

## Zoetwatervoorziening Schouwen-Duiveland

Quick scan huidige situatie, toekomst, mogelijke maatregelen en urgentiegevoel

Esther van Baaren, Deltares

Valesca Harezlak, Deltares

Augustus 2011

**CLIMATE PROOF AREAS**




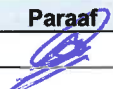



**Titel**  
 Zoetwatervoorziening Schouwen-Duiveland

**Project**  
 1202272-006

**Referentie**  
 1202272-006-BGS-0003

**Pagina's**  
 76

| Versie | Datum     | Auteur            | Paraafs | Review        | Paraaf  | Goedkeuring    | Paraaf  |
|--------|-----------|-------------------|---------|---------------|---|----------------|---|
|        | aug. 2011 | Esther van Baaren |         | Ger de Lange  |   | Bennie Minnema |  |
|        |           | Valesca Harezlak  |         | Perry de Louw |  |                |   |

Interviews en gesprekken hebben plaatsgevonden met de volgende personen:

- Jeroen de Maat, Provincie Zeeland
- Ronnie Hollebrandse, Provincie Zeeland
- Ruben Akkermans, Provincie Zeeland
- Rien van den Hoek, agrariër
- Jan van der Velde, agrariër
- Rene Rentmeester, agrariër
- Agrarisch Schouwen-Duiveland: W. Roskam, F.P. v.d. Helm, A. Slootmaker, A. v.d. Sluis, H. Simmelink, C.W.J. Steenpoorte, C. Kool
- Marten Annema, Natuurmonumenten
- René Wink, Natuurmonumenten
- Sander Terlouw, Staatsbosbeheer
- Gualbert Oude Essink, Deltares
- Perry de Louw, Deltares

Het rapport is gereviewed door:

- Perry de Louw, Deltares
- Ger de Lange, Deltares



## Samenvatting

Voor het Interreg project 'Climate Proof Areas' is een inventarisatie gemaakt met behulp van literatuur, actuele kennis, interviews en een grondwatermodel naar de huidige zoetwatervoorziening op Schouwen-Duiveland en de veranderingen tot 2050. Met behulp van kennis en praktijkervaring is per deelgebied van Schouwen-Duiveland advies gegeven over mogelijke maatregelen voor verbetering van de zelfstandige zoetwatervoorziening.

Schouwen-Duiveland beschikt over weinig zoet water. De Oosterschelde, Noordzee en Grevelingen zijn zout, maar doordat het gebied voor lange tijd zee was is ook het grondwater zout. Het eiland ligt voor een groot deel onder zeeniveau waardoor het zoute grondwater een opwaartse stroming heeft en door zoute kwel ook de sloten zout zijn. Er is wel zoet water aanwezig: in de duinen (drinkwatervoorziening), kreekruggen en dunne regenwaterlenzen. Deze dunne regenwaterlenzen die drijven op het zoute grondwater maken landbouw mogelijk. Daarnaast heeft Schouwen-Duiveland een jaarlijks neerslagoverschot en zoete kwel langs de duinen.

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 (zoute kwel dat via capillaire opstijging leidt tot hogere zoutconcentraties in de wortelzone) of via beregening met grondwater of oppervlaktewater (leidend tot brandwonden op de bladeren). Droogteschade ontstaat door een tekort aan zoet water en uit interviews met agrariërs blijkt dat dit voor landbouwgewassen de afgelopen jaren zo'n 10-30% was. Omdat Schouwen-Duiveland een veel kleiner neerslagoverschot heeft dan de rest van Nederland en Schouwen-Duiveland in tegenstelling tot veel andere gebieden nu nauwelijks mogelijkheden heeft voor beregening is dit ook economische schade.

Klimaatverandering wordt door de geïnterviewde agrariërs beschouwd als onzeker en lastig om rekening mee te houden voor de bedrijfsvoering. Wel geven zowel natuurbeheerders als boeren aan dat weersextremen (droogte, grote buien) toenemen en dat dat een vervelende ontwikkeling is voor zowel nat- als droogte- als zoutschade. Ondernemers denken na over het verbeteren van de zoetwatervoorziening; er zijn echter nog veel onduidelijkheden over de beschikbaarheid en kosten van het zoete water.

Klimaatscenario's voorspellen een toename van de weersextremen; met grotere kansen op nat- en droogteschade tot gevolg. Ook verzilting van het grond- en oppervlaktewater zal verder toenemen: er vindt nog steeds autonome verzilting plaats doordat het polderpeil onder zeeniveau ligt. Maaiveldaling en zeespiegelstijging zorgen voor een toename van dit peilverschil waardoor de zoute kwel zal toenemen. Er ontstaat hierdoor een risico op het verdwijnen van de dunne regenwaterlenzen.

Het door agrarische ondernemers ervaren zoetwatertekort in combinatie met de voorspellingen voor de toekomstige zoetwatervoorziening vraagt om maatregelen. Concrete kansen om de zoetwatervoorziening te verbeteren zijn er. Een relatief eenvoudige maatregel is het aanpassen van het watersysteem. Dit is nu vaak gericht op alleen water afvoeren in plaats van een combinatie met water bergen.

Een kans voor de zoute kwelgebieden is het robuuster maken van de dunne regenwaterlenzen met behulp van peilgestuurde drainage. Nu wordt vaak het ondiepe zoete water afgevoerd naar de zoute sloten. Zoet water voor beregening is in deze zoute polders niet beschikbaar en akkerbouwers proberen droogteschade liever te voorkomen via optimale bodem- en grondwatercondities.

In andere deelgebieden zouden de zoetwaterbronnen beter benut kunnen worden voor irrigatie. Zoete kwel kan, voordat het mengt met het zoute slootwater, opgevangen worden in bijvoorbeeld bassins. Voor kostenreductie kan een gezamenlijk bassin of een bassin in combinatie met natuur of recreatie interessant zijn. Ook het grondwater in de kreekruggen zou beter benut kunnen worden. Door het neerslagoverschot van najaar en winter te infiltreren in het grondwater kan de zoetwaterbel vergroot worden. In droge perioden kan dan meer water onttrokken worden. Neerslagwater uit bebouwd gebied kan als waterbron dienen.

Wel zijn maatregelen erg gebieds- en teeltafhankelijk en moet van veel maatregelen de hydrologische en bedrijfseconomische haalbaarheid verder uitgewerkt worden. Samenwerking tussen de agrarische ondernemers, de kennisinstituten en lokale en regionale overheid en waterbeheerders is daarbij belangrijk.

## Inhoud

|     |   |           |
|-----|---|-----------|
| 1.  | Inleiding   | 7         |
| 1.1 | Aanleiding  | 7         |
| 1.2 | Probleemstelling                                      | 10        |
| 1.3 | Aanpak en afbakening                                  | 10        |
| 1.4 | Leeswijzer  | 11        |
| 2.  | Achtergrond   | 12        |
| 2.1 | Fysisch-geografische ontstaansgeschiedenis            | 12        |
| 2.2 | Klimaatscenario's                                     | 14        |
| 2.3 | Maaiveldaling   | 18        |
| 2.4 | Socio-economische scenario's                          | 19        |
| 2.5 | Huidig beleid zoetwatervoorziening                    | 20        |
| 3.  | Zoetwatersituatie                                     | 23        |
| 3.1 | Inleiding   | 23        |
| 3.2 | Definities en processen                               | 23        |
| 3.3 | Gebiedskenmerken en huidige zoetwatervoorraad         | 24        |
| 3.4 | Toekomst zoetwatervoorraden                           | 30        |
| 4.  | Mogelijke maatregelen                                 | 38        |
| 4.1 | Inleiding   | 38        |
| 4.2 | Literatuur maatregelen                                | 38        |
| 4.3 | Lopende projecten en onderzoeken                      | 41        |
| 4.4 | Inventarisatie maatregelen                            | 45        |
| 5.  | Urgentie zoetwatertekorten                            | 50        |
| 5.1 | Ervaringen uit de landbouw                            | 50        |
| 5.2 | Ervaringen uit de Natuur                              | 57        |
| 6.  | Advies per deelgebied                                 | 60        |
| 7.  | Conclusies en aanbevelingen                           | 66        |
| 7.1 | Conclusies  | 66        |
| 7.2 | Aanbevelingen onderzoek                               | 67        |
| 7.3 | Aanbevelingen Zoetwatervoorziening Schouwen-Duiveland | 68        |
| 8.  | Referenties   | 69        |
|     | <b>Bijlage</b>  | <b>73</b> |
| A.  | Technasium project Pontes Zierikzee                   | 73        |
| A.1 | De opdracht 'Climate Proof Areas Schouwen-Duiveland'  | 73        |
| A.2 | Excursie  | 73        |
| A.3 | Resultaten  | 74        |



## 1. Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Een klimaatbestendige omgeving is, zeker in een deltagebied, van levensbelang. De veranderende zeespiegel, in combinatie met toenemende neerslag, heeft grote consequenties voor de vaak dichtbewoonde gebieden langs de kust.

Binnen Europa hebben vijf landen het project Climate Proof Areas (CPA) opgezet. Wetenschappers en (semi-)overheden van België, Engeland, Duitsland, Zweden en Nederland bundelen hun kennis en innovatieve technieken voor een gezamenlijk doel: de gebieden op een natuurlijke wijze aanpassen aan veranderende omstandigheden.

Het voormalige Zeeuwse eiland Schouwen-Duiveland, omringd door het water van de Noordzee, Grevelingen en Oosterschelde, is een van de deelprojecten van CPA. Hier verzamelen de Provincie Zeeland, Rijkswaterstaat Dienst Zeeland, Gemeente Schouwen-Duiveland, Deltares en Waterschap Scheldestromen kennis over de effecten van klimaatverandering op lokaal niveau. Die kennis wordt ingebracht in concrete, lokale projecten. Uiteindelijk zal de projectgroep CPA Schouwen-Duiveland aanbevelingen vastleggen voor een *Wegwijzer naar klimaatbestendigheid*.

Schouwen-Duiveland maakt deel uit van Laag-Nederland (Deelstroomgebiedsvisie Zeeland, 2004). Een groot deel bestaat uit polders. De hoogteverschillen zijn gering; momenteel bevindt het grootste deel van het maaiveld zich rondom NAP.

De verdeling van zoet, brak en zout<sup>1</sup> grondwater op Schouwen-Duiveland is complex. Hieraan liggen verschillende oorzaken als geologische ontstaansgeschiedenis en inpolderingen gedurende de laatste eeuwen ten grondslag. Momenteel is vrijwel overal het grondwater grotendeels brak tot zout. Bovenin de bodem is meestal een laag zoet water aanwezig: de regenwaterlenzen en de zoetwaterbellen. De dikte van dit zoete grondwater varieert van enkele decimeters tot ongeveer 30 meter (de diepe zoetwaterbellen in enkele duingebieden gaan zelfs tot bijna 100 meter).

In de Deelstroomgebiedsvisie Zeeland (Provincie Zeeland, 2004) worden drie typen watersystemen onderscheiden:

1. grote zoete watersystemen;
2. dunne zoete watersystemen;
3. zout-brakke watersystemen bij de lage gronden nabij de kust.

De diepe grote zoete watersystemen (type 1) bevinden zich in gebieden met dekzanden, dus onder duinen en kreekruggen. Het grootste deel van het eiland betreft echter het type 2, de dunne zoete watersystemen. In deze, vaak landelijke, gebieden komt op enkele meters diepte onder maaiveld brak tot zout grondwater omhoog. Desondanks vindt hier over het algemeen toch landbouw plaats. Dit is mogelijk omdat zogenaamde zoete regenwaterlenzen of neerslaglenzen drijven bovenop het zoute, diepere, grondwater (Figuur 1).

Door de beperkte watervoorraden op Schouwen-Duiveland zijn er veel voorbeelden van efficiënt gebruik van zoet water in de landbouw sector: er vindt immers al eeuwenlang succesvol landbouw plaats, zonder dat er zoet oppervlaktewater beschikbaar is. Het zoete water dat er is, is afkomstig van neerslag. Dit neerslagwater vormt een laag zoet water in de bodem en drijft op het zwaardere zoute water. Echter, in de sloten kom je het zoute water alweer tegen door zoute kwel. Zout is in Zeeland zo gewoon, dat er een andere definitie wordt gehanteerd voor de zoutklassen dan in de rest van Nederland. Als grens tussen (landbouwkundig) zoet en brak grondwater wordt 1000 of zelfs 1500 mg Cl-/l aangehouden in Zeeland.

Vooraf in droge zomers is er sprake van hogere zoutconcentraties van het ondiepe grondwater omdat zout grondwater opkwelt en het zoete water verdampt. Maar zo lang het brakke water in de sloot niet nodig is om gewassen te beregenen en de zoete regenwaterlenzen aanwezig zijn, is dat geen probleem. Voor veel gewassen, zoals granen,

<sup>1</sup> Voor zoet, brak en zout grondwater worden in Zeeland de volgende chlorideconcentraties gehanteerd:

**drinkwaterzoet:** chlorideconcentratie < 150 mg/l, **zoet:** chlorideconcentratie grondwater < 1500 mg/l, **brak:** chlorideconcentratie tussen 1500 mg/l en 3000 mg/l; **zout:** chlorideconcentratie > 3000 mg/l.

grassen en suikerbieten is een iets hogere zoutconcentratie geen groot probleem (Stuyt et al., 2006; Van Dam, 2007) (Figuur 2). Maar voor gewassen die beregend moeten worden, zijn de regenwaterlenzen meestal niet voldoende. Hierdoor zijn boeren in de delta van oorsprong beperkt in hun gewaskeuze.

De boeren op Schouwen-Duiveland ondervinden de laatste jaren wel degelijk last van zoetwatertekorten: in de zomers van 2009 en 2010 hadden sommige delen van Schouwen-Duiveland zo weinig zoet water dat boeren aangaven last te hebben van droogteschade. In veel gevallen is niet voldoende zoet of brak water beschikbaar om droogteschade tegen te gaan met behulp van beregening (en eventueel een beetje zoutschade te accepteren).

Naar verwachting zullen in de loop van deze eeuw ontwikkelingen plaatsvinden die de beschikbaarheid van zoetwater op Schouwen-Duiveland beïnvloeden met een toename van droogte- en zoutschade aan gewassen tot gevolg. De belangrijkste ontwikkelingen die worden verwacht zijn (de Vries, 2009):

- het absoluut stijgen van de zeespiegel als gevolg van klimaatverandering waardoor de zoutbelasting van het gebied zal toenemen door zoute kwel;
- Het relatieve stijgen van de zeespiegel door maaiveldddaling waardoor ook de zoutbelasting zal toenemen.
- het mogelijk vaker voorkomen van droge, warme zomers (zoals die van 2003) met een hoger dan gemiddeld neerslagtekort.
- de voortzetting van de huidige trend in de verandering van het landgebruik: meer (kapitaalintensieve) zoutgevoelige en watervragende teelten.

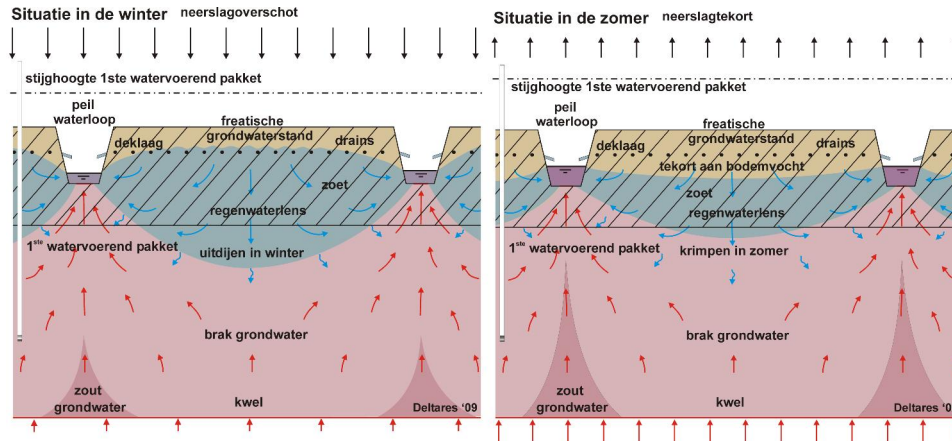
Thema's die samenhangen met deze ontwikkelingen zijn wateroverlast, verdroging, achteruitgang van waterkwaliteit en verdere verzilting van grond- en oppervlaktewater. Processen in de ondergrond spelen hierbij een belangrijke rol (Figuur 3). Bovenstaande ontwikkelingen vragen dan ook om maatregelen om de zoetwatervoorziening voor nu en voor de toekomst beter te regelen.

*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 (zoute kwel dat via capillaire opstijging leidt tot hogere zoutconcentraties in de wortelzone) of via beregening met grondwater of oppervlaktewater (leidend tot brandwonden op de bladeren). De zouttolerantie van gewassen is afhankelijk van hoe het zoute water de plant bereikt: via capillaire opstijging of via beregening. Er lijkt nog geen enigheid te bestaan over de zouttolerantie van gewassen.

Enkele voorbeelden van de betekenis van zoutgehaltes:

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 100 mg Chloride per liter  | Rijnwater dat de grens overkomt   |
| 150 mg Chloride per liter  | Meest gebruikte grens voor leidingwater   |
| 250 mg Chloride per liter  | Veelgebruikte grenswaarde voor innamepunten drinkwater in West-Nederland              |
| 450 mg Chloride per liter  | Maximaal zoutgehalte in Volkerak-Zoom meer huidige situatie                           |
| 1500 mg Chloride per liter | Grens tussen zoet en zout grondwater zoals gehanteerd wordt door de provincie Zeeland |

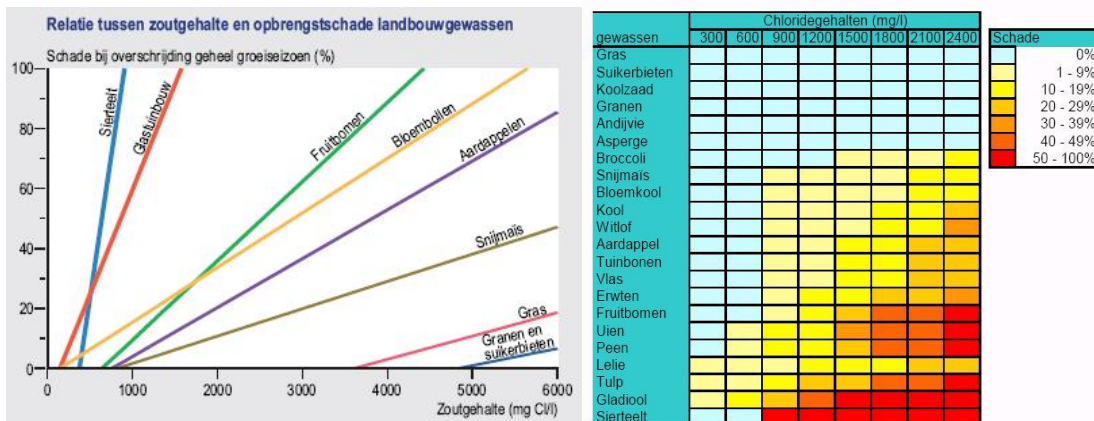




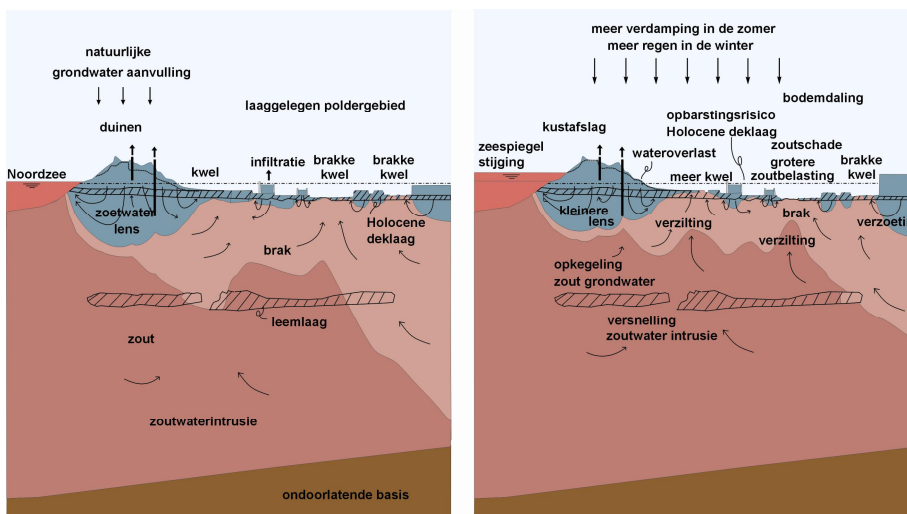
**Figuur 1:** Schematische weergave van een dynamische regenwaterlens. Deze regenwaterlensen worden gevoed in de winter door overtollige neerslag en krimpen in beperkte mate door een neerslagtekort gedurende de zomerperiode. Gedurende het gehele jaar stroomt brak grondwater naar de sloten omdat het slootpeil laag ligt ten opzichte van de stijghoogte in het watervoerend pakket.

### Zouttolerantie gewassen verschilt sterk

In onderstaande tabel staan de schadepercentages voor beregenen met brakwater.



**Figuur 2:** a. Zoutschadefuncties voor landbouwgewassen (MNP, 2005).



**Figuur 3:** Vereenvoudiging van het regionale grondwatersysteem in de provincie Zuid-Holland: a. huidige situatie en b. toekomstige situatie. Zoutwater intrusie vindt op regionale schaal plaats omdat het gemiddeld polderpeil enkele meters lager ligt dan het gemiddeld zeeniveau, terwijl op lokale schaal verzoeting kan optreden op de overgang van hooggelegen gebieden waar infiltratie plaatsvindt en laaggelegen droogmakerijen.

## 1.2 Probleemstelling

Deze studie beantwoordt de volgende vragen:

1. Wat is de huidige zoetwatersituatie op Schouwen-Duiveland?;
2. Hoe groot is het probleem van zoetwatertekorten nu voor agrariërs en natuurbeheerders?;
3. Waardoor veranderen zoetwatervoorraden op Schouwen-Duiveland in de toekomst?;
4. Wat is de invloed van klimaatverandering op de zoetwatervoorziening?;
5. Welke maatregelen voor het verbeteren van de zoetwatervoorziening zijn mogelijk voor Schouwen-Duiveland?;
6. Wat is een kansrijke aanpak voor het verbeteren van de zoetwatervoorziening per deelgebied van Schouwen-Duiveland?

Doelstelling is een adviesrapport voor de zoetwatervoorziening van Schouwen-Duiveland. Op basis van bestaande literatuur, reeds beschikbare kennis uit lopende onderzoeken, aanvullende interviews en modelberekeningen wordt een overzicht gegeven van de zoetwatervoorziening van Schouwen-Duiveland in relatie tot effecten van klimaatverandering en mogelijke maatregelen.

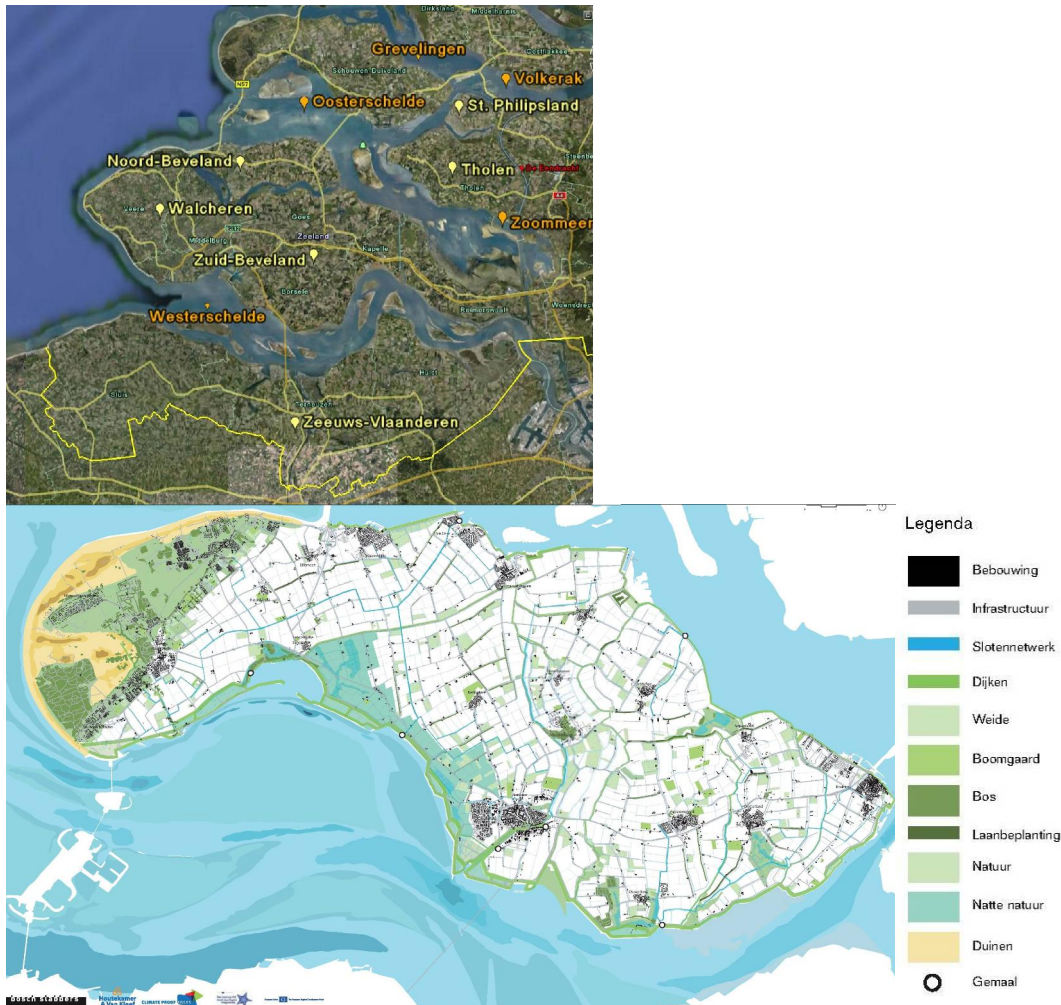
## 1.3 Aanpak en afbakening

In dit rapport wordt op basis van literatuur, actuele kennis, modelberekeningen en interviews een overzicht gegeven van de zoetwatervoorziening op het eiland Schouwen-Duiveland in de Zuidwestelijke Delta (Figuur 4). Aangegeven wordt welke ontwikkelingen invloed kunnen hebben op de zoetwatervoorziening. Ook wordt een overzicht gegeven van maatregelen die de zoetwatervoorziening mogelijk kunnen verbeteren en welke lopende studies en onderzoeken kunnen bijdragen aan het maken van keuzes hierin.

In dit rapport wordt geen aandacht besteedt aan wateroverlast, behalve als deze wateroverlast een relatie heeft met watertekort of maatregelen. Voor meer informatie over wateroverlast wordt verwezen naar de waterplannen van provincie en gemeente. Binnen het thema zoetwatervoorziening wordt in dit rapport de drinkwatervoorziening buiten beschouwing gelaten. Voor de drinkwatervoorziening op Schouwen-Duiveland vindt externe toevoer van water uit het Haringvliet plaats, dat geïnfiltreerd wordt in de duinen in de Kop van Schouwen. De focus in dit rapport is droogte en zoetwatervoorziening, er worden geen aanbevelingen gedaan over andere aspecten van de ruimtelijke ordening en gebiedsinrichting. De haalbaarheid (hydrologisch, (bedrijfs)economisch en sociaal) van maatregelen voor de zoetwatervoorziening is vaak afhankelijk van de lokale situatie. In dit rapport wordt geen totaalbeeld van alle lokale situaties en oplossingen gegeven, maar een beeld op deelgebiedsniveau.

Het project bestond uit de volgende activiteiten:

1. Literatuuronderzoek zoetwatervoorziening Schouwen-Duiveland;
2. Model zoetwatervoorraden Schouwen-Duiveland nu en in 2050, met behulp van het zoetzout grondwatermodel van de Provincie Zeeland;
3. Literatuuronderzoek maatregelen zoetwatertekorten;
4. Urgentiescan zoetwatertekorten Schouwen-Duiveland bestaande uit interviews met natuurbeheerders en agrariërs;
5. Beschrijving hydrologische processen Schouwen-Duiveland en verdeling Schouwen-Duiveland in deelgebieden;
6. Quick-scan mogelijke maatregelen zoetwatertekorten per deelgebied op basis van bovenstaande stappen;
7. Begeleiding zoetwateropslagprojecten scholieren technasium Pontes Zierikzee (zie bijlage).



Figuur 4: Schouwen-Duiveland: a. Provincie Zeeland en b. Basiskaart (werkboek basiskaarten CPA).

### 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt achtergrondinformatie gegeven voor de zoetwatervoorziening van Schouwen-Duiveland: de fysische-geografische ontstaansgeschiedenis, scenario's die mogelijk van invloed zijn op de zoetwatervoorziening en het huidige beleid. Schouwen-Duiveland wordt op basis van hydrologie / landgebruik / zoetwatergebruik / waterplan verdeeld in deelgebieden. In hoofdlijnen zal het hydrologisch functioneren van deze deelgebieden worden beschreven en de invloed van de verschillende scenario's voor het jaar 2050 (hoofdstuk 3). Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van relevante literatuur en lopende studies over mogelijke maatregelen voor zoetwatertekorten. In hoofdstuk 5 wordt een indruk van het urgentiegevoel van zoetwatertekort weergegeven in de vorm van interviews met agrariërs en natuurbeheerders op Schouwen-Duiveland. Deze hoofdstukken worden samengevoegd in hoofdstuk 6: per deelgebied van Schouwen-Duiveland wordt de zoetwatersituatie kort besproken en een advies gegeven voor mogelijke maatregelen. Tot slot worden in hoofdstuk 7 aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek en vervolgstappen om de zoetwatervoorziening van Schouwen-Duiveland beter in te richten.

## 2. Achtergrond

### 2.1 Fysisch-geografische ontstaansgeschiedenis

#### *Ontstaan van het landschap*

Gedurende het laatste deel van het Pleistoceen (de periode van de ijstijden) is in dit deel van Zeeland een pakket van tien tot vijftien meter dik dekzand afgezet. Het zand werd door de wind aangevoerd uit de toen drooggevalen Noordzee. Na afloop van de laatste ijstijd, zo'n tienduizend jaar geleden, steeg de zeespiegel en rees de grondwaterstand en ontstonden gunstige omstandigheden voor veenvorming (basisveen of Hollandveen).

Omstreeks 5000 jaar geleden ontstond ongeveer ter plekke van de huidige Nederlandse kust een reeks parallelle strandwallen door opstuiving. Tevens werden door aanlandige wind lage duinen gecreëerd op de strandwallen (bv bij Haamstede). Er ontstond een duinenkust, met een waddegebied erachter. De veenlagen werden bedekt met wadafzettingen, voornamelijk klei en zavel.

4000 jaar geleden tot enkele eeuwen na het begin van de jaartelling was een nieuwe fase van veenvorming. Het veenlandschap was tot in de Romeinse tijd vrijwel ononderbroken, met uitzondering van de Schelde, die via de huidige Oosterschelde in zee uitmondde.

Vanaf 270 na Christus vonden veel overstromingen plaats, werden grote delen van het veen weggeslagen en werd het veenlandschap omgevormd tot een eilandenrijk. Schouwen-Duiveland was voor lange tijd zee waardoor het grondwater zout werd. In de Late Middeleeuwen kreeg de Schelde haar nieuwe uitmonding in zee via de Westerschelde, restanten van de kleiafzetting zijn nog te vinden in de buurt van Serooskerke. In deze tijd ontwikkelde zich ook een wijd vertakt krekensysteem met daartussen slikken (onbegroeide buitendijkse gronden) en schorren (opgeslibde en begroeide buitendijkse gronden). In de periode 1000-1200 na Christus werden aan de kust jonge duinen gevormd. Deze lagen ten westen van de oudere duinen.

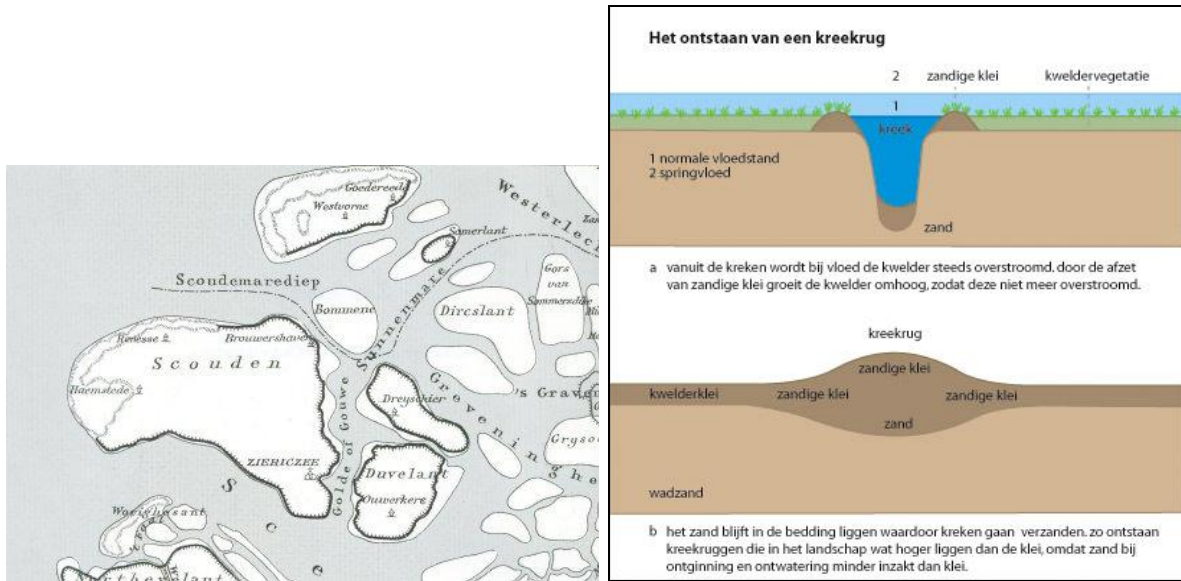
#### *Inpoldering*

Vroege bewoning en intensief grondgebruik concentreerden zich op het zogenaamde oudland. Dit oudland kan gevonden worden op Schouwen (Figuur 5a), en een klein deel van Duiveland. De stormvloed van 1134 was een directe aanleiding om het oudland systematisch te omdijken. Het gebied van de jonge duinen tot aan Zierikzee en het latere Brouwershaven werd als één geheel omdijkt met een lage, brede aarddijk (Figuur 5a).

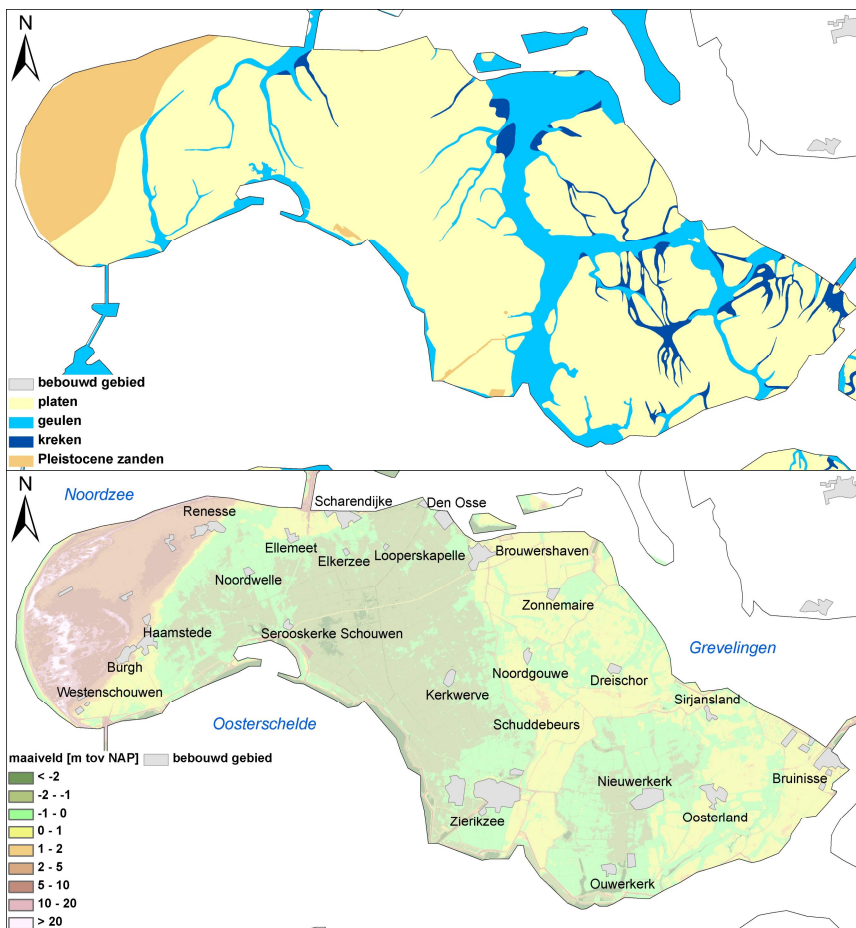
Vanaf de 13<sup>e</sup> eeuw werden gebieden gelegen buiten het door de ringdijk omsloten oudland van de zee teruggewonnen: het zogenaamde nieuwland. Dit nieuwland ligt nu boven zeeniveau. Ten oosten van de Gouwe lagen de polders Vierbannen van Duiveland (Capelle, Ouwkerk, Nieuwerkerk en Botland) en Dreischor (drie ingepolderde schorren: Mareland, de Bellaert of Beider en Sir Jansland) die in de 13<sup>e</sup> eeuw werden bedijkt. Bij de stormvloeden van 1287 en 1288 werd Sir Jansland gescheiden van de overige twee schorren door de vorming van een geul. In 1354 werd de Oosterlandpolder bedijkt waardoor Duiveland bijna twee keer zo groot werd. In 1468 volgde de inpoldering van de Bruinissepolder.

#### *Omkering van het landschap*

De krekten vormden vroeger de laagste delen van het landschap. Als ze niet meer actief waren slibden ze geleidelijk dicht. Nadat de mensen dijken gingen aanleggen en water aan de bodem onttrokken door sloten en andere watergangen te graven ging dit gepaard met inklinking van de veenlagen in de ondergrond en met rijping van de klei. Hierdoor daalde het maaiveld van het oudland. Omdat de veenlagen in de vroegere krekten al waren verdwenen en omdat de opvulling van de krekten vaak uit zandig materiaal bestond klonk de bodem van de oude krekten veel minder in dan in de omgeving. Hierdoor kwamen de dichtgeslibde krekten hoger te liggen dan de omgeving (Figuur 5b); dit is het nieuwland. We spreken dan ook van kreekruggen, 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. Hier en daar is ook de bovenste kleilaag verwijderd voor de steenbakkerijen, zodat er hier en daar een afgraving van bijna twee meter heeft plaatsgehad. De kreekruggen (Figuur 6a) zijn duidelijk zichtbaar op de maaiveldkaart (Figuur 6b). (CultGis)



Figuur 5: a. De eilanden Schouwen, Duiveland en Dreischor in de 13e eeuw. (Bron: CultGis: beschrijvingen Zeelandse regio's); b. het ontstaan van een kreekrug (stichting Deltawerken online, 2004)



Figuur 6: a. kreekkruggen, platen, geulen en pleistocene zanden (REGIS) en b. maaiveld (ahn)

## 2.2 Klimaatscenario's

### KNMI

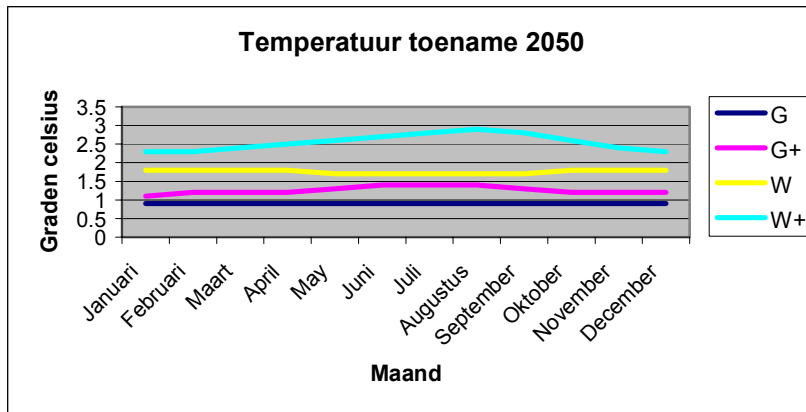
Het KNMI heeft een viertal mondiale klimaatscenario's gemaakt met als eindbeeld 2050. De vier scenario's verschillen van elkaar doordat er wel of geen verandering in windcirculatie patronen wordt meegenomen en of er wordt uitgegaan van 1 of 2 graden temperatuursverhoging ten opzichte van 1990 (zie Tabel 1). Deze vier scenario's omschrijven de meest waarschijnlijke veranderingen en onzekerheden voor klimaatvariabelen zoals temperatuur, neerslag, wind en zeeniveau. De scenario's zijn niet gebaseerd op de IPCC scenario's, waarin de ontwikkeling van internationale samenwerking en economie centraal staan, maar op een groot aantal klimaatmodellen waarbij temperatuurverhoging de insteek was (Klein Tank en Lenderink, 2009). Zoals blijkt uit Tabel 1, zijn er resultaten voor de Nederlandse en mondiale voorspellingen. Voor de Nederlandse voorspellingen heeft het KNMI meer gedetailleerde informatie opgeleverd: temperatuur, neerslag en evaporatiegegevens op maandbasis.

Tabel 1: Klimaatscenario's 2050 KNMI (Klein Tank en Lenderink, 2009)

| Scenario                             | G           | G+        | W           | W+        |
|--------------------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| <b>Wereldwijd</b>                    |             |           |             |           |
| Windcirculatie                       | Ongewijzigd | Gewijzigd | Ongewijzigd | Gewijzigd |
| Temperatuur (°C)                     | +1          | +1        | +2          | +2        |
| <b>Zomer Nederland</b>               |             |           |             |           |
| Gemiddelde temperatuur (°C)          | +0,9        | +1,4      | +1,7        | +2,8      |
| Gemiddelde neerslag (%)              | +2,8        | -9,5      | +5,5        | -19,0     |
| Frequentie natte dagen (%)           | -1,6        | -9,6      | -3,3        | -19,3     |
| Gemiddelde neerslag op natte dag (%) | +4,6        | +0,1      | +9,1        | +0,3      |
| Neerslag op 1% natste dag (%)        | +12,4       | +6,2      | +24,8       | +12,3     |
| Potentiële evaporatie (%)            | +3,4        | +7,6      | +6,8        | +15,2     |
| <b>Winter Nederland</b>              |             |           |             |           |
| Gemiddelde temperatuur (°C)          | +0,9        | +1,1      | +1,8        | +2,3      |
| Gemiddelde neerslag (%)              | +3,6        | +7,0      | +7,3        | +14,2     |
| Frequentie natte dagen (%)           | +0,1        | +0,9      | +0,2        | +1,9      |
| Gemiddelde neerslag op natte dag (%) | +3,6        | +6,0      | +7,1        | +12,1     |
| Neerslag op 1% natste dag (%)        | +4,3        | +5,6      | +8,6        | +11,2     |
| <b>Zeespiegelstijging</b>            |             |           |             |           |
| Zeespiegelstijging (cm)              | 15-25       | 15-25     | 20-35       | 20-35     |

### Temperatuur

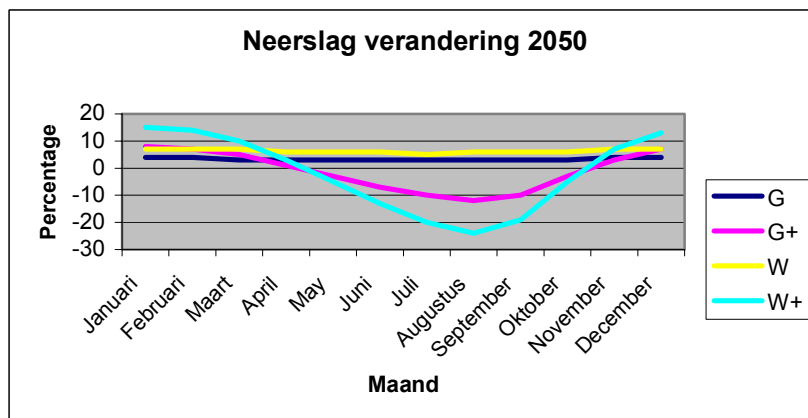
In Nederland, en de omliggende landen blijkt dat over de afgelopen jaren de gemiddelde temperatuur twee keer zo veel is gestegen als de mondiale temperatuurstijging. Dit lijkt eerder een trend te zijn dan een uitschieter. Dit wordt veroorzaakt door de in frequentie toegenomen westenwinden in de winter. In de zomer lijkt het te komen doordat er minder wolken zijn en de luchtvervuiling is afgenomen. Een overzicht in verandering in maandgegevens wordt gegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Maandelijke voorspelde veranderingen in temperatuur in 2050 ten opzichte van 1990 voor de verschillende klimaatscenario's (Klein Tank en Lenderink, 2009).

### Neerslag

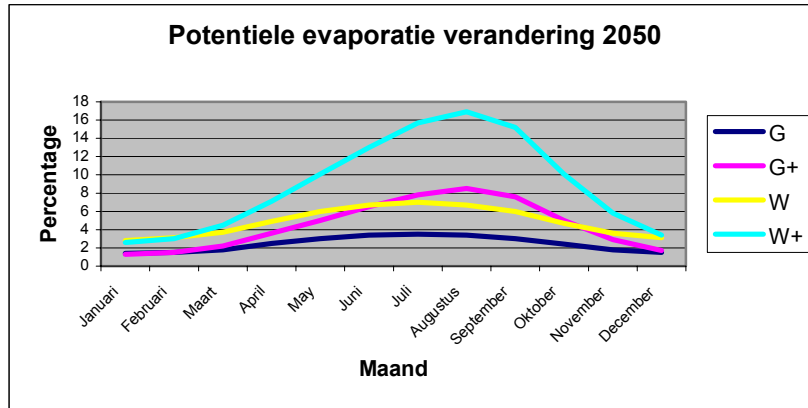
De verwachting is dat de neerslaghoeveelheden in de winter zullen toenemen, dit wordt gestaafd door een reeds zichtbare trend over de afgelopen jaren (KNMI, 2011). Voor de zomer is het de verwachting dat de neerslaghoeveelheid zal afnemen, maar dat de neerslagintensiteit zal toenemen. De extra afname in de "+"-scenario's is te wijten aan een afname van vochtige westenwind ten gunste van droge oostenwind. Een overzicht in verandering in maandgegevens wordt gegeven in Figuur 8.



Figuur 8: Maandgemiddelde veranderingen in neerslag in 2050 ten opzichte van 1990. (Klein Tank en Lenderink, 2009)

### Evaporatie

In Figuur 9 is te zien dat vooral in het W+ scenario een aanzienlijke stijging te zien is in de maandelijkse evaporatie: een toename van ongeveer 16% in de maand augustus. Let wel dat hier de potentiële evaporatie is weergegeven: wanneer planten en sloten geen beschikking meer hebben over water, dan zal er vanuit deze bronnen geen verdamping plaats vinden.

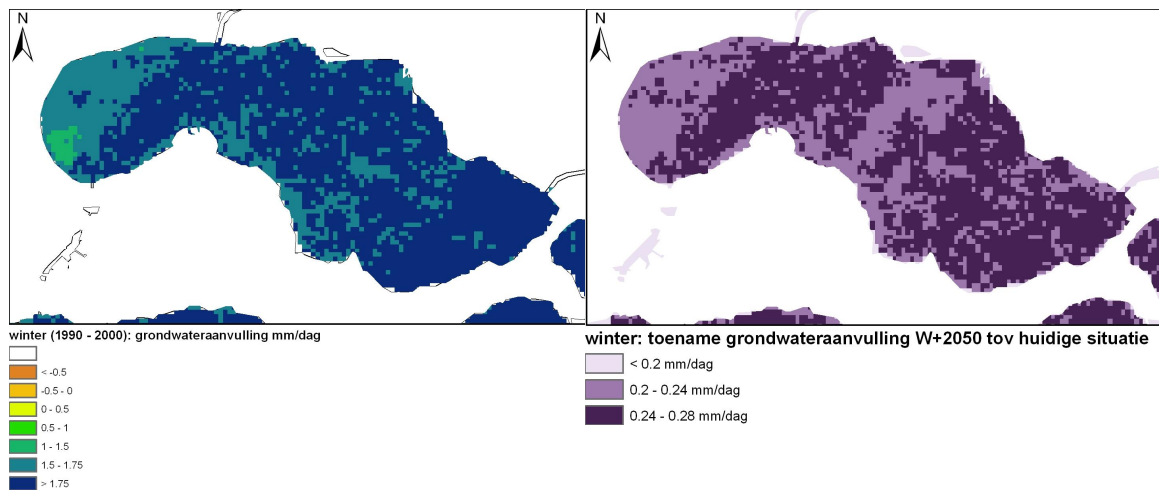


Figuur 9: Maandgemiddelde veranderingen in potentiële verdamping in 2050 ten opzichte van 1990. (Klein Tank en Lenderink, 2009)

### Grondwateraanvulling

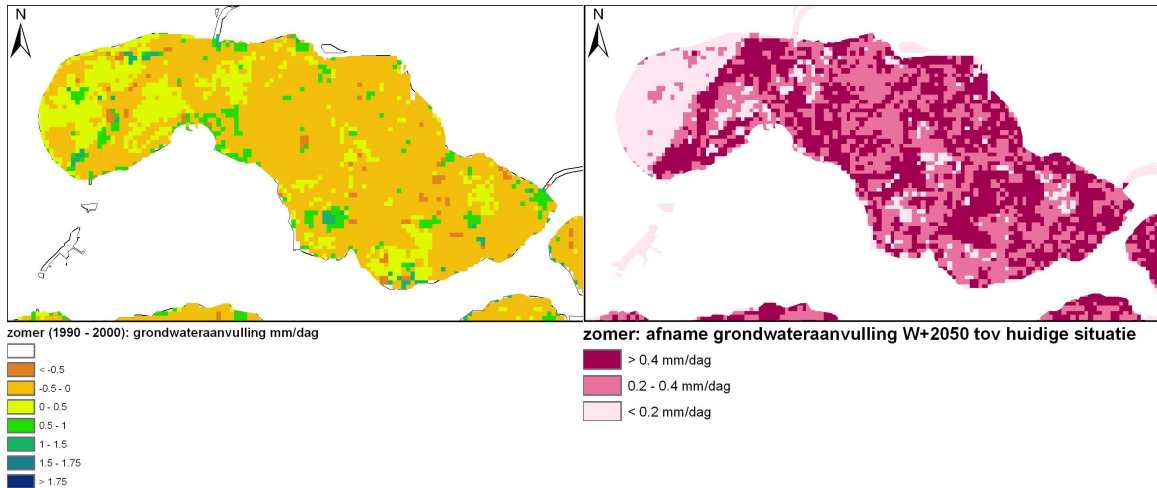
De referentie-gewasverdamping die het KMNI hanteert is gebaseerd op de rekenmethode van Makkink en heeft betrekking op een van voldoende vocht voorzien grasland. Met behulp van gewasfactoren kan de verdamping voor andere planten/gewassen worden bepaald waarbij rekening wordt gehouden met het ontwikkelingsstadium van de verschillende gewassen. Wanneer zich een duidelijk vochttekort in de bodem voordoet is de werkelijke verdamping kleiner dan de gewasverdamping.

De verandering in grondwateraanvulling voor 2050 voor een van de klimaatscenario's is daarom niet simpelweg het verschil tussen neerslag en verdamping. Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) houdt bij het berekenen van de grondwateraanvulling rekening met de grondwaterstand en type landgebruik. Voor Schouwen-Duiveland zijn de NHI data gebruikt (resolutie 250\*250 m<sup>2</sup>) om de verandering te bepalen van de huidige gemiddelde grondwateraanvulling naar de gemiddelde grondwateraanvulling voor het jaar 2050 voor het klimaatscenario W+ (Figuur 10 en Figuur 11).



Figuur 10: a. Grondwateraanvulling periode 1990 – 2000 winterhalfjaar (oktober - maart) en b. toename grondwateraanvulling winterhalfjaar 2050 W+ (NHI).





Figuur 11: a. Grondwateraanvulling periode 1990 – 2000 zomerhalfjaar (april - september) en b. afname grondwateraanvulling zomerhalfjaar 2050 W+ (NHI).

### Zeespiegelstijging

De Deltacommissie meent dat er rekening moet worden gehouden met een zeespiegelstijging van 0,65 tot 1,30 meter in 2100 en van 2 tot 4 meter in 2200. Het effect van relatieve bodemdaling is hierin meegenomen. Deze waarden vertegenwoordigen de mogelijke bovengrenzen; de deltagcommissie vindt het verstandig om hiervan uit te gaan, zodat de besluiten die worden genomen en de maatregelen die worden getroffen voor lange tijd houdbaar zijn tegen de achtergrond van wat Nederland mogelijk te wachten staat.

### Extreme gebeurtenissen

Naast de gemiddelde verandering in temperatuur, neerslag en evaporatie, neemt ook de omvang van extreme gebeurtenissen toe. Extreme gebeurtenissen kunnen worden gedefinieerd als het 10 en 90 percentile van een normale verdeling van een bepaalde klimaatvariabele zoals temperatuur of neerslag. Wanneer door klimaatverandering het gemiddelde van een klimaatvariabele verschuift (bijvoorbeeld een toename in gemiddelde temperatuur), dan zal het aantal extreme gebeurtenissen frequenter voor gaan komen en zullen deze dus meer de gemiddelde situatie worden (Meehl et al., 2000). Wanneer de kennis over extreme gebeurtenissen, zoals droogte, wordt meegenomen in toekomstverkenningen dan blijkt voor Nederland, uitgaande van de KNMI scenario's, dat droge jaren, zoals 2003, meer gaan voorkomen.

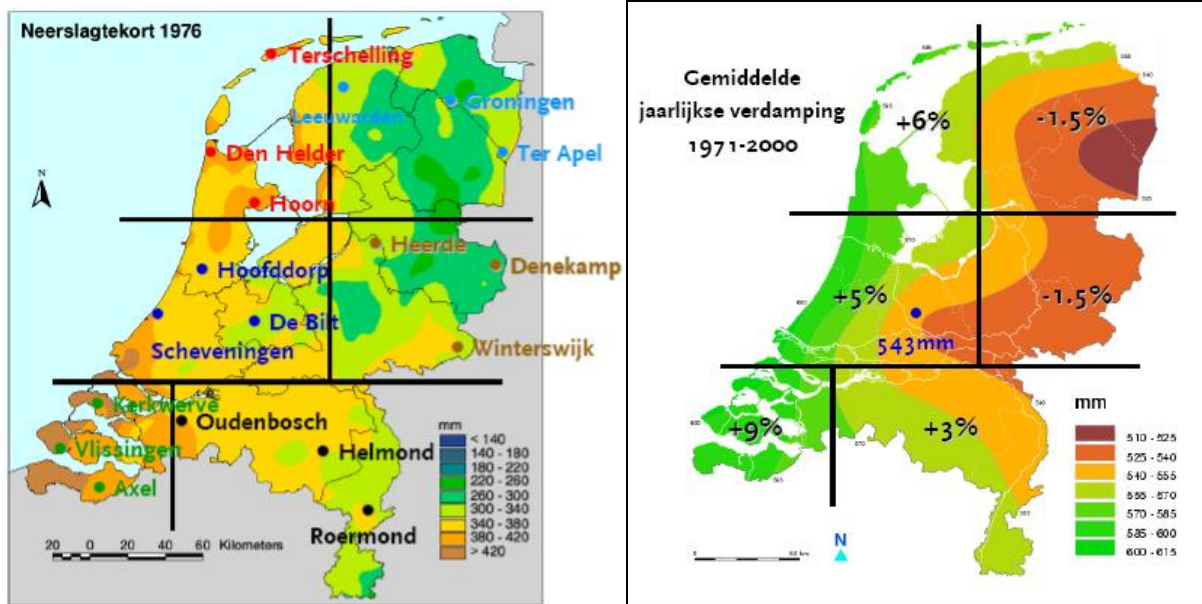
Tabel 2: herhalingstijden voor droge jaren ([www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl))

| Soort jaar           | Neerslag tekort (mm), vooral opbouwend in zomerhalfjaar. | Frequentie |    |     |    |     |
|----------------------|--|------------|----|-----|----|-----|
|                      |  | Huidig     | G  | G+  | W  | W+  |
| Gemiddeld (1967)     | 151  | 3          | 2  | 1,5 | 2  | 1,2 |
| Matig droog (1996)   | 199  | 7          | 6  | 3   | 5  | 2   |
| Droog (1949)         | 226  | 12         | 10 | 5   | 8  | 2   |
| Droog (2003)         | 217  | 10         | 8  | 4   | 7  | 2   |
| Zeer droog (1959)    | 352  | 71         | 52 | 31  | 40 | 20  |
| Extreem droog (1976) | 361  | 89         | 64 | 36  | 47 | 22  |

### Regionale klimaatveranderingen

Het rapport van Beersma et al (2004) geeft een meer geregionaliseerd beeld van klimaatverandering. In dit rapport is Nederland opgedeeld in 6 regio's waarbij uitgegaan is van lange jaarreeksen van neerslaggegevens van een groot aantal meteostations en een lange jaarreeks van verdamping uit De Bilt. In Figuur 12a staat het neerslag tekort voor het jaar 1976 weergegeven en in Figuur 12b de Makkink gewasverdamping voor deze regio's.

Uit deze figuren is af te leiden dat Schouwen-Duiveland zowel een relatief hoog neerslag tekort heeft als een relatief hoge gewasverdamping in vergelijking met de rest van Nederland. Opgemerkt dient te worden dat het neerslag tekort is weergegeven voor het extreem droge jaar 1976 en dat de gewasverdamping een gemiddelde is van de jarenreeks 1971-2000. Echter, de figuren verschaffen wel inzicht in de droogte problematiek die Schouwen-Duiveland te wachten staat.



Figuur 12: a. neerslag tekorten voor de 6 regio's voor het extreem droge jaar 1976 (Beerse et al., 2004); b. gemiddelde Makkink-gewasverdamping voor de 6 regio's over de tijdreeks 1971-2000 (Beersma et al., 2004)

### Historische trends in het weer

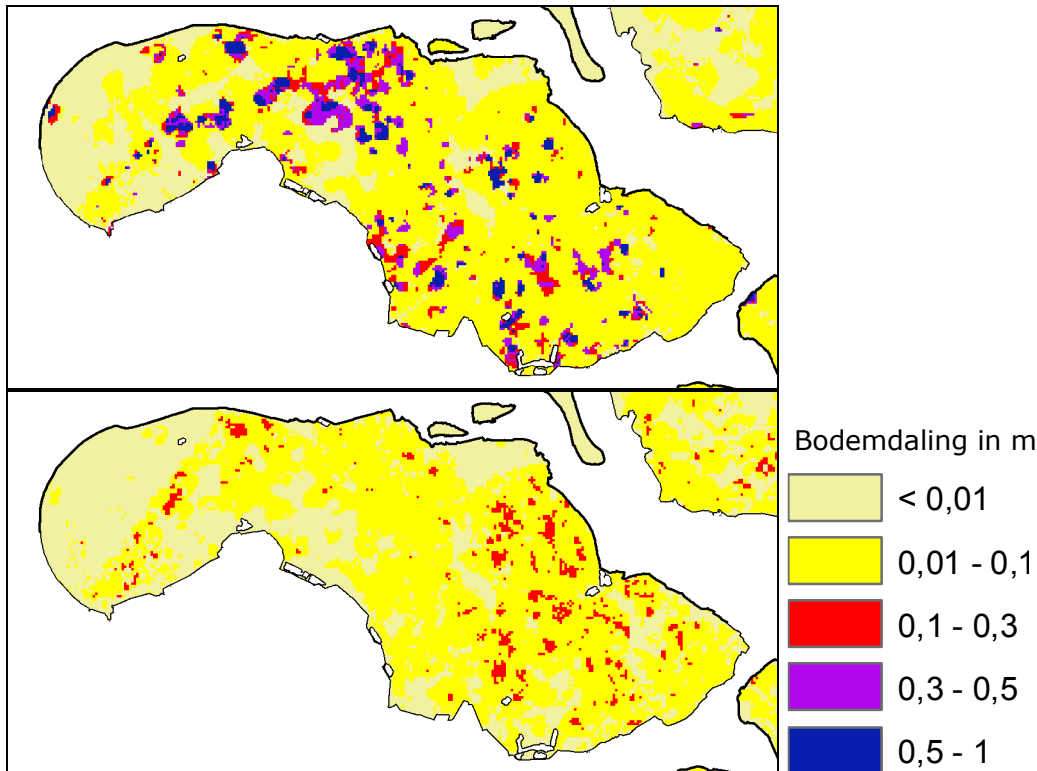
In (Visser, 2005) wordt een analyse getoond van veranderingen in het Nederlandse weer die reeds statistisch significant zijn, gezien over de afgelopen 100 jaar. Jaargemiddelde temperaturen zijn toegenomen met 1.5 plus minus 0.5 graden Celsius sinds 1901. Het aantal zomerse dagen is ruwweg verdubbeld, de jaartotale neerslag is toegenomen en het aantal extreem natte dagen is toegenomen. Variabelen als de koudste dag per jaar en de maximum dagsom voor neerslag per jaar blijken niet significant te zijn veranderd.

In het maximale neerslagtekort (neerslag - verdamping grasland) gedurende het zomerhalfjaar (april t/m september) is geen trend waarneembaar voor de periode 1906 - 2007. Statistische methodes geven aan dat het maximale neerslagtekort in 1976, van 360 mm gemiddeld in Nederland, ongeveer eens per negentig jaar voorkomt. Een maximaal neerslagtekort van 230 mm, zoals in 2003, komt gemiddeld eens per tien jaar voor. (van Oldenborgh et al, 2008), (Lenderink et al, 2008).

### 2.3 Maaiveldaling

De totale voorspelde maaiveldaling voor het W+ klimaatscenario is een sommatie van onderstaande de kaarten. De maaiveldaling ontstaan door inklinking van klei is maximaal 0.1 m (de gele gebieden in Figuur 13), waarbij de weerstand<sup>2</sup> van de deklaag constant blijft. In veengebieden zal naast inklinking ook oxydatie van veen plaatsvinden waardoor de weerstand van de deklaag afneemt. De veengebieden zijn in onderstaande figuren te herkennen aan een maaiveldaling van meer dan 0.1 m tot 2050.

<sup>2</sup> Indicatie voor het doorlaatvermogen van de bovenste klei- en veenlagen in de ondergrond: in kwelgebieden geldt 'hoe hoger de weerstand van de deklaag, hoe lager de kwelflux' (onder verder gelijke omstandigheden).



Figuur 13: a. maaiveldddaling 2000 – 2050 met een initiële peilverlaging van 0.1 m en dalingsvolgende peilverlagingen en b. extra maaiveldddaling 2010 – 2050 in W+ scenario [Boddal 2011, conceptkaarten]. (Getoond is de situatie waarbij peil waterlopen altijd aangepast wordt bij bodemdaling, dus bij aanwezigheid van veenlagen. Dit is wellicht een overschatting van de werkelijkheid).

## 2.4 Socio-economische scenario's

### Oosterscheldekering

De Oosterscheldekering is in 1986 geopend. Bij de bouw van de kering is gekozen voor een kering in plaats van een dam om zo de specifieke getijdennatuur te waarborgen. Nu blijkt dat het intergetijdgebied langzaam aan het afbrokkelen en verdrinken is, waardoor de specifieke getijdennatuur aan het verdwijnen is. Daarnaast zijn de intergetijdengebieden van belang als golfbrekers en betekent verdwijnen van deze intergetijdengebieden een vermindering van de veiligheid van bestaande dijken. Het afbrokkelen en verdrinken van de intergetijdengebieden wordt veroorzaakt door zandhonger. De zandhonger is ontstaan doordat de geulen die aanwezig zijn in de Oosterschelde te groot zijn voor het kleinere debiet dat na de bouw van de Oosterscheldekering overbleef. Een aantal maatregelen voor het verminderen of wegnemen van zandhonger zijn geopperd en door het huidige beleid ook geclassificeerd als mogelijk of onmogelijk (zie Figuur 14) (RWS, 2008).

| Maatregelen   | Mogelijk / Onmogelijk   |
|---|---|
| Oosterscheldekering en compartimenteringswerken verwijderen     | Effectief tegen zandhonger maar niet realistisch. Zeer kostbaar (miljardeninvestering) en vereist ingrijpend alternatief voor veiligheid. |
| Meer water door de kering laten stromen                         | Grote investering, onvoldoende effect om platen en slikken te redden.   |
| Verbinding met Volkerak-Zoommeer of Westerschelde (Overschelde) | Er gaat meer water door de geulen stromen, maar het effect is onvoldoende en de investering is zeer hoog.                                 |
| Ontgrondingskuilen aanpassen en zandsuppleties op de Voordelta  | Mogelijk maatregel voor de lange termijn. Verdient nadere bestudering.  |
| Geulen opvullen tot evenwicht                                   | Onhaalbaar voor hele Oosterschelde, lokaal wel mogelijk (Krabbenkreek, Slaak en Mosselkreek). Vergt nadere bestudering.                   |

Figuur 14: overzicht van een aantal maatregelen om zandhonger tegen te gaan met een classificering van de mate van gewenstheid van de maatregel (RWS, 2008).

De Deltacommissie (2008) heeft aangegeven dat tot 2050 de Oosterscheldekering voldoet en dat deze tot 2075 zal worden versterkt. Daarna moet naar oplossingen voor veiligheid worden gezocht waarbij de getijdendynamiek grotendeels in het systeem wordt teruggebracht.

## Watervraag

Toerisme, en met name de langere verblijven, is ook belangrijk voor de watervraag: toerisme vindt vooral plaats in de zomer, wanneer er sprake kan zijn van droogte. Deze toeristen consumeren zoet water, bijvoorbeeld voor drinkwater maar ook om te douchen. Voor Schouwen-Duiveland wordt er ingezet op het vergroten van toerisme, maar gestelde doelen reiken vooralsnog niet verder dan 2012. De concentratie van toename in toerisme wordt verwacht in of nabij het duingebied/duinrand (Arcadis, 2005).

Tekorten aan zoet drinkwater in de zomer worden aangevuld door water uit diepere putten op te pompen. Hierbij wordt wel rekening gehouden met de vorm en diepte van de zoetwaterbel in relatie tot het zoute grondwater (Interview provincie Zeeland, 2010).

De bevolking van Schouwen-Duiveland nam in 2007 met 0.35% af en de verwachting is dat deze trend zich de komende 12 jaar voortzet. Vanaf 2020 is de voorspelling dat de bevolking weer een klein beetje groeit (keuzenotitie Gemeente Schouwen-Duiveland).

De verwachting is dat de watervraag niet verandert door socio-economische scenario's: er wordt geen verandering verwacht in de watervraag en waterverdeling (Interview provincie zeeland, 2010).

## Landgebruik

De verhouding tussen landbouw en natuur op Schouwen-Duiveland wordt op dit moment gezien als goed en het is wenselijk om deze verdeling te behouden (Interview provincie zeeland, 2010).

## 2.5 Huidig beleid zoetwatervoorziening

### Landelijk

#### *Deltacommissie*

De Deltacommissie is door de regering gevraagd advies uit te brengen over de bescherming van Nederland tegen de gevolgen van klimaatverandering. Hierbij gaat het om bescherming tegen overstromingen en het veiligstellen van de zoetwatervoorziening. Voor de uitvoering van het advies voor een klimaatbestendige inrichting van Nederland heeft de Deltacommissie het *Deltaprogramma* opgesteld. Dit programma wordt financieel (Deltafonds) en politiek-bestuurlijk verankerd in een vernieuwde *Deltawet*.

De Deltacommissie heeft een toekomstvisie ontwikkeld die reikt tot na 2100. Daarnaast heeft de Deltacommissie voor de korte en middellange termijn twaalf aanbevelingen geformuleerd. Een van de aanbevelingen is dat het zout worden van het nu zoete Krammer-Volkerak Zoommeer een goede oplossing is voor het waterkwaliteitsprobleem. Maar dan moet er wel een alternatieve zoetwatervoorziening komen. Gebieden waar nu aanvullende zoetwateraanvoer mogelijk is vanuit het Volkerak Zoommeer zijn Tholen, St Philipsland, Reigersbergsche Polder, Overflakkee en delen van West Brabant.

#### *Deltaprogramma*

Het Deltaprogramma bestaat uit negen deelprogramma's. Eén van de gebiedsgerichte deelprogramma's in de Zuidwestelijke Delta. Eén van de deelprogramma's voor heel Nederland is het deelprogramma Zoetwater, waarvoor het Nationaal Waterplan leidend is. De opdracht voor het deelprogramma Zoetwater is het verkennen van strategieën voor een duurzame zoetwatervoorziening in Nederland. Dit moet in 2014 leiden tot de deltabeslissing 'Voorkeursstrategie voor watervoorziening' voor de lange termijn zoetwatervoorziening. Voor het deelprogramma Zoetwater is één van de vragen die beantwoord moet worden of een nieuwe strategie voor de zoetwatervoorziening nodig is. En zo ja, hoe deze nieuwe strategie er dan uit zou moeten zien. Er zijn 2 richtingen voor de toekomstige zoetwatervoorziening in Nederland: 1. aanvoer vanuit het hoofdwatersysteem en 2. vanuit regionale zelfvoorzienendheid. De tweede richting is een belangrijk spoor om te verkennen want de eerste richting is vaak onbetaalbaar.

### *Nationaal Waterplan*

In december 2009 heeft het kabinet het Nationaal Waterplan vastgesteld. Dit plan geeft op hoofdlijnen aan welk beleid het Rijk in de periode 2009-2015 voert om te komen tot een duurzaam waterbeheer. Het Nationaal Waterplan richt zich op bescherming tegen overstromingen, voldoende en schoon water en diverse vormen van gebruik van water. Ook worden de maatregelen genoemd die hiervoor worden genomen. De maatregelen die opgenomen zijn in het deltaprogramma dragen bij aan de verwezenlijking van het beleid dat is vastgelegd in het Nationaal Waterplan – voor de onderwerpen waterveiligheid en zoetwatervoorziening. Het Deltaprogramma kijkt verder dan een periode van zes jaar. Daarom voorziet het wetsvoorstel in de verplichting om in het Nationaal Waterplan ook een langetermijnvisie op te nemen.

### *Zelfvoorzienendheid zoetwater*

Schouwen-Duiveland is onafhankelijk van het hoofdwatersysteem voor de zoetwatervoorziening en er is geen aanvullende zoetwateraanvoer waardoor het onmogelijk is in de zomer streefpeilen in de waterlopen te handhaven en verzilting van de waterlopen met doorspoeling te bestrijden. Andere gebieden in de Zuidwestelijke Delta zonder aanvullende zoetwateraanvoer zijn Noord- en Zuid-Beveland (op de landbouwleiding na) en Walcheren. Deze gebieden zullen bij problemen met de zoetwatervoorziening naar oplossingen vanuit de regionale zelfvoorzienendheid moeten zoeken.

## **Provinciaal**

### *Omgevingsplan Zeeland 2006-2012*

Speerpunten voor de provincie zijn om de agrarische productiefunctie in stand te houden, ruimte te bieden aan deze functie en om te streven naar een multifunctioneel platteland waarbij thema's als vergroten toegankelijkheid en groenblauwe dooradering van het landschap leidend zijn. Verder wordt aangegeven dat er geïnvesteerd moet worden in de omgevingskwaliteit waar deze nog niet voldoende is. Dit is onder andere het voorkomen van wateroverlast door aanleg van verbrede waterlopen en het afkoppelen van natuurgebieden. De leidende werkwijze hierbij is dat problemen in het ene gebied niet afgewenteld mogen worden op andere gebieden en dat water in eerste instantie daar vastgehouden wordt waar het valt. Pas als het niet anders kan, wordt het water afgevoerd. Aan de hand van deze ideologie moet de waterhuishouding tegen het licht worden gehouden, waarbij onder andere gebieden naar functie en (water) randvoorwaarden worden ingericht.

Het blijkt dat, wanneer Zeeland hoogwaardige landbouw wil handhaven onder een veranderend (en verdrogend) klimaat, teelten moeten worden afgestemd op de beschikbaarheid en de kwaliteit van het water. Een aantal maatregelen kunnen bijdragen aan het vergroten van beschikbaar zoet water voor de landbouw, zoals het vergroten van zoete grondwatersystemen door waterhuishoudkundige ingrepen, maar ook door ingrijpende technische maatregelen zoals aanvoer van buitenaf, opslag van neerslagoverschot in bassins en het gebruik van het effluent van RWZI's. Echter, het initiatief hiervoor moet vanuit de landbouw zelf komen, waarbij initiatieven wel door de provincie gesteund worden mits deze maatregelen economisch rendement hebben en natuur, milieu en landschap er niet onder leiden.

### *Discussienota omgevingsplan 2012-2018*

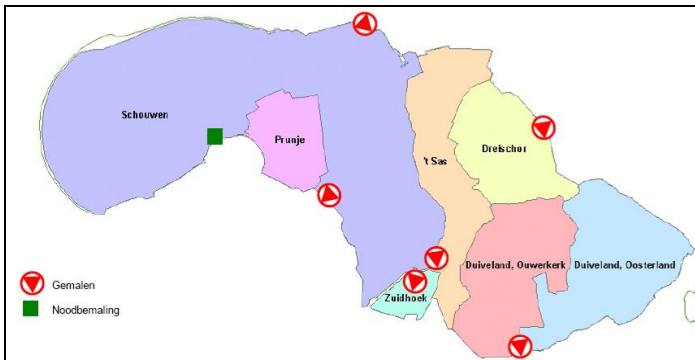
De sterke punten in de Zeeuwse landbouw verschillen per regio en vragen om specifiek beleid, daarom worden provinciale subsidies en andere vormen van ondersteuning alleen ingezet waar dit de regionale kracht versterkt.

Naast alleen landbouw activiteit doet 35 tot 40% van de agrarische sector aan verbredingsactiviteiten. De verwachting is dat de inkomsten uit primaire landbouw op termijn zullen dalen als gevolg van een verdere afbouw van EU landbouwsubsidies. Hierdoor moet er gezocht worden naar nieuwe kansen, welke lijken te liggen in een transitie van de sector naar een nieuwe rol waarbij de nadruk, naast voedselvoorziening, meer komt te liggen op maatschappelijke diensten en een biobased economie.

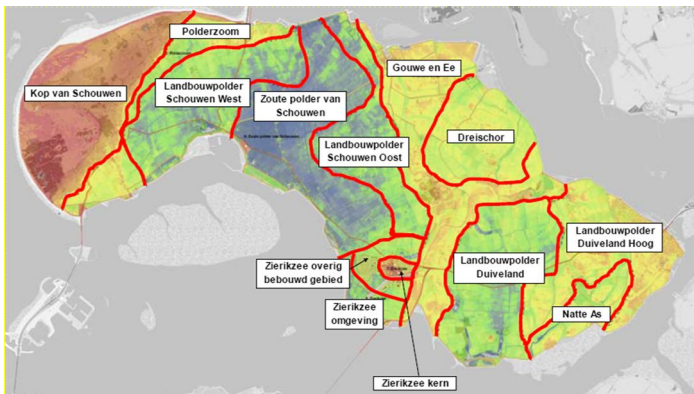
## **Gemeente**

Het waterplan van de gemeente Schouwen-Duiveland is vastgesteld voor een periode van 8 jaar van 2007 tot 2015 maar heeft een doorkijk tot 2030. Schouwen-Duiveland is verdeeld in zeven afvoergebieden (Figuur 15).

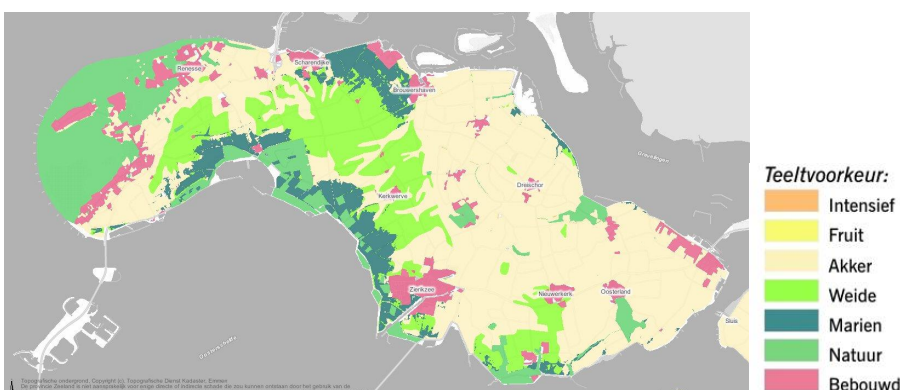
Door water mede leidend te maken in de ruimtelijke ordening, en dus de gebruiksfuncties en de waterhuishouding op elkaar af te stemmen, worden knelpunten in drooglegging, waterafvoer, ontwatering en dergelijke voorkomen. Het streven is om zoveel mogelijk de trits 'vasthouden, bergen en afvoeren' toe te passen voor waterberging- en beheer. De knelpunten mbt grondwater liggen vooral in grondwateroverlast, een tekort aan grondwater in natuurgebieden en een tekort aan water in andere gebieden. In het waterplan van de gemeente Schouwen-Duiveland is een watergebiedsindeling gemaakt van Schouwen-Duiveland op basis van de hoogteligging en de aanwezigheid van zoet, brak of zout grondwater (Figuur 16). In paragraaf 3.2 van dit rapport wordt gebruik gemaakt van deze gebiedsindeling. In het waterplan van de gemeente kan meer informatie worden gevonden over de streefbeeld van de deelgebieden, waaronder de teeltvoorkeur (Figuur 17).



Figuur 15: Afvoergebieden Schouwen-Duiveland (Waterschap Scheldestromen)



Figuur 16: watergebiedsindeling (waterplan gemeente Schouwen-Duiveland). Het verloop in de kleuren van blauw naar rood geeft het verloop aan van lage gebieden naar hoge gebieden.



Figuur 17: Teeltvoorkeur. Kaart is ingedeeld op basis van bodemtype, waarbij steeds een drietal hydrologische randvoorwaarden is onderscheiden: 1. goede hydrologische randvoorwaarden, 2. met zoute kwel in de wortelzone en 3. met voldoende zoet grondwater voor beregning (niet relevant voor SD). Prioriteitsvolgorde kapitaalintensiteit gewassen: intensief – fruit – akker – weide – marien

## 3. Zoetwatersituatie

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de (hydrologische) gebiedskenmerken van Schouwen-Duiveland beschreven volgens de indeling van het gemeentelijk waterplan. Een belangrijk onderdeel hiervan is de huidige zoetwatervoorraad. Er zijn grote zoete watervoorraden (duinen, kreekruigen), maar ook in de zoute kwelgebieden is zoet of brak water aanwezig in de zogenaamde regenwaterlenzen (Figuur 1).

Vervolgens wordt voor alle in hoofdstuk 2 beschreven scenario's beschreven welke invloed ze naar verwachting hebben op de zoetwatervoorziening van Schouwen-Duiveland. In enkele gevallen (autonome verzilting, zeespiegelstijging en klimaatverandering) is hier een modelstudie voor gedaan met behulp van het zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland (Deltares). Voor de andere scenario's (maaivelddaling en socio-economische scenario's) wordt alleen een kwalitatieve beschrijving van de verwachting gegeven.

### 3.2 Definities en processen

Zowel het grondwater als het oppervlaktewater verzilt onder invloed van zoute kwel. De zoute kwel die nu vanuit het grondwater naar boven komt, is afkomstig uit zoute en brakke mariene lagen en is in de ondergrond achtergebleven toen de zee zich uit dit deel van ons land terugtrok (Figuur 1). Dit proces heet interne verzilting.

Deze zoute kwel heeft invloed op de zoetwaterbeschikbaarheid in zowel het grondwater als het oppervlaktewater. In zoute kwelgebieden bestaan vaak nog zoete neerslaglenzen op perceelsniveau. Deze zoete neerslaglenzen drijft op het zoute grondwater en zorgt ervoor dat landbouw mogelijk is. Op Schouwen-Duiveland zijn sommige neerslaglenzen echter al brak of verdwenen. Dit zoute ondiepe grondwater zorgt via capillaire opstijging in de onverzadigde zone voor zoutschade aan gewassen in de wortelzone. Daarnaast is weinig zoet water aanwezig op Schouwen-Duiveland voor beregening van gewassen: het grondwater is zout en de zoute kwel zorgt voor zoute sloten.

De zoutconcentraties van de kwel zullen verder toenemen; door het peilverschil tussen de laaggelegen polders en de zee ontstaat een opwaartse stroming van grondwater (kwel). Omdat dit peilverschil nog steeds aanwezig is zal het ondiepe grondwater en het oppervlaktewater verder verzilten. Dit proces heet autonome verzilting.

Door maaivelddaling neemt het verschil tussen het polderpeil en zeeniveau toe waardoor de kweldruk groter wordt. Hierdoor zal de verzilting verder toenemen. Daarnaast kan de weerstand van de deklaag door oxydatie van veen kleiner worden. In het algemeen geldt dat hoe lager de weerstand van de deklaag, hoe groter de kwelflux en hoe makkelijker het zoute grondwater van onder de deklaag in de sloten kan komen waardoor de sloten verder verzilten. Daarnaast zijn ook verschillen in de weerstand van de deklaag belangrijk: op de locatie van een gat in de deklaag zal veel meer zoute kwel naar het oppervlak stromen. Zeer lokaal heet zo'n gat een wel en uit (De Louw, 2010) blijkt dat een wel een grote bijdrage levert aan de zoutconcentratie van de sloten. Op dit moment komen waarschijnlijk niet veel wellen voor in Zeeland (mondelinge communicatie De Louw).

Door zeespiegelstijging neemt het verschil in druk tussen de zeespiegel en het slootpeil in de polder verder toe met toename van de kwelflux en zoutvracht naar het oppervlaktewater tot gevolg. De stijghoogte in de watervoerende pakketten neemt daardoor toe, waardoor de kweldruk in kwelgebieden toeneemt en infiltratiegebieden mogelijk kwelgebieden kunnen worden. De invloed van de zeespiegelstijging op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond. Hoe kleiner de weerstand van de scheidende lagen, hoe groter de invloed van de zeespiegelstijging.

Ook klimaatverandering, met een toename van weersextremen (droge perioden afgewisseld met perioden van veel neerslag) en mogelijk afname van het (zomer)neerslagoverschot kan voor verdere verzilting zorgen (Figuur 3).

Veel akkerbouwgewassen worden niet beregend; er is geen zoetwater beschikbaar maar beregening is vaak ook niet nodig. Door klimaatverandering zal het aantal droge perioden toenemen. Ook het aantal perioden met veel neerslag neemt toe; dit water wordt echter zo snel mogelijk afgevoerd zodat het niet kan bijdragen aan de zoetwatervoorraden in het grondwater. Het W+ en G+ klimaatscenario hebben daarnaast een jaarlijkse afname

van het neerslagoverschot. Hierdoor zal de droogte op de hoger gelegen zandgebieden (kreekruggen) verder toenemen.

### 3.3 Gebiedskenmerken en huidige zoetwatervoorraad

In het waterplan van de gemeente Schouwen-Duiveland is een watergebiedsindeling gemaakt van Schouwen-Duiveland (Figuur 16). Per deelgebied volgt een korte beschrijving van de zoetwatersituatie met informatie uit het gemeentelijk waterplan aangevuld met kaarten en andere onderzoeken gepresenteerd in deze studie.

#### *Kop van Schouwen*

De Kop van Schouwen is een gebied waar drinkwater wordt gewonnen, gewoond en intensief gerecreëerd wordt en waar natuur aanwezig is. Het gebied heeft te maken met wateroverlast tijdens regenbuien in de bebouwde gebieden maar ook met verdroogde natuur (duinvalleien en vroongronden) (Figuur 22). Het gebied ligt boven NAP en delen van de duinen liggen soms zelfs op meer dan 20 meter boven NAP (Figuur 18a), hierdoor is het gehele gebied een infiltratiegebied (Figuur 20). De onderkant van de zoetwaterlens in het duingebied ligt op meer dan 50 meter beneden maaiveld (Figuur 19). Deze zoetwaterlens wordt gebruikt als drinkwaterwinning (Figuur 18a) en wordt aangevuld met regenwater en water uit het Haringvliet. Het aanwezige oppervlaktewater bestaat vooral uit natuurvijvers, infiltratieplassen en enkele kleine sloten (top10 bestand) en is zoet (Figuur 18c). In de zomer staan veel waterlopen droog, waardoor hier niet echt van peilbeheer sprake is.

#### *Polderzoom*

De polderzoom is het overgangsgebied tussen de hoge duinen en de lage landbouwpolders. Het gebied heeft een agrarisch karakter, maar waar ook natuur en verspreide bebouwing voorkomt. Zeeuws Landschap gaat hier het kustlaboratorium opzetten waar een duurzame aquacultuur<sup>3</sup> zal samengaan met een ecologisch landschap. Het maaiveld ligt rond NAP (Figuur 18a) en het zomerpeil ligt onder NAP (Figuur 18d). Dit is een kwelgebied (Figuur 20) met langs de duinrand zoet grondwater aan de onderkant van de deklaag (Figuur 21). Langs de duinrand is daardoor zoete kwel te vinden en dus ook zoete sloten. Volgens de kaart van de chlorideconcentratie van het oppervlaktewater (Figuur 18c) is het oppervlaktewater hier zout (~5000 mg Cl/l). De zoetzout situatie verschilt sterk en er zullen in dit gebied zowel zoete als zoute kwelsloten te vinden zijn. Een andere zoetwatervoorraad kan in het noorden van Polderzoom gevonden worden: hier ligt een stukje kreekrug (Figuur 18a) met ongeveer 10-15 meter zoete waterbel (Figuur 19) in het grondwater. Ondanks de zoute kwel kan in de kwelgebieden toch landbouw plaatsvinden door de aanwezigheid van dunne regenwaterlenzen (Figuur 23a en Oude Essink et al, 2007).

#### *Landbouwpolder Schouwen West*

Dit gebied heeft een traditioneel agrarisch karakter met een verspreide bebouwing en natuur. Het natuurgebied Schelphoek in het zuiden wordt tijdens hevige neerslag gebruikt als waterberging door middel van stuwopzet. Het maaiveld ligt hier onder zeeniveau (Figuur 18a) en het grondwater is hier brak tot zout (Figuur 21) vanaf enkele meters onder maaiveld (Figuur 19). Het grootste deel van de polder is kwelgebied met uitzondering van enkele iets hoger gelegen locaties (Figuur 20). In de zoute kwelgebieden vindt wel landbouw plaats door de aanwezigheid van zoete regenwaterlenzen (Figuur 23a en Oude Essink et al, 2007).

#### *Zoute polder van Schouwen*

Hier vindt voornamelijk akkerbouw plaats en er is natuur aanwezig. Dit is een laaggelegen gebied met locaties tot 2 meter onder NAP (Figuur 18a). Het grondwater is hier zout (Figuur 19 en Figuur 21) en er is sprake van een kwelsituatie (Figuur 20). Doordat het winterpeil lager is dan het zomerpeil is de kwelintensiteit in de winter hoger (Figuur 20). De grondsoort is zware zavel tot lichte klei. Er is hier geen mogelijkheid om zoet water te gebruiken voor beregning (indien er niet op bedrijfsniveau voor een voorziening is gezorgd en kraanwater buiten beschouwing wordt gelaten). Landbouw is hier wel mogelijk door de aanwezigheid van dunne zoete regenwaterlenzen (Figuur 23a en Oude Essink et al, 2007). Deze regenwaterlenzen zijn hier in droge tijden wel kwetsbaar door de grote hoeveelheden zoute

<sup>3</sup> De teelt van aquatische organismen, zoals vissen, weekdieren, schaaldieren en wieren.



kwel (Figuur 23b). Hoe kwetsbaar en wat de invloed van (gemiddelde/extreme) droge zomers is, is nog onbekend. In het zuiden van dit gebied zijn zoutwateronttrekkingen (Figuur 18a) voor gebruik voor de zoute natuur. In de Prunje (grenzend aan de Oosterschelde) vindt veel zoute kwel plaats waardoor in het kader van het natuurontwikkelingsplan Tureluur nieuwe (zoute) natuur is aangelegd.

#### *Landbouwpolder Schouwen Oost*

Dit gebied heeft een traditioneel agrarisch karakter en een verspreide bebouwing. Het maaiveld ligt hier 1 tot 2 meter onder zeeniveau (Figuur 18a) en het grondwater is hier brak tot zout (Figuur 21) tot enkele meters onder maaiveld (Figuur 19). Het grootste deel van de polder is kwelgebied (Figuur 20). In de zoute kwelgebieden vindt wel landbouw plaats door de aanwezigheid van zoete regenwaterlenzen bovenop het zoute grondwater (Figuur 23a en Oude Essink et al, 2007). Aan de oostkant van deze polder kan zoet grondwater gevonden worden, dit is zoete kwel afkomstig uit de kreekkrug (Figuur 20 en Figuur 21).

#### *Gouwe en Ee*

Dit gebied bestaat uit de grootste kreekkrug van Schouwen-Duiveland (Figuur 18a). Het maaiveld (Figuur 18a) en het zomerpeil (Figuur 18d) liggen hier hoger dan in de omgeving. Dit is een infiltratiegebied, waarbij de infiltratie in het winterhalfjaar veel groter is dan in het zomerhalfjaar (Figuur 20). Onder de kreekkrug bevindt zich een zoetwaterlens; de zoet-zout grens van het grondwater ligt in grote delen van Gouwe en Ee op 15-20 meter beneden maaiveld (Figuur 19). Uit de kreekkrug wordt op kleine schaal zoet grondwater onttrokken (Figuur 18a). In het noordoosten van de Gouwe en Ee komt natuur voor die onderhevig is aan verdroging (Figuur 22) en ook de landbouw zal in de zomer te maken hebben met lage grondwaterstanden. Op sommige delen van de kreekkrug is in droge zomers sprake van droogteschade aan gewassen (mondelijke communicatie ZLTO, 2010). Het westelijke deel van Gouwe en Ee ('t Sas, zie Figuur 15) heeft geen groot open wateroppervlak en grote waterpartijen zijn niet aanwezig. Het overtollige water in vooral de winter wordt via een gemaal aan de zuidkant via het Havenkanaal op de Oosterschelde uitgeslagen.

#### *Zierikzee en omgeving*

Dit gebied heeft een cultuurhistorische gebruiksfunctie. Tijdens natte perioden wordt nu grondwateroverlast ervaren in het bebouwd gebied. Het zuiden van dit deelgebied is ingericht als natuurgebied waar verdroging optreedt (Figuur 22). Natuurgebied De Zuidhoek (Figuur 15) ligt in dit gebied en de inlaat in de Zuidhoek kan door de beweegbare stuw dienen als retentieberging. Het overtollige water van de Zuidhoek wordt door een gemaal uitgeslagen op het Havenkanaal naar de Oosterschelde.

#### *Dreischor*

De belangrijkste functies van dit gebied zijn traditionele landbouw en verspreid wonen. De laag gelegen gebieden langs de hoofdwaterlopen hebben bij hevige neerslag een geringe drooglegging en de laaggelegen delen langs de kreken inunderen zelfs. Dreischor heeft een brak natuurgebied dat verdroging ervaart (Figuur 22). In het natuurgebied is het open water oppervlak groot, maar omdat dit een gestuwd gebied is, kan nauwelijks waterberging plaatsvinden in tijden van hevige regenval en is dus ongeschikt als retentiegebied. De gronden langs het Grevelingenmeer zijn kwelgevoelig (zoute kwel). Langs de kreekkrug (grens met Gouwe en Ee) kan zoete kwel gevonden worden (Figuur 20 en Figuur 21).

#### *Landbouwpolder Duiveland*

Deze polder heeft de gebruiksfuncties natuur, traditionele landbouw en wonen. De laag gelegen gebieden langs de hoofdwaterlopen hebben bij hevige neerslag een geringe drooglegging en de laaggelegen delen langs de kreken inunderen. Het water stroomt via de secundaire watergangen af naar het primaire stelsel. Daar wordt het overtollige water via combi-gemaal Duiveland Oosterland/Ouwerkerk uitgeslagen op de Oosterschelde (Figuur 15). Het krekengebied van Ouwerkerk heeft meer dan 45 ha aan open (zout) water. Een groot deel van dit open water is gestuwd, waardoor het beperkt meedoet aan de waterberging omdat hier nauwelijks peilstijgingen kunnen optreden. Slechts een deel van het gebied dat lager ligt doet wel effectief mee aan waterberging in periode van hevige neerslag. Omdat het krekengebied zout water bevat kan dit niet als waterberging voor droge tijden dienen. Het grondwater is hier brak-zout (Figuur 21) en ook de sloten hebben een hoge zoutconcentratie (Figuur 18c). Nog onbekend is hoe deze concentraties variëren in het

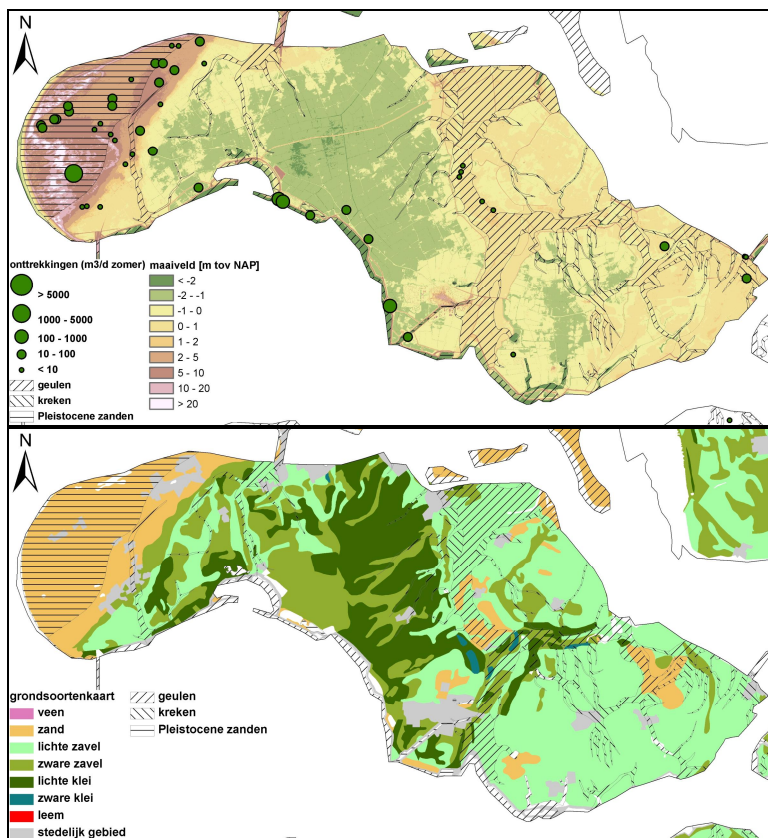
seizoen. Het grootste deel van de polder is kwelgebied (Figuur 20) en heeft als grondsoort lichte zavel (Figuur 18 b). Het krekengebied Ouwerkerk staat op de TOP lijst (van de provincie Zeeland) van ernstig verdroogde natuurgebieden (Figuur 22).

#### Landbouwpolder Duiveland Hoog

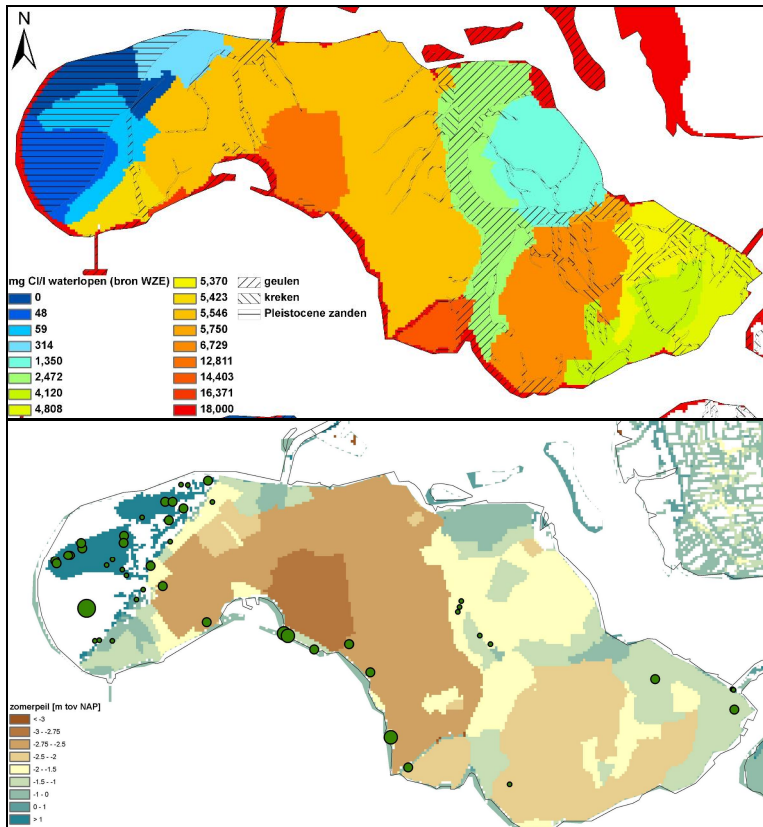
Dit gebied wordt nu gebruikt voor landbouw, kassenbouw, recreatie en wonen. De laag gelegen gebieden langs de hoofdwaterlopen hebben bij hevige neerslag een geringe drooglegging en de laaggelegen delen langs de krekken inunderen. Het water stroomt via de secundaire watergangen af naar het primaire stelsel. Daar wordt het overtollige water via combi-gemaal Duiveland Oosterland/Ouwerkerk uitgeslagen op de Oosterschelde (Figuur 15). Over het algemeen is de waterkwaliteit van het oppervlaktewater hier niet voldoende en scoort vooral slecht op stikstof, fosfaat, zuurstof en zware metalen. In dit gebied bevindt zich onder de kreekruigen (Figuur 18a) een zoetwaterbel tot 10-15 meter beneden maaiveld (Figuur 19 en Figuur 21b).

#### Natte As

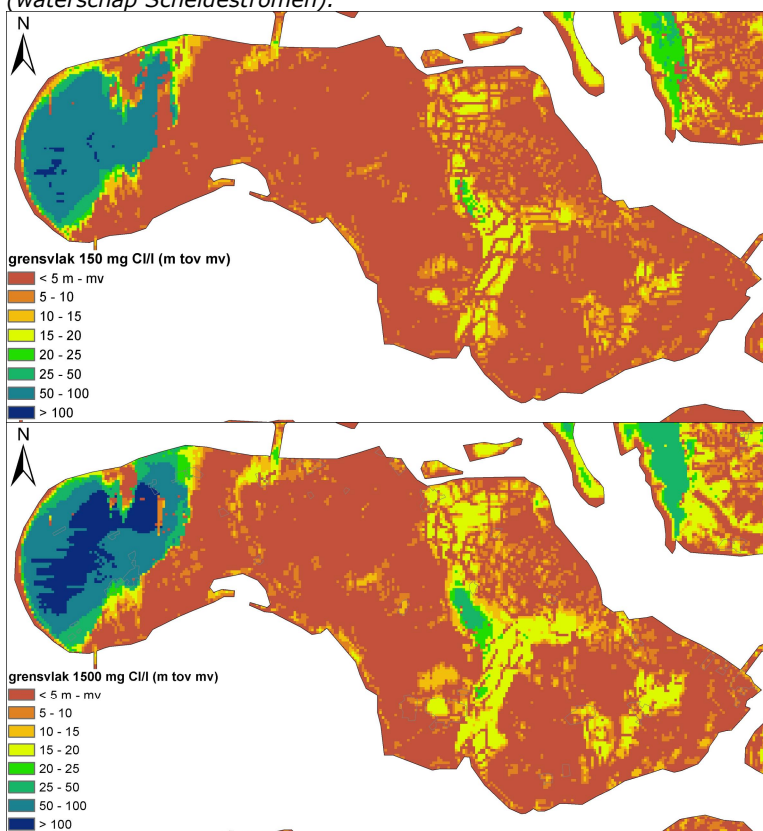
De Natte As is de aaneengeschakelde verbinding van waardevolle moerasgebieden tussen het Lauwersmeer in Friesland en de Zeeuwse Delta . Een deel van de Natte As ligt in het zuidoostelijke deel van Duiveland. Hier wordt nu voornamelijk traditionele landbouw uitgevoerd, maar in de toekomst zal hier meer natuurontwikkeling plaatsvinden (gemeentelijk waterplan). Aan de andere kant is de verhouding landbouw – natuur nu goed (mondeling communicatie Jeroen ter Maat, provincie Zeeland). De ontwikkeling van de Natte As biedt de realisatie van waterberging als kans. Verder wordt hier ook onderzoek gedaan naar de mogelijkheid van het toelaten van hogere peilen.



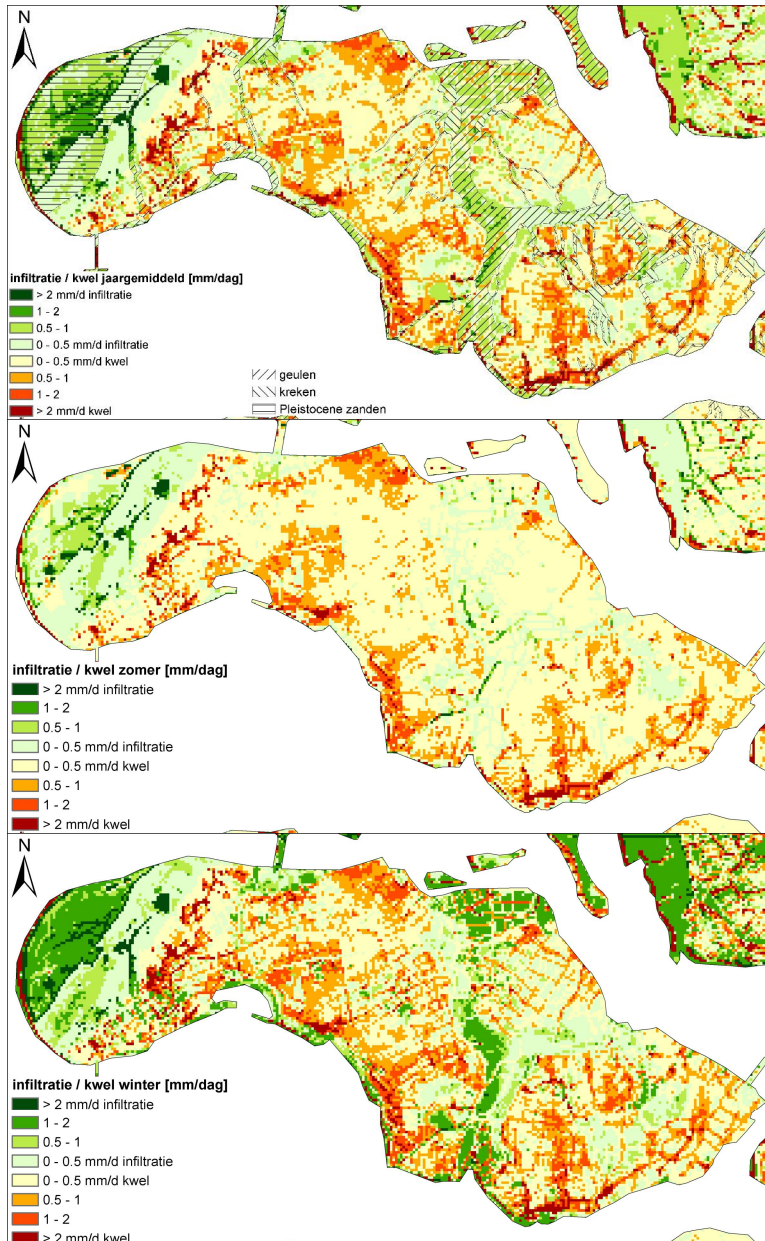
Figuur 18: a. grondwateronttrekkingen, maaiveld en locatie kreekruigen (provincie Zeeland, ahn en REGIS); b. grondsoorten (LNV).



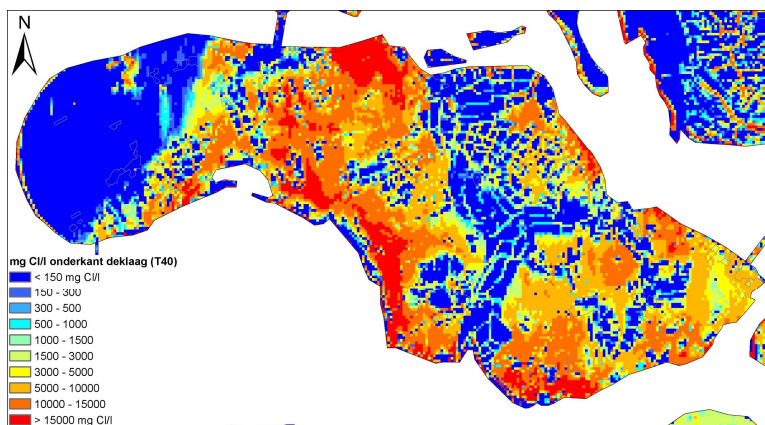
Figuur 18: c. chlorideconcentratie oppervlaktewater (waterschap Scheldestromen); d zomerpeil (waterschap Scheldestromen).

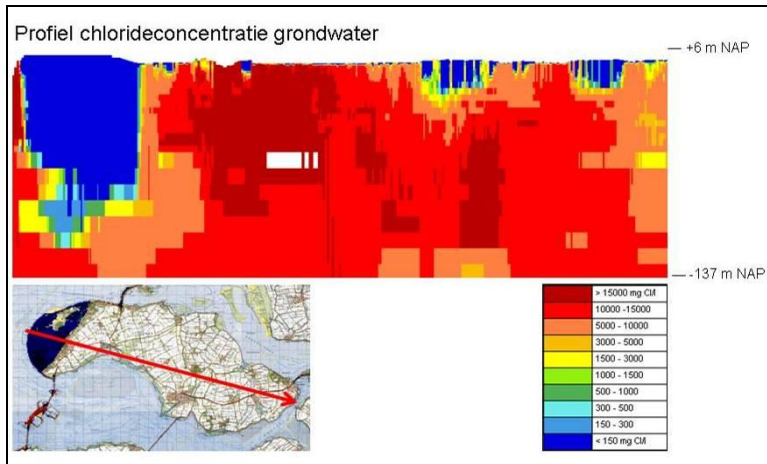


Figuur 19: diepte grensvlak in meters tov maaiveld a. 150 mg Cl/I en b. 1500 mg Cl/I (zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland)

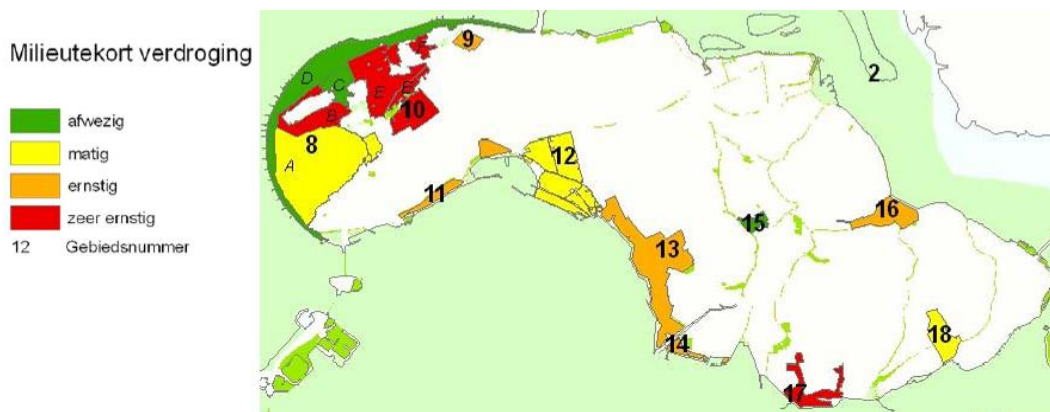


Figuur 20: kwel en infiltratie a. jaargemiddelde, b. zomer en c. winter (gemiddelde neerslag en verdamping voor de periode 1990 - 2000). (zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland, huidige situatie = gemiddelde 1990 - 2000).



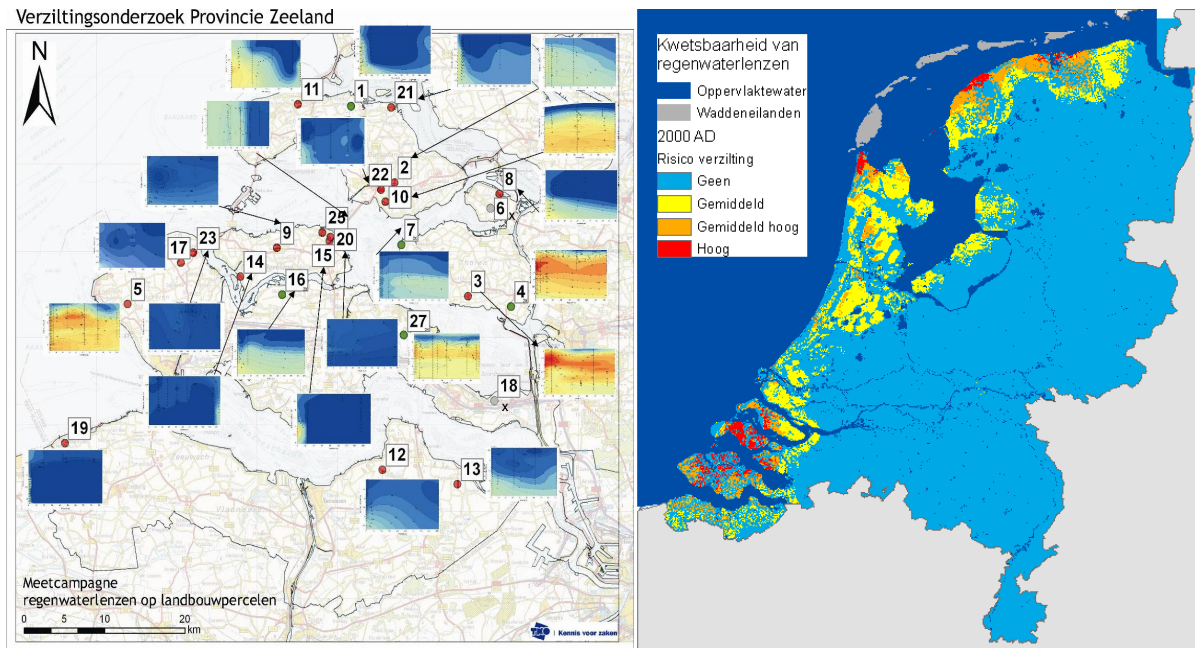


Figuur 21: a. chlorideconcentratie onderkant Holocene deklaag in mg Cl/l en b. chlorideconcentratie grondwater in mg Cl/l voor het getekende profiel. (zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland). Het grondwater aan de onderkant van de Holocene deklaag is het water dat in kwelgebieden uiteindelijk via kwel in het oppervlaktewatersysteem terecht komt.



| Nummer | Gebied               | Nummer     | Gebied                 |
|--------|----------------------|------------|------------------------|
| 8A     | Boswachterij         | 10         | Duinzoom Schouwen      |
| 8B     | Nieuw-Haamstede      | 11         | Koudekerkse inlagen    |
| 8C     | Maire                | 12, 13, 14 | Zuidkust Schouwen      |
| 8D     | Duinstrook           | 15         | Schuddebeurs           |
| 8E     | Vroongebied Schouwen | 16         | Dijkwater              |
| 8F     | Renesse              | 17         | Krekengebied Ouwerkerk |
| 9      | Slot Moermond        | 18         | De Maire               |

Figuur 22: TOP-gebieden (bron: provincie Zeeland). De provincie Zeeland heeft een TOP-lijst opgesteld van de verdroogde natuurgebieden in Zeeland. Een aantal van deze gebieden bevindt zich binnen de gemeente Schouwen-Duiveland. Alleen de gebieden die op deze lijst staan krijgen vanuit de verdrogingsbestrijding aandacht. (waterplan gemeente Schouwen-Duiveland)



Figuur 23: a. meetcampagne regenwaterlenzen Zeeland (Oude Essink et al, 2007) en b. kwetsbaarheid van regenwaterlenzen (Pauw et al, 2010 concept, ruwe opzet ter indicatie). Binnen het Kennis voor Klimaat programma 2<sup>de</sup> Tranche, Thema 2 Climate Proof Fresh Water Supply (<http://www.klimaatonderzoeknederland.nl/>) wordt de kwetsbaarheid van regenwaterlenzen verder in detail onderzocht. De onderzoekresultaten worden binnen vier jaar verwacht.

### 3.4 Toekomst zoetwatervoorraden

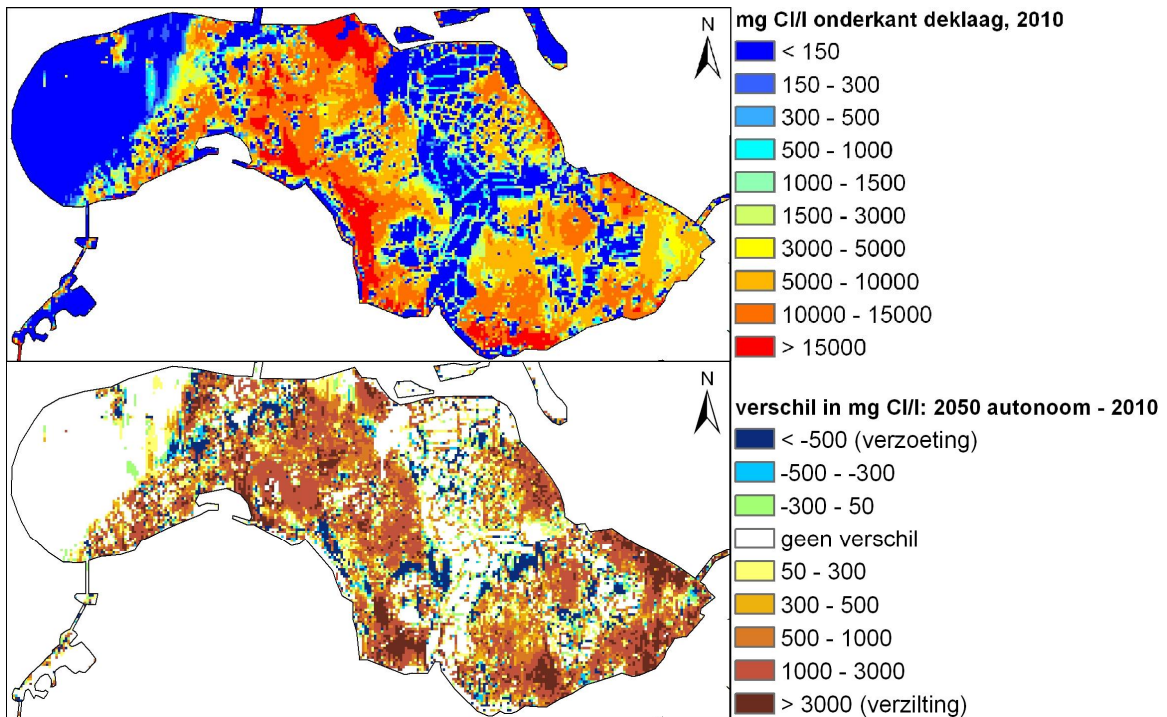
#### Autonome verzilting

De algemene trend is dat het grondwater in de zoute polders verder zal verzilten richting 2050 (Figuur 24). De chlorideconcentratie aan de onderkant van de deklaag is representatief voor de zoute kwel die uiteindelijk door de deklaag in het oppervlaktewatersysteem terecht komt. Dat betekent dat de gebieden die in Figuur 24b oranje of zelfs rood zijn in 2050 te maken krijgen met zoutere kwel.

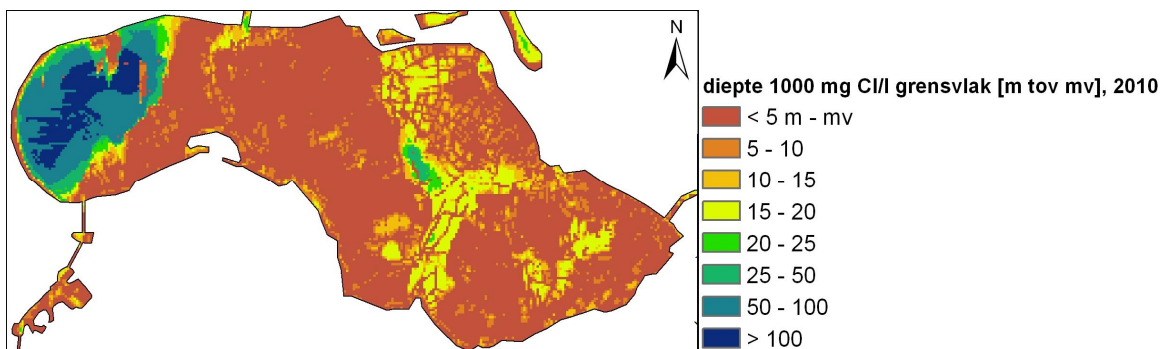
De zoete infiltratiegebieden zullen niet verzilten onder de huidige omstandigheden. Waarschijnlijk zijn de zoetwatervoorraden in het grondwater (Figuur 25) in evenwicht. Wel hebben grondwateraanvulling en grondwateronttrekkingen invloed op de grootte van deze zoetwatervoorraden.

Vooraf de deelgebieden (Figuur 16) Zoute polder van Schouwen, Zierikzee en omgeving en delen van de Natte As en de Landbouwpolders Schouwen Oost en Duiveland zullen verzilten door het autonome verziltingsproces. In de deelgebieden Dreischor en Landbouwpolder Duiveland Hoog verzilt vooral het grondwater in de buurt van de Oosterschelde en de Grevelingen.

Regenwaterlenzen, die landbouw mogelijk maken in zoute kwelgebieden, zijn vooral afhankelijk van de grondwateraanvulling en afvoersystemen (drainagebuizen en sloten). In het autonome verziltingsproces verandert dit in principe niet. Wel kan ook in het autonome proces de grondwateraanvulling zeer variabel zijn; in hoeverre de lenzen hier gevoelig voor zijn is nog onbekend.



Figuur 24: a. chlorideconcentratie onderkant Holocene deklaag in het jaar 2010; b. toe- en afname chlorideconcentratie onderkant deklaag in 2050 tov 2010. (zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland). Het grondwater aan de onderkant van de Holocene deklaag is het water dat in kwelgebieden uiteindelijk via kwel in het oppervlaktewatersysteem terecht komt.



Figuur 25: diepte grensvlak 1000 mg Cl/l in meters tov maaiveld in 2010 (concept zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland).

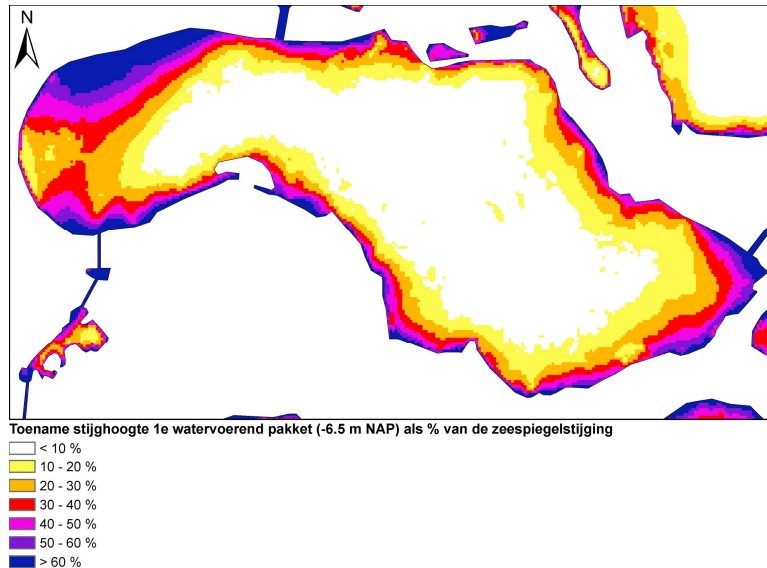
### Maaiveldaling

Maaiveldaling is een gevolg van peilverlaging, maar door maaiveldaling is ook weer een peilverlaging nodig om de gewenste drooglegging te houden. Soms ligt de veenlaag die oxideert en inklinkt op een dikke kleilaag. In dit geval hebben wortels van gewassen bij maaiveldaling minder ruimte om te groeien. Volgens Figuur 13 krijgen de meeste deelgebieden (behalve de Kop van Schouwen en Gouwe en Ee) lokaal te maken met maaiveldaling. Het noorden van de Zoute polder van Schouwen, het noorden van Landbouwpolder Schouwen Oost en een paar locaties in het midden van Landbouwpolder Schouwen West hebben een relatief grote maaiveldaling (lokaal tot 1 meter in 2050).

### Zeespiegelstijging

In Figuur 26 is de toename te zien van de stijghoogte van het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket als % van de stijging van de zeespiegel en het peil van de Oosterschelde en de Grevelingen. Langs alle randen zal de stijghoogte toenemen. De toename van de stijghoogte in de (lage weerstand van de ondergrond hebbende) Kop van Schouwen zal zorgen voor extra zeewaterintrusie onder de zoetwaterlens in de duinen (laterale stroming van zeewater richting het grondwater).

Het noorden van de deelgebieden Landbouwpolder Schouwen West en Zoute polder van Schouwen zijn al kwelgebieden (Figuur 20) en deze kwelintensiteit zal door stijging van het peil van de Grevelingen toenemen. Dit geldt ook voor delen van Dreischor en Landbouwpolder Duiveland Hoog. Door stijging van het peil van de Oosterschelde zal in Zierikzee en omgeving en het zuiden van Polderzoom, Landbouwpolder Schouwen West, Zoute polder van Schouwen en Landbouwpolder Duiveland de kweldruk toenemen. Deze laatst genoemde gebieden hebben al een hoge chlorideconcentratie aan de onderkant van de deklaag (Figuur 21), de verzilting van het ondiepe grondwater en de zoutbelasting naar het oppervlaktewater zullen hier dus flink toenemen.



Figuur 26: toename stijghoogte 1<sup>e</sup> watervoerend pakket als % van de zeespiegelstijging (en stijging van het peil van de Grevelingen en de Oosterschelde). (zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland)

## Klimaatverandering

### *G en W versus G+ en W+*

Als de lucht anders gaat stromen, worden de winters zachter en natter door meer westenwind, en worden de zomers warmer en droger door meer oostenwind. Deze veranderingen van klimaat hebben gevolgen voor het waterbeheer doordat de grootte van de neerslag en verdamping veranderen. De schade aan de landbouw en de scheepvaart is bij de klimaatscenario's waarbij het patroon van luchtstroming niet verandert (G en W) dusdanig klein dat grootschalige infrastructurele maatregelen waarschijnlijk niet rendabel zijn. Als echter wordt uitgegaan van verandering van de luchtstromingspatronen (G+ en W+) is de schade, en de investeringsruimte om die schade te vermijden, veel groter. Naast schade aan landbouw en scheepvaart zullen ook de kosten voor peilhandhaving, drinkwater en koelwater toenemen evenals de schade aan aquatische en terrestrische natuur. (RWS 2008)

Alle klimaatscenario's voorspellen grotere extremen in neerslag: periodes van droogte worden afgewisseld met intensieve buien. Hierdoor zal op Schouwen-Duiveland zowel de natschade als de droogteschade kunnen toenemen. Voor de hogere drogere gebieden geldt dat tijdens droge perioden natuurlijk droogteschade kan optreden. Maar de intensieve buien zullen ook hier voor een groot deel direct afgevoerd worden en dus niet als grondwateraanvulling dienen. In een zomer met elke dag een beetje regen kan het totale neerslagoverschot hetzelfde zijn als tijdens een zomer met extreme buien, maar toch zal in het tweede geval meer droogteschade optreden.

### *Oppervlakte water*

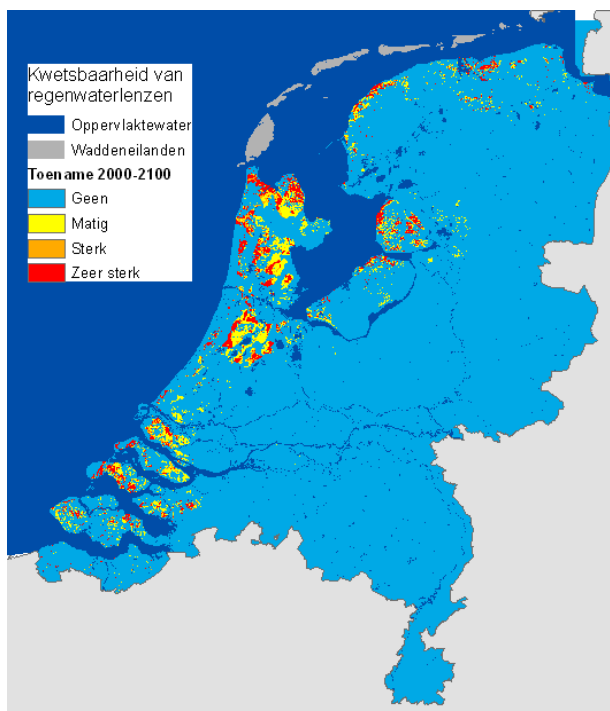
Wanneer er door een toename in verdamping en een afname in neerslag tekorten ontstaan in het oppervlakte water, heeft dit niet enkel effect voor de kwantiteit van het water maar ook voor de waterkwaliteit. Een toename in chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater leidt tot grotere zoutvrachten van het grondwater naar het oppervlaktewater en daarmee tot zoutere oppervlakte wateren. Toenemende temperaturen zorgen voor lagere



zuurstofgehalten, meer exoten, meer botulisme en wanneer eutrofiering toeneemt (door geconcentreerdere afspoeling van nutriënten) neemt ook de kans op blauwalgen toe. Een optie om deze tendensen in slechtere waterkwaliteit tegen te gaan is doorspoelen, maar dat is op Schouwen-Duiveland niet mogelijk. Echter, naast kwaliteitsproblemen leveren tekorten in oppervlakte water ook problemen voor het handhaven van peilen: het is waarschijnlijk dat peilen eerder in het jaar gaan uitzakken en dat het moeilijk wordt om deze peilen op het huidige minimum niveau te houden (Vuurens, 2008).

#### *Ondiepe regenwaterlenzen*

De aanwezigheid van zoete (of brakke) regenwaterlenzen zorgt ervoor dat landbouw mogelijk is. Deze regenwaterlenzen zijn echter wel kwetsbaar. Een aantal droge zomers achter elkaar kan ervoor zorgen dat de zoetwatervoorraad snel afneemt door verdamping (Hoogvliet et al, 2008). Ook weersextremen zijn ongunstig voor deze regenwaterlenzen; tijdens droge perioden verdampt het zoete water en de intensieve regenbuien worden voor een groot deel afgevoerd voor ze de regenwaterlens hebben kunnen voeden. Het grondwater onder deze lenzen is erg zout (Figuur 21) en de regenwaterlenzen zijn kwetsbaar (Figuur 27). Als deze zoete regenwaterlenzen verdwijnen, kan het zoute water via capillaire opstijging in de onverzadigde zone de wortelzone van de gewassen bereiken met zoutschade tot gevolg. Dit geldt vooral voor de zoute polder van Schouwen (Figuur 16). Maar ook delen van de landbouwpolders hebben op sommige locaties dunne regenwaterlenzen (Figuur 23).



Figuur 27: De relatieve toename van verzilting van de regenwaterlens over de periode 2000 – 2100 (ruwe schatting) (Pauw et al, 2010 concept). Binnen het Kennis voor Klimaat programma (2<sup>de</sup> Tranche, Thema 2 Climate Proof Fresh Water Supply <http://www.klimaatonderzoeknederland.nl/>) wordt de kwetsbaarheid van regenwaterlenzen verder in detail onderzocht. De onderzoekresultaten worden binnen vier jaar verwacht.

#### *Gemiddelde grondwaterstand 2050 (W+ klimaatscenario)*

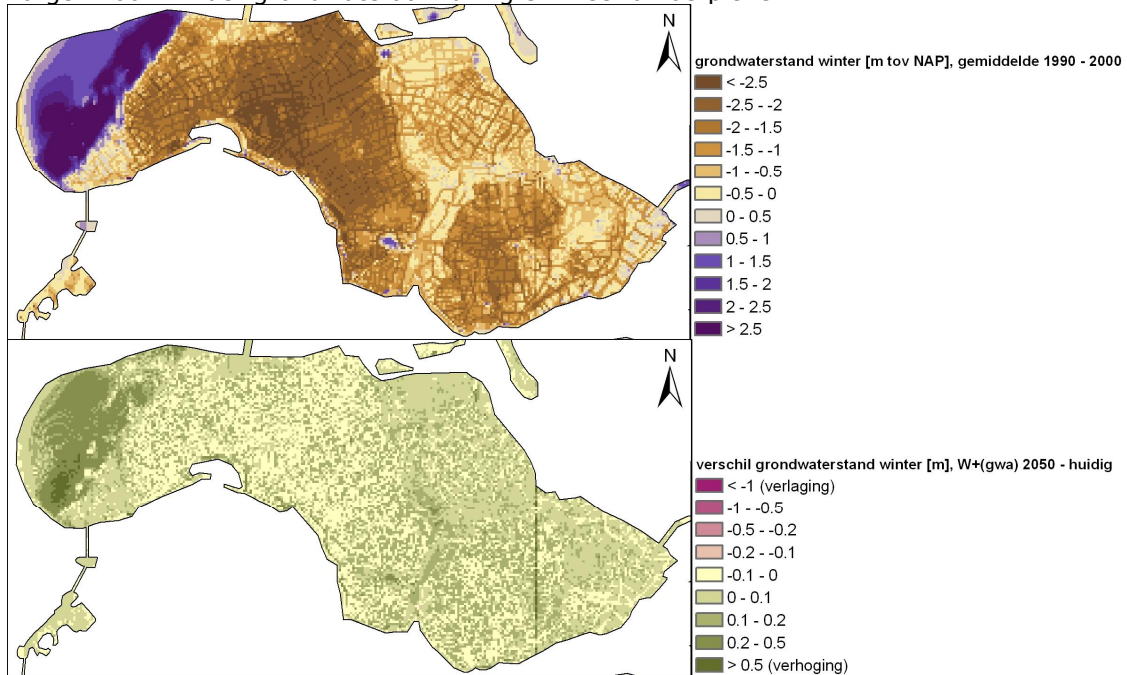
Klimaatscenario W+ heeft invloed op de kwantiteit en kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater. Zo zal de gemiddelde grondwaterstand van het zomer- en winterhalfjaar veranderen. In Figuur 28a en Figuur 29a is de gemiddelde grondwaterstand te zien voor een winterhalfjaar en een zomerhalfjaar (gemiddelde van de periode 1990-2000). In Figuur 28b en Figuur 29b is de toe- of afname van de grondwaterstand te zien voor de grondwateraanvulling van klimaatscenario W+ (dus zonder zeespiegelstijging).

In de winter is een kleine verhoging te zien van de grondwaterstand. Het neerslagoverschot in het winterhalfjaar neemt toe in het W+ scenario. Echter, in de

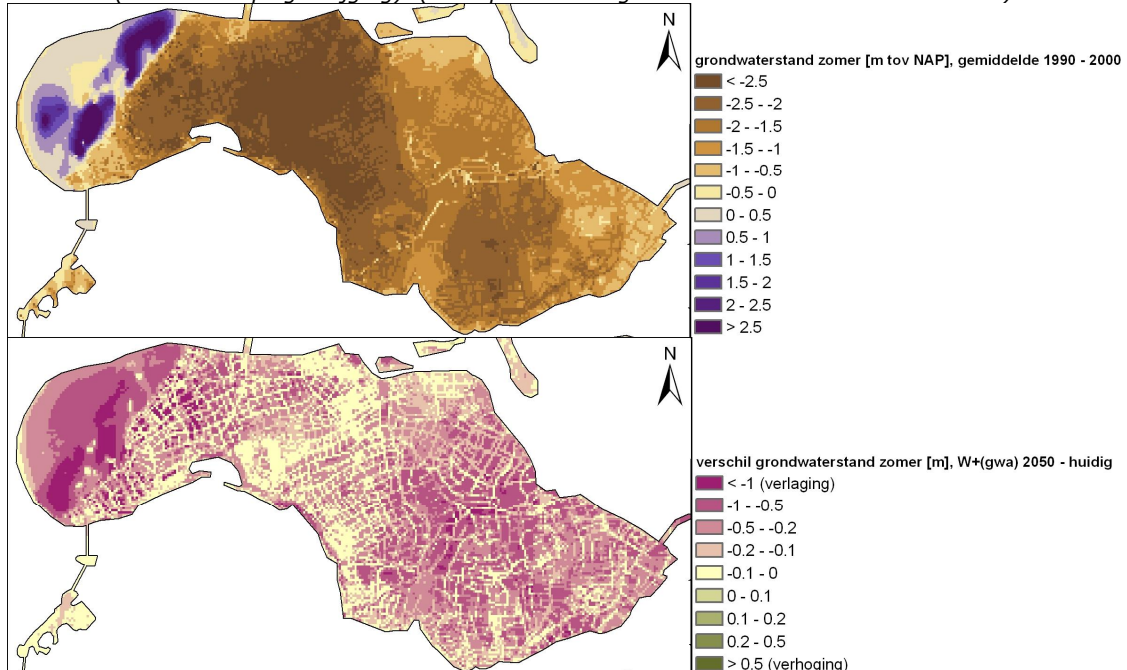
kwelgebieden staat de grondwaterstand al op drainageniveau en dit zal niet veranderen (de gele gebieden in Figuur 28b). In de infiltratiegebieden (kop van Schouwen en Gouwe en Ee) zal de grondwaterstand wel toenemen in de winter (de groene gebieden in Figuur 28b).

Het neerslagoverschot van het zomerhalfjaar neemt af in het W+ scenario. De effecten hiervan zijn duidelijk te zien in de infiltratiegebieden in Figuur 29b. Door de hoge kwelintensiteit neemt de grondwaterstand niet in alle gebieden af (geel in Figuur 29b).

Opgemerkt moet worden dat de invloed van een gemiddelde grondwateraanvulling voor het halfjaar wordt bepaald; extremen worden hierdoor verwaarloosd. Zo dragen piekbuien, die in werkelijkheid via de oppervlakte afgevoerd zullen worden, in het model wel mee aan de grondwateraanvulling. De toename van extremen in droogte en neerslag zal zorgen voor minder grondwateraanvulling en meer afvoerpieken.



Figuur 28: a. grondwaterstand winter en b. verhoging van de grondwaterstand in het winterhalfjaar in 2050 W+ (zonder zeespiegelstijging). (concept zoetzout grondwatermodel Provincie Zeeland).



Figuur 29: a. grondwaterstand zomer en b. verlaging van de grondwaterstand in het zomerhalfjaar in 2050 W+ (zonder zeespiegelstijging). (concept zoetzout grondwatermodel Provincie Zeeland).

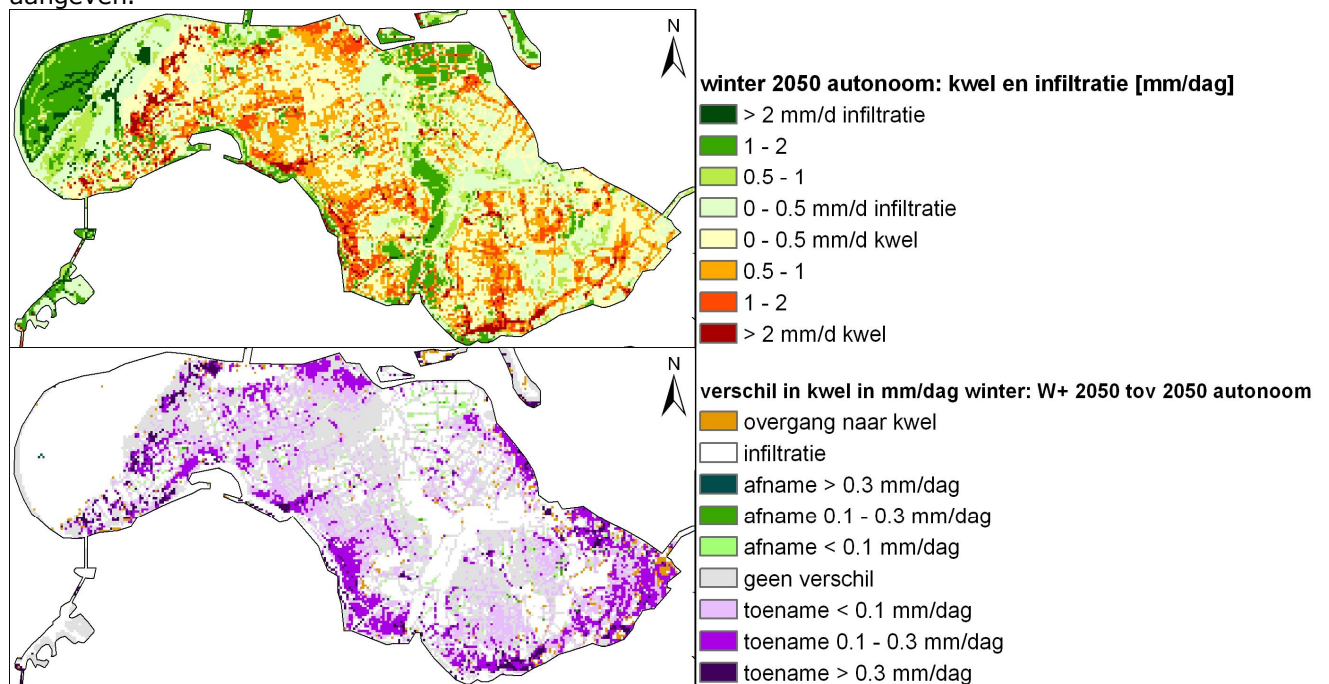
**Kwel (W+ klimaatscenario)**

Door klimaatverandering zal de kwelintensiteit veranderen; zowel zeespiegelstijging als verandering in neerslag en verdamping heeft invloed op de kwelintensiteit.

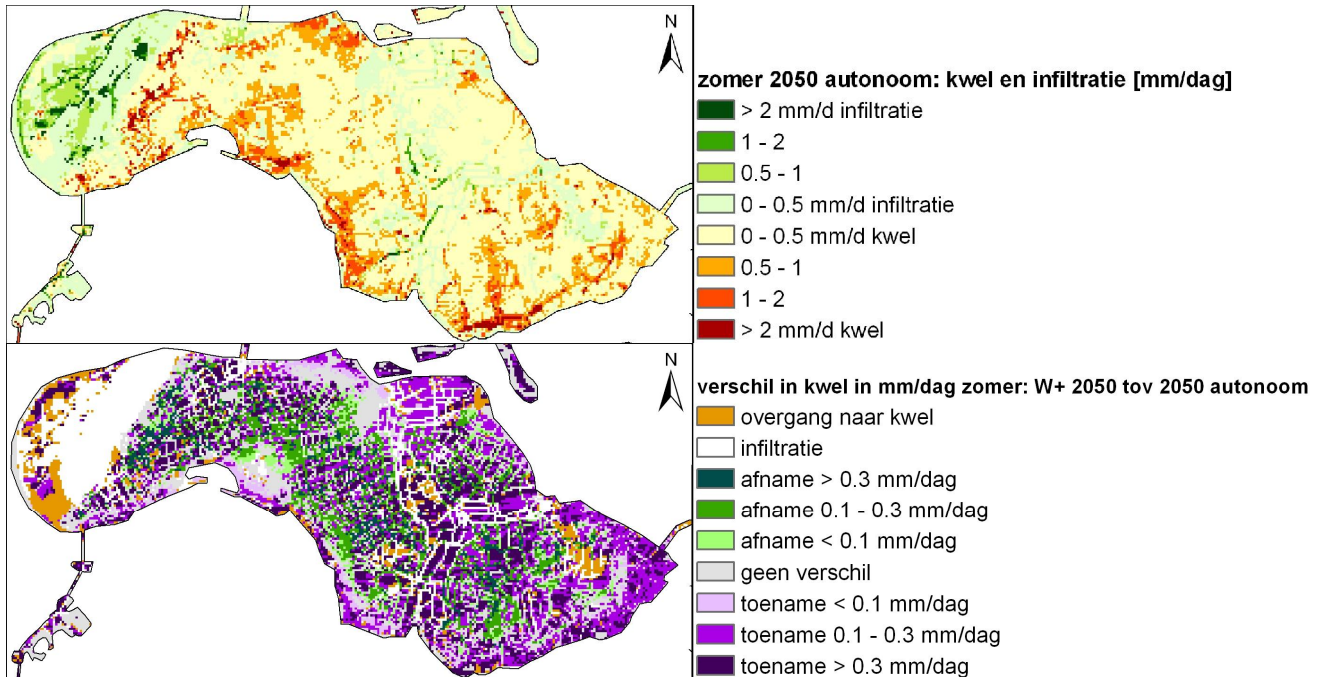
In Figuur 30a is de gemiddelde kwel- en infiltratiehoeveelheid te zien voor de winter van het autonome scenario in 2050 (deze is bijna hetzelfde als de huidige situatie). In Figuur 30b is de invloed van zeespiegelstijging van het W+-scenario (en stijging Oosterschelde- en Grevelingenpeil) duidelijk zichtbaar aan de toename van kwel langs de rand van het eiland. Ook langs de duinen is een toename van kwel zichtbaar: dit wordt veroorzaakt door de toename van de grondwateraanvulling in de duinen in de winter in het W+-scenario. Verder is de invloed van W+ voor de kwelgebieden klein; het drainagesysteem voert nu al water af in de winter en als de grondwateraanvulling toeneemt, zal wel de drainageafvoer toenemen.

De veranderingen in kwelintensiteit in het zomerhalfjaar zijn veel groter (Figuur 31b). W+ voorspelt een afname van de zomerneerslag en een toename van de verdamping; de grondwateraanvulling zal hierdoor afnemen. Langs de randen van het eiland is de invloed van de zeespiegelstijging weer duidelijk zichtbaar (toename kweldruk). Deelgebied Gouwe en Ee is in de zomer geen infiltratiegebied (Figuur 31a) en zal door klimaatscenario W+ een grotere kwelintensiteit krijgen. Er zijn zelfs gebieden die van infiltratiegebied in een kwelgebied zullen veranderen (de oranje gebieden in Figuur 31b). De kwel neemt in het algemeen toe doordat de afname van de grondwateraanvulling meer invloed heeft op de grondwaterstand dan op de stijghoogte in het eerste water voerend pakket (met een groter stijghoogteverschil en daardoor kweldruk tot gevolg), dit is schematisch weergegeven in Figuur 32.

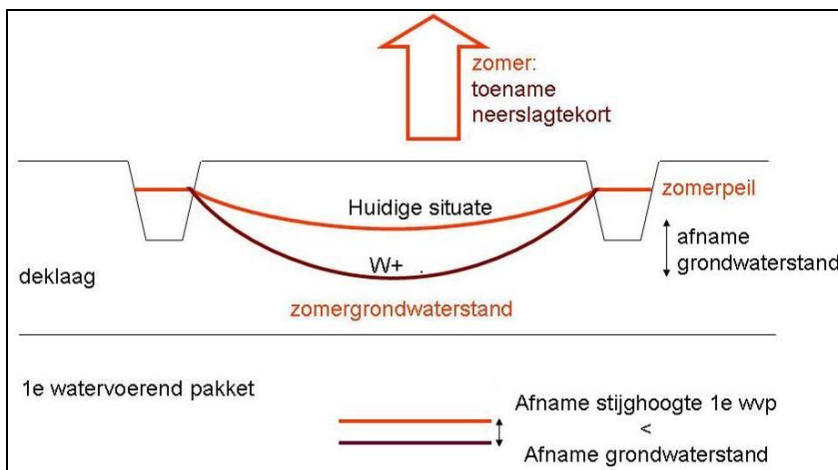
Opgemerkt moet worden dat het zomerpeil niet verandert in de berekeningen. In werkelijkheid kan het zomerpeil in de drogere gebieden niet gehandhaafd worden en zal dit door het W+ klimaatscenario alleen maar erger worden. Hierdoor zal de grondwaterstand in de droge gebieden verder zakken en neemt de kwel verder toe dan deze voorspellingen aangeven.



Figuur 30: a. kwelintensiteit winter 2050 (autonoom) en b. verandering van de kwel in het winterhalfjaar in 2050 door klimaatscenario W+. (W+ trend lineair naar 2050 van de gemiddelde neerslag en verdamping voor de periode 1990 - 2000). (concept zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland).



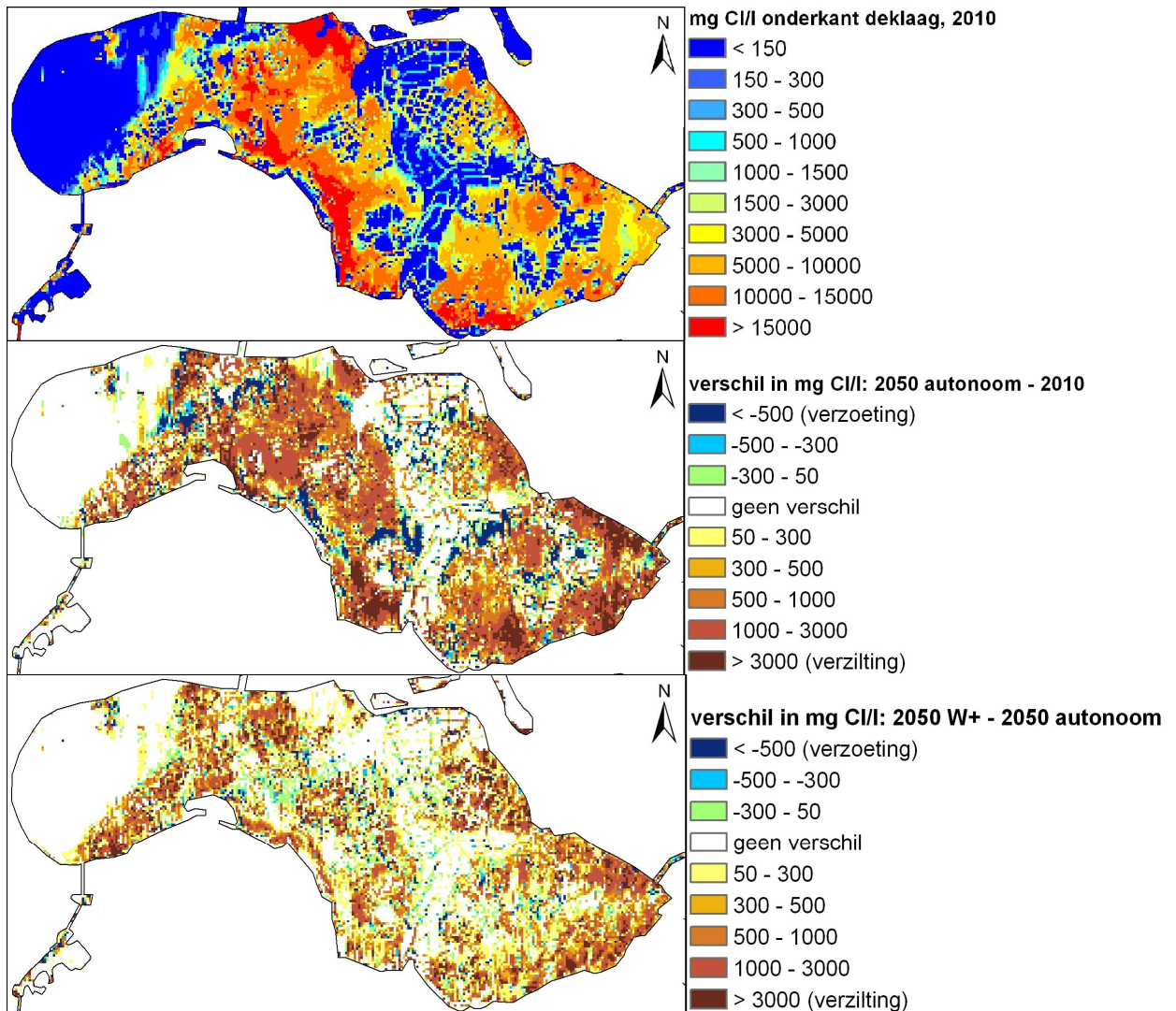
Figuur 31: a. kwelintensiteit zomer 2050 (autonoom) en b. verandering van de kwel in het zomerhalfjaar in 2050 door klimaatscenario W+. (W+ trend lineair naar 2050 van de gemiddelde neerslag en verdamping voor de periode 1990 - 2000). (concept zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland).



Figuur 32: toename kwel door toename neerslagtekort.

### Verzilting 2050 (W+ klimaatscenario)

Door autonome verziltingsprocessen zal het grondwater verder verzilten (Figuur 33b). Door zeespiegelstijging zal de kweldruk nog verder toenemen en het ondiepe grondwater nog verder verzilten. Het jaarlijkse neerslagoverschot neemt af voor klimaatscenario W+ waardoor minder zoete kwel optreedt langs de duinen en langs de kreekrug en de ondiepe zoetwatervoorraden waarschijnlijk kleiner zullen worden. Verzilting door autonome effecten is groter dan verzilting door klimaatverandering, maar door W+ zullen sommige gebieden verder verzilten (Figuur 33c).



Figuur 33: a. Chlorideconcentratie onderkant deklaag huidige situatie, b. verzoeting en verzilting grondwater onderkant deklaag in 2050 door autonome effecten en c. extra verzoeting en verzilting grondwater onderkant deklaag door klimaatscenario W+. (zoetzout grondwatermodel van de provincie Zeeland). Het grondwater aan de onderkant van de Holocene deklaag is het water dat in kwelgebieden uiteindelijk via kwel in het oppervlaktewatersysteem terecht komt.

### Socio-economische scenario's

De watervraag naar leidingwater blijft constant; dit socio-economische scenario heeft dus geen invloed op de duinhydrologie en op de zoetwatersituatie van Schouwen-Duiveland. De socio-economische scenario's hebben zeer weinig invloed en worden derhalve niet verder uitgewerkt.

## 4. Mogelijke maatregelen

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden mogelijke maatregelen voor een verbeterde zoetwatervoorziening weergegeven. Eerst volgt een literatuuroverzicht van maatregelen, gevolgd door een overzicht van lopende studies en onderzoeken. Tot slot wordt een overzicht van maatregelen gegeven op basis van de Leven met Zout Water studie 'Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting'.

### 4.2 Literatuur maatregelen

Onderstaande literatuur is geselecteerd op bruikbaarheid van de maatregel voor Schouwen-Duiveland.

#### **Zoetwaterinfiltratieproef Kapelle, projectgroep zoetwateronderzoek oktober 1986.**

Van 1983 tot 1986 heeft een onderzoek plaatsgevonden naar de mogelijkheden voor kunstmatige infiltratie van zoetwater in een kreekkrug ten westen van Kapelle-Biezelinghe. Een praktijkproef heeft plaatsgevonden met 3 infiltratieputten: 2 in het midden van de zoetwaterbel en 1 aan de rand (waar de zoetwaterlaag dunner was en er eerder menging met zout water op zou treden). Tijdens de proefperiode is een aanvullende modelstudie verricht waarmee de winbare hoeveelheid grondwater berekend kon worden.

De bodem bij de kreekkrug van de praktijkproef (ca. 160 ha met zoetwaterlens > 20 m onder maaiveld) is droogtegevoelig en de grondwaterstand was in 1983 en 1984 zo laag dat er regelmatig verdrogings schade optrad. Ook stonden de sloten in de zomer droog. Uit het grondwater van de kreekkrug vonden onttrekkingen plaats voor beregening in kassen en voor druppelbevloeiing van boomgaarden.

Uit bemonstering van diepe peilbuizen en uit de metingen aan zoutwachters bleek dat de zoet-zout grens in de directe omgeving van de put aan het eind van de infiltratieperiode lager lag (ca. 3 m lager op 20 m afstand). Van de 10.000 m<sup>3</sup> geïnfiltrerd zoet water in de winter zat aan het eind van de zomer (zonder onttrekkingen) nog 3.000 m<sup>3</sup> in de zoetwaterbel. In de zomerperiode kwam de zoet/zoutgrens omhoog, doordat het freatisch vlak weer naar de normale hoogte terugkeert. De terugkeer van de zoet/zoutgrens naar de normale situatie verloopt veel langzamer en hierdoor ontstaat in de zomer de mogelijkheid voor winning van dit geborgen water. Het rendement van de infiltratiepunt aan de rand van de kreekkrug was veel lager.

Het in Kapelle toegepaste systeem bestond uit verticale putten. Tijdens de proeven vonden technische problemen plaats (onderhoud putten, filters, putverstopping). Begin juni 1985 werd de hoeveelheid oppervlaktewater die naar de putten kon worden aangevoerd onvoldoende en werd de infiltratie gestopt. Uit berekeningen bleek de kostprijs van het systeem zodanig hoog dat toepassing van de infiltratietechniek voor de landbouw in 1986 niet concurrerend was met de prijs van leidingwater.

#### **IWACO (1997): "Zoetwaterbekken Schouwen-west", rapportnummer 3353250. aangevuld met een interview met Jeroen ter Maat (provincie Zeeland) voor de huidige stand van zaken.**

In dit rapport wordt de haalbaarheid van een multifunctioneel zoetwaterbekken in de directe omgeving van het duingebied van Schouwen beschreven. Dit bekken moet dienen voor het opvangen van zoet oppervlaktewater dat onbenut afstroomt. Het op te vangen water is afkomstig uit kwelwater uit de gebieden Haamstede-Renesse en Westenschouwen en bemalingswater uit Westernen- en Oosterenban (westelijk duingebied). Door dit afstromende water beschikbaar te stellen voor de landbouw, kan het landbouwpotentiaal in dit gebied toenemen.

De eerste bergingsvormen die zijn uitgewerkt zijn:

- berging van zoet water in open water;
- berging van zoet water in de bodem.

De eerste optie is (te) duur gebleken en de tweede optie heeft onvoldoende bergingscapaciteit. Als derde optie is een mengvorm gezocht van deze opties die zorgt voor een lager kostenplaatje en voldoende bergingscapaciteit. Daarnaast is bij deze derde optie

ook gekeken naar de inpasbaarheid van het systeem in de omgeving, natuurdoelen en recreatie.

De meestbelovende optie is de realisatie van een:

- rabattenbos.

Met de aanleg van een rabattenbos van 50 ha kan minimaal 28 ha fruitteelt berekend worden. Voor aardappelen en spruitkool kan er minimaal 240 ha berekend worden. De meest optimale locatie van het rabattenbos is, gelet op bestaande landschapsstructuren, beschikbare ruimte en de hydrologische situatie, de duinzoom tussen Haamstede en Renesse.

Vanuit de provincie is aangegeven (persoonlijke communicatie J. ter Maat, 2010), dat de huidige verhouding tussen landbouw en natuur op dit moment gezien wordt als goed en het is wenselijk deze verhouding zo te houden. Verder heeft er nabij de duinen fruitteelt plaatsgevonden, maar deze is enkele jaren geleden weggegaan, waarschijnlijk door te natte omstandigheden in de winter en te droge in de zomer.

**Provincie Zeeland (2005): "Scenario's Kop van Schouwen, vervolgstudie grondwatermodel Kop van Schouwen effecten grondwateronttrekkingen", rapportnummer 539677.**

Deze studie is uitgevoerd om eventuele maatregelen door te rekenen. Het gaat hierbij om effecten van het stopzetten van zoetwaterwinningen (voor drinkwater) op stijghoogte en kwel. Een verandering van de locatie van de drinkwateronttrekking heeft positieve gevolgen voor droogte bestrijding.

*Maatregelen:*

- Andere plaats van onttrekkingspunten drinkwaterwinning
- Minder private onttrekkingspunten.

**Van Dijk, J., M. Koenders, K. Rebel, M. Schaap en M. Wassen (2009): "State of the art of the impact of climate change on environmental quality in The Netherlands", KfC report 006/09, ISBN 978-94-90070-06-9.**

*Uitspoeling van stoffen*

Klimaatverandering heeft effect op de bindingscapaciteit van de bodem en dus op het vasthouden dan wel uitspoelen van stoffen. In de landbouw komen door het gebruik van mest nutriënten en andere stoffen in de landbouwbodem terecht. De mate van binding van de stoffen is afhankelijk van het type bodem en mest, de hoeveelheid organisch stof, pH en redox potentiaal. Drogere perioden zorgen voor een hogere redoxpotentiaal en daardoor het beter vasthouden van stoffen in deze periode. Nattere perioden zorgen daarentegen voor een lagere redoxpotentiaal en dus een hogere uitspoeling van de stoffen. Verder zorgen droge perioden voor afname in afbraak van organisch stof, wat leidt tot een hogere bindingscapaciteit. De effecten van droogte op metaal beschikbaarheid is metaalspecifiek.

*Maatregel:*

Beleidsmatig de toediening van (kunst)mest zoveel mogelijk verlagen tot het niveau van wat de teelten echt nodig hebben. Dit zorgt ervoor dat er minder uitspoeling plaats vindt van nutriënten en zware metalen tijdens neerslag volgend op een droge periode.

*Verzilting van het water (of wel tekort aan zoet water).*

Het voorkomen van brak/zout grondwater en brak/zout kwelwater is vooral voor landbouw en natuur relevant. Voor natuur is een redelijk constante concentratie van zout gewenst om zo een consistente ecotoop of ecotopen te handhaven. Voor landbouw is het zaak de zout concentratie zo laag mogelijk te houden om zoutschade van teelten te voorkomen. Toekomstige klimaatverandering, zoals zeespiegelstijging, meer evaporatie in de zomer, minder rivierafvoer in de zomer en meer in de winter en de daarmee samengaande veranderingen in grondwater aanvulling zal de waterkwaliteitverdeling veranderen.

*Maatregelen:*

- Optimalisatie van drinkwateronttrekking, echter doordat vaak de vraag het aanbod overtreft zal dit in combinatie van andere maatregelen moeten plaatsvinden.
- Water uit nattere gebieden importeren
- Kunstmatige aanvulling van zoetwaterlenzen ten tijde van wateroverschot
- Recyclen van water
- Beprijzen van water

- Desalinisatie van brak water en dit gelijk gebruiken of dit gebruiken ter aanvulling van zoetwaterlenzen.
- Landuitbreiding zodat de grens van zoet/brak/zout wordt verschoven
- Creëren van fysieke barrières van zout/brak water.

**Steekelenburg, A., van en W. Hoogervorst (2010): "Wateropslagsystemen: een vergelijkende inventarisatie", Glastuinbouwtechniek magazine maart 2010.**

In dit artikel worden een aantal opslagtechnieken uitgelegd, waarbij ook de kosten, waterkwaliteit en grondbeslag belicht worden.

*Collectieve wateropslag:*

Met een aantal collegae kan gekozen worden om gezamenlijk infiltratieplas of silo te bouwen. Dit kost relatief gezien minder land dan wanneer slechts 1 boer hiervoor zou kiezen. Wanneer de plas voldoende diepte heeft, blijft de temperatuur redelijk constant en zorgt het onttrekken van water op een bepaalde diepte voor een stabiele waterkwaliteit. Zodoende heeft een infiltratieplas potentie om voldoende water van goede waterkwaliteit te leveren (silo wordt later behandeld).

*Aquifer:*

Water kan in een watervoerende zandlaag worden onttrokken en opgeslagen. Echter, de aquifer moet wel geschikt worden gemaakt voor opslag en onttrekking: dit kost het nodige. Door constante temperatuur en lage zuurstof concentratie blijft de waterkwaliteit van goede kwaliteit.

*Foliebassins:*

Dit zijn ingegraven, open bakken. Door de openheid kan deze manier van opslag problemen opleveren met algen en bacteriën door temperatuurschommelingen en inwaaien van stoffen. Echter, afdekking van het bassin is mogelijk. Echter, het kost wel grondoppervlakte.

*Gaasboxx:*

Dit is een ondergronds opslagsysteem, bestaande uit blokken die koppelbaar zijn zodat de grootte van het systeem toegespitst kan worden op de wensen van de agrariërs. Doordat het systeem is afgesloten en over een constante temperatuur beschikt, is de waterkwaliteit goed te noemen. Echter, er bestaat een kans op ontwikkeling van een biofilm.

*Silo:*

Een silo is vergelijkbaar met een foliebassin, het verschil is echter dat een silo meer de hoogte in kan dan een foliebassin. Dit zorgt voor minder landbeslag voor eenzelfde hoeveelheid water dan een foliebassin. Echter, dezelfde problemen met waterkwaliteit doen zich voor.

*Waterblocksysteem:*

Dit systeem is enkel bruikbaar voor kassen, omdat dit systeem als het ware een kelder onder een kas is. De waterkelder fungeert tevens als fundering. Door de afgeslotenheid en de redelijk constante watertemperatuur, is de waterkwaliteit goed.

*Klimrek buffer:*

Dit systeem kan enkel gebruikt worden voor niet-grondgebonden teelten. Er wordt een "binnenbassin" met behulp van folie gecreëerd waarop platen liggen waarop de teelt plaats heeft. Het bassin wordt bijgevuld via grondwater, het is zozegd een soort ingekapselde sloot.

De tendens uit bovenstaande technieken is dat ondergrondse opslag een betere waterkwaliteit geeft, maar dat het vaak een grotere investering is. Echter, er blijft meer landbouwgrond over dan wanneer er gekozen wordt voor bovengrondse opslag.

**Deltares/Waterdienst (2010): "Inceptierapport landelijke zoetwaterverkenning", Deltares rapport 1201055-000.**

De twee leidende principes in dit rapport met betrekking tot maatregelen zijn watervraag verminderen en wateraanvoer aanpassen. De aanvoer van water aanpassen bevindt zich op landelijk niveau en zal derhalve niet als maatregel worden meegenomen.

*Maatregelen:*

- Waterconservering: seizoensberging in grondwater en haarvaten
- Waterberging: seizoensberging in grotere oppervlakte wateren
- Zuinig met water omgaan: bewustwording



- Beperken van doorspoelbehoefte: nauwkeuriger bepalen wat de doorspoelbehoefte is en de oorzaak van het doorspoelen verminderen
- Hergebruik van vervuild en gereinigd water
- Simultane onttrekking van brak en zoet water om geen zout water aan te trekken
- Verandering van landgebruik
- Beprijzen van water.

**Van Bakel, P.J.T. en Poelman, A. "Zoetwaterbekkens: de ultieme vorm van water vasthouden?", Wageningen 2009**

Algemene conclusie: zoetwaterbekkens op perceelsniveau in zoetwaterarme gebieden zijn bedrijfseconomisch interessant voor bijvoorbeeld vollegrondsgroenteteelt maar niet voor grasland en laagrenderende akkerbouw. Klimaatverandering leidt tot meer beregeningsbehoefte en minder aanbod van water waardoor aanleg van zoetwaterbekkens eerder opportuun zal worden.

### 4.3 Lopende projecten en onderzoeken

Onderstaande lopende studies of projecten zijn mogelijk relevant voor maatregelen voor de zoetwatervoorziening van Schouwen-Duiveland. Eerst volgt een overzicht van maatregelenstudies, daarna volgt een overzicht van andere relevante lopende projecten en studies die niet direct gericht zijn op maatregelen.

#### Maatregelen

**Peilgestuurde drainage** (o.a. WUR, proefboerderij Noord-Beveland)

Opdrachtgever: Stowa en Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Betrokken partijen: Wageningen Universiteit & Researchcentrum (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Alterra)

Beschrijving: Bij het systeem van samengestelde peilgestuurde drainage monden de drains niet rechtstreeks uit in de sloot, zoals bij conventionele drainage, maar in een verzameldrain. Deze komt op haar beurt weer uit in een verzamelput waarin het peil regelbaar is. Ook zijn de drains bij dit systeem vaak dieper en intensiever aangelegd dan bij conventionele drainage. Doorgaans wordt er een hoger peil gehanteerd dan bij conventionele drainage. Een groot voordeel van dit systeem is dat er minder sloten nodig zijn. Ook wordt door het hogere peil het water beter vastgehouden zodat er mogelijk minder snel beregend hoeft te worden. Omgekeerd is het peil ook makkelijk te verlagen zodat je sneller het land op kunt voor bijvoorbeeld de voorjaarswerkzaamheden. Naast de landbouwkundige voordelen heeft het vasthouden van meer water ook positieve effecten op de waterkwaliteit. Door het hogere peil neemt de stikstofuitspoeling af door afbraak van nitraat. Waarschijnlijk vermindert ook de fosfaatspoeling.

Om deze aspecten te toetsen wordt op verschillende locaties in Zuid-Nederland veldonderzoek uitgevoerd waarbij op hetzelfde perceel verschillende soorten drainagesystemen met elkaar op hun werking worden vergeleken. In het onderzoek worden de waterafvoer via drains en de grondwaterstanden continu gemeten en wordt op regelmatige tijdstippen de kwaliteit van het drainwater bepaald. Daarnaast wordt nagegaan of er effecten zijn op de opbrengst en kwaliteit van de geteelde gewassen en of de bewerkbaarheid van de percelen verandert. (folder Samengestelde peilgestuurde drainage, WUR)

#### *Proefproject De Rusthoeve Zeeland*

In Zeeland vindt een proefproject plaats op de Zeeuwse proefboerderij De Rusthoeve. Grontmij, Alterra en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving zijn in opdracht van de Provincie Zeeland gestart met een onderzoek naar de effecten van peilgestuurde samengestelde diepdrainage op zeelegronden. De kern van het onderzoek is een omvangrijk veldexperiment op proefboerderij de Rusthoeve, dat representatief is voor de zeelegronden in Zeeland. Het drainagesysteem is eind april onder droge, gunstige omstandigheden aangelegd door de firma Barth Drainage B.V. De voornaamste onderzoeksvraag is of peilgestuurde drainage de te hoge stikstofconcentraties in het oppervlaktewater, wat veelvuldig voorkomt in Zeeland, tegen te gaan. Daarentegen zou dit systeem ook juist meer nutriëntenrijk kwelwater kunnen aantrekken. Er zullen 4 verschillende systemen met drainage worden vergeleken met verschillende aanlegdieptes en grondwaterpeilen. ([www.stowa.nl](http://www.stowa.nl), [www.interactiefwaterbeheer.eu](http://www.interactiefwaterbeheer.eu))

### **Water uit de Wal en waterzuivering**

**Betrokken partijen:** Waterschappen Brabantse Delta en Scheldestromen, provincies Zeeland en Noord-Brabant, gemeente Woensdrecht en drinkwaterbedrijven Evides en Brabant Water  
**Beschrijving:** Jaarlijks verdwijnen grote hoeveelheden zoet water ongebruikt in de Westerschelde. Het gaat om kwel- en afstromend water van de Brabantse Wal en effluent van de rioolwaterzuivering Bath.

Sinds 2006 wordt gekeken naar mogelijkheden om dit zoete water te gebruiken. De vraag naar het gebruik van het zoete kwelwater komt niet alleen vanuit Brabant, maar ook vanuit de Reigersbergse polder en centraal Zuid-Beveland. Voordat het ijzerrijke kwelwater uit de Brabantse Wal geschikt is voor transport, moet het eerst ontdaan worden van ijzer. Dit proces vindt plaats in een zogenaamd bufferbekken. Het bekken wordt aangelegd in de Noordpolder en heeft een oppervlakte van circa 5 ha. Voor het watertransport worden de landbouwwaterleidingen van Evides gebruikt.

De tweede grote bron waar 'Water uit de Wal' zich op richt is de rioolwaterzuivering in Bath. Per etmaal komt er gemiddeld 110.000 m<sup>3</sup> effluent vrij uit de zuivering. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat er mogelijkheden liggen voor het hergebruik van dit afvalwater. Via verder (markt)onderzoek brengt het waterschap de komende jaren de afzetmogelijkheden verder in beeld. Dit wordt gedaan op grond van de kwalitatieve en kwantitatieve eisen van de potentiële gebruikers. Het uiteindelijke doel van het waterschap is om het nagezuiverde effluent tegen een concurrerende prijs af te zetten. (www.brabantsedelta.nl)

### **RWZI Schouwen-Duiveland**

Schouwen-Duiveland heeft 3 RWZI's verdeeld over het eiland, allemaal aan de zuidzijde (Mastgat, Verseput en Westerschouwen). In totaal gaat het hier om 4.8 Mm<sup>3</sup> per jaar voor de 34.000 inwoners (Bedrijfsrapportage 2006, WZE). Om zuivering van RWZI water rendabel te laten zijn voor gebruik voor de landbouw zijn de hoeveelheden en de afstanden voor transport belangrijk. In eerste instantie lijken de hoeveelheden van Schouwen-Duiveland klein te zijn en de afstanden voor transport redelijk groot (mondelijke communicatie Hans Cappon, Research Group Water Technology Hogeschool Zeeland).

### **Zoetblijver**

**Opdrachtgever:** Eureka Deltares

**Betrokken partijen:** Deltares

**Beschrijving:** Installatiebureaus zijn huiverig voor het realiseren van ondergrondse zoetwaterberging in een zoute aquifer. Zij hebben ervaring dat de zoetwaterlens dan komt 'opdrijven' en niet of moeilijk terugwinbaar is. De Deltares Zoetblijver zorgt wel voor het mogelijk maken van het opslaan van zoet water in een zoute aquifer. Hierbij kan gedacht worden aan een slimme inrichting met behulp van onttrekkings- en injectieputten waarbij een potentiaalveld wordt gecreëerd waarbij zoet water niet wordt verdrongen en daardoor goed terugwinbaar is.

Voor dit eerste ontwerp van De Deltares Zoetblijver zijn 5 relevante gebieden beschouwd: 1. Wieringermeer; 2. Haarlemmermeer; 3. Flevopolder; 4. Westland; 5. Zeeland (Schouwen-Duiveland). Voor deze gebieden is het gedrag van de geïnjecteerde zoetwaterbel gesimuleerd en is het rendement van het terugwinnen van het zoete water berekend met en zonder hulpputten. Hierbij is rekening gehouden met heterogeniteit in de ondergrond en achtergrondstroming van het grondwater. (Deltares, 2009)

### **Waterhouderij**

**Opdrachtgever:** InnovatieNetwerk, WINN/CIP, SBIR

**Betrokken partijen:** Aequator, InnovatieNetwerk, Deltares en veel andere organisaties

**Beschrijving:**

Het concept van de Waterhouderij (Aequator, InnovatieNetwerk, TransForum) is erop gericht dat het inrichten en beheren van wateropslaggebieden potentie heeft uit te groeien tot een economisch aantrekkelijke activiteit voor agrariërs en andere gebiedspartijen. Als onderneming kan de Waterhouderij uitgroeien tot een echte Nederlandse (gebieds-) coöperatie in een nieuw jasje, waarin grondbezitters samenwerken met overheden en bewoners om het water in de betrokken regio tot de laatste druppel te benutten. Zij ontvangt, bewaart, bergt, gebruikt, bewerkt en levert water. Zij kan ook het landelijk met het stedelijk gebied verbinden, door water te leveren voor bedrijfs- en woonfuncties. In een

ambitieuze vergezichten kan de Waterhouderij er als volgt uit zien: in een pilotgebied van 500 hectare hebben agrariërs, andere ondernemers, grondeigenaren, gemeente, waterschap en gebiedsbewoners een gebiedscoöperatie opgericht, de zogeheten Waterhouderij. Deze bergt het water voor het gebied na perioden van neerslag en houdt het neerslagoverschot vast om in het droge groeiseizoen (eventueel nieuwe) commerciële gewassen optimaal van water te voorzien. In 2010 is gestart met een pilot op Walcheren. ([www.waterhouderij.nl](http://www.waterhouderij.nl))

### **Freshmaker**

Betrokken partijen: KWR, Meeuwse Handelsonderneming BV, Provincie Zeeland, waterschap Scheldestromen, ZLTO

Beschrijving: De Freshmaker bestaat uit een configuratie van horizontale grondwaterputten, sensoren en een centrale regeleenheid. Door een juiste plaatsing en aansturing van onttrekkingsdebiëten wordt geprobeerd te voorkómen dat een zoetwaterlens verloren gaat door zoute kwel of vermenging met omliggend brak en zout water. Toepassing van natuurlijke of kunstmatige infiltratietechnieken maken een geleidelijke uitbreiding van de zoetwatervoorraad mogelijk. Er wordt gestart met een haalbaarheidsonderzoek op perceelsniveau. ([www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl), [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl))

### **Kennis voor Klimaat Thema 2: Klimaatrobuuste Zoetwatervoorziening**

Opdrachtgever: Kennis voor Klimaat, in samenwerking met de 'hot-spots'

Betrokken partijen: Deltares, WUR/Alterra, KWR, TNO, VU, UT, TUD, UU, Acacia Water

Beschrijving: Het project Climate Proof Fresh Water Supply heeft als doel: het bijdragen aan het vinden van robuuste, flexibele en lange-termijn oplossingen voor de zoetwatervoorziening van Nederland op verschillende ruimteschalen in een veranderende Delta. De zes werkpakketten zijn:

- WP1: Klimaatverandering in Nederland in Europees perspectief – onze randvoorwaarden
- WP2: Opslag in gecombineerd oppervlak- en grondwater en regenwaterlenzen
- WP3: Aanpassing functies onder beperking van zoetwater
- WP4: Water technologie
- WP5: Besluitvorming onder onzekerheid
- WP6: Integratie Cases (Zuidwestelijke Delta, Haaglanden en Groene Ruggengraat)

Het grootste deel van de onderzoeken vindt plaats binnen AIO trajecten.

#### **Werkpakket 2:**

Deltares is consortiumtrekker en trekker van WP2, met als onderwerpen:

- a. Koppeling zoet-zout grondwater-oppervlaktewater tijdens droge periodes. Dit onderwerp richt zich op het toepassen van maatregelen tegen droogte en verzilting in watersysteem op verschillende schalen én onder de invloed van klimaatverandering;
- b. Opschalen regenwaterlenzen in brak-zoute omgeving. Dit onderwerp richt zich op het laten toenemen van de lokale beschikbaarheid van zoet water door het creëren van een robuust en flexibel buffersysteem om zoet water in de ondergrond in regenwaterlenzen op lokale schaal te bergen.

#### **Werkpakket 4:**

KWR is trekker van WP 4 en onderzoekt in twee projecten de mogelijkheden van watertechnologie voor het aanbieden van oplossingen voor regionale zelfvoorziening in de zoetwatervoorziening. Het eerste project richt zich op het LSR-ASR (Leaky Storage Reservoir combined with phreatic Aquifer Storage and Recovery) systeem, met aandacht voor vragen als:

- Wat zijn de hydrologische en chemische effecten van LSR-ASR-systemen en hoe kunnen deze effecten worden verzacht?
- Hoe kan een LSR-ASR-systeem worden geoptimaliseerd om een buffer te vormen tegen jaarlijkse extremen in vraag of aanbod?
- Hoe kan ASR systemen gecombineerd worden met andere toepassingen?

In een tweede project worden vragen uitgewerkt als:

- Wat is de beschikbaarheid en de kwaliteit van alternatieve waterbronnen, en welke zuiveringstechnieken kunnen gebruikt worden om deze bronnen geschikt te maken voor agrarische of industriële toepassingen?
- Zijn innovatieve ontziltingstechnieken haalbaar in combinatie met meer standaard ontziltingstechnieken?
- Wat kunnen we doen met brijn (het membraan concentraat)?

Stowa:

STOWA heeft een aantal deliverables opgesteld waar binnen Kennis voor Klimaat Thema 2 onderzoek naar gedaan moet worden. De hoofdvraag is welke watertechnologische oplossingen in welke mate bijdragen aan regionale adaptatiestrategieën. De technieken die onderzocht worden, zijn ondergrondse opslag van zoetwater, zuivering en hergebruik van afvalwater en ontzilting. Hierbij moet gekeken worden naar de potentie (effecten, kosten, optimalisatie) van verschillende technieken (hergebruik afvalwater, Memstill, ASR). Een ander onderdeel is welke technische, milieu (brijn<sup>4</sup>)- of juridische bezwaren er kleven aan de technologieën en welke mogelijkheden er zijn om deze te voorkomen.

### **Wateroptimalisatieplannen (WOP) Fruitteelt (ZLTO)**

Betrokken partijen: ZLTO, Provincie Zeeland, Productschap Tuinbouw, Evides, Rijkswaterstaat, Deltares, KWR, Kennis voor Klimaat, Acacia Water, Rabobank

Beschrijving: In Zeeland is een project gestart dat fruittelers moet voorzien van zoet water op het juiste moment. Vijftig fruittelers kunnen tegen weinig kosten een wateroptimalisatieplan laten maken. Daarin staat hoe groot de droogte- en nachtvorstschade op het bedrijf is en hoeveel zoet water aan extra opbrengsten oplevert.

Door op tijd voldoende zoet water toe te dienen, zijn de kilo-opbrengsten van appels en peren aanzienlijk groter en krijgt de fruitteeler dus meer geld in de portemonnee. Fruitteelers moeten zelf investeren in aansluiting op de bestaande zoetwaterleiding op Zuid-Beveland en het bufferen van zoet water in bassins. Dit om in droge periodes voldoende zoet water te hebben. Ook innovatieve oplossingen als oppompen van zoet water uit diepere grondlagen zijn mogelijk. ([www.zlto.nl](http://www.zlto.nl))

### **Overige relevante lopende projecten en onderzoeken**

#### **CliWat (INTERREG)**

Betrokken partijen: Region Midtjylland, Liag, GEUS, Region Syddanmark, LLUR, Deltares, TNO, Environment Centre Aarhus, Environment Centre Ribe, Aarhus University, Ghent University, SEECON, Municipality of Horsens, BGR, VITENS, Provincie Fryslan, Wetterskip Fryslan

Beschrijving:

In het CliWat programma wordt de invloed van klimaatsverandering op het grondwater systeem onderzocht in de Noordzeekust-zone, zowel wat betreft kwantiteits- als kwaliteitsaspecten. Een onderdeel van het CliWat programma is een karakterisering van de zoet-brak-zout grensvlakken van het grondwater. Deze karakterisering helpt bij het in kaart brengen van de zoetwatervoorraden in het grondwater. ([www.cliwat.eu](http://www.cliwat.eu))

### **Zoetwatervoorziening Zeeland / gebiedsgerichte aanpak waterschap Scheldestromen**

Opdrachtgever: Waterschap Scheldestromen

Betrokken partijen: Waterschap Scheldestromen, Provincie Zeeland, ZLTO, Deltares.

Beschrijving:

Voor Tholen is behoefte aan kennis over de werking van de wateraanvoer en het effect van doorspoelen in het kader van de verziltingsproblematiek. Het waterschap wil met behulp van een SOBEK model deze aspecten goed kunnen toetsen en analyseren. De werkzaamheden zijn een vervolg op de al in uitvoering zijnde werkzaamheden van de Gebiedsgerichte Aanpak (GGA) voor Tholen. In deze GGA van Tholen wordt, om het watersysteem te toetsen aan de ontwerpnormen en zo nodig verbeteringsmaatregelen te analyseren, een SOBEK model gebruikt. Dit model is volledig gericht op kwantitatieve aspecten van waterafvoersituaties. In dit project wordt het waterkwantiteitsmodel aangepast zodat ook de waterkwaliteit kan worden gesimuleerd. Dit wordt onder andere gedaan door een koppeling te maken tussen grond- en oppervlakte water. Met dit model kunnen verschillende doorspoel- en aanvoerscenario's voor Tholen worden doorgerekend waarmee inzichtelijk wordt of en eventueel hoe Tholen met doorspoel en aanvoermaatregelen het gebied voldoende zoet kan worden gehouden, nu en in de toekomst. De bedoeling is dat deze toepassing voor verschillende deelgebieden in Zeeland wordt gemaakt.

<sup>4</sup> Restproduct van ontzilting bestaande uit water met een hoge zoutconcentratie

### **Landelijke Zoetwaterverkenning Nederland**

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat/Waterdienst

Betrokken partijen: Deltares

Beschrijving:

Het doel van het project "Landelijke Zoetwaterverkenning" binnen het Deelprogramma Zoetwater is het ontwikkelen en evalueren van mogelijke toekomstbestendige zoetwaterstrategieën, in samenwerking met het beleidsontwikkelings- en participatie spoor van het Deelprogramma Zoetwater, die bouwstenen vormen voor de integrale besluitvorming in het Deltaprogramma. Het project loopt van 2010 tot 2014. Binnen de ZWV wordt een beleidsanalyse uitgevoerd van de landsdekkende zoetwatervoorziening van Nederland onder invloed van klimaatverandering. Geanalyseerd zal worden hoe de zoetwatervoorziening van Nederland op de lange termijn kan worden veiliggesteld onder verschillende toekomstscenario's. De verkenning levert bouwstenen voor nieuw beleid op voor de periode 2015-2050 en levert een doorkijk en visie tot 2100. Daarnaast identificeert zij geen-spijmaatregelen (tot 2015) binnen de huidige beleidskaders. Centraal staat de beschikbaarheid van water van voldoende kwaliteit in droge perioden. Deze analyse ligt in het verlengde van de PAWN en droogtestudie die in het verleden zijn uitgevoerd (Projectplan Landelijke Zoetwaterverkenning, 2010).

### **Verzoeting/verzilting freatisch grondwater in de provincie Zeeland**

Opdrachtgever: Provincie Zeeland

Betrokken partijen: Deltares

Beschrijving:

In dit project wordt onderzoek gedaan naar de verzilting van het grondwater in de bovenste meters van de ondergrond onder invloed van zeespiegelstijging en een veranderend klimaat. Het hoofddoel is kijken welke waterbeheersmaatregelen effectief zijn in het bestrijden van de verzilting in Zeeland in landbouw- en natuurgebieden. Speciale aandacht wordt gegeven aan de zogenaamde relatief dunne regenwaterlenzen in landbouwpercelen. Daarnaast wordt gekeken naar de interactie tussen perceel en sloot over de seizoenen ten aanzien van opwellend zout grondwater. Naast het ontwikkelen van een betrouwbaar 3D modelinstrumentarium voor dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming en gekoppeld zouttransport wordt een uitgebreide meerjarige meetcampagne uitgevoerd waarmee het voorspellend vermogen van het modelinstrumentarium kan worden vergroot.

## **4.4 Inventarisatie maatregelen**

De Leven met Zout Water studie 'Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting' uit 2009 bevat een inventarisatie van maatregelen die ontwikkeld of in ontwikkeling zijn rond het omgaan met interne verzilting. De maatregelen zijn ingedeeld op basis van mogelijkheden en bevoegdheden van verschillende belanghebbenden (gebruik, beheer en beleid). Voor iedere maatregel is er aandacht voor de methodiek, de initiator, beslissingsbevoegd orgaan en uitvoeringsniveau.

Uit deze studie is een tabel overgenomen (zie onderstaande tabel), inclusief de maatregelen, indeling van maatregelen en voor- en nadelen. De maatregelen uit 'Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting' zijn aangegeven met een \* en de tabel is verder aangevuld met maatregelen uit de gedane literatuurstudie en projectinventarisatie. Maatregelen die reeds in de tabel stonden en die niet relevant geacht worden voor Schouwen-Duiveland, zijn weggelaten. Bij niet relevante maatregelen kan gedacht worden aan externe toevoer van zoet water uit bijvoorbeeld het hoofdwatersysteem. Voor meer informatie over of referenties van maatregelen uit 'Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting' wordt aangeraden het rapport zelf te raadplegen.

**Gebruikersmaatregelen** (maatregelen die door de gebruikers zelf of een beheerder geïnitieerd worden en door de gebruiker uitgevoerd moeten worden):

| Maatregel   | Voordelen (+)<br>Nadelen (-)   | Toepasbaarheid Schouwen-Duiveland  |
|---|--|--|
| <b>Eigen watervoorziening: waterbron</b>  |  |  |
| Opvang regenwater van daken *   | - opvangoppervlak gering   | overal op kleine schaal  |
| Opvang regenwater uit bebouwd gebied  | + koppeling landelijk-stedelijk<br>- transport water   | dorpen en landelijk gebied dicht bij elkaar op Schouwen-Duiveland                |
| Opvang zoet kwelwater   | + hoge kwaliteit<br>- locatiespecifiek   | aan de voet van de duinen en waarschijnlijk langs de kreekruigen                 |
| Opvang regenwater uit drainagebuizen  | - direct uit buizen lastig op te vangen<br>- snelle menging met zout slootwater  | gedraineerde landbouwgebieden  |
| Ontzilten brak water, bijvoorbeeld met MEMSTILL*  | + snelle kennisontwikkeling<br>+ veel kennis internationaal<br>- duur<br>- vergunning lozing brijn <sup>5</sup>  | in de toekomst wellicht voor zeer kapitaalintensieve teelten                     |
| grondwateronttrekking   | + hoge kwaliteit<br>- locatiespecifiek<br>- kans op verzilting   | Indien zoet-brak grensvlak dieper is dan 15 m -mv (dus duinen en kreekrug)       |
| <b>Eigen watervoorziening: wateropslag natte perioden</b>   |  |  |
| Open waterbassin  | - waterkwaliteit<br>- grondbeslag  | Samenwerking tussen agrariërs kan grondbeslag optimaliseren.                     |
| Gesloten waterbassin (silo of foliebassin)  | + aanschaf<br>- waterkwaliteit<br>- grondbeslag  | Individueel niveau   |
| Gaasboxx  | + waterkwaliteit<br>+ grondbeslag<br>- aanleg  | Individueel niveau   |
| Waterblocksysteem   | + waterkwaliteit<br>+ grondbeslag<br>- enkel toepasbaar bij kassen   | Individueel niveau   |
| Klimrek   | + waterkwaliteit<br>+ grondbeslag<br>- enkel voor niet grondgebonden teelten   | Individueel niveau.  |
| Kreekrug (meerdere infiltratietechnieken mogelijk)  | + berging neerslag winter in bestaande zoetwaterbellen voor gebruik in zomer<br>+ zelfstandig gebruik na vergunningverlening<br>- mogelijk wateroverlast omgeving                                      | In de kreekruigen  |
| <b>Conditioneren watersysteem op perceel</b>  |  |  |
| Verhoging afstand of verhoging niveau van drainagemiddelen* of (samengestelde) peilgestuurde drainage | + voorkomen verzilting wortelzone<br>+ grotere zoetwaterbel<br>+ vertraging verdroging<br>- invloed oppervlaktewaterpeil op grondwater<br>- mogelijk periodieke vernatting, ligt aan toegepast systeem | in alle gebieden met drainagebuizen en ruimte in de bodem voor berging van water |
| Afvangen brakke kwel door diepe drains*   | + brakke kwel bereikt wortelzone niet<br>- afvoer brak grondwater  | lokaal bij erg zoute kwel  |
| Combinatie berging en drainage voor bollenteelt*  | + controleerbaar waterbeheerssysteem<br>- aanpassing ondergrond en/of watersysteem<br>- uitsluitend in zandbodem   | eventueel voor bollenteelt op kreekrug   |

<sup>5</sup> Restproduct bestaande uit water met een zeer hoge zoutconcentratie.

| <b>Aanpassen agrarisch landgebruik</b>  |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
| Teeltsysteem zoete gewassen (technische aanpassingen voor berekening met brak water: bodem, nutriënten, irrigatie)* | + zoutschade voorkomen<br>- duur  | individueel niveau               |
| Gewaseigenschappen veranderen (veredeling, genetische modificatie en halofyten)*                                    | + vergroten opbrengst<br>- duur<br>- tijdshorizon                                       | individueel niveau               |
| Overstap op zoutminnende gewassen*  | - afzetmarkt onduidelijk  | individueel niveau               |
| Overstap op zoutminnende aquacultuur (vis, schaaldieren)*   | - lozing water  | nabij open zout water            |
| Zuinig met zoet water, wateroptimalisatieplannen  | + minder zoet water nodig<br>- nieuwe berekeningstechnieken<br>- hogere kwaliteit nodig | Vooral voor fruitteelt en kassen |
| <b>Herziening natuurdoeltypen*</b>  |   |                                  |

**Beheersmaatregelen** (maatregelen door gebruiker of beheerder geïnitieerd en door beheerder uitgevoerd).

| <b>Beheersmaatregelen</b>                              | <b>Voordelen (+)<br/>Nadelen (-)</b>  | <b>Toepasbaarheid Schouwen-Duiveland</b>  |
|--|---|---|
| <b>Externe wateraanvoer</b>                            |   |   |
| Gescheiden aan en afvoer watergangen*                  | + geen menging met afvoerwater<br>- aanpassingen infrastructuur   | gescheiden zoete en zoute sloten in gebieden met zoet/licht brak water  |
| Aanvoer zoet water via leidingen*                      | + Gewenste waterkwaliteit<br>+ geen menging met afvoerwater<br>- aanvoer water niet meer kosteloos  | Noodzakelijk indien zoet water naar zoute gebieden gebracht moet worden   |
| Gebruik effluent RWZI*                                 | - hoge kosten bij slechte kwaliteit effluent<br>- risico bacterieel en/of geneesmiddelen  | 1. RWZI Mastgat (bij Bruinisse) wordt gezuiverd uitgeslagen op de Oosterschelde<br>2. RWZI Westerschouwen en RWZI Verseput op het binnenwater [2] |
| <b>Interne watervoorziening door (seizoens)berging</b> |   |   |
| Seizoensberging open bassin*                           | + opvangen piekafvoer<br>+ goede waterkwaliteit<br>+ combinatie met natuur/recreatie<br>+ verschillende schaalniveaus<br>- veel (dure) ruimte nodig<br>- maatschappelijk draagvlak nodig<br>- hoge verdamping<br>- sommige ecosystemen zijn gevoelig voor grote peilfluctuaties | combinatie met natuur en recreatie interessant, alleen mogelijk in gebieden zonder zoute kwel.  |
| Seizoensberging Natuurgebied*                          | + opvangen piekafvoer<br>+ goede waterkwaliteit<br>- timing van opslag  | Natuur op Schouwen-Duiveland vaak zout en dus niet geschikt voor berging zoet water   |
| Seizoensberging door aanleg tussenboezems*             | - ruimtebeslag  |   |
| Verhoging zomerpeil voor hogere grondwaterstand        | + opslaan neerslag ipv afvoeren.  | In gebieden met droogteschade in voorjaar/zomer   |
| Benutten kreekkruggen / strandwallen*                  | + berging neerslag winter in reeds bestaande zoetwaterbellen voor gebruik in zomer<br>+ kostenbesparing door meervoudig gebruik<br>- mogelijk wateroverlast omgeving  | In de kreekkruggen  |
| Diepe aquifers door zoet water injectie*               | + Kleine ruimteclaim<br>+ geen verdamping<br>+ verschillende schaalniveaus mogelijk   | Er bestaan concepten voor het injecteren van zoet water in zoute aquifers, maar er zijn nog geen praktijkproeven                                  |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | - zonder extra maatregelen op-<br>en wegdrijven zoete bel in zoute<br>aquifer<br>- kostbaar  |   |
| Kustuitbreiding duinen  | + toename beschikbaarheid zoet<br>water door vergroting zoete bel<br>+ in combinatie met<br>kustversterking<br>- zeer kostbaar   | Meenemen in discussies over<br>waterveiligheid en/of<br>landaanwinning  |
| Opvang regenwater uit natte<br>gebieden (bebouwd gebied,<br>natuurgebied) voor gebruik in<br>landelijk gebied of natuur | + koppeling landelijk-stedelijk-<br>natuur<br>- transport water  | dorpen en landelijk gebied dicht<br>bij elkaar, veel kleine<br>natuurgebieden aanwezig (wel<br>vaak zout). Gemeente heeft<br>plannen voor een blauwe ader<br>bij Dreischor. |
| <b>Tegengaan brakke grondwaterkwel</b>  |  |   |
| Peilverhoging in watergangen /<br>polder*   | + minder zout in watergangen<br>- toename natschade<br>- vermindering<br>bergingscapaciteit bodem<br>- instabiele oevers   | Waar zoute kwel in een (zojuist<br>nog) zoete sloot komt  |
| Dichten van wellen*   | + zoute kwel verminderen<br>- risico op nieuwe wellen in<br>nabijheid  | lokaal voor wellen die voor<br>zoutschade zorgen  |
| <b>Sturen brakke stromen (oppervlaktewater en grondwater)</b>   |  |   |
| Compartimenteren brakke<br>kwelgebieden*  | + hogere waterkwaliteit in zoet<br>deel<br>- chloridegehalte in brak/zout<br>deel hoger<br>- aanpassing watersysteem   | Zoetere gebieden  |
| Concentreren brakke kwel door<br>doorprikken / verdiepen<br>slootbodems*  | + kwel concentreert zich op<br>bekende sloten en is daarmee te<br>beheersen<br>- zeer chloriderijk water moet<br>geloosd worden<br>- proces moeilijk controleerbaar<br>- mogelijk onomkeerbaar | Overal waar brakke en zoute<br>kwel voorkomt.   |
| Dubbel slootpeil*   | + zoetere sloot met hoog peil<br>- zoutere sloot met laag peil<br>- grote aanpassing<br>watersysteem<br>- ruimtebeslag   | Plaatsen met zoute kwel en<br>redelijkerwijs zoet water<br>aanvoer.   |
| Fysieke barrière tussen zoet en<br>zout grondwater  | + behoud zoet grondwater<br>- grote ingreep watersysteem   | Voorkomen zeewaterintrusie  |
| Simultane onttrekking van brak<br>en zoet water (freshmaker en<br>zoetblijver)  | + gaat verzilting tegen<br>- duur  | Nog in conceptfase  |

**Beleidsmaatregelen** (maatregelen die door gebruikers of een beheerder geïnitieerd en door de beheerder uitgevoerd worden, maar waar het beleid voor moet veranderen).

| Beleidsmaatregelen   | Voordelen (+)<br>Nadelen (-)  | Toepasbaarheid Schouwen-<br>Duiveland |
|--|---|---------------------------------------|
| <b>Normering en watervoorziening differentiëren in ruimte en tijd*</b> |   |                                       |
| Optimalisatie locatie<br>grondwateronttrekkingen                       | + minder droogte<br>+ minder wateroverlast<br>- verplaatsen onttrekkingen   |                                       |
| <b>Verzekeringen / fondsvorming*</b>                                   |   |                                       |
| <b>Ruimtegebruik sturen</b>  |   |                                       |
| Verplaatsen verziltingsgevoelige<br>teelt*                             | + efficiënte ruimtelijke<br>inrichting,<br>+ kostenbesparing van<br>watertransport<br>- hoge kosten<br>- niet af te dwingen |                                       |
| Stedelijke ontwikkeling*   | + landgebruik dat voor<br>landbouw minder geschikt is   |                                       |
| Ontwikkelen van natuur*  | + maatschappelijke waarde   |                                       |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  | + ecologische diversiteit<br>- beheer  |   |
| <b>Brak watervoorziening zilte teelten mogelijk maken*</b>                     |  |   |
| <b>Waterlevering</b>   |  |   |
| Beprijzing waterlevering*  | + duidelijkheid voor gebruiker over aangeleverde hoeveelheid en kwaliteit<br>- verplichting waterleverancier tot levering water met afgesproken kwaliteit                                      |   |
| Waterakkoorden en waterovereenkomsten externe aanvoer*                         |  |   |
| <b>Waterkwaliteit</b>  |  |   |
| Beleidtechnisch sturen op optimalisatie gebruik mest ivm vervuiling zoet water | + betere waterkwaliteit zoete sloten<br>+ betere waterkwaliteit retentiegebieden<br>+ retentiegebied gebruiken als zoetwaterbuffer<br>- lastig evenwicht;<br>landbouwschade bij te weinig mest | Gebieden met zoet-brakke sloten en retentiegebieden |
| <b>Bewustwording</b>   |  |   |
| Zuiniger omgaan met zoet water   | + minder watergebruik<br>+ minder vervuiling<br>- bewustwordingscampagne   | gestart op het technasium van Zierikzee             |

[2] Waterplan Schouwen-Duiveland, J.J. Poppen en M. Bijl Tauw 2007

## 5. Urgentie zoetwatertekorten

### 5.1 Ervaringen uit de landbouw

Agrariër: De heer Rentmeester

Locatie: Kerkwerve, Schouwen-Duiveland

Teelten: aardappels, suikerbiet, graan, mais en uien

Grootte bedrijf: circa 50-60 hectare

#### Wateroverlast

In 1998 had de heer Rentmeester wateroverlast. Alles is toen onder water gelopen waardoor de hele oogst mislukte. In het algemeen is er bij wateroverlast minder product, maar de producten die er zijn, zijn wel van hoge kwaliteit.

#### Watertekort

In 2010 is de omzet met zeker 10% verminderd door de droogte in de maanden juni en juli. De droogte viel afgelopen jaar (2010) midden in het groeiseizoen. In 2009 was de schade kleiner omdat de droogte in een andere periode viel. Het nadeel van droogte is dat alle producten van slechtere kwaliteit zijn en daardoor minder opleveren.

#### Watergebruik

Er zijn geen mogelijkheden voor gebruik van zoet water. Het akkerbouwbedrijf van de heer Rentmeester ligt in een polder met zoute kwel en de sloten hadden in oktober 2010 een concentratie van ongeveer 6000 mg Cl/l.

#### Waterwens

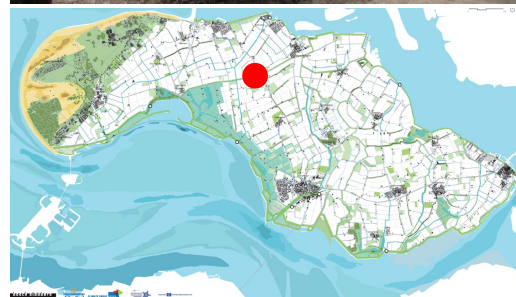
Een zoetwaterwens is er zeker bij dhr Rentmeester. Hij vindt het interessant om te onderzoeken wat de mogelijkheden voor wateropslag in een groot bassin zijn zodat hij zijn gewassen bij extreme droogte van zoet water kan voorzien. Indien er voldoende zoet water zou zijn voor intensievere gewassen is een verandering van de bedrijfsvoering zelfs interessant. Nu zijn de mogelijkheden beperkt door de beschikbare hoeveelheid zoet water, en dit is sturend voor de teeltkeuze.

#### Onderzoekswens met betrekking tot zoetwatervoorziening

Er moet nog goed uitgezocht worden hoe je water kan verzamelen en in een groot opvangbassin kan krijgen. Ook is het erg belangrijk dat uitgezocht wordt welke kosten en baten hierbij komen kijken; het doel is natuurlijk de uiteindelijke winst vergroten. Voorbeelden van hoe dit werkt en hoe rendabel een maatregel is zouden dhr. Rentmeester kunnen helpen bij het maken van zijn keuzes.

#### Klimaatverandering

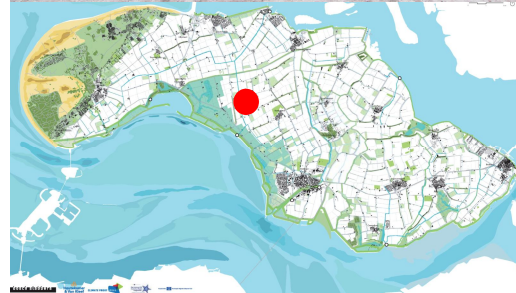
De afgelopen 12 jaar heeft de heer Rentmeester meer extremen gezien in neerslag en verdamping. Dit zorgt voor zowel meer wateroverlast als droogte en is dus een vervelende ontwikkeling. Met klimaatverandering houdt hij geen rekening, dit is te onzeker en onvoorspelbaar.



**Agrariër:** De heer van den Hoek  
**Locatie:** Kerkwerve, Schouwen-Duiveland  
**Teelten:** wintertarwe, spinaziezaad, graszaad, ui, aardappelen en gerst.  
**Grootte bedrijf:** 75 hectare

### Het putje van Schouwen

De ruimtelijke variatie op Schouwen bepaalt of een agrarisch bedrijf zich richt op bewatering en/of ontwatering. Het bedrijf van dhr. Van der Hoek ligt op het laagst gelegen deel in Schouwen en ontvangt daarom het afstromende en kwelwater van de omgeving. In het verleden leidde deze watertoevoer, in combinatie met veel neerslag, tot het onderlopen van land, dat slechte oogstomstandigheden tot gevolg had. Na samenwerking met de Provincie, ZLTO en het Waterschap, is een aantal maatregelen genomen om versneld overtollig water af te voeren: zoals het plaatsen van stuwen, het verbreden van sloten en het aanleggen van natuurvriendelijke oevers. Hierdoor kan "het putje van Schouwen" voldoende droog worden gehouden om rendabel gewassen te kunnen verbouwen. De gewassen die verbouwd kunnen worden, wordt bepaald door beschikbaarheid van zoetwater: hoe zoeter, des te kapitaalintensiever de gewassen die geteeld kunnen worden. Echter, zoals dhr. Van den Hoek opmerkt: "Zoet water is duur, beregenen is duur en kost bovendien veel tijd waardoor ik eigenlijk liever geen zoet water heb". Kortom: de prijs van zoetwatertoevoer is zo hoog dat het op dit moment onhaalbaar is om over zoet water te beschikken.



### Bedreigingen

Klimaat wordt niet gezien als bedreiging: "In het verleden zijn er ook afwisselend droge en natte jaren geweest, dat is niet iets van de laatste tijd". Wel lijkt het erop dat het voorjaar qua temperatuur eerder komt. Dit biedt kansen om eerder te zaaien, wat leidt tot productieverhoging. Echter, de timing van droogte is wel van belang. Wanneer er in juli en augustus geen neerslag valt, dan gaan de gewasopbrengsten zo'n 20-30% naar beneden. Belangrijk is om te beseffen dat droogte niet een lokaal fenomeen is. Veel boeren hebben dan droogteschade, wat de prijzen voor de oogsten opdrijft. Wel is het zo dat neerslag over kustgebieden kan trekken, waardoor droogte meer lokaal wordt en dat is prijstechnisch wel nadelig. Maar, zoals dhr. Van der Hoek aangeeft: "Het is inherent aan het boer zijn dat de oogst ene jaar beter is dan het andere jaar. Je bent als boer gewend om daarmee om te gaan".

Een grotere bedreiging dan klimaatverandering is volgens dhr. Van der Hoek maaiveldddaling. De verwachting is dat zijn bodem in de komende 20 tot 30 jaar zal dalen met zo'n 20 tot 30 cm. Dit leidt, door de bodemsamenstelling van het land van dhr. Van der Hoek, tot een verkleining van de bouwvoor van 70 cm naar zo'n 40 tot 50 cm, waardoor de wortels minder ruimte krijgen. Dit is nadelig voor de gewasopbrengsten. Dat maaiveldddaling nu al plaats heeft, is bij dhr. Van de Hoek te merken aan het scheefzakken van het huis.

### En verder...

Is het voor de toekomst van belang dat stedelingen zich meer verbonden gaan voelen met het landelijk gebied om zo begrip te krijgen voor landbouw en natuur. Voorlichting en het betrekken van stedelingen bij de agrarische sector kunnen hier aan bijdragen.

Agrariër: De heer van der Velde

Locatie: Noordwelle, Schouwen-Duiveland

Teelten: aardappels, ui, knolselderij, suikerbieten, tarwe, gerst en graszaad.

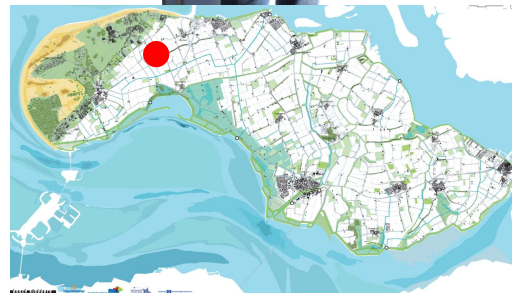
Grootte bedrijf: 320 hectare

### Duur van het groeiseizoen

De duur van het groeiseizoen wordt bepaald door de hoeveelheid droge en natte dagen tijdens dit groeiseizoen. Natte dagen worden, naast de hoeveelheid neerslag, bepaald door de volgorde van afwatering (eerst het laaggelegen gebied, daarna het hooggelegen gebied) en de afvoercapaciteit. De afvoercapaciteit moet 100% bedragen om in natte periode genoeg water van het land van dhr. Van der Velde af te kunnen voeren. Echter, de genomen maatregelen, zoals verbreding van sloten en aanleg van natuurvriendelijke oevers, blijken niet voldoende om genoeg afvoercapaciteit te kunnen garanderen. Een oplossing hiervoor is eigen beheer van stuwen of het beter finetunen van het stuwbeheer.

Natschade doet zich vooral voor in het najaar, wanneer er gerooid moet worden. Zoals dhr. Van der Velde aangeeft: "De mate van natschade hangt deels samen met droge voorjaren. Voor de ontwikkeling van teelten is voldoende water nodig zodat er ongeveer 100 groeidagen gehaald wordt, voordat de teelten geoogst kunnen worden. Hoe meer droogte in het voorjaar, hoe minder er sprake is van groeidagen en hoe langer de teelten dus in de grond moeten blijven zitten voor een goede productopbrengst." Door droogte moet men dus langer wachten om de oogsten uit de grond te krijgen, maar door het wachten, neemt de kans op veel regenval en het optreden van een vorstperiode na deze regenval toe. Hierdoor kan er vorstschade en rotting ontstaan aan de gewassen.

De beschikbaarheid van zoetwater is, zoals dhr. Van der Velde aangeeft, gunstig: "De mogelijkheid om te kunnen beregenen is fijn omdat zo het groeiseizoen lang genoeg gemaakt kan worden om de teelten voor de natheid van het najaar uit de grond te hebben". Echter, het nadeel van voldoende zoetwater is dat daar aanzienlijk voor betaald moet worden en dat de schade die met zoetwater voorkomen kan worden niet tegen de kosten van het zoetwater opweegt. De vraag die opspeelt bij meer beschikbaar zoetwater is de mogelijkheid om seizoensgroenten te telen. Echter, dhr. Van der Velde geeft aan dat dit weleens niet zo winstgevend kan zijn om dat dan temperatuur een reële en grote risicofactor wordt. Ook bij de overstap naar fruitteelt op Schouwen-Duiveland met voldoende zoetwater heeft dhr. Van der Velde zijn bedenkingen: "Fruitteelt is op Schouwen-Duiveland gewoon te kleinschalig". De focus van zoetwatervoorziening op Schouwen-Duiveland zou daarom de rendabiliteit ervan voor aardappels en uien moeten zijn.



### Klimaat

In de laatste jaren is er waarneembaar meer sprake van weersextremen: natter, droger en kouder. Maar zoals dhr. Van der Velde zegt: " Het is niet mogelijk om hier met de bedrijfsvoering rekening mee te houden omdat de veranderingen onregelmatig en geleidelijk zijn". Echter, mocht het klimaat een prangend probleem worden, dan is een toename in wateroverlast niet de uitdaging, maar juist de droogte. Dit komt omdat met de gevolgen van droogte en de maatregelen daartegen niet veel ervaring is. Het is daarom, volgens dhr. Van der Velde, wel van belang om het voorkomen van meer extreme droogten toch in het achterhoofd te houden.

### En verder...

Om in de toekomst uit te kunnen breiden, blijkt de wet- en regelgeving lastig, ondanks dat dit op nationaal niveau wel gestimuleerd wordt. In het geval van dhr. Van der Velde leidt wet- en regelgeving voor extra opslagvoorzieningen tot een aparte opslagvoorziening op een industrieterrein in plaats van op het eigen erf.

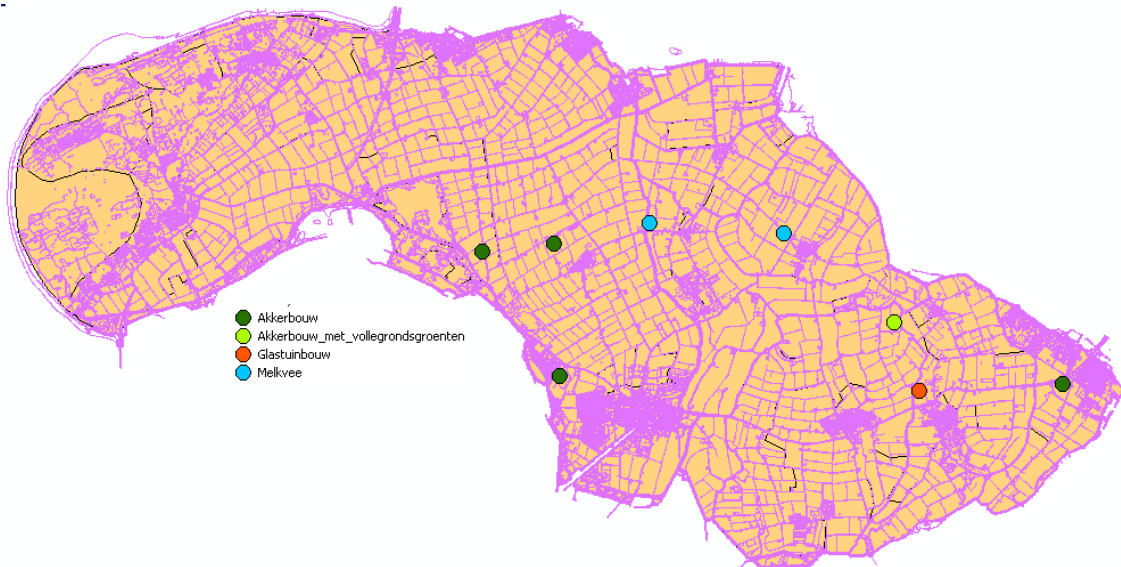
In 1998 is er door het Productschap Tuinbouw een studie uitgevoerd naar de haalbaarheid van zoetwatertransport uit de duinen naar boeren in de omgeving van de duinen en het opslaan van dit zoete water op het eigen terrein. Deze optie werd toen als niet rendabel bestempeld. Echter, de vraag is of dat nu ook nog het geval is en ook bij welke bedrijfsgrootte het omslagpunt ligt van niet rendabel naar rendabel.

### Agrarisch Schouwen-Duiveland

Agrariërs: dhr. Roskam, dhr. v.d. Helm, dhr. Sloodmaker, dhr. v.d. Sluis, dhr. Simmelink, dhr. Steenpoorte, dhr. Kool, dhr. van den Hoek

#### **Variatie in ruimte, landbouwbedrijf en ervaring**

Agrarisch Schouwen-Duiveland is een vereniging van agrariërs op Schouwen-Duiveland en een afdeling van de ZLTO. De samenstelling van agrariërs en hun typen bedrijven is divers, zo zijn akkerbouw, melkvee en glastuinbouw vertegenwoordigd. Een aantal agrariërs dat lid is van Agrarisch Schouwen-Duiveland, is geïnterviewd. Het blijkt dat naast verschil in type bedrijf, ook de ligging ervan (zie Figuur 34), en de daaraan gerelateerde hoogteligging en grondsoort, rijk is in variatie. Om deze reden is de ervaring met wateroverlast en droogte ook verschillend.



*Figuur 34: de ligging van de geïnterviewde ASD boeren (bron kaart: Waterschap Scheldestromen).*

De akkerbouwbedrijven in het midden van Schouwen-Duiveland, in de deelgebieden Zoute polder van Schouwen en Landbouwpolder Schouwen Oost, ervaren door hun lage ligging in natte jaren veel wateroverlast. Doordat teelten dan niet geroid kunnen worden treedt rotting van de gewassen op met schade tot gevolg. Echter, in droge jaren, zoals 2009 wordt ook droogteschade ervaren. Zoals dhr. Roskam aangeeft: "Natschade in 2010 bedroeg zo'n 25% en droogteschade in 2009 zo'n 10%". Het akkerbouwbedrijf in het mid-zuiden van Schouwen-Duiveland, in deelgebied Zierikzee omgeving, is in het begin van de jaren 2000 opgehouden met bestaan, maar de ervaring daar is dat er vooral last was van "pure verzilting". Het akkerbouwbedrijf in het oosten van Schouwen-Duiveland, in Landbouwpolder Duiveland Hoog, heeft al last van droogte als er slechts 14 dagen geen regen is gevallen. Dit komt door de grote drooglegging van de sloten (2 meter). Het plaatsen van stuwen zou een oplossing kunnen bieden om zoetwater langer vast te houden zonder dat het bebouwd gebied last krijgt van wateroverlast.

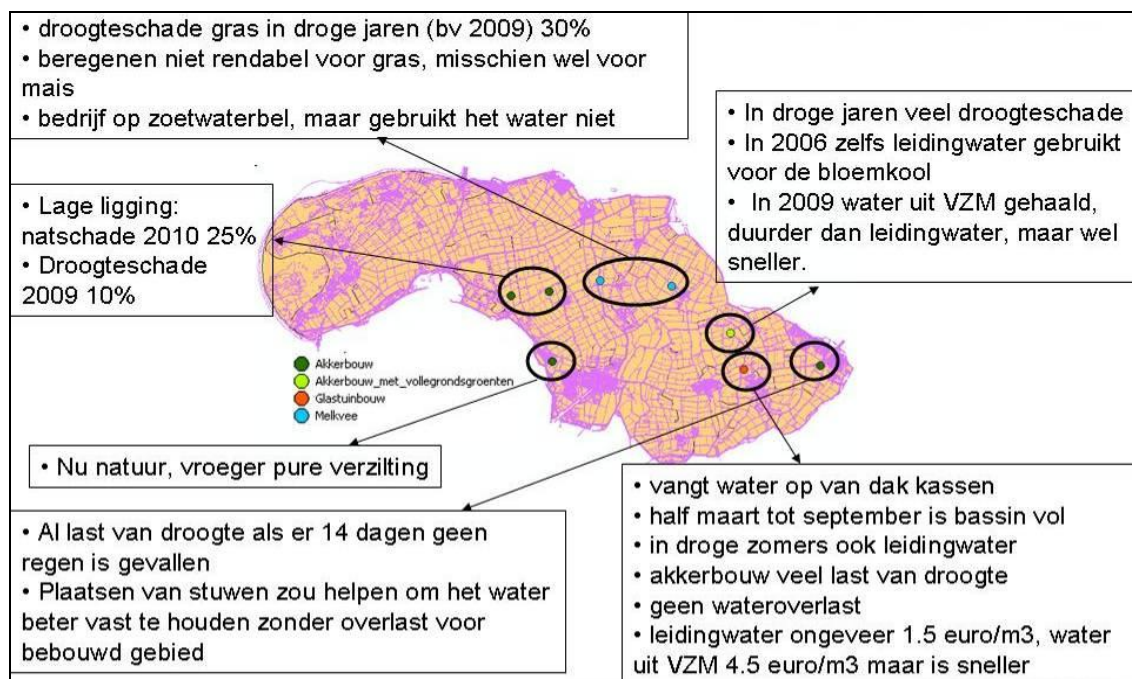
Het akkerbouw bedrijf waar ook volle grondsgroenten worden geteeld, heeft in droge jaren veel droogteschade: "In 2006 was zelfs leidingwater interessant om droogte tegen te gaan om de schade aan bloemkool te verminderen". Echter, vaker wordt er toch de voorkeur gegeven om zoetwater uit het Zoommeer te laten komen, dit is duurder dan leidingwater, maar leidingwater stroomt te langzaam. Water halen uit het Zoommeer kostte in 2009 1500 euro per ha om 1 keer 20 mm te kunnen beregening, inclusief de kosten voor vrachtwagens en beregening.

De melkveebedrijven kunnen beide last hebben van zoetwatertekorten en daardoor droogteschade, ook al is er 1 gesitueerd op een zoetwaterbel. De schade bedraagt in een droog jaar, zoals 2009, zo'n 30% voor gras. Echter, beregenen is onder deze omstandigheden niet rendabel en zou hooguit voor maïs interessant kunnen zijn.

Het glastuinbouwbedrijf, waar ook wat akkerbouw plaats vindt, vangt water van het 2 ha dak op in een 5000 m<sup>3</sup> open bassin. Dit bassin staat van half september tot maart vol met zoetwater; het zoete water dat niet meer in het bassin past wordt afgevoerd. In principe is dit voldoende voor het bedrijf om het gehele jaar over voldoende zoetwater te beschikken, maar in een droog jaar komt het voor dat er leidingwater bijgemengd moet worden. Het akkerbouwgedeelte heeft snel last van droogte: "wateroverlast is geen probleem: in 1998 was daar zelfs geen overlast van". De buurman van de glastuinbouwer kweekt komkommers en door de grote watervraag van deze groenten, was deze agrariër genoodzaakt de afgelopen 4 jaar leidingwater bij te mengen in de zomer door langere droogte periodes in de zomer en in 2010 is er wegens het lek gaan van een bassin zoetwater uit het Zoommeer aangevoerd. Dit water is wel duurder dan leidingwater maar je kunt in een kortere tijd over een grotere hoeveelheid water beschikken. Leidingwater kost ongeveer € 1.50 per m<sup>3</sup> en Zoommeerwater ongeveer € 4.50 per m<sup>3</sup>.

### Zoetwater

Het beschikbaar hebben van zoetwater is een dure aangelegenheid. De vraag vanuit ASD is dan ook vooral: bij welk bedrijfsoppervlak, welke teelten en wanneer (door toename in extreem weer, zowel droge als natte perioden) wordt het rendabel om zoetwater vast te houden op het eigen land? De kosten van landgebruik voor het vasthouden van water wegen op dit moment zwaarder dan de schade die zo nu en dan optreedt door droogte. Verder is de wens om zoetwater te hebben afhankelijk van het type bedrijf, de ligging van het bedrijf en de boer: "Een koeienboer wordt niet zo snel een tuinbouwer, ook niet als hij er de perfecte grond voor heeft en de beschikking heeft over voldoende zoet water en heeft derhalve een andere kijk op de rendabiliteit van zoetwatervoorziening". Verder wordt aangegeven dat onderzoek niet enkel gericht moet worden op zoetwater: "zoutwater kan ook een kans zijn: echter de marktvraag is daar sturend in en voorsnog te klein. Het is daarom goed toch te kijken hoe meer zoetwater gerealiseerd kan worden". Echter, ook het veredelen van gewassen kan leiden tot minder droogte gevoelige gewassen waardoor de zoetwatervraag kan veranderen.



'Zuinig met zoet, boeren in een zilte omgeving (Rijkswaterstaat, 2007)' bestaat uit interviews met boeren met een bedrijf in een zilte omgeving. Er zijn twee interviews op Schouwen-Duiveland:

Agrariër: De heer Slootmaker

Locatie: Schouwen-Duiveland

Teelten: bloemkool, aardappelen, spruiten, wintertarwe, suikerbiet, spinaziezaad, uien

Nevenwerkzaamheden: boerenrustcamping, theetuin

Beschrijving: Het bedrijf van de heer Slootmaker ligt op Schouwen-Duiveland en is omgeven door zout/brak water dat niet bruikbaar is. Het bedrijf heeft geen zoetwateraanvoer, ook niet in de vorm van winbaar grondwater. Het belangrijkste gewas is bloemkool, in de zomer gepoot en gevoelig voor droogte. Voor noodsituaties is er een opslag van 300 m<sup>3</sup> neerslag water, en als het echt moet: de waterleiding. Hiermee kan droogteschade meestal voorkomen worden, bijvoorbeeld door de bloemkool zorgvuldig in de rij te bewateren (met een spuittank achter de trekker). Slootmaker: 'Maar in extreme situaties, zoals 2006, is dat zeer arbeidsintensief en daarom op de lange duur amper vol te houden. Dergelijke jaren zijn gelukkig zeldzaam'. Toch is volgens Slootmaker ook zonder of met weinig water gespecialiseerde landbouw mogelijk. De toekomst ziet hij optimistisch tegemoet: 'Ik woon hier prachtig en wil van mijn grond kunnen leven en dat moet kunnen. We zijn ook bereid op andere manieren onze omzet te vergroten. Mogelijkheden zijn er genoeg, ook hier.'

Agrariër: De heer Remijn

Locatie: Schouwen-Duiveland

Groote bedrijf: circa 100 hectare

Type bedrijf: akkerbouw, minicamping, loonwerk en natuurbeheer (dijkbeheer)

Beschrijving: Het bedrijf van de heer Remijn ligt vlakbij de Oosterschelde en wordt omringd door zout water. Er is geen zoetwaterbel. Sinds vijf jaar wordt effluent van een nabijgelegen rioolwaterzuivering gebruikt om te beregenen. Dit wordt ofwel via een pomp op het oppervlaktewater geloosd ofwel via een andere pomp naar het land, met een maximaal debiet van 80 m<sup>3</sup> per uur. De heer Remijn kan deze pomp zelf op afstand bedienen (met de telefoon). Remijn beregent alleen als het echt noodzakelijk is. 'Beregemen is heel veel werk, en vooral ook 's nachts. Als het niet hoeft, doe ik het niet'. De beregening geeft een breder scala aan teeltkeuzes, maar geeft vooral meer zekerheid, betere kwaliteit (bijvoorbeeld het tegengaan van glazigheid van aardappelen) en andere oogstmomenten (tegen betere prijzen). 'Doordat ik zoet water beschikbaar heb, kan ik vraag en aanbod beter op elkaar afstemmen'. Remijn verwacht dat de kwel in de toekomst zal toenemen als de plannen voor getijdenwerking in bijvoorbeeld het Grevelingenmeer doorgaan. Ook het zout maken van wateren die nu nog zoet zijn (bijvoorbeeld het Haringvliet) zal leiden tot meer verzilting. 'Ook nu al zie je vlakbij de Oosterschelde de invloed van kwel. Er loopt bij vloed meer water uit de drainagebuizen dan bij eb. Als er veel zout water opkwelt, valt dit niet te verdringen met effluent.' Voor de toekomst streeft hij naar een organische ontwikkeling met een breed bedrijf, waardoor de zekerheid blijft bestaan. 'Als het met de ene sector, bijvoorbeeld de akkerbouw, even wat slechter gaat, richt je je op de andere sector, bijvoorbeeld toerisme. Zo spreidt je de risico's'.



## 5.2 Ervaringen uit de Natuur

### Beheergebied Natuurmonumenten

De Zeepeduinen (Marten Annema) en Plan Tureluur (René Wink) behoren tot het beheergebied van Natuurmonumenten op Schouwen-Duiveland.

#### Zeepeduinen

De Zeepeduinen zijn sinds het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw een periode van verdroging en vernatting ondergaan. Door onttrekking van drinkwater uit de duinen, verdroogden de duinen. Na het in de jaren '70 en '80 onder de aandacht brengen van deze problematiek zijn er maatregelen genomen, zoals het aanpassen van de waterwinning door Evides door minder te onttrekken en op een ander niveau grondwater te onttrekken zodat de grondwaterstand minder wordt aangetast. Het plaatsen van stuwen door het waterschap is ook een maatregel geweest om de verdroging tegen te gaan. Om vernatting van het nabijgelegen bebouwde gebieden te voorkomen, wordt neerslag in de winter in dit gebied zo lang mogelijk vastgehouden, binnen de randvoorwaarden van de gestelde natuurdoelen.



[www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)

Het verdrogen en vervolgens weer vernatting heeft geleid tot verrijking van de vegetatie van de van oorsprong natte duinen. Het streefbeeld voor de inrichting van de Zeepeduinen zijn de doelen van NATURA 2000: er wordt ingezet op de ontwikkeling van vochtige en natte duinvalleien en grijze duinen. Het is hiervoor zeer gewenst dat een door Natuurmonumenten ingediend herstelplan wordt uitgevoerd. Verder wil Natuurmonumenten ook graag de verstuiwing weer op gang brengen, met eventueel lopende duinen. Hiervoor is samenwerking met de verschillende partijen, zoals Staatsbosbeheer, Provincie Zeeland, Waterschap Scheldestromen en Evides nodig.

De huidige hydrologische situatie, ontstaan na de genomen maatregelen om verdroging en vernatting te sturen, zijn onder de gegeven randvoorwaarden van natuur, bewoners in de omgeving en drinkwatervoorziening, optimaal te noemen.

#### Plan Tureluur

Het streefbeeld voor Plan Tureluur, onderdeel van de Ecologische HoofdStructuur (EHS), is brakke natuur, waarbij kruidenrijk grasland, kustbroedende vogels en de Noordse Woelmuis de belangrijkste onderdelen zijn. De gebieden van Plan Tureluur, zo'n 700 ha groot, waren tot voor een jaar of 6 geleden landbouwgrond. Het gebied is verworven door het aankopen van een kleine 600 ha landbouwgrond en 120 ha is verkregen door onderhandelingen met ZLTO, provincie, waterschap en natuurpartijen. Tijdens deze onderhandelingen zijn 120 ha mindere landbouwgronden op Schouwen-Duiveland op vrijwillige basis omgeruild tegen 90 ha grond van natuurgebied de Schenge, gelegen op Zuid-Beveland, waarvan bekend was dat deze gronden beter geschikt zijn voor landbouw. Zoals dhr. Wink aangeeft: "De onderhandelingen bleken een win-win situatie voor alle betrokkenen: boeren werd de kans geboden om betere landbouwgronden te verkrijgen en Bureau Beheer Landbouwgronden kon een groter aaneengesloten EHS gebied creëren".

Plan Tureluur is stapsgewijs onder beheer van Natuurmonumenten gekomen, waardoor de gebieden zich in verschillende ontwikkelingsstadia bevinden:

Het westelijke deel, en het langst onder beheer van Natuurmonumenten, benadert het streefbeeld goed. Ongewenste ontwikkelingen worden vooral via goed waterbeheer tegengegaan. Dhr. Wink: "Ongewenste verrijking wordt bijvoorbeeld tegen gegaan door het waterpeil in de winterperiode te verhogen en ook dat leidt tot betere zaadverspreiding van de zeeaster en zeekraal".

Het korter in beheer zijnde middengebied voldoet nog niet aan het streefbeeld. Dit komt vooral door een nog niet geoptimaliseerd peil: "Er is nu te veel beheer nodig omdat de waterhuishouding nog niet op orde is", aldus de heer Wink. Het zuidoostelijke gebied moet nog worden ingericht en bestaat nu dus uit oude landbouwgebieden. Door veranderingen in geldstromen kan het zijn dat de inrichting van dit gebied achterblijft bij de planning.

### Bedreigingen

Klimaatverandering is te onzeker om op in te springen: het kan natter of droger worden, waarbij de timing van droge en natte perioden belangrijk is voor het effect ervan op de vegetatie. Hierbij komt dat natuurbeheerders enkel randvoorwaarden voor doelsoorten kunnen scheppen: of deze soorten dan ook werkelijk gaan voorkomen is de vraag. Verder is het goed om te beseffen dat de natuur gewend is om met veranderingen in standplaatsfactoren om te gaan en dat natuur veerkrachtig is en daarom "altijd wel zijn plekje vindt". Klimaatverandering kan in de toekomst wel invloed hebben op de Natura 2000 doelstellingen, maar dat kan de politiek ook. De verandering in politieklimaat is voor de Zeepeduinen een bedreiging: de inrichtingsplannen zijn voorlopig een halt toegezegd. Dit vindt Natuurmonumenten jammer, want het beoogde dynamische systeem zal robuuster zijn dan het huidige systeem en zal, wanneer de doelstellingen niet verwezenlijkt kunnen worden, conflicteren met NATURA 2000 wetgeving.

### En verder...

Natuurmonumenten werkt veel samen met lokale partijen voor maai-beheer, zowel machinaal als in de vorm van begrazing. Het gebruiken van het lokale veebestand biedt flexibiliteit voor het graasbeheer, maar is ook profijtelijk voor de boeren. Echter, aan de andere kant kan het ook afhankelijkheid creëren van de lokale partijen. Naast het betrekken van agrariërs bij natuurbeheer, wordt er ook samenwerking gezocht met bijvoorbeeld de horeca en de gemeente voor het bieden van groene recreatie. Echter, het samenwerken moet wel in een goed kader worden geplaatst: "Er wordt zoveel mogelijk samen gewerkt met andere partijen, maar waar natuurwaarden in het geding komen, daar staan we voor natuurwaarden".

### Staatsbosbeheer: ander natuurgebied, andere focus

Sander Terlouw

#### Meeuwenduinen en Boswachterij Westerschouwen

Het streven is om van de Kop van Schouwen, waar de gebieden Meeuwenduinen en Boswachterij Westerschouwen deel van uit maken, een zo natuurlijk mogelijk duinsysteem te maken, waarbij grijs en wit duin, duindoorn struweel (zeldzaam in EU), lopende duinen die langzaam overgaan in binnendingraslanden en uiteindelijk de Schouwse polder de hoofdfocus zijn. De huidige hydrologie van de Kop van Schouwen is voldoende om deze doelen te verwezenlijken. Het bosgebied van de Boswachterij, tevens het grootste bos van Zeeland, moet qua oppervlakte (310 ha) wel behouden blijven. De duinen zijn de laatste jaren steeds sneller dichtgegroeid door stikstofdepositie en doordat het grasbestand van.



[www.natuurenbos.be](http://www.natuurenbos.be)

konijnen drastisch kleiner werd, onder invloed van ziektes. Op dit moment grazen er weer pony's in de Meeuwenduinen en is er hoop dat het konijnenbestand zich herstelt.

Er is reeds begonnen om te sturen op bovenstaand streefbeeld omdat: "De Kop van Schouwen een van de weinige gebieden in Nederland is waar een natuurlijk duinsysteem zou kunnen bestaan, dus als het hier niet lukt, dan nergens". Een maatregel die hiervoor

nodig is, is het creëren van open plekken, wat in de toekomst door grazend vee en konijnen gedaan kan worden. Ook is er overleg met Rijkswaterstaat en het Waterschap over het beheer van de primaire duinenrij, zodat de kerven die daar lijken te ontstaan niet meteen dichtgegoid worden. De insteek voor dit gebied is dat na het creëren van de basisrandvoorwaarden, het systeem zijn eigen weg zoekt en zal er geen actief beheer plaats hebben. In dit gebied wordt klimaatverandering daarom niet gezien als bedreiging, maar: "De natuur moet de ruimte krijgen om zich te ontwikkelen".

### Binnenduinen

In de binnenduinen van de Kop van Schouwen is er zoet kwelwater aanwezig, maar blijft de waterstand zo'n 20 cm te laag voor goede hydrologische randvoorwaarden voor het streefbeeld. Vroeger was de waterstand lager dan deze 20 cm, maar een aantal maatregelen zoals de aanleg van een duinbeek rondom Nieuw-Haamstede en de verwijdering van de N651 en de daarbij horende de drainerende sloten hebben geleid tot een grondwaterstandsverhoging. Echter, de vernatting van de binnenduinen mag niet resulteren in vernatting van bebouwde gebieden. Het zoete water dat uit dit gebied komt, wordt via de polder afgevoerd. Het gebied wordt onder andere beheerd door begrazing met koeien van lokale boeren.



De gewilde 20 cm ophoging van grondwaterstand zal lastig worden. Een optie die hierin wel kan bijdragen is het nog in te richten gebied ten westen van Noordwelle (duinzoomgebied). Dit gebied kan ervoor zorgen dat de grens van drainage naar het oosten wordt opgeschoven en langer wordt vastgehouden, waardoor er minder water aan de binnenduinen onttrokken zal worden, wat leidt tot hogere grondwaterstanden. Een andere maatregel kan zijn om de campings die hinder ondervinden van vernattende binnenduinen op hoger gelegen gebied te situeren. Klimaatverandering kan leiden tot verdroging van het gebied. Hierdoor wordt de mismatch tussen streefbeeld en realisatie vergroot. Echter, de maatregelen om hieraan te sleutelen zijn beperkt. Het optreden van natte extremen kan juist wel een goede impuls geven aan de natuurwaarden van de binnenduinen, zoals de relatief natte jaren van 1998-2001 hebben laten zien.

### De Prunje

Het gebied de Prunje is begin van deze eeuw ingericht en valt te beschrijven als "Een afgesloten bak met opkwellend zoutwater". Het beheer op de Prunje is meer actief dan dat op de Kop van Schouwen omdat er specifiekere doelstellingen, zoals broedvogels en ganzenopvang, aan dit gebied zijn gekoppeld. Het gebied wordt beheerd door onder andere begrazing met koeien van een lokale boer. Om verruiging van het gebied tegen te gaan, wordt een 70/30 water/land verdeling in de winter nagestreefd. Op zich is het gebied geslaagd, maar het kan beter en/of anders. Het gebied dient als waterberging ten tijde van wateroverlast in de omgeving. Dit water is over het algemeen behoorlijk zoet in vergelijking met het gebiedseigen water. Dit zoetwater is 1 keer in de zoveel tijd niet erg, maar ieder jaar kan leiden tot schade aan het huidige systeem. Een voorbeeld is de afname in broedvogels: de zoetwater puls kan zorgen voor sterfte van bodemfauna: het voedsel van broedvogels. In de zomer is er juist sprake van "opdroging" van het gebied door een te laag debiet uit de kwelbuizen (welke moeten zorgen voor een constante watertoevoer), wat leidt tot hogere dan gewenste zoutconcentraties. Een oplossing zou een constante hevel van Oosterschelde water naar het gebied kunnen zijn.

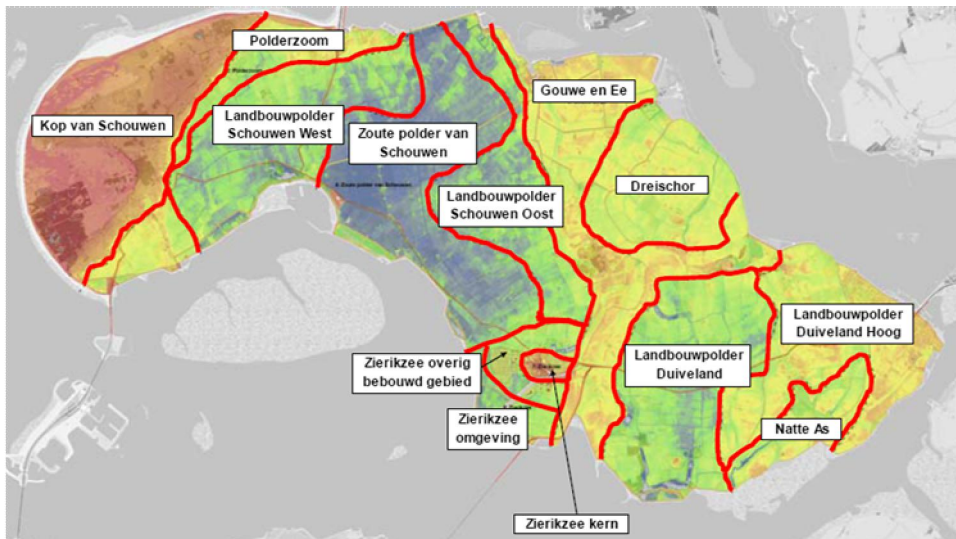
Kortom, de huidige schommelingen van verzoeting en verzilting lijken buiten de bandbreedte te vallen van het gewenste systeem.

Een ander aandachtspunt voor Prunje is dat het gebied is ingesteld voor "ganzenopvang". Dit is succesvol gebleken, alleen de afgelopen jaren lijken de ganzen zich te verplaatsen, richting landbouwgebieden. Dit kan onder andere komen door verarming van het gebied.

Klimaatverandering kan leiden tot grotere schommelingen in zoet/zout. Dit is niet gewenst, maar dit valt moeilijk te sturen.

## 6. Advies per deelgebied

In dit hoofdstuk worden per deelgebied puntsgewijs de kenmerken, zoetwater problemen en verwachte veranderingen voor de toekomst samengevat. Achtergrondinformatie en referenties kunnen gevonden worden in de hoofdstukken 3 (huidige situatie), 4 (toekomst zoetwatervoorraden) en 5 (maatregelen). Per deelgebied wordt op basis van alle in dit rapport genoemde informatie een advies gegeven voor het verbeteren van de zoetwatersituatie. De genoemde maatregelen zijn niet getest op financiële of technische haalbaarheid en dit zal per situatie verder uitgewerkt moeten worden. Bovendien geldt voor de meeste maatregelen dat ze zich nog in de onderzoeksfase bevinden; het zijn nog geen bewezen technieken.



Figuur 35: watergebiedsindeling (waterplan gemeente Schouwen-Duiveland). Het verloop in de kleuren van blauw naar rood geeft het verloop aan van lage gebieden naar hoge gebieden.

### **Kop van Schouwen**

#### Kenmerken:

- Drinkwaterwinningsgebied: zoetwaterbel 80-100 m diep
- Wonen, recreatie, natuur
- Maaiveld tot > 20 m +NAP
- infiltratiegebied

#### Problemen:

- wateroverlast bebouwd gebied
- verdrogende natuur

#### Verwachte veranderingen toekomst:

- toename grondwaterstand duinen door zeespiegelstijging
- toename of afname grondwateraanvulling heeft invloed op de grondwaterstand en de zoetwatervoorraad; afhankelijk van klimaatscenario
- door de aanvulling van de zoetwaterlens met water uit het Haringvliet is dit een gestuurd gebied

#### Advies:

De huidige hydrologie is voldoende om de natuurdoelen van Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten te verwezenlijken. Klimaatverandering zal invloed hebben op de natuur, maar als er voldoende (financiële) middelen blijven bestaan om de juiste randvoorwaarden voor natuur te creëren, hoeft dit geen probleem te zijn: de natuur is veerkrachtig. Lokaal (bv Binnenduinen van Staatsbosbeheer) kan het systeem nog wel verder geoptimaliseerd worden. Let op dat de hydrologie in de duinen van invloed is op de kwel aan de binnendruinrand.

## **Polderzoom**

### Kenmerken:

- Overgangsgebied hoge duinen / lage polders
- Agrarisch, natuur, bebouwing
- Kwelgebied met langs de rand zoet kwelwater uit de duinen
- Lokaal grote verschillen zoutsituatie grondwater en oppervlaktewater
- Kleine zoetwaterbel in kreekkrug in het noorden van 10-15 m diep

### Problemen:

- Gedeeltelijk zout kwelgebied met zoute sloten
- Droogteschade en natschade
- Op dit moment heeft de landbouw geen beschikking over zoet water voor beregening

### Verwachte veranderingen toekomst:

- verzilting zoute kwelgebieden door:
  - autonome verzilting (opkwellend 'oud zout')
  - zeespiegelstijging
  - afname grondwateraanvulling (G+, W+)
- verzilting oppervlaktewater zoute kwelgebieden
- jaargemiddelde toename zoete kwel uit duinen in G, W scenario
- jaargemiddelde afname zoete kwel uit duinen in G+,W+ scenario
- toename wateroverlast en droogte door toename weersextremen

### Advies:

De zoete kwel uit het duingebied wordt nu afgevoerd. Dit water kan, voor het mengt met het zoute oppervlaktewater, opgevangen worden. Een waterbuffer houdt het water vast voor beregening van de intensievere teelten of in zeer droge jaren voor beregening van akkerbouw. Het gezamenlijk aanleggen van een waterbuffer, of de waterbuffer combineren met functies als natuur of recreatie, kan voor een kostenbesparing zorgen.

In 1997 is het zoetwaterbekken op Schouwen-West onderzocht en bleek toen financieel niet interessant. De afgelopen jaren is de droogteschade echter toegenomen en deze afweging zou opnieuw bekeken moeten worden. Enkele projecten of onderwerpen die hierbij aansluiten zijn Water uit de Wal, De Waterhouderij, Water Optimalisatie Plannen en gescheiden zoete en zoute sloten voor transport van zoet water.

Daarnaast is in de zoute polders peilgestuurde drainage interessant, waarbij gestuurd zou kunnen worden op het robuuster maken van de kwetsbare regenwaterlenzen op de percelen (zie advies bij Zoute Polder van Schouwen).

## **Landbouwpolder Schouwen West**

### Kenmerken:

- agrarisch met verspreide bebouwing en natuur
- maaiveld onder zeeniveau
- kwelgebied met brak tot zout grondwater
- retentiegebied in natuurgebied de Schelphoek

### Problemen:

Zie zoute polder van Schouwen (met minder zoutschade)

### Verwachte veranderingen toekomst:

Zie zoute polder van Schouwen (met minder verzilting)

### Advies:

Zie Zoute polder van Schouwen voor akkerbouw in zoute kwelgebieden.

### **Zoute Polder van Schouwen**

#### Kenmerken:

- akkerbouw, zoute natuur
- zout kwelgebied met zoute sloten
- maaiveld tot 2 m -NAP
- zware zavel tot lichte klei

#### Problemen:

- geen zoet water beschikbaar
- kwetsbare (zoet en brakke) regenwaterlenzen percelen
- wateroverlast
- droogte en/of zoutschade
- schommelingen in zoetgehalte oppervlaktewater natuur (De Prunje)

#### Verwachte veranderingen toekomst:

- verzilting grondwater en oppervlaktewater door:
  - autonome verzilting (opkwellend 'oud zout')
  - zeespiegelstijging
  - afname grondwateraanvulling (G+,W+)
  - maaiveldaling
- maaiveldaling
- risico verkleinen of verdwijnen regenwaterlenzen:
  - toename extremen (droog, nat)
  - jaarlijkse afname grondwateraanvulling G+,W+
- toename extremen in neerslag en verdamping (met toename wateroverlast en droogte tot gevolg)

#### Advies:

Zoet water voor beregening is hier niet beschikbaar. Bovendien is beregenen zeer tijds- en kapitaalintensief en proberen akkerbouwers droogte- en zoutschade liever te voorkomen via optimale bodem- en grondwatercondities. In de Zoute Polder van Schouwen kunnen de grondwatercondities wel verbeterd worden door de kwetsbare regenwaterlenzen op de percelen robuuster te maken. Drainagebuizen liggen vaak in het zoete grondwater en voeren dus het zoete grondwater af. Peilgestuurde drainage kan dieper gelegd worden waardoor het zoute water afgevoerd wordt maar toch het huidige drainageniveau vast kan worden gehouden.

Binnen Kennis voor Klimaat en het project freatisch grondwater in de provincie Zeeland wordt verder onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van deze regenwaterlenzen. Andere mogelijkheden voor dit deelgebied zijn het kweken van zouttolerante gewassen of aquacultuur.

### **Landbouwpolder Schouwen Oost**

#### Kenmerken:

- agrarisch met verspreide bebouwing
- maaiveld onder zeeniveau
- kwelgebied met brak tot zout grondwater

#### Problemen:

Zie zoute polder van Schouwen (minder zoutschade)

#### Verwachte veranderingen toekomst:

Zie zoute polder van Schouwen (minder zoutschade)

#### Advies:

Zie Zoute polder van Schouwen voor akkerbouw in zoute kwelgebieden. Daarnaast kan langs de rand van de kreekkrug, in het oosten van het deelgebied, gezocht worden naar mogelijkheden om de zoete kwel uit de kreekkrug op te vangen en op te slaan om te gebruiken voor beregening (zie deelgebied Polderzoom, maar dan op kleine schaal).

## **Gouwe en Ee**

### Kenmerken:

- diverse landbouw
- maaiveld hoger dan omgeving
- zoetwaterlens in kreekkrug plaatselijk tot 15-20 m diepte
- infiltratiegebied

### Problemen:

- droogte landbouw
- verdroging natuur

### Verwachte veranderingen toekomst:

- Verandering zoetwatervoorraad kreekkrug
  - toename door toename jaargemiddelde grondwateraanvulling G,W
  - afname door afname jaargemiddelde grondwateraanvulling G+,W+
- Toename droogte
  - weersextremen
  - afname jaarlijkse grondwateraanvulling G+,W+

### Advies:

De grondwateronttrekkingen in de kreekkrug zijn klein in grootte en aantal, maar het onttrokken water is van goede kwaliteit. Door het neerslagoverschot van najaar en winter te infiltreren in het grondwater zou de zoetwaterbel vergroot kunnen worden. In droge perioden kan dan meer water onttrokken worden om te gebruiken voor beregening van gewassen. In dit deelgebied vindt o.a. groenteteelt plaats waarvoor beregening al snel rendabel is.

In 1986 is in Kapelle een zoetwaterinfiltratieproef geweest waarbij een laag rendement werd gemeten. De problemen met deze proef waren echter vooral technisch. Nu 25 jaar later zijn nieuwe technieken voor het infiltreren van water ontwikkeld en zou deze proef nogmaals uitgevoerd kunnen worden. Lopend onderzoek dat hierbij aansluit zijn de Freshmaker en Kennis voor Klimaat thema 2. Ook het concept van De Waterhouderij en de Water Optimalisatie Plannen kunnen hier aanvullend toegepast worden en de plannen van de gemeente Schouwen-Duiveland over een zoetwaterslinger bij Dreischor zijn ook in dit deelgebied wellicht interessant.

Verder onderzoek is nodig om veranderingen in droogte en zoetwatervoorraden door klimaatverandering te kwantificeren in dit deelgebied. Berekend zou moeten worden hoe de grondwateraanvulling verandert bij de aanwezige gewassen en de in de zomer lage grondwaterstanden. Vervolgens kan dan bepaald worden hoe de zoetwaterlens en grondwaterstand van de kreekkrug zich gedragen. Als deze processen bekend zijn kan ook de haalbaarheid van de maatregel onderzocht worden.

## **Zierikzee en omgeving**

### Kenmerken:

- cultuurhistorische gebruiksfunctie
- retentiegebied in natuurgebied De Zuidhoek
- zoute kwel buiten de stadskern Zierikzee

### Problemen:

- zoutschade landbouwgebieden
- wateroverlast bebouwd gebied

### Verwachte veranderingen toekomst:

Zie Zoute polder van Schouwen

### Advies:

Zie Zoute Polder van Schouwen voor de zoute kwelgebieden. Daarnaast is het bebouwd gebied (Zierikzee) niet ver weg en zou het zoete regenwater uit Zierikzee op relatief eenvoudige wijze opgevangen kunnen worden voor gebruik als beregeningswater voor de landbouw. De sloten zijn zout buiten de stadskern, dus transport van zoet water kan

waarschijnlijk niet via het sloten systeem naar het landelijk gebied plaatsvinden waardoor de kosten van het zoete water zullen toenemen.

### **Dreischor**

#### Kenmerken:

- traditionele landbouw (en incidenteel druiventeelt) en verspreid wonen
- zoete en zoute kwel
- maaiveld rond NAP

#### Problemen:

- droogte landbouw
- verdroging natuur
- wateroverlast langs de kreken
- zoute kwel langs het Grevelingenmeer

#### Verwachte veranderingen toekomst:

- verzilting noorden deelgebied door autonome verzilting en klimaatverandering
- toename zoute kwel langs Grevelingen door zeespiegelstijging

#### Advies:

In het noorden van Dreischor ligt een zout kwelgebied, voor maatregelen in dit gebied kan gedacht worden aan de maatregelen zoals genoemd bij deelgebied de Zoute polder van Schouwen.

In Dreischor liggen ook zoetwaterbronnen die gebruikt zouden kunnen worden voor beregening om droogteschade aan landbouwgewassen te voorkomen. Dreischor grenst aan de kreek van Gouwe en Ee en langs deze kreek treedt zoete kwel op. Deze zoete kwel zou met een kwelsloot of diepdrain opgevangen kunnen worden. De kreek zelf met zoete grondwatervoorraden ligt ook dichtbij (voor gebruik van de kreek zie deelgebied Gouwe en Ee). Samenwerking tussen deze deelgebieden zou kunnen plaatsvinden binnen een Waterhouderij. Daarnaast heeft de gemeente Schouwen-Duiveland plannen voor een blauwe slinger van zoet water in Dreischor van bebouwd naar landelijk gebied. De sloten zijn waarschijnlijk gedeeltelijk zoet op de rand van Gouwe en Ee en Dreischor, dus transport zou via sloten kunnen plaatsvinden. Wel moet nog onderzocht worden of, wanneer en hoeveel kwelwater uit de kreek komt, hoe dit getransporteerd kan worden, wat de kwaliteit is van het water uit het stedelijk gebied, wat de watervraag en gewaskeuze in het gebied is en hoe opslag van water hier het beste plaats kan vinden.

### **Landbouwpolder Duiveland**

#### Kenmerken:

- natuur, traditionele landbouw en wonen
- wateroverlast laaggelegen gebieden langs de kreken
- krekengebied met zout water
- kwelgebied met zout grondwater en zoute sloten

#### Problemen:

Zie Zoute polder van Schouwen

#### Verwachte veranderingen toekomst:

Zie Zoute polder van Schouwen

#### Advies:

Zie Zoute polder van Schouwen



### **Landbouwpolder Duiveland Hoog**

#### Kenmerken:

- landbouw, kassenbouw, recreatie en wonen
- kreekruggen met kleine zoetwatervoorraden (10-15 m dik)
- afwisselend gebied met kwel- en infiltratiegebieden en zout en zoet grondwater

#### Problemen:

Wisselend gebied: zoute kwelgebieden zie Zoute polder van Schouwen, infiltratiegebieden zie Gouwe en Ee. Er wordt veel droogteschade ervaren door de boeren.

#### Verwachte veranderingen toekomst:

Wisselend: zoute kwelgebieden zie Zoute polder van Schouwen, infiltratiegebieden zie Gouwe en Ee.

#### Advies:

Zoute kwelgebieden: zie Zoute polder van Schouwen. Rand kreekrug (westen van Landbouwpolder Duiveland Hoog): zie Landbouwpolder Schouwen Oost.

Daarnaast kan optimalisering van het oppervlaktewatersysteem helpen om droogte te voorkomen; boeren geven aan nu een erg grote drooglegging te hebben en dat het plaatsen van meer stuwen zou kunnen helpen.

### **Natte As**

#### Kenmerken:

- traditionele landbouw, mogelijk meer natuurontwikkeling in de toekomst
- moerasgebied / natuur

#### Problemen:

Zie Zoute polder van Schouwen

#### Verwachte veranderingen toekomst:

Zie Zoute polder van Schouwen. Stijging van het peil van de Oosterschelde heeft veel invloed op de kwelintensiteit en verzilting in dit deelgebied.

#### Advies:

De ontwikkeling van de Natte As biedt de realisatie van waterberging als kans tegen wateroverlast. Het oppervlaktewater is brak tot zout en dus niet geschikt voor waterberging voor beregening. Voor zoute kwelgebieden: zie Zoute polder van Schouwen.

## 7. Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

#### Huidige situatie

Schouwen-Duiveland heeft problemen met de zoetwatervoorziening voor landbouw

1. veel zoute kwelgebieden met slechts dunne zoete of al brakke regenwaterlenzen
  - a. zoute kwel leidt tot verzilting van de wortelzone
  - b. enkele gebieden met veel zoute kwel zijn natuurgebied geworden
2. weinig beregeningsmogelijkheden:
  - a. veelal zoute sloten
  - b. slechts lokaal zoet water beschikbaar in het oppervlaktewater
  - c. geen externe toevoer van zoet water (behalve de drinkwatervoorziening)
3. watersysteem is vooral ingericht op waterafvoer
  - a. lokaal grote drooglegging en in de zomer veel droge sloten
4. meer weersextremen in de afgelopen jaren (meer zomerse dagen en meer extreem natte dagen)
5. boeren geven aan droogteschade te hebben gehad in de afgelopen zomers (2009, 2010)

Natuurorganisaties regelen de zoet- en zoutwatervoorziening voor natuurgebieden zelf. Hierbij worden o.a. peilafspraken gemaakt om de gebieden te sturen. Als de natuur voldoende ruimte krijgt (financieel, politiek) geven natuurbeheerders aan dat de natuur flexibel genoeg is om met klimaatverandering om te kunnen gaan.

#### Toekomst

Problemen met de zoetwatervoorziening voor de landbouw zullen in de toekomst groter worden op Schouwen-Duiveland:

*Verzilting zoute kwelgebieden* (ondiep grondwater en oppervlaktewater) door:

- autonome verzilting (opkwellend 'oud zout')
- zeespiegelstijging
- afname grondwateraanvulling (G+, W+ scenario en mogelijk door toename weersextremen)
- maaiveldaling

*Toename droogte* door:

- toename weersextremen (zomerse dagen)
- afname jaarlijkse grondwateraanvulling (G+, W+ scenario)

Risico op *verkleinen of verdwijnen kleine regenwaterlenzen* percelen:

- toename weersextremen (en daarmee mogelijk een afname van de zoetwateraanvulling aan de regenwaterlenzen)
- afname jaarlijkse gesommeerde grondwateraanvulling (G+, W+ scenario)
- toename kwelintensiteit door bijvoorbeeld zeespiegelstijging of maaiveldaling

#### Kansen

Schouwen-Duiveland beschikt wel over zoet water:

1. grondwater in de duinen (tot 80 m diepte, bestemd voor de drinkwatervoorziening)
2. grondwater in kreekruigen (tot 8-15 m diepte)
3. zoete kwel langs duinen en kreekruigen
4. dunne zoete of brakke regenwaterlenzen in zoute kwelgebieden
5. neerslagoverschot

Maar de landbouw op Schouwen-Duiveland benut dit zoete water niet optimaal. De geïnterviewde boeren geven aan dat ze de zoetwatervoorziening graag zouden willen verbeteren maar dat ze hier nog veel vragen over hebben. Enkele mogelijke maatregelen om de zoetwatervoorziening te verbeteren op Schouwen-Duiveland zijn:

#### 1. *Robuuster maken van de kleine regenwaterlenzen op perceelsniveau:*

Zoet water voor beregening is in zoute polders vaak niet beschikbaar. Bovendien is beregenen zeer tijds- en kapitaalintensief en proberen akkerbouwers droogte- en zoutschade liever te voorkomen via optimale bodem- en grondwatercondities. De

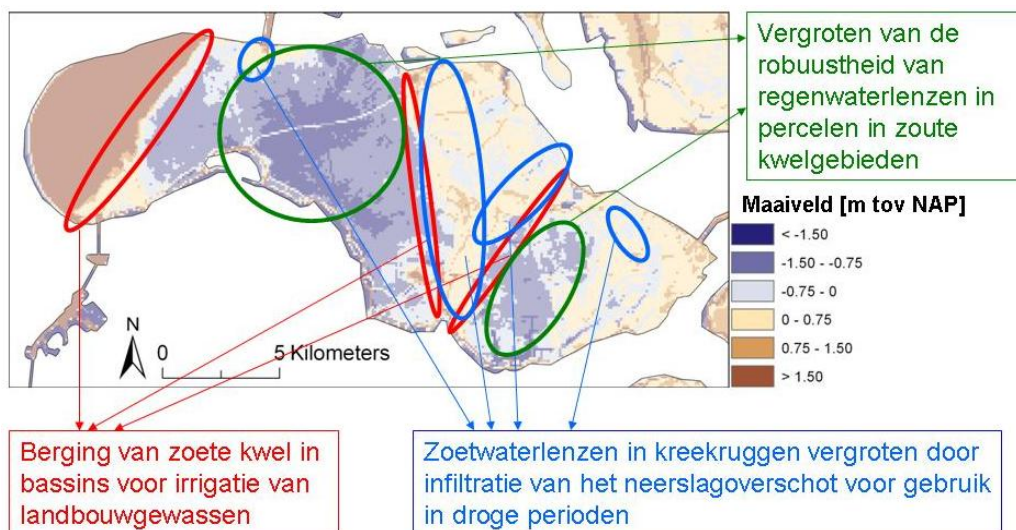
grondwatercondities kunnen wel verbeterd worden door de kwetsbare regenwaterlenzen op de percelen robuuster te maken. Drainagebuizen liggen vaak in het zoete grondwater en voeren dus het zoete grondwater af. Peilgestuurde drainage kan dieper gelegd worden waardoor het zoute water afgevoerd wordt maar toch het huidige drainageniveau vast kan worden gehouden.

## 2. Zoetwaterbronnen beter benutten voor irrigatie:

Zoete kwel kan, voordat het mengt met het zoute slotwater en afgevoerd wordt, opgevangen worden en opgeslagen worden in bijvoorbeeld bassins. Dit water kan als beregeningswater dienen voor intensievere teelt. Het gezamenlijk aanleggen van een waterbuffer, of de waterbuffer combineren met functies als natuur of recreatie, kan voor een kostenbesparing zorgen.

De zoetwatervoorraden in de kreekkruggen zouden beter benut kunnen worden. Door het neerslagoverschot van najaar en winter te infiltreren in het grondwater zou de zoetwaterbel vergroot kunnen worden. Hierbij kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van gezuiverd RWZI water of water uit bebouwd gebied. In droge perioden kan dan meer water onttrokken worden om te gebruiken voor beregening van gewassen. Ook hier geldt dat functiecombinaties handig kunnen zijn, bijvoorbeeld opvang van zoet regenwater uit bebouwd gebied.

Maatregelen zijn echter erg gebieds- en teeltafhankelijk (Figuur 36) en van veel maatregelen moet de hydrologische en bedrijfseconomische haalbaarheid nog uitgezocht worden.



Figuur 36: mogelijke maatregelen voor het verbeteren van de zoetwatervoorziening zijn gebieds- en teeltafhankelijk op Schouwen-Duiveland. Enkele, mogelijk kansrijke, maatregelenrichtingen staan hier aangegeven.

## 7.2 Aanbevelingen onderzoek

Nog openstaande vragen die van belang zijn voor het verbeteren van de zoetwatervoorziening voor de landbouw (en natuur) op Schouwen-Duiveland:

- Wat is de invloed van de toename van extremen in droogte en neerslag door klimaatverandering op de grondwateraanvulling en daarmee op de veranderingen van de zoetwatervoorraden op perceelsniveau (kleine regenwaterlenzen) en in kreekkruggen?
- Wat is de economische schade? Is de economische schade in droge jaren op Schouwen-Duiveland groter dan in de rest van de Zuidwestelijke Delta of anders dan in de rest van Noord-west Europa? Zorgt verlaging van droogteschade altijd voor verlaging van economische schade van de landbouw? Welke teelten worden waar mogelijk indien meer zoet water beschikbaar is?
- Is het knippunt van investeren in de zoetwatervoorziening al bereikt voor boeren? Voor welke gewassen en in welke gebieden? Welke manier van water opvangen, water opslaan en droogte voorkomen hebben dan de voorkeur?

- In welke periode (maand) is zoetwatertekort het grootste probleem? Dit is afhankelijk van de gewassoort. Per deelgebied zijn waarschijnlijk enkele dominante gewassoorten; waar is wanneer zoet water nodig voor beregening? Hoeveel water heeft een deelgebied nodig om droogteschade te voorkomen of te verminderen?
- Hoe reageert een zoetwaterbel in een kreekrug op infiltratie van zoet water; wanneer is het nieuwe evenwicht van de bel en wat zijn de afmetingen van deze bel? Welke locaties op Schouwen-Duiveland krijgen dan te maken met een toename van de zoete kwel? Zorgt dit voor wateroverlast? Is dit op te vangen? Hoe kunnen nieuwe normen voor vergunningen van grondwateronttrekkingen bepaald worden?
- Waar en wanneer ligt het knikpunt in het accepteren van zoutschade (door beregening of door infiltratie in de wortelzone) om droogteschade te voorkomen?
- Kan peilgestuurde drainage effectief ingezet worden om de regenwaterlenzen in percelen groter en robuuster te maken?
- Zijn er op Schouwen-Duiveland nog zoete sloten die lokaal voor zoetwatertransport kunnen dienen?
- Hoe kan de organisatie van zoetwaterbeheer plaatsvinden, wat is de optimale organisatievorm en wie zouden de deelnemers van deze organisatievorm moeten zijn?

### 7.3 Aanbevelingen Zoetwatervoorziening Schouwen-Duiveland

Pilots zoetwatervoorziening zouden als testcase en als voorbeeld voor de omgeving kunnen dienen. Vragen en problemen met betrekking tot zoetwatertekorten landbouw en natuur in een pilotgebied kunnen in kaart gebracht worden en samen met de gebiedspartijen kunnen hier oplossingen voor gezocht worden. Hierbij zal innovatieve en kwantitatieve kennis van onder andere waterberging, (geo)hydrologische systemen en gewasschade uit lopende kennisprojecten ingezet moeten worden. Een gebiedsproces zal zorgen voor functiecombinaties (landbouw, natuur, bebouwd gebied, recreatie, industrie). Aanbevolen wordt om hier interactie te laten plaatsvinden tussen (lokale) kennisvragers en kennisbieders. De, met de lokale partijen, uitgewerkte cases kunnen als voorbeeld dienen voor de omgeving waardoor opschaling van de kennis plaats kan vinden.

Een eerste pilot zelfstandige zoetwatervoorziening zou bijvoorbeeld in de Zoute polder van Schouwen Duiveland plaats kunnen vinden. In de zoute polders van Schouwen-Duiveland is de zorg van de akkerbouwers, naast wateroverlast, vooral de verzilting van het grondwater. Het verbeteren van robuustheid van de ondiepe regenwaterlenzen in het grondwater kan voor deze gebieden een oplossing bieden. Beregening is duur en voor de daar aanwezig akkerbouwgewassen vaak niet rendabel, maar de zoetwatervoorziening van water in de bodem zou verbeterd kunnen worden.

Een tweede pilot, in een gebied met een andere (geo)hydrologisch systeem en met een ander type landgebruik kan bijvoorbeeld bij Gouwe en Ee geplaatst worden. In het oosten van Schouwen-Duiveland, bij de kreekrug (Gouwe en Ee) en bij Dreischor, staan intensievere gewassen en is zoet water aanwezig in het grondwater. Maar door de hogere ligging van het gebied heeft de landbouw ook meer droogteschade. Veel boeren in dit gebied hebben een beregeningswens. Maar ze hebben ook veel vragen over waterbronnen, wateropslag en de kosten en baten die hierbij horen.

Een derde pilot zou plaats kunnen vinden in Polderzoom, langs de rand van de duinen. In deze pilot is het vooral belangrijk een, op de huidige situatie toegespitste, kosten-baten berekening te maken van wateropslag in bassins. Een berekening die in het verleden vaker gemaakt is maar wellicht met de ervaring van de afgelopen droge jaren, de voorspellingen van de klimaatscenario's en rekening houdend met mogelijk andere landbouwgewassen en samenwerking nieuwe inzichten geeft.

## 8. Referenties

- AHN: Algemene Hoogtekaart Nederland
- Arcadis (2005): "Milieurapport SMB omgevingsplan Zeeland", provincie Zeeland, 110623/1R2/000420
- Baaren, E.S. van, Oude Essink, G.H.P., Janssen, G.M.C.M., Louw, P.G.B. de, Heerdink, R., Goes, B., 2011. Verzoeting/verziltzing freatisch grondwater in de provincie Zeeland, rapportage 3D dichtheidsafhankelijk grondwatermodel. Concept Deltares.
- Baaren, E.S. van, Stuurman, R. De Deltares Zoetblijver, Deltares concept 2009
- Bakel, P.J.T. van en Poelman, A. "Zoetwaterbekkens: de ultieme vorm van water vasthouden?", Wageningen 2009
- Bakker, E., N. Somers en P. de Kraker (2009): "Sociale staat van Zeeland: gemeentelijk rapport Schouwen-Duiveland", Provincie Zeeland, Middelburg.
- Beantwoording kennisvragen Deltacommissie, Een samenvatting, RWS WD rapport 2008.038, september 2008
- Beersma, J.J., T.A. Buishand en H. Buiteveld (2004): "Droog, droger, droogst. KNMI/RIZA-bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland", RIZA/KNMI, ISBN 90-369-2260-7.
- Boddal 2010, conceptkaarten maaiveld daling
- Brabantsedelta.nl
- Bresser, A.H.M. et al, Effecten van klimaatverandering in Nederland. Milieu- en Natuurplanbureau, 2005.
- CliWat.eu
- CultGis: beschrijvingen regio's Zeeland: [http://kreeft.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/7001/700103\\_1.pdf](http://kreeft.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/7001/700103_1.pdf)
- Dam, van e.a., 2007. Leven met Zout Water. Deelrapport: Zouttolerantie van landbouwgewassen. PPO nr. 32 34019400, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V.
- Deltacommissie (2008): "Samen werken met water, een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst", ISBN 978-90-9023484-7.
- Deltacommissie: Het advies: samenvatting en aanbevelingen van [www.deltacommissie.com](http://www.deltacommissie.com)
- Deltaprogramma Zoetwater, samenvatting Plan van Aanpak 2010
- Deltares/Waterdienst (2010): "Inceptierapport landelijke zoetwaterverkenning", Deltares rapport 1201055-000.

Dijk, J. van, M. Koenders, K. Rebel, M. Schaap en M. Wassen (2009): "State of the art of the impact of climate change on environmental quality in The Netherlands", KfC report 006/09, ISBN 978-94-90070-06-9.

Eernink, N., Krogt, R. van der, Oostrom, N. van, Linden, L. van der, Baaren, E.S. van, Maarse, M. Netherlands Country Report WP1, Regional climate effect analysis for Schouwen-Duiveland. Climate Proof Areas November 2010

Haas, S. de en A. Niemeijer (2007): "Investeringsruimte voor toekomstige droogte. Verkenning van de hydrologische effecten en economische schade in de KNMI '06 klimaatscenario's", RIZA/Rijkswaterstaat, rapport 9S6323.

Helpdeskwater.nl

Hoogvliet *et al*, 2008 Koploper Klimaat Werkpakket Watervoorziening, 2008-U-R0434/A, 59p.

IWACO (1997): "Zoetwaterbekken Schouwen-west", rapportnummer 3353250.

Klein Tank, A.M.G. en G. Lenderink (red.) (2009): "Klimaatverandering in Nederland; Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's", KNMI, De Bilt.

KNMI (2011): Trend neerslag beschikbaar via [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)

Kwrwater.nl en senternovem.nl

Lenderink, G, Beersma, J. Neerslag en droogte, de toestand van het klimaat in Nederland 2008. KNMI 2008.

Louw, P.G.B. de, Oude Essink, G.H.P., Stuyfzand, P.J., Zee, S.E.A.T.M. van der, Upward groundwater flow in boils as the dominant mechanism of salinization in deep polders, The Netherlands, Journal of Hydrology 2010

Maljaars, P.S., Wils, R.A., de Louw, P., Oude Essink, G. en Wirdum, G., Regenwaterlenzen in zoute kwelsystemen, TNO 2006, 2006-U-R0086/A, 121 p.

Meehl, G.A., T. Karl, D.R. Easterling, S. Changnon, R. Pielke jr., D. Changnon, J. Evans, P.Ya. Groisman, T.R. Knutson, K.E. Kunkel, L.O. Mearns, C. Parmesan, R. Pulwaty, T. Root, R.T. Sykes. P. Whetton en F. Zwiers (2000): "An introduction to trends in extreme weather and climate events: observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections", Bulletin of American Meteorological Society (81), p 413-416.

NHI: [www.nhi.nu](http://www.nhi.nu)

Oldenborgh, G.J. van, Drijfhout, S, Sterl, A, Ulden, A. van. Nederland warmt sneller op dan verwacht, de toestand van het klimaat in Nederland 2008. KNMI 2008.

Omgevingsplan Zeeland 2006 – 2012, Provincie Zeeland 2006.

Omgevingsplan 2012 – 2018 discussienota Provincie Zeeland, Directie Ruimte, Milieu en Water. Middelburg 2010.

- Oude Essink, G.H.P., Stevens, S., de Veen, B., de Prevo, C., Marconi, V., Goes, B. & de Louw, P., 2007, Meetcampagne naar het voorkomen van regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland, 2007-U-R0925/A, 127p.
- Oude Essink, G.H.P., E.S. van Baaren, and P.G.B. de Louw 2010, Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands, Water Resour. Res., 46, W00F04, doi:10.1029/2009WR008719.
- Pauw, P., Oude Essink, G, Louw, P. de, Een ruwe opzet van een kaart van kwetsbare, ondiepe regenwaterlenzen in Nederland, conceptversie 2010.
- Samengestelde peilgestuurde drainage: folder WUR, stowa.nl en interactiefwaterbeheer.eu
- Poppen, J.J., Bijl, M., Waterplan Schouwen-Duiveland. Tauw 2007
- Provincie Zeeland (2005): "Scenario's Kop van Schouwen, vervolgstudie grondwatermodel Kop van Schouwen effecten grondwateronttrekkingen", rapportnummer 539677.
- REGIS
- Reijs, Th.A.M., 2006 Informatie ten behoeve van fundamentele discussie zoetwatersituatie ZW
- Delta: pilot Tholen/ St. Philipsland, notitie TNO Bouw en Ondergrond, Delft, 4 mei 2006
- RWS (2008): "Verminderd getij", Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg.
- Steekelenburg, A., van en W. Hoogervorst (2010): "Wateropslagsystemen: een vergelijkende inventarisatie", Glastuinbouwtechniek magazine maart 2010.
- Stichting Deltawerken online, 2004
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, E.J. Bos, M. van der Elst, W. Brandenburg, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, B. Pronk, P.J. Rijk, M.P.J. van der Voort en M. de Wolf, 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw. Rapport 1332 Alterra/Wageningen UR, Wageningen.
- Velstra, J., Hoogmoed, M., Groen, K. Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting. Leven met zout water 2009
- Visser, H. The significance of climate change in the Netherlands, An analysis of historical and future trends (1901 - 2010) in weather conditions, weather extremes and temperature-related impacts. RIVM 2005.
- Vries, A. de; Veraart, J.A.; Vries, I. de; Oude Essink, G.H.P.; Zwolsman, G.J.; Creusen, R.; Buijtenhek, H.S. Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta, een verkenning. 2009.
- Vuurens, S. (2008): "Herijking Zoetwaterverkenning", Provincie Zuid-Holland, rapport 9T1586A0.

Waterhouderij.nl

Waterplan gemeente Schouwen-Duiveland

WB 21 in Zeeland, Deelstroomgebiedsvisie Zeeland, Projectgroep WB21 Zeeland, 2004

Werkboek CPA Schouwen Duiveland, Bosch Slabbers Landschapsarchitecten 2010.

Weterings-Schonck, S., E. van Essen en C. Zoete (2008): "Verzilting wordt door agrarische sector niet als probleem ervaren", H<sub>2</sub>O 22, p 22-24.

zlto.nl

Zoetwaterinfiltratieproef Kapelle, projectgroep zoetwateronderzoek oktober 1986

Zuinig met zoet, boeren in een zilte omgeving (Rijkswaterstaat, 2007)





## Bijlage

### A. Technasium project Pontes Zierikzee

#### A.1 De opdracht 'Climate Proof Areas Schouwen-Duiveland'

14 leerlingen van de 2<sup>e</sup> klas van de Pontes scholengemeenschap Pieter Zeeman in Zierikzee hebben meegewerkt aan mogelijke oplossingen voor het zoetwatertekort in droge tijden op Schouwen-Duiveland. De leerlingen werden in 4 groepjes verdeeld en elk groepje kreeg de opdracht een duurzame oplossing te bedenken voor de waterproblemen in de landbouw en de drinkwatervoorziening op het eiland, die op gaan treden als gevolg van de wereldwijde klimaatverandering. Elk groepje kon kiezen uit een van de volgende onderwerpen:

1. **De Waterhouderij.** Deze is gericht op het inrichten en beheren van wateropslaggebieden die zouden kunnen uitgroeien tot een economisch aantrekkelijke activiteit voor agrariërs en andere grondbezitters. Deze wateropslaggebieden zouden ook voor natuurorganisaties, recreanten en toeristen interessant kunnen zijn. Elke druppel water tot het laatste benutten. Voor dit doel zou een coöperatie opgericht moeten worden tussen grondbezitters, gemeente en bewoners van het gebied.
  - a. Hoe zou je water kunnen opvangen?
  - b. Hoe zou je het water kunnen opslaan?
  - c. Hoe organiseer je de distributie van water in droge tijden?
  - d. Wie gaat het beheer organiseren?
  - e. Wat gaat een gebruiker van dat water dan betalen?
  - f. Hoe zou je het opvangen, opslaan of de distributie van water kunnen combineren met andere functies (recreatie, natuur, landbouw)?
2. **"Durpenwaeter"**. Bij extreme regenbuien valt veel water in de nederzettingen, wat door het riool moet worden afgevoerd en vervolgens verdwijnt naar het buitenwater (Oosterschelde en/of Grevelingen) Hoe zouden we dit water kunnen benutten?
  - a. Op welke manier zou je dit hemelwater kunnen opvangen?
  - b. Hoe zou je dit water kunnen opslaan? Wat zijn de voordelen van deze manier van opslaan?
  - c. Hoe organiseer je de distributie van water in droge tijden?
  - d. Wanneer je een systeem bedacht hebt, wat gaat dit kosten?

2 groepjes hebben 'de Waterhouderij' uitgewerkt en 2 groepjes 'Durpenwaeter'.

#### A.2 Excursie

13 oktober 2010 zijn de leerlingen op veldwerk geweest om metingen van de zoutconcentratie van verschillende oppervlaktewateren te verzamelen.

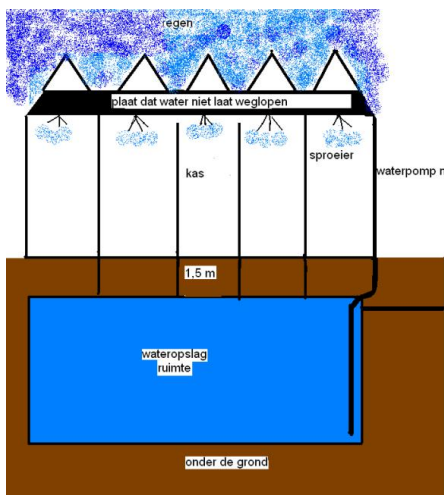
Tabel 3: door de leerlingen (groepje 'LAT') uitgewerkte meetdata van de EC van oppervlaktewater. Kolom 2 en 3 is de omgerekende chlorideconcentratie in mg Cl/l. Meetpunt 1 en 2 zijn bij het akkerbouwbedrijf van de familie Rentmeester, meetpunt 4 is richting de duinen en meetpunt 5 is een natuurplas in de duinen bij Renesse.

| Meetpunt          | Diep (Mg) | Ondiep (Mg) | EC    | benaming | temperatuur |
|-------------------|-----------|-------------|-------|----------|-------------|
| 1 (grote sloot)   | 2200      | 1970        | =/- 6 | brak     | 12.2°C      |
| 2 (kleine sloot)  | 2130      | 1700        | +/- 6 | brak     | 13.2°C      |
| 3 (Oosterschelde) | 4900      | 5100        | >9    | zout     | 15.0°C      |
| 4 (Sloot)         | 3200      | -----       | >9    | zout     | 13.9°C      |
| 5 (meer)          | 90        | -----       | 0-1   | zoet     | 14.0°C      |



Figuur 37: foto's van de excursie

### A.3 Resultaten



Figuur 38: uit de presentatie van 'LAT'.

#### regenwater opvangen, opslaan, vervoeren en gebruiken

*Kassen hebben water nodig voor de planten. Maar wat als het lang niet heeft geregend?*

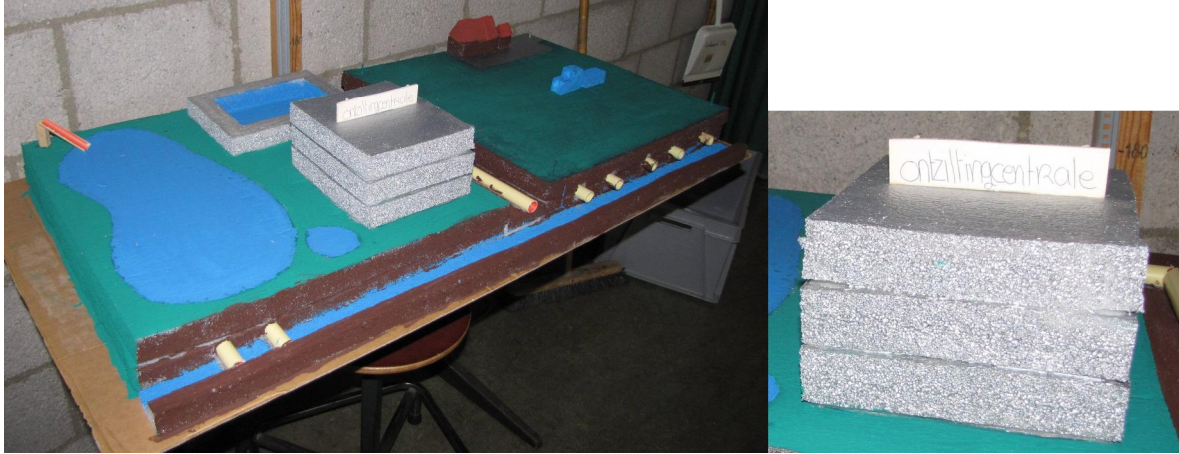
*Als het regent blijft dit op het dak liggen. via een pijplijding loopt dit water naar een betonnen opslagruimte.*

*Deze opslagruimte is ondergronds, zodat het geen ruimte inneemt. Integestelling tot andere kassen, die meestal een een opslagruimte naast de kas hebben, bovengronds.*

*De wateropslagruimte ligt op anderhalve meter diepte, zodat wortels van de planten die in de kassen groeien de ruimte krijgen. De diepte van de wateropslag is*

*De wateropslagruimte is van beton, omdat dit sterk is, geen water doorlaat en deze stof de minste kosten heeft.*

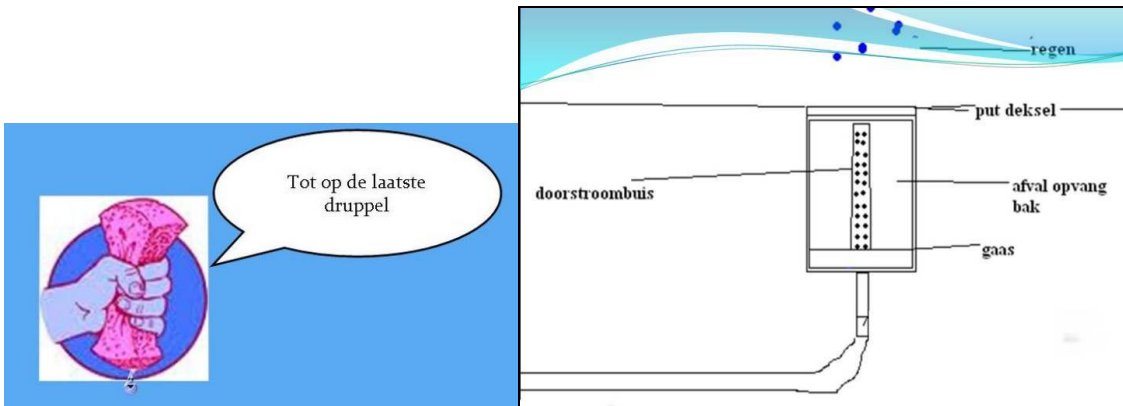
*Als het heel erg heeft geregend gaat er een buis naar een andere kas of bedrijf die het water kan gebruiken. Zo kan de wateropslagruimte nooit vol zitten. Deze buis zit*



Figuur 39: maquette van 'Marijn en co'.



Figuur 40: Maquette van 'BAM's'



Figuur 41: uit de presentatie van 'Spons BV'.