

# Verzilting van landbouwgronden in Noord-Nederland in het perspectief van de effecten van klimaatsverandering



## Authors

Goswin van Staveren  
Jouke Velstra



KvR report number  
ISBN

KvR 058/12  
ISBN/EAN 978-90-8815-050-0

This project (A23; Verzilting van landbouwgronden in Noord Nederland in het perspectief van de effecten van klimaatsverandering) was carried out in the framework of the Dutch National Research Programme Climate changes Spatial Planning. This research programme is co-financed by the Ministry of Infrastructure and the Environment.



#### Copyright © 2012

National Research Programme Climate changes Spatial Planning / Nationaal Onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte (KvR) All rights reserved. Nothing in this publication may be copied, stored in automated databases or published without prior written consent of the National Research Programme Climate changes Spatial Planning / Nationaal Onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte. In agreement with Article 15a of the Dutch Law on authorship is allowed to quote sections of this publication using a clear reference to this publication.

#### Liability

The National Research Programme Climate changes Spatial Planning and the authors of this publication have exercised due caution in preparing this publication. However, it can not be expelled that this publication includes mistakes or is incomplete. Any use of the content of this publication is for the own responsibility of the user. The Foundation Climate changes Spatial Planning (Stichting Klimaat voor Ruimte), its organisation members, the authors of this publication and their organisations can not be held liable for any damages resulting from the use of this publication.



# Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Het Nederlandse verziltingsvraagstuk in historisch perspectief	6
2.1	Tijdelijke verzilting bij inundaties	6
2.2	Permanente invloed van zout water	6
3	Dynamisch patroon van de interactie tussen zoet en zout grondwater	8
3.1	Oorsprong van de zoute kwel	8
3.2	Regenwaterlenzen	9
4	Perceptie in de noordelijke provincies met betrekking tot het verziltingsvraagstuk	16
5	Conclusie en oplossingsrichtingen	17
	Referenties	20

# Inleiding



## 1. Inleiding

Verzilting van landbouwgrond en oppervlaktewater is een sluipend proces, dat zich vooral manifesteert gedurende zomermaanden. Met de verwachte toename van droge perioden en stijging van de zeespiegel is het aannemelijk dat problemen met verzilting toe zullen nemen. Om voorbereid te zijn op toekomstige ontwikkelingen in dit opzicht is het essentieel om naast uitbreiding van de kennis van de huidige situatie van zoute kwel, vooral onderzoek te doen naar de seizoensafhankelijke interactie van zoet en zout grondwater op perceelsniveau, zodat gerichte maatregelen genomen kunnen worden om de vorming van zoet grondwater zoveel mogelijk te stimuleren en de aanwezige zoetwaterlenzen te conserveren.

Het is met het oog op deze ontwikkelingen dat de landbouworganisaties en waterschappen in de noordelijke provincies in het kader van het Kennisprogramma Klimaat voor Ruimte, aan het bureau Acacia Water de opdracht hebben gegeven een verkennend onderzoek te doen naar de risico's van verzilting van akkerbouwgronden onder de huidige situatie, en bij te verwachten klimaatsveranderingen. Een belangrijk onderdeel van het onderzoek was de uitvoering van een gedetailleerd meetprogramma naar het seizoensafhankelijke gedrag van zoet en zout water op perceelsniveau. De meetresultaten en de analyse daarvan, vormden de basis voor computer-simulatiemodellen waarmee toekomstige ontwikkelingen konden worden geëxtrapoleerd.

Acacia Water heeft voor de aspecten van landgebruik samenwerking gezocht met Alterra en het IVM/VU. Het totale onderzoeksprogramma bestaat daardoor uit drie delen en bijbehorende deelrapportages.

1. Klimaatsverandering, toenemende verzilting en landbouw in Noord Nederland (Acacia Water).
2. Effecten van aan klimaatsverandering gerelateerde verzilting op de bedrijfsvoering van landbouwbedrijven in Noord-Nederland (Alterra en Aequator).
3. Verzilting in perspectief. De uitkomsten van zeven interviews en vier focusgroepen over klimaatsverandering, toenemende verzilting en landbouw in Noord Nederland (IVM-VU).

Dit rapport vormt een samenvatting en synthese van de resultaten van bovengenoemd onderzoek. In de tekst wordt geen fysische grens gehanteerd voor het onderscheid tussen zoet en zout water. Met zout water wordt hier in het algemeen water bedoeld met een zodanig chloridegehalte dat het gebruik ervan in de betreffende situatie wordt beperkt.

## 2. Het Nederlandse verziltingsvraagstuk in historisch perspectief

### 2.1 Tijdelijke verzilting bij inundaties

Aandacht voor het probleem van verzilting van landbouwgrond was in het verleden vooral gerelateerd aan inundaties in de kustgebieden door zowel natuurlijke oorzaken (zoals de watersnoodramp van 1953) als door oorlogshandelingen, zoals op Walcheren en in de Wieringermeer. Daarnaast is onderzoek uitgevoerd in verband met de ontzilting en het gebruik van de drooggevalen Zuiderzeepolders.

De schadelijke invloed van het zoute water op de akkerbouw heeft geleid tot onderzoek naar zowel plant- en bodemgerelateerde oorzaken daarvan, als naar maatregelen om die gevolgen te reduceren en ontzilting van de bodem te bevorderen. Dit onderzoek, dat vooral is uitgevoerd in de jaren '40 en '50 van de vorige eeuw, heeft tot het inzicht geleid dat de oorzaken van de zoutschade aan het gewas verdeeld kunnen worden in drie categorieën.

1. Fysiologische schade in de plant zelf door verandering in de ionenconcentraties en ionenverhoudingen (vergiftiging).
2. Verhoging van de osmotische druk in het bodemvocht waardoor de vereiste zuigkracht in de wortelzone toeneemt (een soort verdrogenseffect).
3. Structuurbederf van kleigronden doordat aan het adsorptiecomplex de calcium en magnesium ionen uitgewisseld worden tegen natrium, waardoor de bodem gevoelig wordt voor verslemping. Dit betekent het optreden van zowel zwel- als krimpverschijnselen, met onder andere zuurstofgebrek als gevolg van bodemverdichting.

Met de juiste maatregelen bleek het in het algemeen mogelijk de gronden na enkele jaren weer zonder beperkingen voor gewasteelt te kunnen gebruiken. Als voornaamste maatregelen kunnen genoemd worden de stimulering van uitspoeling van het (zeer oplosbare) natriumchloride uit het bodemwater via adequate drainage van regenwater en eventueel extra aangevoerd zoet rivierwater, en de verdrijving van het natrium uit het adsorptiecomplex door toevoeging van calcium via gips. Daarnaast werd rijping van de gronden bevorderd door beplanting met al dan niet zouttolerante pioniersgewassen.

### 2.2 Permanente invloed van zout water

Naast de extreme omstandigheden van (tijdelijk) met zeewater gecontamineerde gronden, is er in ons land altijd een meer sluipend en continu proces van verzilting geweest.

1. Verzilting van het oppervlaktewater door (vooral in perioden met lage afvoer) via de zeegaten binnendringend zeewater. Daarnaast is er de (inmiddels sterk afgenomen) verzilting van de Rijn en de Maas door vooral industriële afvallozing (met name uit de kalimijnen), en de afstroming van in het volgende punt genoemde zoute kwelwater.
2. Verzilting van het grondwater en de bodem door zout kwelwater dat vooral in de diepe polders en langs de kust omhoog wordt gedreven door het hydrostatische drukverschil met de omliggende hogere gebieden en het hogere niveau van het buitenwater. In de bodem accumuleert dit zout door het verdampingsoverschot in de zomermaanden.



In het algemeen is het neerslagoverschot in ons land gemiddeld voldoende om het zout dat zich in de zomer in de bovenste meters van de landbouwgrond ophoopt, gedurende de wintermaanden weer uit te spoelen. Dit leidt normaliter aan het begin van de winter tot een verhoging van het zoutgehalte in de sloten. Dit zout wordt vervolgens via doorspoeling met overtollig regenwater en/of zoet rivierwater naar zee afgevoerd.

Afgezien van calamiteiten met betrekking tot overstromingen met zeewater, doen verziltingsproblemen in de bodem en in het oppervlaktewater zich dus vooral voor in droge perioden. Het effect hiervan is vooral voelbaar in het oppervlaktewater wanneer door de geringe rivierafvoer het zout via de zegaten opdringt. Vooral als de zouttong op de Nieuwe Waterweg doordringt tot voorbij de monding van de Hollandse IJssel komt hierdoor de zoetwater voorziening van Zuidwest en Midden Nederland in gevaar. Vooral de tuinbouw is gevoelig voor (een geringe) verhoging van het chloridegehalte van het gietwater, maar ook akker- en weidebouw ondervinden schade door beperking in het opzetten van slootpeilen, doorspoeling, beregening en veedrenking.

Sedert het extreem droge jaar 1976 zijn de mogelijkheden om water vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal en het IJsselmeer naar het westen en zuiden te transporteren verruimd, maar ook in dit aangevoerde water stijgt in droge perioden het chloridegehalte, en bovendien kan deze extra toevoer de beschikbaarheid van zoet water vanuit het IJsselmeer voor de noordelijke provincies, in gevaar brengen.

De grootte van de schade aan akkerbouwgewassen door verzilting met kwelwater is niet goed te kwantificeren omdat het een complex verschijnsel betreft, waarbij verzilting en verdroging meestal samengaan. Daarbij gaat het bij zoutbeschadiging om het effect van een combinatie van o.a. bodemgesteldheid, reliëf, ontwateringsstelsel, klimaat en verzilting. Bovendien is ook de kennis van de mate van zouttolerantie van de verschillende gewassen onder verschillende omstandigheden van klimaat en bodem, beperkt.

Duidelijk is in elk geval dat de veronderstelde klimaatsverandering in de nabije toekomst tot gevolg zal hebben dat het probleem van de combinatie van verzilting en verdroging zal toenemen vanwege de toename van aantal en intensiteit van droge perioden en afnemende aanvoer van rivierwater in de zomer, terwijl daarnaast door de stijgende zeespiegel en dalende bodem de intensiteit van de kwel juist zal toenemen.

Wat de verwachting ten aanzien van de toename van de kwel in de noordelijke provincies betreft wordt vooralsnog verondersteld dat, afgezien van de gebieden vlak achter de zeedijken, de toename van de zoute kwelflux en het opdringen van het zoutfront in de ondergrond door zeespiegelstijging en bodemdaling beperkt zal zijn, maar dat de natuurlijke doorspoeling van de bodem door regenwater zal afnemen. Daarnaast wordt gevreesd dat de mogelijkheden om zowel het zout in de bodem via beregening uit te spoelen, als het zout uit de sloten via doorspoeling te verwijderen, beperkt zal worden door de afnemende beschikbaarheid van IJsselmeerwater.

De interesse van het verziltingsonderzoek is in het verleden voornamelijk beperkt gebleven tot het eerder genoemde proces van uitspoeling van het zoute water en structuurverbetering bij ontzilting. Daarnaast is er in het kader van het nationale onderzoek van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN) in het begin van de jaren '50, een landsdekkende inventarisatie van de verzilting van landbouwgronden uitgevoerd. In latere jaren volgde meer gedetailleerd onderzoek in verschillende programma's en regio's naar zowel zoutgehalten en kwelfluxen van het grondwater, als naar de mate van verzilting van oppervlaktewater. Voorts is

hierbij in een aantal gevallen aandacht besteed aan zoutbeschadigingen en groeiremmingen van verschillende gewassen.

De processen die spelen bij de interactie tussen infiltrerend zoet regenwater en het door kwel omhoogkomende zoute bodemwater zijn in het verleden echter nog niet diepgaand geanalyseerd. Dit had vooral te maken met het feit dat het tot voor kort ontbrak aan adequaat meetinstrumentarium en aan gecombineerde transport- en procesmodellen (inclusief rekenmethoden voor meer-fasen en dichtheidsstromingen). Het huidige rapport geeft het resultaat van een eerste systematische verkenning en analyse van deze complexe processen.

### 3. Dynamisch patroon van de interactie tussen zoet en zout water

Vanwege de bovengenoemde verwachting dat vooral de akkerbouw in toenemende mate te maken zal krijgen met gecombineerde effect van verdroging en verzilting, en het feit dat de processen die zich hierbij afspelen slechts globaal bekend zijn zodat het moeilijk is om gerichte mitigerende maatregelen te nemen, is in de provincies Groningen en Friesland een detailonderzoek op perceelsniveau uitgevoerd naar de seizoensgerelateerde patronen en bewegingen van zoet en zout grondwater.

#### 3.1 Oorsprong van de zoute kwel

In het overgrote deel van West- en Noord-Nederland zijn in de laatste 7000 jaar marine kleirijke afzettingen gevormd in een milieu van wadden en estuaria. Hierbij is zout water tot op grote diepten in de ondergrond gedrongen. Nadat in latere stadia de kust deels werd gesloten door strandwallen, duinen en dijken, verzoette het milieu en ontwikkelde zich over grote gebieden veen. Het gevolg was dat in de bovenste bodemlagen zoet grondwater binnendrong dat min of meer dreef op het stagnerende 'oude' zoute water.

Na de bedijkingen en ontginningen daalde de bodem door ontwatering en inklinking en ontstonden diepe polders in droogmakerijen. Deze lappendeken van polders met verschillende peilen bracht een gecompliceerd systeem van grondwaterbewegingen op gang tussen hoger en lager gelegen gebieden, waardoor het diepere 'oude' zoute water weer in beweging werd gebracht en als zoute kwel in vooral de diepere polders omhoog kwam. De sterkte van de kwel wordt bepaald door de (relatieve) diepte van de polder en de weerstand van de afdekkende klei en veenlagen. Naast dit oude zoute water dringt langs de kust ondergronds (recent) zeewater binnen. Het negatieve effect van de zoute kwel is vooral manifest aan het einde van de zomer wanneer door het verdampingsoverschot het zout in de bodem accumuleert.





### 3.2 Regenwaterlenzen

Dat ondanks de zoute kwel in ons land landbouw mogelijk is, is (zoals eerder gezegd) het gevolg van het neerslagoverschot dat het zout, dat zich in de droge perioden in de bodem ophoopt, in de natte perioden weer uitspoelt. Hierdoor neemt het zoutgehalte in de sloten aan het einde van de zomer toe. Dit zout wordt uiteindelijk met het overtollige regenwater en eventuele doorspoeling met rivierwater naar zee afgevoerd.

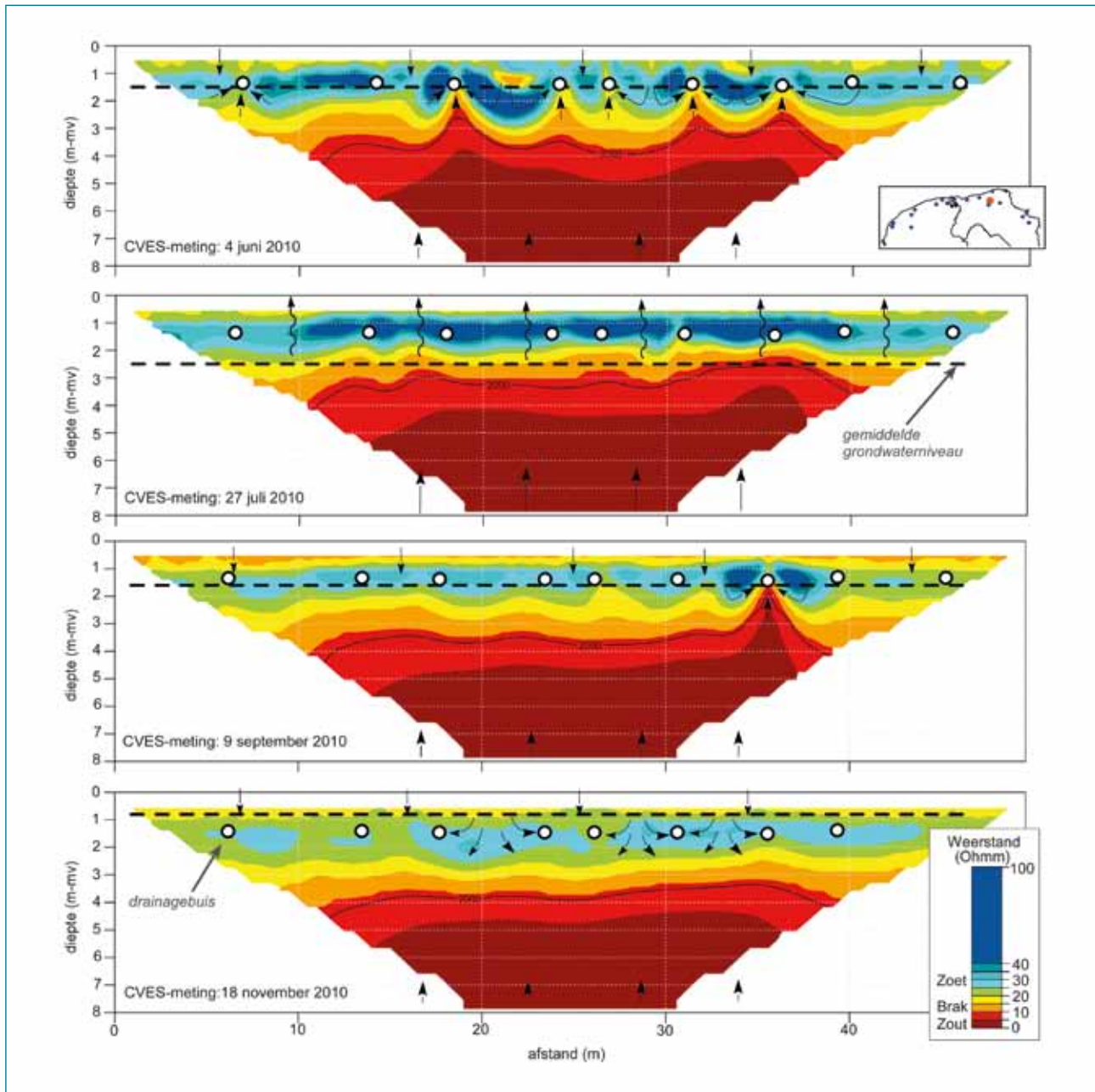
Het klassieke beeld is dat het bodemvocht gedurende de zomer in toenemende mate zouter wordt en in de winter door verdunning weer verzoet. Meer recent is ontdekt dat in plaats van een min of meer homogeen systeem van een met de seizoenen wisselende zoutconcentratie, er een situatie heerst waarbij het geïnfilterde regenwater als een zoetwaterlens op het zoutere water drijft. Deze lens vertoont een, aan de seizoenen gerelateerd gedrag van uitdijing en krimp. De schaal waarop deze lenzen kunnen optreden is die van de afstand tussen twee drainagebuizen of greppels i.e. minder dan 10 meter in doorsnede.

In het kader van het onderhavige onderzoek zijn op 18 percelen in Friesland en Groningen zeer gedetailleerde veldmetingen gedaan, met behulp van boringen en geofysische meetmethoden, naar de verbreiding en dynamica van deze regenwaterlenzen. De percelen zijn zodanig geselecteerd dat vrijwel alle situaties van bodemsoort, bodemdikte, drainagesysteem, kwel en gewas zijn vertegenwoordigd. 17 percelen zijn voorzien van buisdrainage; 1 perceel wordt met greppels ontwaterd. De metingen zijn op 16 percelen in het voor- en najaar uitgevoerd, terwijl op 2 percelen continue metingen zijn verricht. De onderzochte gebieden vertonen een matige kwel van minder dan 1 mm/dag (gemiddeld rond de 0.5 mm/dag). In enkele gevallen treedt alternerend kwel en infiltratie op. Het zoutgehalte in het grondwater onder de door regenwater beïnvloede zone ligt in het onderzochte gebied boven de 5000 mg chloride per liter.

De belangrijkste algemene inzichten die uit de waarnemingen met betrekking tot het gedrag van de regenwaterlenzen konden worden gedestilleerd, zijn:

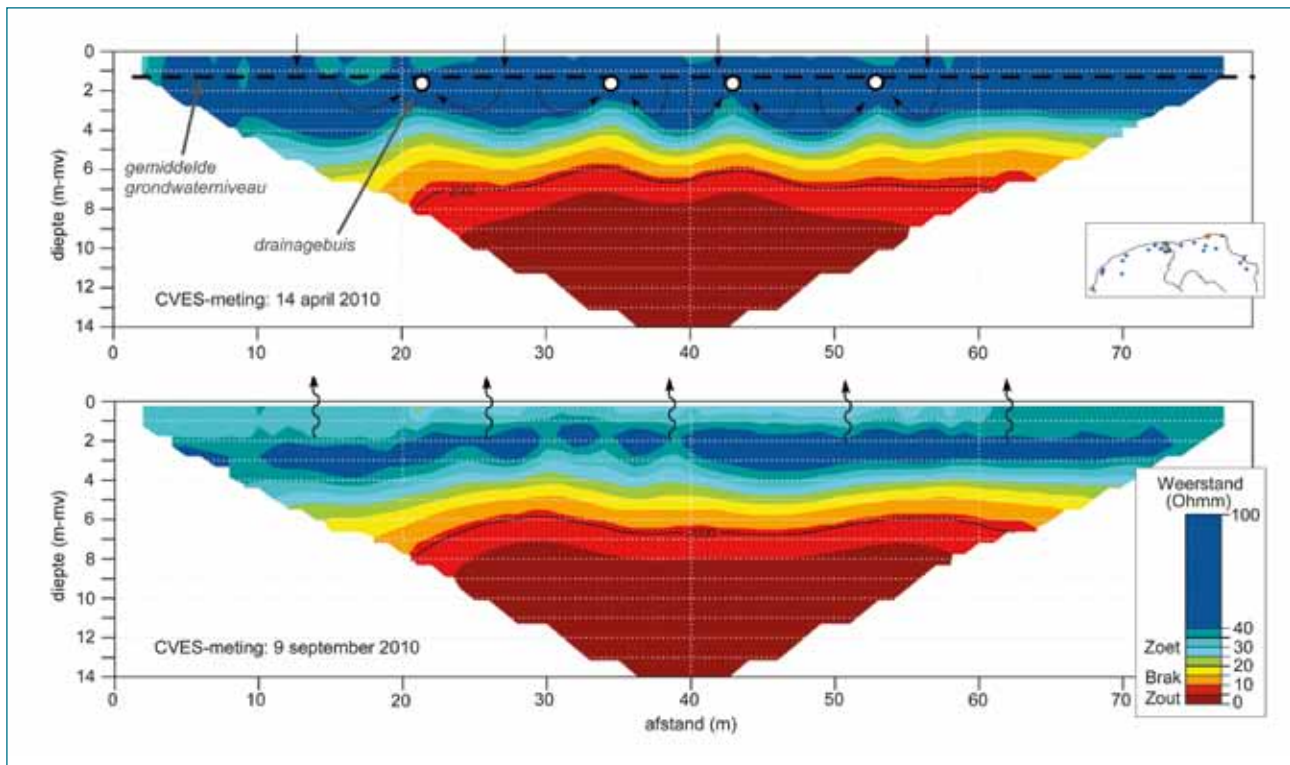
- Tussen de drains ontwikkelen zich lokale zoetwaterlenzen die horizontaal begrensd worden door 'vingers' van zout water die onder de drains worden opgetrokken vanuit het onderliggende zoute water. De vorming van de zoutwater vingers is een gevolg van de radiale grondwaterbeweging naar de drains, zodanig dat bij afnemende infiltratie de vingers zwakker worden en uitzakken als de drainage stopt. Zo kunnen in droge perioden de individuele lenzen samensmelten doordat de tussenliggende vingers verdwijnen. De uitzakkende vingers laten geen zout achter.
- Terwijl tijdens afnemende infiltratie de lens horizontaal expandeert door de verzwakking van het effect van vingering, vindt een algemene stijging van het zoutwater front plaats en wordt de lens dus dunner.
- Het niveau van de drains vormt een barrière voor het omhoogkomende diepere zoute water (zo lang de zoetwater lens niet geheel verdwijnt), zodat een diepere ligging van de drains in het algemeen leidt tot een diepere ligging van de zoet/zoutgrens. In het begreppelde gebied steeg deze grens naar het oppervlak. Het vlak door de drains komt min of meer overeen met de grondwaterspiegel. Vanuit dit vlak kan zout door capillaire opstijging in de wortelzone terecht komen.
- De diepte van de drains is dus voor een belangrijk deel bepalend voor de kans dat het zout in de wortelzone komt. Zavelige bodems vertonen de sterkste capillaire opstijging. Zwarte klei heeft theoretisch de hoogste capillaire stijghoogte, maar zowel de geringe capillaire doorlatendheid als het optreden van scheuren verhindert in deze grondsoort een sterk capillair transport.

De figuren op de volgende twee pagina's illustreren de (geofysische) waarnemingen uit het veldonderzoek en de uit de metingen gedestilleerde inzichten. Meer omvattend zijn deze waarnemingen besproken in het rapport van het verziltingsspoor (Acacia, 2011)



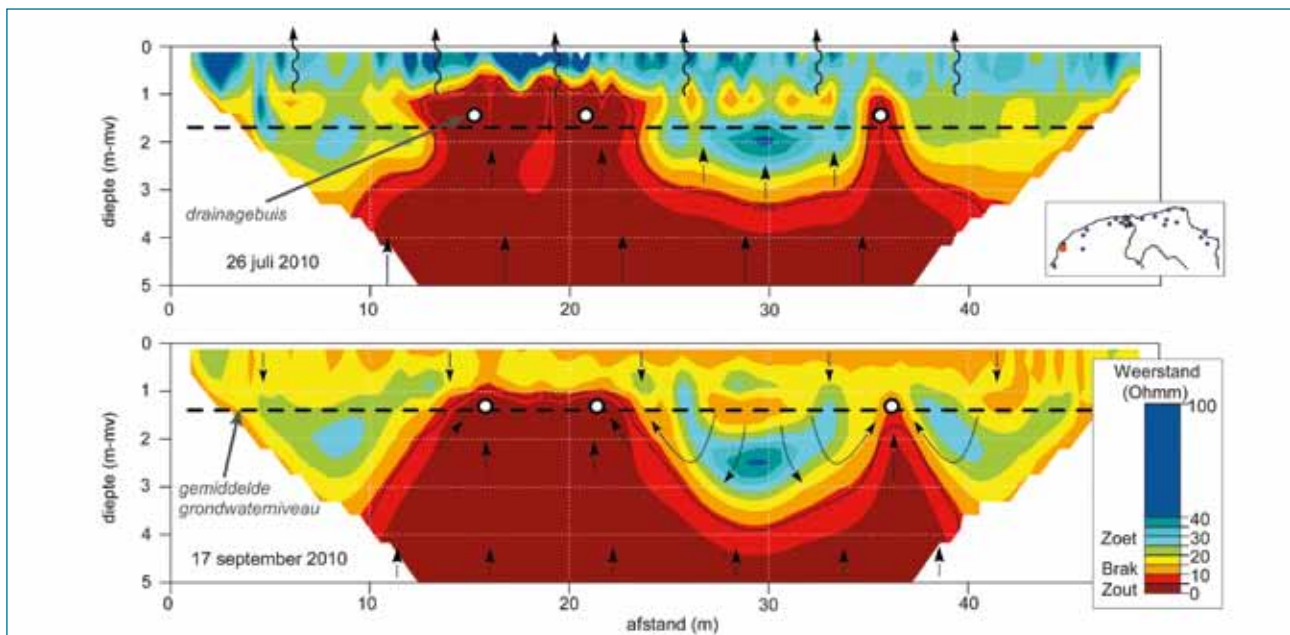
Figuur 1.

Verticaal transect van de bodem, loodrecht op de drainagebuizen onder een landbouwperceel in Rottum. De figuren tonen de elektrische weerstand van de bodem en het bodemvocht. Een lage weerstand (rood) wijst op de aanwezigheid van zout grondwater; een hoge weerstand (blauw) op zoet water. De figuren tonen de dynamiek van het zoet-zoutsysteem onder invloed van de seizonale fluctuaties. De tweede figuur toont het omhoog komen van het zoet-zout grensvlak in de zomer als gevolg van toenemende verdamping en tijdelijk toenemende kwelflux door een in de zomer dalende grondwaterstand. De onderste twee figuren tonen de uitspoeling van het in de zomer omhoog gekomen zout door regenwater.



Figuur 2.

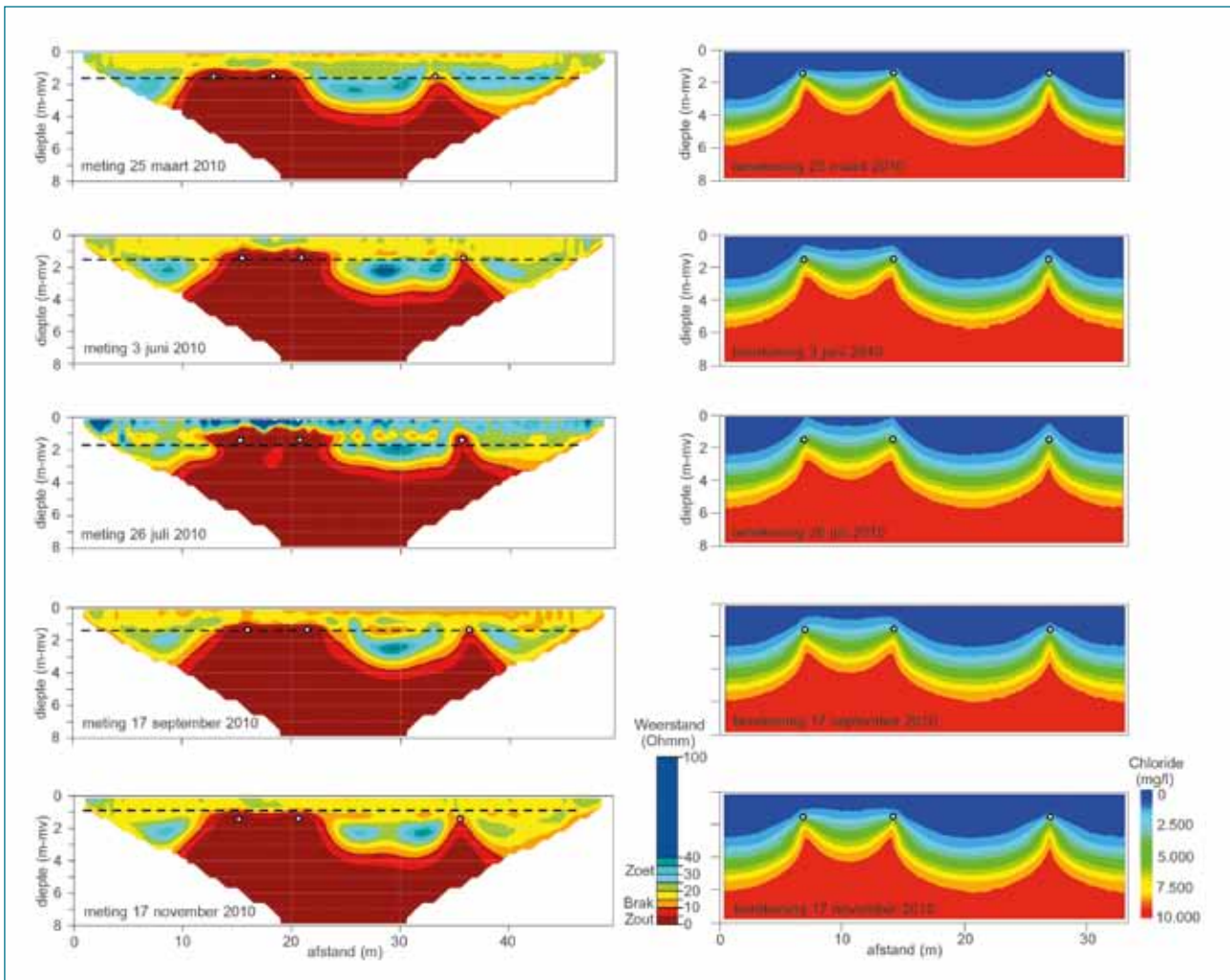
Verticaal transect van de bodem loodrecht op de drains onder een landbouwperceel in Uithuizen.. In de figuur is het seizoenale verschil in de dynamiek van het hydrologisch systeem geïllustreerd aan de hand van pijltjes. De bovenste figuur toont het einde van de natte periode, met lopende drains en optrekkende “zoutvingers”. De onderste figuur toont een situatie zonder opende drains en bijbehorende uitzakking van de “zoutvingers”.



Figuur 3.

Verticaal transect van de bodem onder een landbouwperceel in Herbijum. Vanwege een sterke kwel flux reikt ter plaatse altijd zout water tot de drains, zodat altijd een zoetwaterlens ontstaat. De bovenste figuur toont de zomersituatie, de figuur onder de situatie in september. De figuren tonen twee fenomenen. Ten eerste de krimp van de zoetwaterlens in de zomersituatie en de uitzakking van de lens in september. Ten tweede de aanwezigheid van zout water boven de grondwaterspiegel (stippellijn) in de zomersituatie als gevolg van capillaire opstijging.

De waarnemingen van het gedrag van de lenzen is gebruikt om een computer-simulatiemodel te ontwerpen voor het beschrijven en berekenen van de zoet- en zoutwater bewegingen. Als gebiedskenmerkende parameters zijn hierbij gehanteerd: de bodemeigenschappen (inclusief doorlatendheid), het drainagesysteem, de kwelintensiteit, en het gewastype (gras, tarwe, aardappelen). Klimaat middels neerslag en verdamping zijn in het model als input variabelen gekozen. Op deze wijze zijn het jaar 2005 (gemiddelde klimatologische situatie) en het droge jaar 2003 doorgerekend voor 48 verschillende perceelsmodellen. Het model kan naast het gedrag van het bodemwater ook het zoutgehalte van het water dat door de drains wordt afgevoerd simuleren.



Figuur 4.

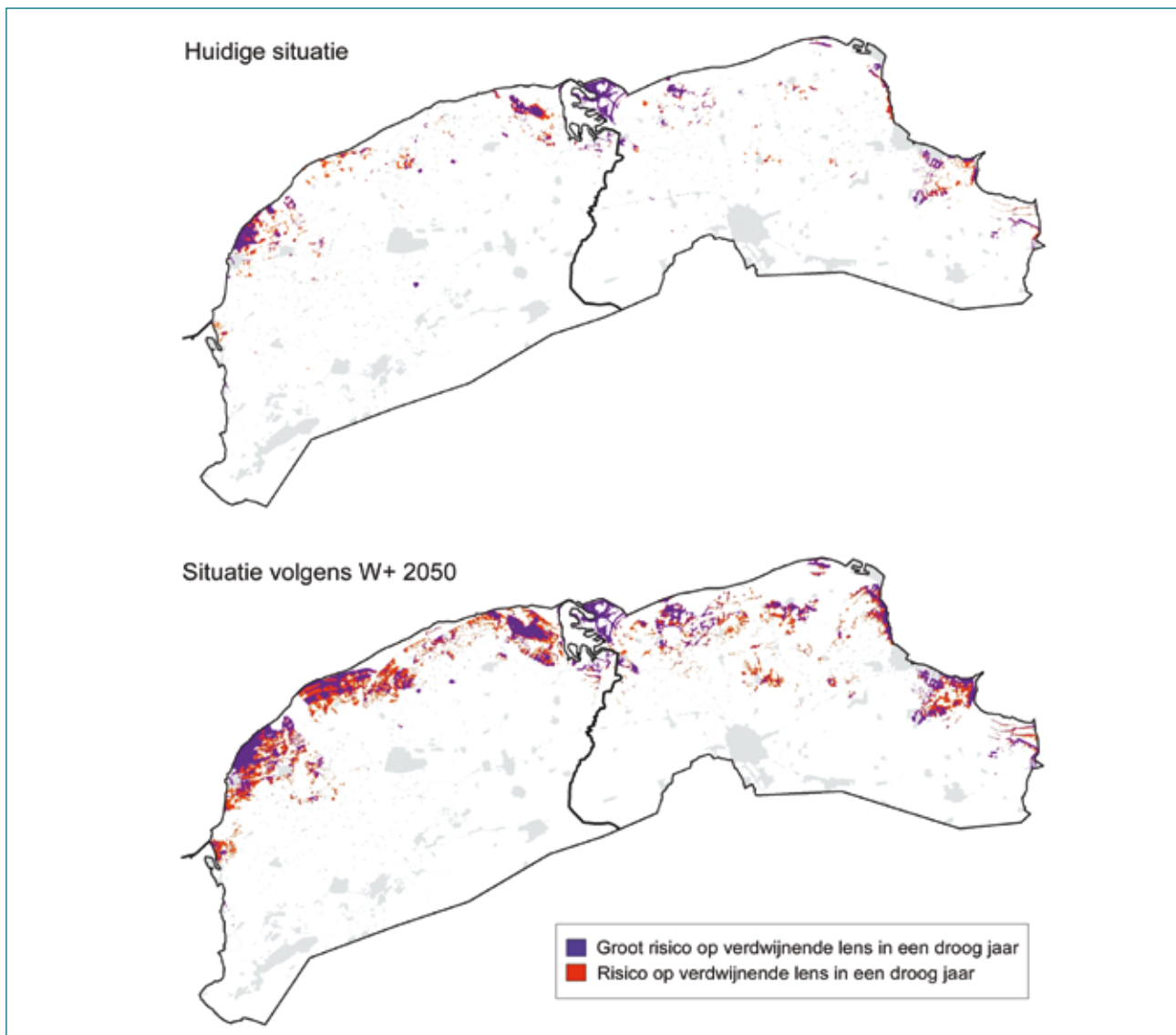
Vergelijking CVES metingen en gesimuleerde zoet-zout verdeling voor perceel Herbaaijum. Opgemerkt zij dat links de gemeten waarden in Ohmm (weerstand) zijn en rechts de gesimuleerde waarden in gram chloride per liter zijn weergegeven. De contourlijn in de weerstandsfiguren correspondeert met de 2000 mg/l contour.

Uit de resultaten blijkt dat de dikte van de zoetwaterlens (bij dezelfde klimatologische situatie) toeneemt bij afnemende kwelflux, toenemende diepteligging van de drains, en afnemende doorlatendheid van de bodem (vanwege de grotere regenwater opbolling tussen de drains bij geringere doorlatendheid). Onder de huidige omstandigheden verdwijnt in een droog jaar als 2003 de zoetwaterlens aan het einde van de zomer in situaties waar de kwel meer dan 1 mm/dag bedraagt. Bij een kwelflux van minder dan 0.1 mm/dag blijft de lens steeds dikker dan 1 m. In alle gevallen is er bij een diepte van de zoet/zout grens van meer dan 5 m geen gevaar voor verzilting van de wortelzone.



Vervolgens is met behulp van dit model een indicatieve gebiedsdekkende verziltingsrisicokaart samengesteld op basis van de beschikbare bodemkaart en de kwelverdelingskaart. Als criterium voor het risico op verzilting is gekozen voor de dikte van de zoetwaterlens: Bij een minimale dikte van de lens van 0,5 m is er geen risico; een reductie van de zoetwaterlens tot minder dan 0,25 m geldt als risico, en het geheel verdwijnen van de zoetwaterlens geldt als groot risico.

De risicoscenario's zijn doorgerekend voor de huidige gemiddelde situatie (jaar 2005) en voor het droge jaar 2003. Vervolgens zijn zowel de gemiddelde situatie als de '2003-situatie' doorgerekend voor het klimaatscenario (W+) volgens het KNMI voor de klimaatsituatie rond 2050. Hierbij is geen rekening gehouden met de te verwachten toename van de kwel door zeespiegelstijging en bodemdaling. De onderstaande figuur toont de verziltingsrisicokaarten.



Figuur 5. Berekende verziltingsrisicokaarten van Noord-Nederland voor de huidige situatie en het W+ (2050) toekomstscenario. De figuren tonen de gebieden waar een (groot) risico bestaat voor het verdwijnen van de regenwaterlens in een droog jaar zoals 2003.

Het verdwijnen van de neerslaglens betekent niet per definitie dat de wortelzone van de gewassen verzilt, zodat verziltingsschade optreedt. Hiervoor zijn de processen boven de grondwaterspiegel in de onverzadigde zone mede bepalend.

Naast het risico van het verdwijnen van de zoetwaterlens is een voorspelling gemaakt voor de toename van de verzilting in de wortelzone voor de verschillende situaties van bodem, drainagesysteem, zoet-zout grensvlak, gewastype, en intensiteit en zoutconcentratie van de kwel. De getallen zijn berekend op grond van theoretische modellen en zijn – anders dan bij het verzadigd grondwater - niet gevalideerd met metingen. De uitkomsten zijn dus indicatief. Dit nodigt uit tot vervolgonderzoek waarin metingen in de wortelzone worden gedaan. Zie voor de berekeningsresultaten voor de huidige situatie en voor het W+ scenario de onderstaande tabellen.

Chloridegehalte op 50 cm beneden maaiveld: draindiepte is 150 cm			
		huidig 2003	huidig 2005
lichte zavel	gras	699	13
	tarwe	98	1
	aardappelen	211	1
zavel/ lichte klei	gras	186	22
	tarwe	37	1
	aardappelen	16	0
klei	gras	0	0
	tarwe	0	0
	aardappelen	0	0

Chloridegehalte op 50 cm beneden maaiveld: draindiepte is 100 cm			
		huidig 2003	huidig 2005
lichte zavel	gras	7090	2630
	tarwe	3150	553
	aardappelen	5520	896
zavel/ lichte klei	gras	7780	4470
	tarwe	4120	584
	aardappelen	6260	1870
klei	gras	76	23
	tarwe	31	1
	aardappelen	8	1

Figuur 6.

Tabel met met SWAP berekende chloridegehalten in het bodemvocht op draindieptes van 150 cm (boven) en 100 cm (onder) onder maaiveld. Berekeningen zijn gedaan voor een droog jaar (2003) en een gemiddeld jaar (2005) voor verschillende combinaties van bodem en gewas.



Chloridegehalte op 50 cm beneden maaiveld: draindiepte is 150 cm			
		W+ 2003	W+ 2005
lichte zavel	gras	1590	6
	tarwe	828	10
	aardappelen	507	5
zavel/ lichte klei	gras	663	41
	tarwe	344	15
	aardappelen	35	3
klei	gras	0	0
	tarwe	0	0
	aardappelen	0	0

Chloridegehalte op 50 cm beneden maaiveld: draindiepte is 100 cm			
		W+ 2003	W+ 2005
lichte zavel	gras	8610	3850
	tarwe	5960	909
	aardappelen	6900	2080
zavel/ lichte klei	gras	8980	6930
	tarwe	7790	4560
	aardappelen	7290	3970
klei	gras	309	47
	tarwe	186	16
	aardappelen	13	2

Figuur 7.

Idem als bovenstaande tabel, behalve dat de berekeningen zijn uitgevoerd voor een nat en een gemiddeld jaar in het W+ scenario (2050) volgens het KNMI.

De resultaten kunnen voor Noord Nederland voor die gebieden waar de zoet/zoutgrens op minder dan 5 m diepte voorkomt, als volgt worden samengevat:

- In de huidige situatie kan de zoetwaterlens in een beperkt aantal gebieden in een droog jaar verdwijnen.
- In lichte zavelbodems en zavel/kleibodems is geen risico gevonden voor een normaal jaar. In een droog jaar, zoals 2003, is een toename boven het maximaal toelaatbare chloridegehalte in de wortelzone in een aantal gebieden gevonden voor gras, tarwe en aardappelen.
- Als het klimaat verandert volgens het KNMI scenario W+ voor 2050, volgt uit de berekening dat in zavelgronden voor de meeste gewassen in een gemiddeld jaar er een risico is dat de wortelzone vanuit het grondwater wordt verzilt tot meer dan 2000 mg/l.

## 4. Perceptie in de noordelijke provincies met betrekking tot het verziltingsvraagstuk

Uit de interviews van het IVM/VU met bestuurders, beleidsmedewerkers en agrariërs in de provincies Groningen en Friesland blijkt dat nagenoeg alle betrokkenen er van uitgaan dat de verzilting in de toekomst zal toenemen als gevolg van klimaatsverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling.

Over het antwoord op de vraag in hoeverre verzilting nu reeds een rol speelt bestaat geen eenstemmigheid. Vooral Groningse agrariërs en Friese beleidsmedewerkers veronderstellen dat er ook onder de huidige omstandigheden verziltingschade optreedt. Het probleem is dat verzilting vooral verwacht kan worden in droge perioden, zodat het moeilijk is het aandeel gewasbeschadiging door verzilting te scheiden van de beschadiging door verdroging.

Voor de toekomst wordt vooral gevreesd voor een afnemende beschikbaarheid van IJsselmeerwater in droge perioden, zodat zowel de doorspoeling van verzilte grond en watergangen, als de mogelijkheden van beregening in gevaar komen.

Vooral beleidsmedewerkers, maar ook de agrariërs zelf, zijn zich ervan bewust dat in de strijd tegen toenemende verzilting door kwel een goed beheer en beheersing van de regenwaterlenzen in de bodem van cruciaal belang zijn. Er zal wellicht een nieuw optimum moeten worden gezocht in de drainagepraktijk tussen water vasthouden en water afvoeren.

Tot deze categorie van mitigerende (weerstandbiedende) maatregelen vallen ook een meer efficiënt gebruik en beheer van het beschikbare oppervlaktewater. Hierin kunnen ook de ontwikkeling en inrichting van natuurgebieden een rol spelen. Van belang is dat in geval van de ontwikkeling van brakke natuur er een duidelijk onderscheid wordt gemaakt tussen gewenste verzilting en ongewenste verzilting. Agrariërs menen dat er hierbij vaak te weinig oog is voor hun belangen.

Naast mitigerend (vooral technische maatregelen), zijn betrokkenen sterk geporteerd voor het uitvoeren van onderzoek naar mogelijke adaptatie ('meebewegen') door gebruik van zouttolerante gewassen. Hierbij wordt in eerste instantie gedacht aan veredeling van de bestaande soorten. Ook bij de huidige gewassen is er overigens nog wel verbetering te vinden op het gebied van gewaskeuze in relatie tot variatie in bodemgesteldheid en vocht karakteristieken (inclusief zoutsituatie). Op langere termijn zal ook de invoering van genetische modificatie van gewassen wel een rol gaan spelen (gedacht wordt hierbij aan een termijn van de orde van 25 jaar). Bij deze ontwikkelingen op het gebied van geschikte gewasvariëteiten ziet men vooral een belangrijke taak voor de landbouworganisaties, terwijl bij de technische maatregelen vooral de overheid (en met name de waterschappen) het voortouw dienen te nemen.

Wat betreft mogelijke kansen die verzilting voor de landbouw zouden kunnen bieden, ziet men vooral mogelijkheden in de ontwikkeling van droogte- en zouttolerante varianten van de gangbare gewassen. Hiervoor zou wellicht een grote buitenlandse afzetmarkt kunnen ontstaan; gedacht wordt met name aan zouttolerante pootaardappelen. Voor de teelt van zilte gewassen en het pionieren met alternatieve producten ziet men slechts een beperkte rol weggelegd. Voorlopig is hiervoor de afzetmarkt nog zo gering dat dit soort teelt geen alternatief kan zijn (en voorlopig ook niet zal worden) voor de grootschalige akkerbouw.





## 5. Conclusie en oplossingsrichtingen

Uit dit onderzoek is gebleken dat zelfs in de noordelijke provincies, waar de kwelfluxen relatief laag zijn en onder de huidige omstandigheden vrijwel steeds minder dan 1 mm/dag bedragen, er nu reeds gebieden voorkomen die gevoelig zijn voor verzilting in droge jaren. De verwachting is dat het areaal met verziltingsrisico zich de komende decennia aanzienlijk zal uitbreiden.

De regenwaterlenzen zijn van cruciaal belang voor de akkerbouw in gebieden met zoute kwel. Met behulp van het onderhavige onderzoek konden de fysische input parameters en variabelen worden bepaald waarmee het gedrag van deze kwetsbare zoetwatervoorkomens bevredigend kon worden gemodelleerd. Hiermee konden voorts indicatieve ruimtelijke opschalingen en extrapolaties naar de toekomst worden gemaakt.

De verziltingsrisicokaart toont waar de regenwaterlenzen onder droge omstandigheden kunnen verdwijnen. Het verdwijnen van de regenwaterlens kan leiden tot verzilting van de wortelzone. De diepte van de aanwezige drainage, het bodemtype en het soort verbouwd gewas spelen hierbij een rol. Het is met de huidige kennis nog niet mogelijk om het verziltingsrisico per gewastype te kwantificeren. Hiervoor ontbreekt het aan specifieke veld- en gewaskennis voor de situatie van Noord-Nederland.

Evenmin is duidelijk hoe de aanwezigheid van chloride in de wortelzone zijn invloed heeft op het groeien van de plant. Drie processen van verzilting in de wortelzone worden onderscheiden; verslemping van de grond, verstoring van de ionenbalans in de plant en gestoorde vochtopname van de plant door verandering van de osmotische potentiaal. De wisselwerking tussen deze processen en het effect op de groei van de plant is nog onvoldoende bekend.

Bovengenoemde onzekerheden en hiaten in kennis zorgen dat het op dit moment niet mogelijk is met voldoende zekerheid een gekwantificeerd verziltingsrisico voor de landbouw in Noord-Nederland te bepalen. Vervolgonderzoek is noodzakelijk om deze stap te zetten.

Wat we op basis van de nu beschikbare kennis wel kunnen stellen, is dat het duidelijk is dat in algemene zin de landbouwsector in Noord-Nederland voor een uitdaging wordt geplaatst, wanneer de zoetwaterlenzen zullen verdwijnen onder invloed van het veranderend klimaat. Zonder dat de precieze kwantificeringen bekend zijn is het uit metingen en modelleringen duidelijk dat a) de zoetwaterlenzen onder omstandigheden kunnen verdwijnen en b) het zout vervolgens de wortelzone kan bereiken door capillaire opstijging.

Dit gegeven dwingt de gebruikers van het water en de voor landbouw bestemde ruimte (de agrariërs) alsmede de beheerders (waterschappen en provincies) keuzes te maken in hun beleid rondom de toekomstbestendigheid van onder andere zoet water.

Een verandering in de hydrologische omstandigheden kan zowel een risico voor het bestaande landgebruik betekenen, als een kans voor een nieuw gebruik van de ruimte. Het meest genoemde voorbeeld van een kans is het bevorderen van zoutminnende teelten of zilte aquacultuur (o.a. viskweek). De economische vooruitzichten voor grootschalige teelt van zilte gewassen of zilte aquacultuur zijn echter matig.

Naast dit gegeven blijkt uit de percepties van gebruikers en beheerders weinig animo voor het aanpassen van de huidige zeer succesvolle landbouwsector ten gunste van zoutminnende gewassen. Het ligt dus voor de hand om in Noord-Nederland van een verziltingsrisico te spreken. In plaats van een verziltingskans.

De betrokken agrariërs, landbouworganisaties, waterschappen en provinciale beleidsmakers zijn zich duidelijk bewust van deze problematiek en zijn van mening dat nu reeds begonnen moet worden met het onderzoeken van maatregelen die anticiperen op te verwachten ontwikkelingen. Hierbij wordt aan twee sporen gedacht:

- *Aanpassing ('meebewegen')* middels het ontwikkelen van zouttolerante variëteiten van gangbare gewassen en toepassing van meer specifieke gewaskeuzen in relatie tot variatie in bodemgesteldheid en zoutsituatie.
- *Mitigerende maatregelen ('weerstand bieden')* met behulp van technische oplossingen voor een efficiënter beheer van het beschikbare zoete water, met vooral aandacht voor de situatie van de regenwaterlenzen en het vochtprofiel boven de drain in gebieden met zoute kwel. Voor de beheersing van aanwezige zoete bodemwater, dat cruciaal is voor het voortbestaan van met name de akkerbouw, zal vooral de inrichting van het drainagesysteem het belangrijkste instrument zijn. Gezocht moet worden naar een nieuw optimum tussen de eisen van de ontwatering enerzijds, en het vasthouden van het water voor droogte- en zoutbestrijding, anderzijds.

In het algemeen geldt dat de oplossingsrichtingen en maatregelen tegen de dreigende verzilting niet op zichzelf beschouwd moeten worden. Het verdient aanbeveling om gebruik te maken van de resultaten van het in het kader van Klimaat voor Ruimte uitgevoerde onderzoek Klimaat en Landbouw. Binnen dat onderzoek zijn andere uitdagingen voor de landbouw als gevolg van klimaatverandering benoemd en beschreven, zoals droogte, bodemstructuur enzovoorts. Bij het onderzoeken van oplossingsrichtingen is het verstandig om eventuele maatregelen breed te evalueren op zowel verzilting als andere thema's.

#### Beleidsrelevantie lokaal, regionaal en nationaal

De resultaten van dit onderzoek bieden handvatten voor beleid op lokale, regionale en bovenregionale schaal.

Door het begrijpen van de dynamiek van de zoetwaterlenzen kan worden geanticipeerd of maatregelen voor behoud van de zoetwaterlens en het voorkómen van verzilting kansrijk zijn. In het bijzonder lijkt slimme drainage (bijvoorbeeld peilgestuurd of een combinatie van drainagediepten) kansrijk. De resultaten van dit onderzoek kunnen leiden tot nieuwe drainagetabellen, die niet alleen rekening houden met natte omstandigheden maar ook met het weghouden van verzilting.

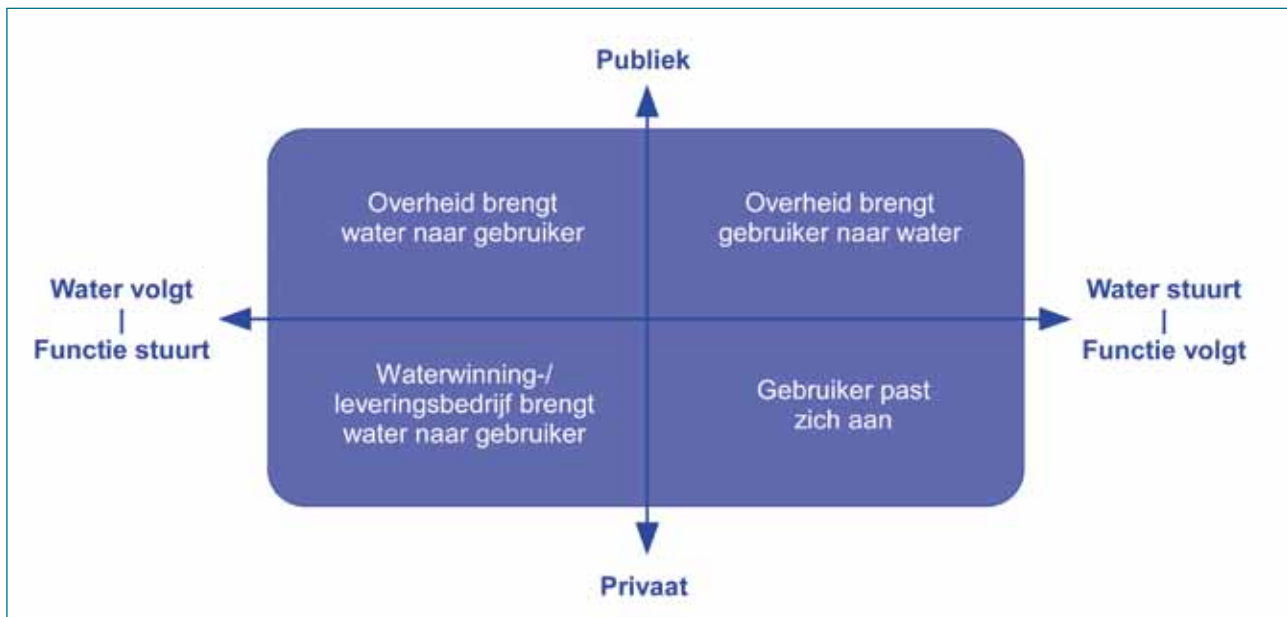
In combinatie met bijvoorbeeld peilgestuurde drainage kan onder omstandigheden in een perceel tijdelijk extra zoetwater worden gebufferd, waardoor een grotere zoetwaterlens gecreëerd wordt. Dit type maatregelen vergroot de zelfvoorzienendheid van de gebruikers van het zoete water, hetgeen leidt tot een verminderde zoetwatervraag aan het lokale watersysteem en uiteindelijk aan het hoofdwatersysteem.

Deze mogelijkheid sluit goed aan bij enkele van de denkrichtingen in het delta Zoetwater, die in het kader van de strategieontwikkeling van dit deelprogramma in de periode 2011-2014 worden uitgewerkt. De strategieontwikkeling in het deltaprogramma-deelprogramma Zoetwater maakt enerzijds onderscheid tussen strategieën (inclusief maatregelen) in het publieke of private domein en anderzijds strategieën (inclusief maatregelen), waarbij water volgt op bijvoorbeeld ruimtelijke ontwikkelingen en waarbij water sturend is.



Door dit te combineren ontstaat een assenkruis met vier kwadranten waarbinnen naar verdere strategieën (figuur 8) voor zoetwater wordt gezocht. Vijf strategische denklijnen zijn onderscheiden binnen het speelveld dat wordt gedefinieerd door het assenkruis.

In twee ervan, te weten de strategische denklijnen “water volgt beperkt” en “water stuurt gebruiker”, wordt rekening gehouden met (stimuleren) van maatregelen op perceelsschaal zoals de hierboven beschreven opties.



Figuur 8.

Assenkruis strategieontwikkeling deltaprogramma zoet water.

Naast het gebruiken van de in dit onderzoek ontwikkelde inzichten op lokale schaal, kan ook door de waterbeheerder op regionale schaal (polder, bemalingsgebied) beleid worden ontwikkeld. Dit gebeurt bijvoorbeeld door beleidsmatig onderscheid te maken tussen regio's met een groot risico op het verdwijnen van zoetwaterlenzen in een droge periode en regio's met een klein of geen risico. Voor deze twee typen regio's kan vervolgens ander doorspoelbeleid of een ander “serviceniveau” (plaatselijk bijstellen van de chloridenorm) worden gekozen. Waterschap Hunze en Aa's is ten tijde van dit schrijven reeds begonnen met een inventarisatie van hun meest verziltingsrisicovolle gebieden, om vervolgens beleid te maken rondom de daar gewenste waterkwaliteit en het al dan niet stimuleren van oplossingen op het perceel zelf. Dit moet in het licht worden gezien van het creëren van een verminderde afhankelijkheid van de zoetwateraanvoer uit het IJsselmeer voor een groot deel van de provincie Groningen en een deel van Drenthe.



## Referenties

### Verziltling Noord-Nederland onderzoek deelrapportages:

- 1) Staveren, G.A. van & Velstra J. (2011) “Klimaatverandering, toenemende verziltling en landbouw in Noord-Nederland, rapport Acacia Water.
- 2) Brouwer S. (2011) “Verziltling in perspectief”, rapport IVM/VU.
- 3) Snellen B., Essen E. van, Stuyt L.(2011) “Effecten van aan klimaatsverandering gerelateerde verziltling op de bedrijfsvoering van landbouwbedrijven in Noord Nederland” rapport Alterra en Aequator.

Prins P., Zoetendal J. (2011) “Boeren op weg naar een klimaatbestendige productie”, rapport in het kader van Klimaat en Landbouw (LTO-Noord, Grontmij).