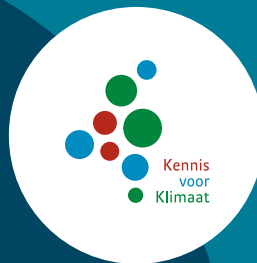


Kennis voor Klimaat is een onderzoeksprogramma waarin kennis, instrumenten en diensten zijn ontwikkeld voor het klimaatbestendig maken van Nederland. Een serie van negen boeken geeft in vogelvlucht weer wat de onderzoeken hebben opgeleverd en hoe de kennis kan worden toegepast in de praktijk.

Deel twee van de serie is **Klimaat en zoet water**. Dit boek beschrijft het brede pallet aan lokale oplossingen dat bijdraagt aan slim zoetwaterbeheer. Kleinschaligheid heeft zin, zo blijkt uit diverse onderzoeken. Steeds meer ondernemers nemen zelf verantwoordelijkheid om te zorgen dat ze voldoende zoet water tot hun beschikking hebben.



2

Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit

Klimaat en zoet water

Kennis voor Klimaat | Klimaatadaptatie in Nederland

Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit

Klimaat en zoet water

Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit

Klimaat en zoet water

Onderzoekers, beleidsmakers en ondernemers werkten in Kennis voor Klimaat samen aan manieren om Nederland klimaatbestendiger te maken. Binnen het thema Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit is kennis ontwikkeld om te zorgen voor een duurzame zoetwatervoorziening.



01

Lokale oplossingen doen ertoe

pagina 4

02

Brede mix van maatregelen

pagina 8

03

Zoetwateropslag onder kassen blijkt succesvol

pagina 14

04

Verborgene wateropslag in oude kreekruigen

pagina 18

05

Kennis draagt bij aan slim waterbeheer

pagina 20

06

Gewassen kweken die tegen zout kunnen

pagina 26

07

Verziltning in Klimaatcorridor Veenweide

pagina 30



08

Nederlandse oplossingen naar het buitenland

pagina 34

09

Opmerkelijk

pagina 36



“De overheid gaat de verantwoordelijkheid voor de beschikbaarheid van zoet water delen met gebruikers.”

Ad Jeuken, consortiumleider Zoetwatervoorziening



01 Lokale oplossingen doen ertoe

Op het juiste moment zorgen voor voldoende zoet water van goede kwaliteit. Dat is een uitdaging voor Nederland, vooral wanneer het droger wordt door een veranderend klimaat. Lokale oplossingen op maat kunnen een belangrijke bijdrage leveren, zo blijkt uit onderzoeken. “Kleinschaligheid heeft zin.”

Het consortium Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit richtte zich in de onderzoeken vooral op kleinschalige oplossingen voor een tekort aan zoet water. “Er was onvoldoende kennis op lokale schaal”, zegt consortiumleider Ad Jeuken. “Wel waren er veel veronderstellingen, maar die hadden onvoldoende wetenschappelijke basis.” Als voorbeeld noemt hij het doorspoelen van sloten met zoet water uit de Rijn, met als doel te voorkomen dat ze te zout worden. “Nooit was goed onderzocht hoe effectief dat is. Wij hebben dat gedaan, tot op slootniveau. We weten nu dat doorspoelen niet overal hetzelfde resultaat oplevert.”

Juist in deze tijd is kennis over kleinschalige oplossingen belangrijk, zegt Jeuken. “Passend bij een terugtrekkende overheid is dat zij de verantwoordelijkheid voor zoetwaterbeschikbaarheid met de watergebruikers gaat delen. Die blijken daar zelf ook voor open te staan. Tijdens onze onderzoeken ontmoetten we veel enthousiaste mensen uit de praktijk, zoals tuinders, boeren en installateurs. Het is te merken dat grootverbruikers van zoet water onder druk staan, niet alleen door de klimaatverandering, maar ook door veranderende regelgeving. Tuinders mogen het restproduct van ontzilting na 2022 niet meer in de bodem injecteren. Dus ze moeten wel op zoek naar andere manieren om voldoende zoet water te hebben. Wij hebben de oplossing gevonden in ondergrondse wateropslag, die – afhan-

.....
[Lees meer over doorspoelen op pagina 21](#)

kelijk van de plaatselijke omstandigheden – al toepasbaar is voor één bedrijf.” Tijdens de onderzoeksperiode zijn nauwe banden tussen promovendi en boeren ontstaan, zegt Jeuken. “De werelden zijn meer verweven geraakt dan voorheen het geval was. Een aantal promovendi heeft zelf een agrarische achtergrond, dat hielp ook mee.”

Ook de natte natuurgebieden, zoals in het Groene Hart, zijn gebaat bij voldoende zoet water; in droge periodes wordt nu al af en toe kunstmatig zoet water aangevoerd. “We vroegen ons af of dit echt nodig is”, zegt Jeuken, “en hebben daarom onderzoek gedaan naar de zouttolerantie van de natuur in onder meer de Nieuwkoopse Plassen en de Rottmeren. Daaruit blijkt dat er nog wel rek zit in de hoeveelheid zout die de verschillende soorten kunnen verdragen.” Ook deze kennis draagt bij aan slim waterbeheer: waterschappen kunnen bewuster afwegen of ze het inlaatcriterium voor de zoutconcentratie in het water zullen aanpassen of niet.

Brede mix van oplossingen

De onderzoeken van het consortium richtten zich op diverse soorten oplossingen om tot een robuustere zoetwatervoorziening te komen: op het gebied van waterbeheer, watertechnologie en het zouttoleranter maken van gewassen. Jeuken: “We wilden daarbij meerwaarde aan het Deltaprogramma bieden en dat is gelukt. In de voorstellen voor de Deltabeslissingen hebben lokale oplossingen een prominente rol gekregen. Met de kennis die wij hebben ontwikkeld, kun je het voorzieningenniveau omhoog brengen en is slim waterbeheer mogelijk. Als een waterbeheerder weet welke oplossingen in een bepaald gebied beschikbaar zijn, kan het beleid daarop worden afgestemd.”

Om die reden zijn potentiekaarten ontwikkeld, die in één oogopslag duidelijk maken waar welke oplossingen zinvol lijken. De kaarten worden gemaakt op basis van allerlei ruimtelijke kenmerken zoals de bodemsamenstelling, waterbeschikbaarheid en de stand, stroming en het zoutgehalte van het grondwater. Jeuken: “Daadwerkelijke implementatie van maatregelen hangt natuurlijk van meer factoren af, bijvoorbeeld of het huidige landgebruik makkelijk kan worden aangepast.” Of de lokale oplossingen ook effectief zijn als ze op grote schaal worden ingezet, is nog niet onderzocht, zegt hij. “Als iedereen gebruik gaat maken van bijvoorbeeld ondergrondse wateropslag, heeft dat op grotere schaal consequenties voor de grondwaterstroming. Welke dat zijn en of ze van invloed zijn op de effectiviteit, is nog niet bekend. Dat vraagt om een vervolgstap.”

.....
[Lees meer over ondergrondse wateropslag op pagina 14](#)

.....
[Lees meer over verzilting in natuurgebieden op pagina 30](#)



Als een waterbeheerder weet welke oplossingen in een bepaald gebied beschikbaar zijn, kan het beleid daarop worden afgestemd

02 Brede mix van maatregelen

Een waaier van oplossingen helpt om de risico's van droogte en verzilting te spreiden. Dit levert een robuust zoetwaterstelsel op, dat minder kwetsbaar is.

Minder schade bij droogte en verzilting? Een robuust zoetwaterstelsel maakt dat mogelijk. Veranderingen in het klimaat kunnen stevige effecten op de hoeveelheid en de kwaliteit van zoet water hebben. KNMI-scenario's voorzien een grillige toekomst met wateroverlast door extreme buien en langdurige neerslag en op andere momenten juist lage rivierafvoeren en drogere en hetere zomers. Slecht nieuws voor de landbouw en andere sectoren die afhankelijk zijn van zoet water.

Om het watersysteem robuust te maken zodat het bestand is tegen extremen in het klimaat, is een breed scala aan oplossingen ontwikkeld. Overheden en (groot)gebruikers van water kunnen met een brede mix verschillende soorten problemen het hoofd bieden. Voor de tuinbouwsector is ondergrondse wateropslag een optie. In de Zuidwestelijke Delta blijken kreekruigen goede opslagplaatsen voor grote hoeveelheden zoet water te zijn. Ook gebieden die te maken hebben met verzilting, zoals Rijnland, hebben behoefte aan eigen opslag van zoet water om extra te kunnen beregenen.

Weerstand en veerkracht

Promovendus Marjolein Mens van Deltares onderzocht wat de effecten van extreme droogtes op de landbouwschade zijn: "Een robuust systeem heeft weerstand en is veerkrachtig. Hoe hoger de weerstand van een gebied, hoe langer het duurt voor er schade door droogte ontstaat. Als de weerstand wordt overschreden, zorgt veerkracht ervoor dat de schade beperkt blijft en het gebied weer snel van de droogte herstelt. Een volledig robuust systeem betekent dat je onder alle omstandigheden de schade voor gebruikers minimaliseert." De robuustheidsanalyse

.....
Lees meer over kreekruigen op
pagina 18.
.....



is gebaseerd op het doorrekenen van lange tijdsreeksen met grote variabiliteit en helpt het risico van droogte beter in te schatten, zegt Mens. "Hoe verwachten we dat het risico in de toekomst verandert? En welke maatregelen kun je nemen om dat veranderende risico op te vangen, de robuustheid van je gebied te verhogen en de mogelijke schade te beperken? Lokale waterberging verlaagt de vraag naar wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem en verhoogt de veerkracht om klappen als droogte op te vangen. Als er genoeg van dit soort voorzieningen zijn, creëer je een robuuster systeem, dat minder afhankelijk is van water van buiten het gebied." Het onderzoek van Mens laat zien dat bijvoorbeeld de robuustheid

Foto Beken en riviertjes zorgen voor lokale aanvoer van zoet water.
.....

van het Rijnlandgebied als geheel hoog is. Dat wil zeggen dat er heel wat moet gebeuren voordat er schade ontstaat (hoge weerstand) en dat deze schade meestal ook beperkt blijft in omvang (grote veerkracht). Voor individuele sectoren en gebruikers kan dat natuurlijk anders liggen. Het wil ook niet zeggen dat de schade die kan ontstaan maatschappelijk acceptabel is, zoals tijdens de droogtes in 2003 en 2011.

Extreem droge periodes

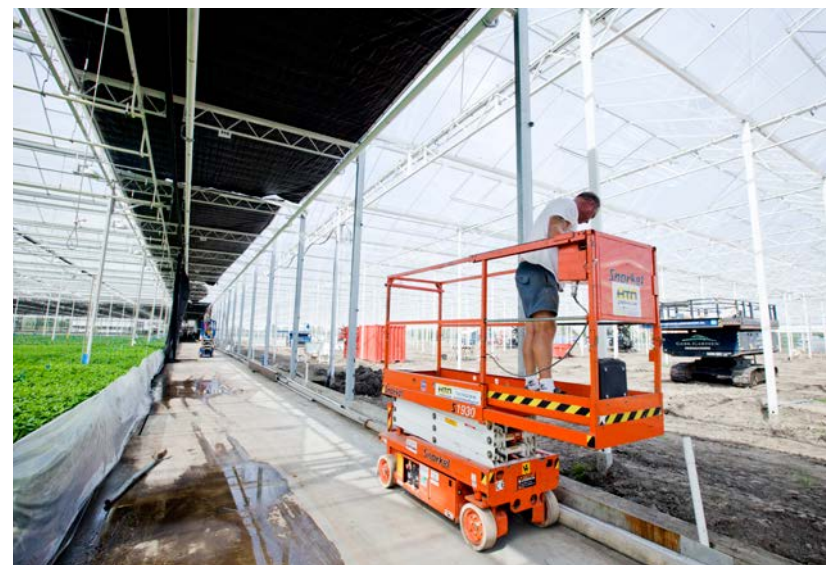
In Zuid-Holland is het zoute of brakke water nooit ver weg. De provincie is voor zoet water voornamelijk afhankelijk van de Rijn en de Maas. De intensieve glastuinbouw en boomteelt zijn kwetsbaar voor verzilting. Via de Nieuwe Waterweg kan het zoute water tot voorbij Rotterdam komen. Dan zijn er nog de plannen om zeewater weer toe te laten in de waterwegen die door de deltawerken zijn afgesloten en in diepe polders komt brakke kwel voor.

De droge zomer van 2003 en het extreem droge voorjaar van 2011 lieten zien hoe kwetsbaar het watersysteem in Zuid-Holland is. De aanvoer van water via de bestaande Kleinschalige Wateraanvoervoorziening en de Tolhuissluisroute, kon grote schade voorkomen. Maar die noodaanvoer zal niet toereikend zijn met de drogere zomers die de KNMI'14-scenario's voorzien.

Cocreatie

Kennis voor Klimaat, het Deltaprogramma en de provincie gaven wetenschappers en bedrijfsleven in de regio de kans samen te werken aan een robuustere zoetwatervoorziening. De verantwoordelijkheid voor de zoetwatervoorziening lijkt iets te verschuiven van het Rijk naar de regio's. Gedeputeerde Han Weber van de provincie Zuid-Holland: "Zoetwatervoorziening is een overheidstaak, maar gebruikers moeten ook hun verantwoordelijkheid nemen. Onze ligging in de delta biedt een fantastische uitgangspositie voor een bloeiende zoetwater-economie." Praktijkprojecten op het gebied van waterberging en zuivering en hergebruik van afvalwater in kassen zijn voorbeelden waar economisch voordeel gecombineerd wordt met minder afhankelijkheid van zoet water van elders. Veel aandacht was er voor ondergrondse wateropslag. Een orchideeënteler in Nootdorp werkte in de pilot *Aquifer Storage & Recovery* aan wateropslag onder een kas. Het project kreeg in het Westland een vervolg. De provincie, het productschap tuinbouw en een teler van tomaten werken hierin samen. Met

Hoe hoger de weerstand, hoe langer het duurt voor er schade ontstaat door droogte.



.....
[Lees meer over ondergrondse wateropslag op pagina 14.](#)

Welke oplossing kiezen?

Potentiekaarten helpen om lokale oplossingen op te schalen naar een groter gebied. In het project *Fresh water options optimizer* is de potentie van waterbesparende oplossingen in kaart gebracht aan de hand van informatie over de bodemgesteldheid, de diepere ondergrond en de mogelijkheden voor aan- en afvoer van water. De kaarten geven inzicht in hoeverre de zoetwatervoorziening in een gebied te vergroten en het risico op schade te verkleinen is. Ze geven antwoord op vragen als: welke oplossing is op welke plekken geschikt? Er is ook aandacht besteed aan de vraag of de technieken de potentie van de landbouw vergroten. In een vervolg moet antwoord komen op vragen als: wat verandert er in het waterbeheer als oplossingen op grote schaal worden ingezet? Wat betekent dit voor de waterbalans?

Oplossingen

1. Drains2buffer;
2. Regelbare en klimaat-adaptieve drainage;
3. Kreekruuginfiltratie: infiltratie van zoet slootwater in een kreekkrug;
4. Freshmaker: het onttrekken van zout uit water en het infiltreren van zoet water in de bodem via horizontale putten;
5. Verticale ASR Coastal methode: creëren van een stabiele zoetwaterbel;
6. Waterconservering door stuwen;
7. Waterconservering door slootbodemverhoging.

de provincie Zeeland, Deltares en boeren is in GO FRESH op verschillende locaties aan ondergrondse zoetwateropslag in kreekkruggen gewerkt.

Han Weber: “De *greenport* glastuinbouw heeft de kennisontwikkeling binnen Kennis voor Klimaat snel opgepakt, een goed voorbeeld van samenwerking tussen bedrijfsleven, overheid en kennis. Met de vervolgprojecten bij Nootdorp en GO FRESH neemt de sector nu zelf verantwoordelijkheid om potentiële oplossingen ook breder in de praktijk te brengen.”

Regie noodzakelijk

Door de toename van wateropslag onder de grond en een toename van bijvoorbeeld warmte-koudeopslag (WKO), wordt het steeds drukker in de ondergrond. Het is zelfs al voor gekomen dat er een WKO werd aangetroffen op de plek waar een wateropslag onder een kas bedacht was. “Nu de ondergrond steeds meer wordt benut, is regie noodzakelijk”, zegt Han Weber.

De opslagtechnieken voor zoet water zijn opgenomen in het Deltaprogramma 2015. Er zijn potentiekaarten ontwikkeld die aangeven welke gebieden voor ondergrondse opslag van zoet water geschikt zijn. De komende jaren zullen de partners verdere stappen zetten, om de ontwikkelde technieken in de markt te bewijzen.

Toekomststrategieën

In de loop der jaren is door de provincie Zuid-Holland beleid ontwikkeld waarbij op zeven strategieën wordt ingezet:

1. Een verbeterde aanvoer uit het hoofdwatersysteem;
2. Vergroting van bewustwording rond het vraagstuk van de zoetwatervoorziening;
3. Duidelijkheid voor gebruikers wat zij van de overheid kunnen verwachten;
4. Het stimuleren van gebruikers om hun zelfvoorzienendheid te vergroten;
5. Verduurzaming van de gietwatervoorziening in de tuinbouw (verminderen brijnlozingen (een ingedikte zoute oplossing na ontzilting));
6. Kennisontwikkeling over de feitelijke kwetsbaarheid van landbouw en natuur voor verzilting;
7. Ontwikkeling en toepassing van innovatieve zoet waterbesparende technieken bij gebruikers.



“Zoetwatervoorziening is een overheidstaak, maar gebruikers moeten ook hun verantwoordelijkheid nemen.”

Han Weber, gedeputeerde provincie Zuid-Holland

03 Zoetwateropslag onder kassen blijkt succesvol

In het najaar valt meer regen dan tuinders in hun bassins kunnen opslaan; in de zomer hebben ze een tekort aan zoet water. Onderzoekers vonden de oplossing voor dit dilemma: regenwater tijdelijk opslaan in de zandlaag onder de kassen.

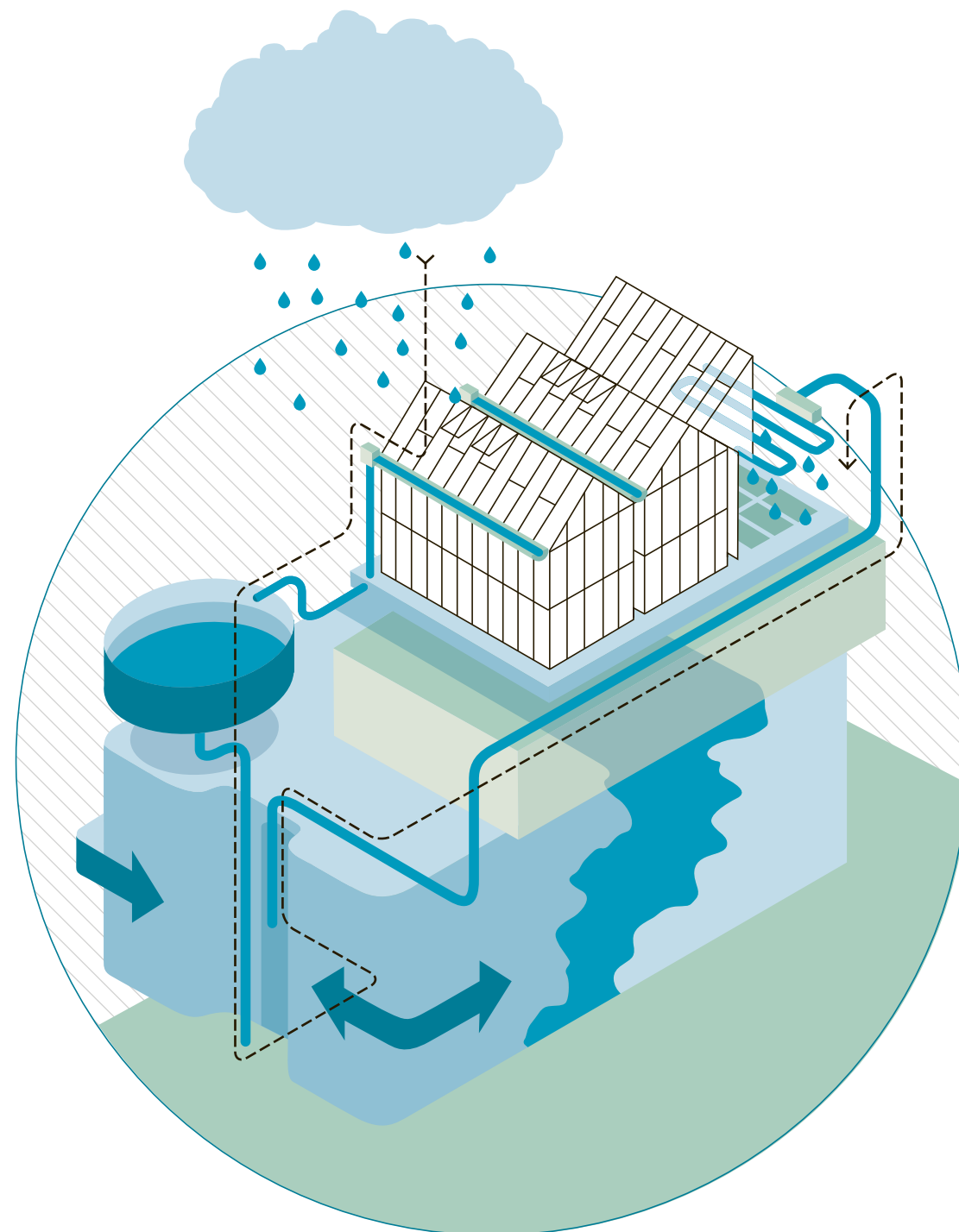
Tuinders in het Westland kunnen niets met het zoute grondwater in het gebied; het is ongeschikt voor gebruik in hun kassen. Omdat de aanvoer van zoet water beperkt is, zijn ze aangewezen op zoet regenwater of grondwater dat ze zelf ontzilten. Dat laatste is een vrij dure oplossing. Tot 2022 is het mogelijk om het zoute grondwater te gebruiken; daarna is onzeker of het nog is toegestaan. Ook nu al genieten andere oplossingen de voorkeur, zoals het beter gebruik maken van het regenwater. Omdat bovengrondse wateropslag te veel ruimte kost, zochten onderzoekers naar oplossingen onder de grond. Ze deden een haalbaarheidsstudie naar de mogelijkheden van opslag van zoet water in zout water en naar manieren om het terug te winnen. De kwaliteit van het teruggewonnen water speelt hierbij een grote rol; tuinders stellen daar hoge eisen aan.

Zoetwaterbel

Marcel Paalman van KWR Watercycle Research Institute was één van de onderzoekers naar deze vorm van ondergrondse wateropslag. “Zout water is zwaarder dan zoet water”, zegt hij. “Dan is de vraag hoe je het zoute water zo efficiënt mogelijk wegdrukt, zodat er voldoende ruimte ontstaat voor een zoetwaterbel die groot genoeg is om in een later stadium aan de vraag te kunnen voldoen. We hebben met behulp van modellen het putontwerp bepaald en zijn daarna op verschillende

Oude techniek

Het infiltreren van water in zandlagen gebeurt al jaren door drinkwaterbedrijven. Rivierwater wordt via leidingen naar de duinen getransporteerd en geïnfilteerd, waarna het na verloop van tijd weer wordt gewonnen voor gebruik als drinkwater. Deze techniek – tijdelijke wateropslag in zand – bracht de onderzoekers van het consortium op het idee om infiltreren toe te passen in gebieden met een tekort aan zoet water en om de techniek ook te ontwikkelen voor gebieden waar het grondwater zout is.



Omdat bovengrondse wateropslag te veel ruimte kost, zochten onderzoekers naar oplossingen onder de grond.

diepten water gaan infiltreren en onttrekken.”

Het infiltreren van het zoete water gebeurt op een diepte van vijftien tot veertig meter, afhankelijk van de locatie. Hoe zouter het grondwater is, hoe groter de zoetwaterbel moet zijn om voldoende zoet water te kunnen terugwinnen. Vier tomatentelers, met een gezamenlijk bedrijfsoppervlak van 27 hectare, werken mee aan een proef in 's Gravenzande, waar het grondwater behoorlijk zout is. Terwijl de proef nog in de opstartfase was, meldde zich een orchideeënkweker uit Nootdorp, die dringend op zoek was naar mogelijkheden om zoet water op te slaan voor droge tijden, zegt Paalman. “Hij hoorde van onze experimenten en wilde meedoen. Het grondwater in Nootdorp is niet zo heel zout, dus hier was een kleinschalige toepassing mogelijk. Het is gelukt om met infiltratie overvolg hemelwater op te slaan in de zandlaag onder zijn kassen en sinds 2012 wint de kweker het water terug in de zomer. De kwaliteit is goed; hij is tevreden.”

De proef in 's Gravenzande verliep minder soepel dan in Nootdorp. Paalman: “Uit onze metingen bleek dat een diepere kleilaag in de ondergrond onder de kassen wat lekkage vertoont, ontstaan door de aanleg van een warmte-koude-installatie (WKO). Hierdoor lekt zout water vanuit de diepere ondergrond in de zoetwaterbel. Om dit probleem te kunnen oplossen, is in de buurt van de lekkage een bron geslagen die het zoute water wegpompt.”

Stichting Waterbuffer

In diverse landen, onder meer de Verenigde Staten en Australië, bestaat belangstelling voor de Nederlandse proeven met ondergrondse wateropslag. Ook in Europees verband krijgt de proef een vervolg. In samenwerking met andere landen wordt het concept van infiltreren en onttrekken verder ontwikkeld en toegepast, bijvoorbeeld aan de Spaanse kust bij Barcelona.



Foto Kas in Naaldwijk

Meer informatie op
www.waterbuffer.net

De onderzoeken die onder de vlag van Kennis voor Klimaat zijn opgezet krijgen ook in eigen land een vervolg, onder meer dankzij de inspanningen van de stichting Waterbuffer. De stichting is een initiatief van Kennis voor Klimaat en diverse partijen in de Zuidwestelijke Delta. Het belangrijkste doel van de stichting is het bevorderen van de toepassingsmogelijkheden van ondergrondse opslag van zoet water. Bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden werken nauw samen aan diverse projecten.

04 Verborgen wateropslag in oude kreekruigen

Eeuwenoude kreekruigen in het polderlandschap blijken veelbelovende opslagplaatsen van zoet water. In de Zuidwestelijke Delta worden technieken getest die extra water voor beregening leveren om droogte- en zoutschade te beperken.

Boeren in de kustgebieden van Nederland kampen vooral in de zomer met een tekort aan zoet water, dat kan leiden tot droogte- en zoutschade aan gewassen. En dat terwijl er in de winter juist vaak een overschot aan zoet water is. Onderzoeker Pieter Pauw van Deltares: “Eén van de technieken die we gebruiken om het kostbare zoete water in de winter te bergen, is peilgestuurde drainage onder kreekruigen. Het doel van dit systeem is de grondwaterstand onder de kreekrug zo hoog mogelijk te houden, vooral in de winter. Hierdoor neemt de omvang van de zoetwaterbel toe.”

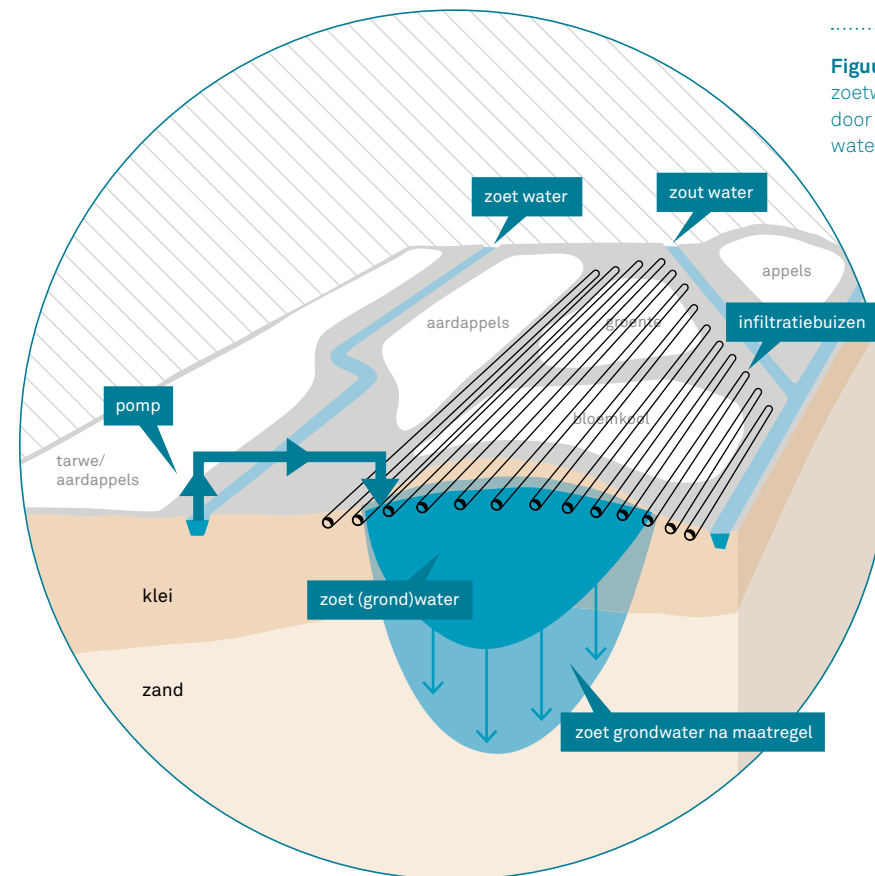
De onderzoekers testten het peilgestuurde drainagesysteem bij Serooskerke op Walcheren. “De resultaten beloven veel voor de toekomst”, zegt Pauw. “Ondanks onze berekeningen hadden we van tevoren niet durven dromen dat we zo veel extra water konden opslaan voor tijden van schaarste. In het veld is de situatie namelijk altijd anders dan je verwachtingen.” Gemeenten, provincies en waterschappen brachten expertise over het gebied in, regelden vergunningen en verzorgden kleine waterhuishoudkundige maatregelen om het project mogelijk te maken.

Betaalbaar

Het principe van de peilgestuurde drainage heeft als bijkomend voordeel dat het systeem weinig energie kost. Boeren

Proeven met ondergrondse wateropslag in Zeeland

1. Kreekrug Infiltratie Proef: toename zoetwatervoorraad in kreekrug door infiltratie oppervlaktewater. Serooskerke, Walcheren;
2. The Freshmaker: toename zoetwatervoorraad in een kreekrug door injectie zoetwater en onttrekking zout grondwater. Overzande, Zuid Beveland;
3. DRAINS2BUFFER: vergroten/ behouden zoetwatervoorraad in dunne regenwaterlenzen door slimme diepe drainage. Kerkwerve, Schouwe Duiveland.



Figuur Kreekruginfiltratie: de zoetwatervoorraad neemt toe door via infiltratiebuizen zoetwater in de kreekrug te pompen.

hoeven bovendien geen hectares op te offeren voor waterbassins. In een mogelijk vervolg van het onderzoek wordt verder aan de kosten van boeren gerekend om dit systeem in de zetten. Pauw: “Belangrijk is dat het systeem voor boeren betaalbaar blijft. Zo kan dit project ook bijdragen aan de economische vooruitgang van landbouwgebieden.”

“Belangrijk is dat het systeem voor boeren betaalbaar blijft. Zo kan dit project ook bijdragen aan de economische vooruitgang van landbouwgebieden.”

Pieter Pauw, Deltares

Wat is een kreekrug?

Rond 1200 zijn veel getijdengeulen in de Zuidwestelijke Delta verzand. Als gevolg van de inpoldering zijn veen en klei ingeklonken, en liggen deze voormalige geulen nu juist hoger (als een ‘rug’) in het landschap. Onder deze ‘kreekruigen’ hebben zich in de loop der jaren zoetwaterbellen ontwikkeld. Afhankelijk van de lokale omstandigheden kan zo’n bel een maximale diameter van dertig meter hebben.



05 Kennis draagt bij aan slim waterbeheer

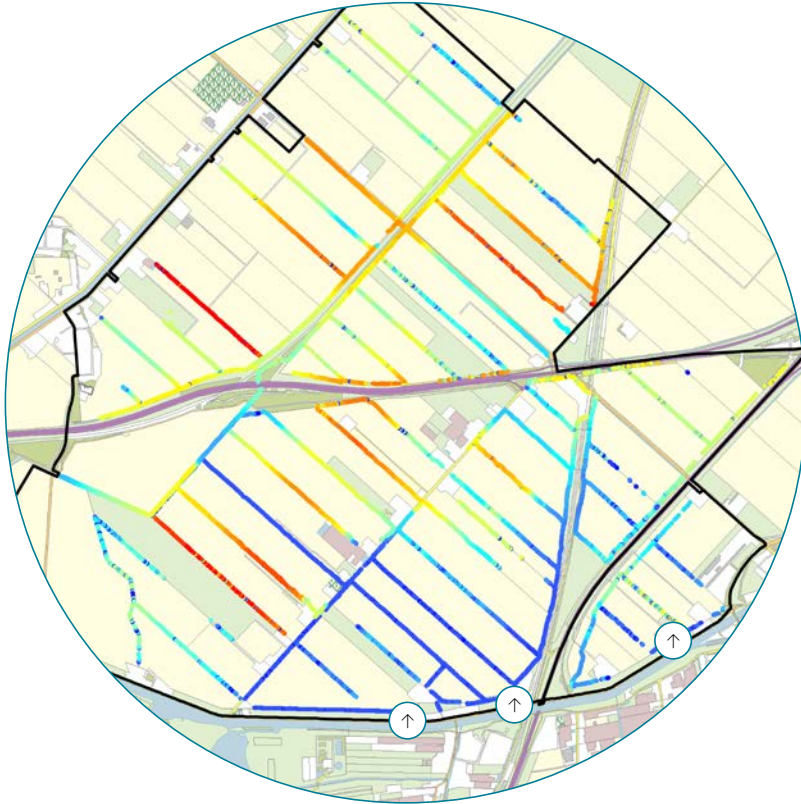
Hoe meer kennis er is over de wisselwerking tussen zout en zoet water in de bodem, hoe beter het zoete water kan worden benut. Onderzoeken leidden tot nieuwe inzichten. Zo blijkt doorspoelen niet altijd effectief.

Vooral in de Nederlandse kustgebieden zorgt zoute kwel voor hoge chlorideconcentraties in het oppervlaktewater. Dat is nadelig voor de landbouw, omdat gewassen hierdoor zoutschade kunnen oplopen. Eén van de technieken die gebruikt worden om verzilting tegen te gaan, is doorspoelen: zoet water inlaten waardoor het zoute water wordt verdund. Deze maatregel kost landelijk ongeveer twintig procent van de totale watervraag. Promovendus Joost Delsman van Deltares ontwikkelde een methodiek om te meten hoe effectief doorspoelen is. Hij concludeert dat het ingelaten zoete water niet overal even ver komt. “Het effect verschilt per gebied en is afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden”, constateert hij.

Delsman onderzocht de effectiviteit van doorspoelen op verschillende schalen, van een afgezette poldersloot tot een gebied zo groot als een heel waterschap. Bij een proef in de Haarlemmermeerpolder bleek dat sommige sloten nauwelijks zoeter worden tijdens het doorspoelen. Delsman: “Binnen enkele honderden meters vanaf het inlaatpunt kan het water al te zout zijn voor beregening. Dat komt door de aanwezigheid van zoute wellen: gaten in de bodem waardoor zout grondwater heel snel naar de oppervlakte stroomt. Daar kan doorspoelen niet tegenop; bovendien blijkt het doorspoelwater maar een deel van de sloten te bereiken.”

Foto Onderzoeker Joost Delsman vangt water op bij een inlaatpunt.

De meetmethode maakt het mogelijk om kostbaar zoet water slim te gebruiken, zodat geen druppel verloren gaat.



Figuur De meetresultaten van Joost Delsman in de Haarlemmermeerpolder. De pijltjes onder in beeld tonen de waterinlaatpunten. Het zoete water (blauw) verdeelt zich onregelmatig over de sloten. Hoe minder blauw, hoe zouter het water. Rood is het zoutst.

Zouter door regen

Delsman onderzocht ook de invloed van droogte op het doorspoelen van sloten. Wat blijkt? Tijdens een periode van droogte is er soms juist minder doorspoelwater nodig dan na een flinke regenbui. Dit komt vooral voor in gebieden met ondiep zout grondwater, zoals de Hollandse eilanden, Friesland en de Noord-Hollandse polder Schermer, zegt Delsman. “Tijdens een regenbui dringt het zoete water de grond in en drukt het aanwezige zoute grondwater naar buiten, de sloten in. Er is dan meer water nodig om dit zout te verdunnen. Het is een effect dat maar weinig bekend was.”

Foto Het gewas zeekraal kan tegen hoge zoutconcentraties

Maatwerk

Door klimaatverandering kan het aanbod van zoet water afnemen, terwijl de vraag in de toekomst waarschijnlijk toeneemt door economische groei en groei van de bevolking. Dat vraagt om slim waterbeheer en adaptatiemaatregelen op maat. Niet voor niets schrijft deelprogramma Zoetwater van het Delta-programma ‘Het is tijd voor “zout” als sturend principe in gebiedsprocessen’. De meetmethode van Delsman maakt het mogelijk om kostbaar zoet water slim te gebruiken, zodat geen druppel verloren gaat. Een goede gebiedsanalyse kan regionale waterbeheerders daarbij helpen.

De onderzoeker van Deltares pleit tevens voor goede communicatie tussen waterbeheerders en gebruikers, bijvoorbeeld de boeren. “Niet alle gewassen zijn even gevoelig voor hoge zoutconcentraties; ook zijn er gewassen die met weinig water toe kunnen. Als bekend is in welke sloten het water zouter is dan in andere sloten, kunnen de boeren daar in hun bedrijfsvoering rekening mee houden.” De meetmethode is zo eenvoudig dat boeren er zelf prima mee overweg kunnen, zegt Delsman. “Het is maar een kleine moeite en levert veel nuttige informatie op.”





Niet alle gewassen zijn even gevoelig voor zout water; op Texel wordt zee-venkel op de zouttolerantie getest.

06 Gewassen kweken die tegen zout kunnen

Door klimaatverandering neemt verzilting van landbouwgrond wereldwijd toe. Voor veel gangbare gewassen is het zoutgehalte in verzilte grond te hoog. Als gewassen beter tegen zout kunnen, is dat gunstig voor de voedselvoorziening.

Als zeewater het land binnendringt of meer zout kwelwater naar de oppervlakte komt, treedt verzilting van de bodem op. In 2020 zal naar verwachting 125.000 hectare landbouwgrond in Nederland verzilt zijn. Effecten van klimaatverandering, zoals zeespiegelstijging en langdurige droge periodes met lage rivierwaterafvoer, dragen bij aan dit proces.

Voor veel van de gangbare landbouwgewassen is het zoutgehalte in de grond te hoog. “Slechts één procent van de plantensoorten is zouttolerant”, zegt Diana Katschnig, promovendus systeemecologie van de VU Amsterdam. Zeekraal daarentegen is één van de weinige zoutminnende gewassen. Ze onderzocht waarom deze plant zo goed tegen zout kan, met als doel andere gewassen zouttolanter te maken. Voor de meeste planten is natrium (dat veel in zeezout voorkomt) giftig voor het functioneren van verschillende essentiële eiwitten. “Ook is het voor een zoutgevoelige plant moeilijk om in een zoute omgeving water op te nemen”, zegt Katschnig. “Een zouttolerante plant als zeekraal groeit juist beter bij zout in het water, en gaat dood als het water langere tijd te zoet is. Dat maakt de zouttolerantie van de zeekraal bijzonder.”

Zouttolerantere varianten van de suikerbiet

Volgens Katschnig kan de kennis over de zouttolerantie van de zeekraal worden gebruikt bij de selectie van zouttolerantere



Foto Testlocatie van het Ziltproefbedrijf op Texel waar gewassen op hun zouttolerantie worden getest.

varianten van andere voedselgewassen. “Bij ons onderzoek proberen we de genen in kaart te brengen die voor de zouttolerantie van de zeekraal zorgen.” Deze kennis is vervolgens van belang om voedselgewassen gericht te kunnen veredelen. Katschnig: “Door zouttolerantere varianten binnen een soort, bijvoorbeeld de suikerbiet, met elkaar te kruisen, kun je deze eigenschap in de soort krijgen. We onderzoeken ook of we zouttolerante planten als voedsel kunnen gebruiken, zodat ze als voedselgewas geteeld kunnen worden.”

Het Zilt Proefbedrijf op Texel is een voorbeeld van hoe kennis over zouttolerante gewassen in de praktijk wordt gebracht. Het bedrijf heeft op Texel een testlocatie van één hectare. Met speciaal ontwikkelde soft- en hardware, waaronder sensoren in de bodem, wordt de zoutconcentratie in het water gemeten en gestuurd. Zo kan het bedrijf bij verschillende zoutconcentraties met verschillende gewassen experimenteren. Het is de enige locatie in Nederland voor het testen en in kaart brengen van de zouttolerantie van gangbare landbouwgewassen zoals de aardappel, ui en biet.

Zilte pieper

Het proefbedrijf kweekt onder meer een zilte pieper. “Dit is een aardappelsoort die op verzilte landbouwgrond groeit en met brak water wordt geïrrigeerd”, zegt Arjen de Vos, mede-eigenaar van Zilt Proefbedrijf. “Met deze aardappel willen we aantonen dat zoet water niet noodzakelijk is voor landbouw. Brak water is ook goed te gebruiken.” Het bedrijf won in 2013 de Climate Adaptation Business Challenge, georganiseerd door Kennis voor Klimaat en het Europese klimaatinnovatieprogramma Climate-KIC. “Deze challenge organiseren we om ondernemers te stimuleren business van klimaatadaptatie te maken”, zegt Sonja Döpp, projectleider van de business challenge bij Kennis voor Klimaat. “Het Zilt Proefbedrijf is een voorbeeld van het in de praktijk brengen van de opgedane kennis over klimaatadaptatie. Dit bedrijf heeft de business challenge gewonnen omdat ze met een haalbaar businessplan en een innovatief product zijn gekomen. Het is een mooi voorbeeld van hoe kennis ervoor kan zorgen dat de effecten van klimaatverandering geen kwelling vormen, maar juist een kans zijn.” Met het gewonnen bedrag kan het proefbedrijf de zilte aardappel op de markt brengen.

Kansen voor landbouwgrond in China en Pakistan

Ook internationaal is verzilting van landbouwgrond een uitdaging. In extreem droge zomers staat de benedenloop van de Gele Rivier in China droog. Het zoute zeewater dringt

Zouttolerante gewassen kunnen kweken, is gunstig voor de voedselvoorziening.

“Met de zilte aardappel willen we aantonen dat zoet water niet altijd noodzakelijk is voor landbouw.”

Arjen de Vos, mede-eigenaar van
Zilt Proefbedrijf

de rivier binnen en zorgt voor verzilting van de oevers. De landbouwgrond in de delta van de rivier verzilt in rap tempo en de opbrengst van gewassen neemt af. Nederlands-Chinees onderzoek richt zich onder meer op de teelt van zouttolerante gewassen voor dit deltagebied.

Ook het Zilt Proefbedrijf kijkt over de grens en werkt aan een voorstel voor onderzoek in Pakistan. De Vos: “Verzilting van landbouwgrond is daar een veel groter probleem dan in Nederland. Als we toestemming krijgen ook in Pakistan te gaan testen, wacht ons daar vier miljoen hectare verzilte landbouwgrond.”

Foto Strandbiet



07 Verzilting in Klimaatcorridor Veenweide

De natuur in de Klimaatcorridor Veenweide is niet overal even kwetsbaar voor zout water; sommige planten kunnen een ruimere chloridenorm aan. Dit kan waterbeheerders helpen het gebied nat te houden in tijden van extreme droogte.

De Klimaatcorridor Veenweide (voorheen Groene Ruggengraat) loopt via de Biesbosch en het Groene Hart naar het IJsselmeer-gebied. Er liggen verschillende Natura 2000-gebieden op deze lijn. Jeroen Veraart, onderzoeker water en klimaat aan de Wageningen UR: “Het is ook een scheidslijn: in het westen is het veen ontgonnen en ligt het land zes meter onder NAP. In het oosten liggen de veenweidegebieden met plassen, op ongeveer drie meter onder NAP.”

In warme, droge zomers is er in het gebied kans op verzilting en verdroging. Sija Stofberg, promovendus van de Wageningen UR: “Bij grote droogte en een grote vraag naar zoet water hebben waterbeheerders grofweg drie opties: zouter water inlaten, geen water inlaten of via een andere weg zoet water aanvoeren. Iedere optie heeft gevolgen voor de natuur en het gebied.” Waterschappen hanteren landelijk verschillende, overigens niet wettelijke, normen. In Zuid-Holland hanteren de waterschappen een norm van rond de 250 milligram chloride per liter. Komt de chlorideconcentratie in de Rijn – het aangevoerde water naar de klimaatcorridor – boven deze norm, dan sluiten waterbeheerders de inlaat van Rijnwater bij Gouda om verzilting voor landbouw en natuur te voorkomen. Dat sluiten heeft ook een nadeel: de inlaat van water wordt tevens gebruikt voor peilbeheer en om te voorkomen dat veendijken uitdrogen. Als dit laatste dreigt, wordt alsnog brak water ingelaten.

Bij een te hoge
zoutconcentratie
lopen planten
schade op.



Veerkrachtige natuur

Bij een te hoge zoutconcentratie lopen planten schade op; bepaalde planten kunnen zelfs afsterven. De gevoeligheid verschilt echter per soort, zo blijkt uit onderzoek. Veraart: “De waterrijke natuur in dit gebied bestaat uit oppervlaktewater met sloten en plassen en uit moerasnatuur met kraggen, onder meer de Nieuwkoopse plassen. Vooral in deze moerasnatuur vinden we planten die heel gevoelig voor de zoutconcentratie zijn.” Het effect van zout op een ecosysteem is in het ene geval tijdelijk, maar er kunnen ook onomkeerbare effecten optreden, zegt Veraart. “De natuur is veerkrachtig genoeg om zich na een jaar met een hogere zoutconcentratie te herstellen, maar als planten eenmaal dood zijn, zijn ze helemaal weg.”

De kwetsbaarheid van de natuur hangt ook af van de mate waarin het zoute water de bodem binnen dringt. Promovendus

Stofberg: “Het onderzoek is nog lopende, maar het lijkt erop dat zout water de bodem van laagveen - en daarmee de plantenwortels - minder goed kan binnendringen. Dichterbij de oever worden planten mogelijk wel blootgesteld aan zout water; verder van de oever af waarschijnlijk niet.”

Chloridenorm als adaptatiestrategie

De resultaten van deze onderzoeken kunnen waterbeheerders helpen bij de beslissing voor verhoging van de chloridenormen. Dat is een potentiële strategie voor klimaatadaptatie: door klimaatverandering en verzilting zal de inlaatnorm van 250 mg/l sneller worden overschreden. Inlaatpunten worden daardoor eerder en vaker gesloten, waardoor in het gebied een tekort aan water ontstaat. Een hogere inlaatnorm kan dit verhelpen.

Door het zoete water op een slimme manier te verdelen, kun je blijven garanderen dat zoutgevoelige natuurgebieden voldoende zoet water krijgen. Dat blijkt uit het onderzoek met de tool de Eureyeopener. Veraart: “En dat geldt ook voor zoutgevoelige landbouw. In Boskoop zijn veel kwekerijen met sierplanten die erg gevoelig voor zout zijn. Die planten voorzie je wel van zoet water; gewassen die beter tegen zout kunnen, niet.”

Voor het boezemstelsel in Schieland is een modelstudie uitgevoerd naar de chlorideconcentratie in het gebied. Hierbij is gerekend met de huidige norm en een ruimere norm (600 mg/l). Bij deze ruimere norm blijkt het zoute water niet ver door te dringen in het boezemstelsel van Schieland en de zoutgevoelige natuur niet te bereiken. Volgens Veraart heeft de casestudy direct resultaat opgeleverd. “Het waterschap heeft naar aanleiding van ons onderzoek de richtlijnen voor het sluiten van de inlaat verruimd.” Zonder direct de inlaatnorm te verhogen, accepteert het waterschap daarmee wel dat incidenteel de chlorideconcentratie hoger is dan de huidige norm aangeeft. “Mocht de inlaatnorm daadwerkelijk verhoogd worden, is vervolgonderzoek gewenst”, zegt de wetenschapper, “naar bijvoorbeeld bescherming van natuurwaarden in de Zuidplaspolder-Zuid. Daar zijn veel soorten te vinden die zeer gevoelig zijn voor licht brak water.”

Versterken waterdoelen de natuur?

Voor het Veenweidegebied gaat het niet alleen om bijzondere natuur; het gaat ook om de zoetwatervoorziening en de waterkwaliteit. Onderzoekers van Kennis voor Klimaat



Foto Reeuwijkse Plassen

Eureyeopener biedt op het juiste schaalniveau inzicht in de problemen met de zoetwatervoorziening en geeft aan welke maatregelen de situatie kunnen verbeteren.

Een boezemstelsel is een stelsel van kanalen en bergingsgebieden dat een teveel aan water in de polder tijdelijk opslaat.

bekeken in hoeverre doelen voor natuur, zoetwatervoorziening en waterkwaliteit elkaar kunnen versterken. Het gaat daarbij om doelen uit Natura 2000, de Kaderrichtlijn Water (KRW) en doelen van het Deltaprogramma Zoetwater, met de Reeuwijkse Plassen, de Nieuwkoopse Plassen en het tussenliggende verbindingsgebied als casus. Klimaatadaptatie speelt bij alle drie een andere rol. De beheerplannen van Natura 2000 gaan over verschuiving van klimaatzones en de inspanningen die de natuur moet leveren. Voor het Deltaprogramma Zoet Water staat de algehele zoetwatervoorziening op de lange termijn centraal; de KRW wil het waterecosysteem klimaatrobust maken.

De keuzes van het Deltaprogramma Zoetwater betekenen handhaving en het klimaatbestendig maken van het huidige waterbeheer voor Middenwest-Nederland. In tijden van een lage rivierafvoer en weinig neerslag wordt er een alternatieve aanvoerroute gebruikt. Deze gaat via de Oude Rijn en de geïkanaliseerde Hollandse IJssel. Zo kan ook in droge periodes de zoetwatervoorziening op peil blijven. Veraart: “Deze alternatieve aanvoerroute heeft geen nadelen voor natuurdoelen. De kwaliteit van dit water is hetzelfde als het water bij de inlaat bij Gouda.” Voor beide aanvoerroutes geldt dat de waterkwaliteit in droge periodes slechter is; bij een lagere rivierafvoer zitten er meer voedingsstoffen in het water. De maatregelen die het waterschap neemt om de doelen van de KRW te halen, helpen de natuur haar veerkracht te vergroten. Toch kan het volgens de studie zijn dat dit op de lange termijn niet voldoende is voor aanpassing aan effecten van klimaatverandering.

De ene plantensoort kan slechter tegen zout water dan de andere.



08 Nederlandse oplossingen naar het buitenland

Vanuit het buitenland is veel belangstelling voor de Nederlandse kennis over zoetwateropslag en de teelt van zouttolerante gewassen. Toch is technische kennis niet één-op-één te kopiëren, omdat de maatschappelijke omstandigheden in andere landen erg variëren.

“Voor kennisexport is meer nodig dan techniek”, zegt Arjen de Vries, directeur van wateradviesbureau Acacia Water. “De maatschappelijke kant van klimaatadaptatie speelt ook een belangrijke rol. Het gaat daarbij om vragen als: hoe implementeer je een oplossing in het buitenland, hoe creëer je draagvlak en hoe houd je de te nemen maatregelen betaalbaar?” Doordat tijdens de onderzoeken nauw is samengewerkt met mensen uit de praktijk, heeft het consortium veel antwoorden verzameld die bruikbaar kunnen zijn in het buitenland. De Vries verwacht dan ook dat de belangstelling de komende jaren zal toenemen. “Dit consortium heeft kleinschalige oplossingen op de agenda gezet; we hebben gezorgd voor een degelijke onderbouwing ervan”, zegt hij. “Ook in het Deltaprogramma neemt kleinschaligheid een belangrijke plaats in en dat heeft een positieve uitstraling naar het buitenland.”

Chinese verzilting

Een voorbeeld van kennisexport is een samenwerkingsverband tussen Nederland en China. In de delta van de Chinese Gele Rivier verzilt de grond, waardoor de opbrengst van gewassen afneemt. Alleen de zouttolerante *Suaeda salsa* (een plant uit de familie waartoe ook spinazie en biet behoren) groeit er goed. Het onderzoek in China richt zich op het meten en monitoren van het zout in de bodem en het bestuderen van mogelijkheden voor de teelt van zouttolerante gewassen.

Watergebruik in het buitenland

Op verzoek van het Deltaprogramma Zoetwater heeft het consortium onderzocht of een toename van het watergebruik in Duitsland effect zal hebben op de afvoer van de Rijn. Dat is belangrijk om te weten, omdat de Deltabeslissingen genomen worden op basis van toekomstscenario's voor de Rijnafvoer. Daar zitten veranderingen in het watergebruik niet in. Uit de analyse blijkt dat verandering in het watergebruik in Duitsland – bijvoorbeeld door uitbreiding van industriegebieden, irrigatie of bevolkingstoename – waarschijnlijk weinig invloed heeft op die afvoer. Droogte als gevolg van klimaatverandering heeft duidelijk een veel grotere impact.

09 Opmerkelijk

De onderzoeken van het consortium Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit hebben geleid tot een groot aantal opmerkelijke inzichten, weetjes en eyeopeners. Een greep hieruit staat op deze pagina's.

De **effectiviteit van doorspoelen** – zoet water inlaten waardoor het zoute water wordt verdund – verschilt per gebied.

Kreekruggen zijn **goede opslagplaatsen** voor grote hoeveelheden zoet water.

Met een goede gebieds-analyse gaat **geen druppel zoet water verloren**.

De **zoutminnende zeekraal** groeit beter bij meer zout in het water en gaat dood als het water langere tijd te zoet is.

Watergebruikers staan ervoor open om de verantwoordelijkheid voor **zoet-waterbeschikbaarheid** met de overheid te delen.

Infiltratie van overtollig regenwater in de zandlaag **onder kassen** is een goede oplossing voor watertekort in de zomer.

Sloten worden zouter na een flinke regenbui.

Brak water is goed te gebruiken in de landbouw; **proefteelt met aardappelen** toont dit aan.



Er zit rek in hoeveel zout verschillende
plantensoorten kunnen hebben.

Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit

Klimaat en zoet water

Eind 2014 sluit Kennis voor Klimaat haar poorten. Dit programma heeft zeven jaar lang onderzoek gedaan naar klimaatverandering en adaptatie. Een doorsnede van alle kennis die is opgedaan door honderden onderzoekers samen met mensen uit de praktijk, is in negen boeken beschreven. Acht boeken over de belangrijkste thema's, zoals de stad, waterveiligheid, infrastructuur, zoet water en governance, en één boek met het overzicht van het hele programma.

Samenwerken met de praktijk, co-creatie van kennis, was het hart van het onderzoek-programma. Provincies, gemeenten, waterschappen en bedrijven hebben de vragen gesteld en hebben meegewerkt aan de uitvoering, samen met de wetenschap. Zonder al deze partijen waren de resultaten minder interessant geweest voor de praktijk. En, nog belangrijker, zonder deze partijen had dit onderzoek niet plaats gevonden. Immers, zij hebben financieel diep in de buidel getast om het onderzoek mogelijk te maken.

Voor u ligt het boekje 'Klimaat en zoet water'. Kennis voor Klimaat dankt alle partijen die aan dit thema hebben bijgedragen en vooral hen die door co-financiering het onderzoek van het consortium Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit mogelijk hebben gemaakt.



Gemeente Rotterdam

stowa



Zilte KennisKring (ZKK)



Gemengd Zilt Aqua-agrarisch Bedrijf (GZAAB)



KWR Watercycle Research Institute

Waterschap Brabantse Delta



Kennis voor Klimaat is mogelijk gemaakt door een basissubsidie uit het Fonds Economische Structuurversterking. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu was penvoerder voor het onderzoeksprogramma.



UNIVERSITY OF TWENTE.



Universiteit Utrecht



illustratieverantwoording

Cover, pagina's 4, 7, 9, 17, 23, 24-25, 27, 29, 33: Anneke Hymmen; Pagina 9: Deltares; Pagina 11 boven: Cor Laffra; Pagina 11 onder: Harrold Nap; Pagina 13: Deltares; Pagina 15: Zinnebeeld en Marcel Paalman; Pagina 19: Zinnebeeld, Marjolein Pijnappels en Esther van Baaren; Pagina 20: Joost Delsman; Pagina 22 kaart: Joost Delsman; Pagina 31: Noor van Mierlo; Pagina 34: NASA

Dit is een uitgave van Kennis voor Klimaat

Postbus 85337
3508 AH Utrecht

Projectleiding, (beeld)redactie en teksten

Synergos Communicatie

Redactieraad

Programmabureau Kennis voor Klimaat
Consortium Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit

Fotografie

Anneke Hymmen

Grafisch ontwerp

Zinnebeeld

Druk

Platform P

Foto's en illustraties

Foto's en illustraties zijn van genoemde organisaties en fotografen.
We hebben naar volledigheid gestreefd; voor opmerkingen of vragen kunt u contact opnemen met Synergos Communicatie.

© 2014 Kennis voor Klimaat

ISBN 978-94-90070-92-2

www.kennisvoorklimaat.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm op op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen op enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

sprankelend zoet nat
tegen zilte klippen op
koester en houd vast