualbert.oudeessink@deltares.nl

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