



Anti-verziltingsdrainage

Met anti-verziltingsdrainage kan verzilting worden tegengegaan door het versterken van de zoetwaterlens.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE: VASTHOUDEN, BERGEN, AANVOEREN
4. SCHEMATISCHE WEERGAVE
5. WERKING
5. KOSTEN EN BATEN
6. RANDVOORWAARDEN EN KANSRIJKE LOCATIES
7. GOVERNANCE
8. LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN
9. KENNISLEEMTEN
10. LITERATUUR
11. OVERZICHT LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN

1. Inleiding

Een dunne laag zoetwater in de ondergrond (een zoetwaterlens) die op zout grondwater drijft maakt landbouw in zilte gebieden mogelijk ([De Louw et al., 2011](#)). Door bodemdaling en zeespiegelstijging neemt de zoute kweldruk steeds verder toe waardoor de dikte van de zoetwaterlens steeds verder afneemt (bijv. [Faneca Sánchez et al., 2012](#); [Oude Essink et al., 2010](#); [Van Baaren et al., 2016](#)). De verwachting is dat verzilting vaker en over een groter gebied op zal treden ([Haasnoot et al., 2018](#)). De akkerbouw zal in de toekomst dan ook vaker te maken krijgen zoutschade. Anti-verziltingsdrainage is een techniek waarbij verzilting kan worden tegengegaan door het versterken van de zoetwaterlens.

2. Gerelateerde onderwerpen en deltafacts

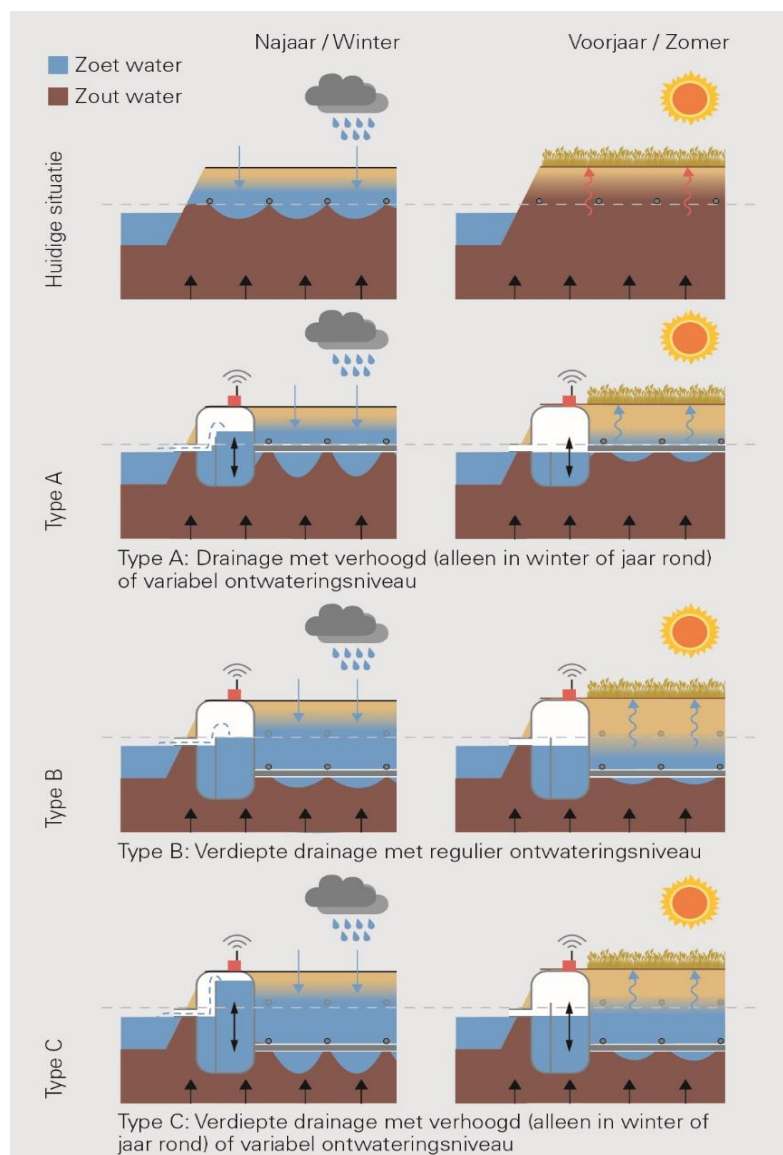
Onderwerpen: verzilting, aanvoerbehoefte zoet water, zelfvoorzienendheid, klimaatadaptatie, brakke kwel, onderwaterdrainage, vasthouden van water.
 Deltafacts: [Regelbare drainage](#), [Bodem als buffer](#), [Bodemvochtgestuurd beregenen](#), [Dynamisch peilbeheer](#), [Onderwaterdrainage](#).

3. Strategie: vasthouden, bergen, aanvoeren

Anti-verziltingsdrainage houdt de zoetwatorvoorraad in de ondergrond zo groot mogelijk, terwijl de ontwatering van het perceel gehandhaafd blijft.

Met anti-verziltingsdrainage kan de strategie 'vasthouden' worden gerealiseerd.

4. Schematische weergave



Figuur 1 Weergave type traditionele drainage, peilgestuurde drainage (type A) en anti-verziltingsdrainage type B en type C (drains2buffer)

5. Werking

Het concept van anti-verziltingsdrainage

In een gedraineerd perceel is de zoetwaterlens het dikst midden tussen de drainagebuizen in en het dunst ter plaatse van de drainagebuizen, waar snelle afvoer van regenwater plaatsvindt. Drainage kan daarmee de zoetwatervoorraad in de ondergrond sterk beïnvloeden.

Anti-verziltingsdrainage houdt de zoetwatervoorraad in de ondergrond zo groot mogelijk, terwijl de ontwatering van het perceel gehandhaafd blijft. Het aanleg- en ontwateringsniveau en de afstand tussen drainage-buizen wordt bij deze methodiek beter afgestemd op de grondwatersituatie van het perceel in relatie tot grondsoort en gewas (figuur 1). Een bijkomend voordeel is dat anti-verziltingsdrainage kan leiden tot een vermindering van de nutriëntenuitstroom naar de sloot.

Bij anti-verziltingsdrainage blijft de bergingscapaciteit van het oppervlaktewatersysteem behouden, in tegenstelling tot het toepassen van peilopzet in de sloten. De agrariër kan zelf de waterhuishouding van het perceel reguleren.

Typen anti-verziltingsdrainage

Voor anti-verziltingsdrainage bestaan drie typen drainagetechnieken (Figuur 1). Welke techniek het meest kansrijk is hangt af van locatie specifieke kenmerken waaronder bodemopbouw, kweldruk en mate van drooglegging . De volgende anti-verziltingsdrainage zijn te onderscheiden:

Drainage met een verhoogd ontwateringsniveau, oftewel peilgestuurde drainage (type A), verdiept aangelegde drainage met een regulier ontwateringsniveau (type B) en combinatie van A en B, verdiepte aanleg met verhoogd ontwateringsniveau (type C).

- Type A, wat overeenkomt met peilgestuurde drainage, waarbij een verhoogd ontwaterings-niveau zich richt op het verlagen van de zoute kweldruk uit de ondergrond door in het bestaande drainagesysteem een (instelbaar) verhoogd ontwateringsniveau te hanteren (structureel of alleen buiten groeiseizoen). De zoet-watervoorraad wordt vergroot en door de hogere grondwaterstanden neemt de (zoute) kweldruk af. Dit heeft een gunstig effect op de dikte van de zoetwaterlensen. Dit type kan ook worden gebruikt door bestaande drainage aan te passen.

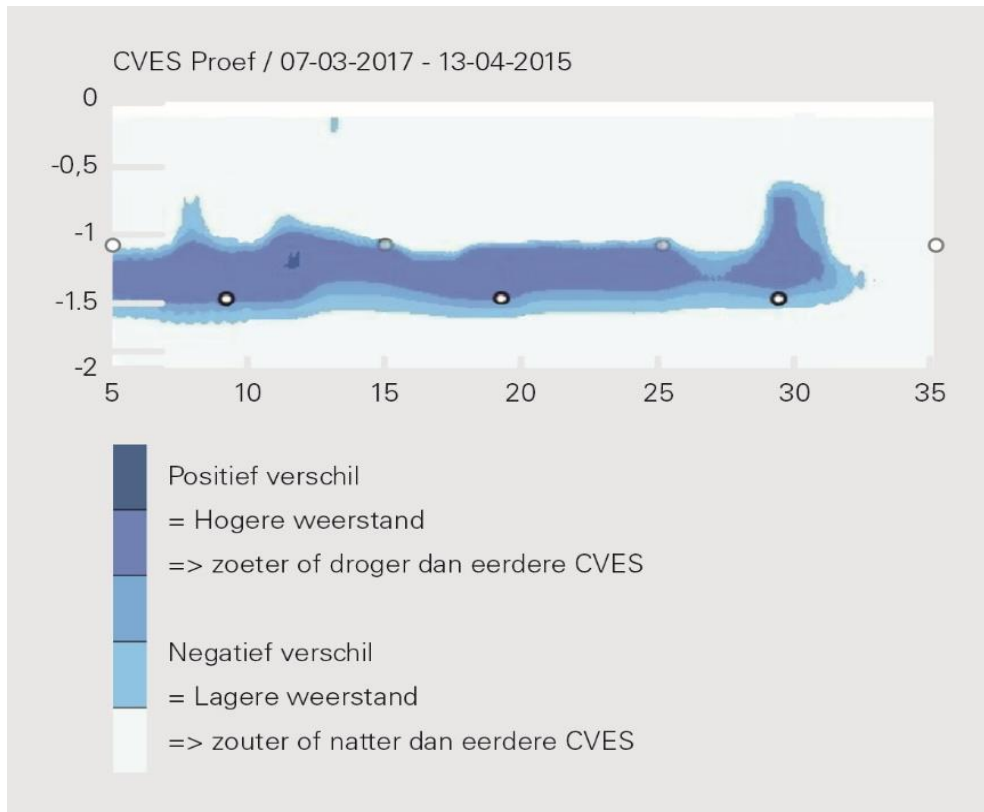
- Type B, verdiept aangelegde drainage met een regulier ontwateringsniveau richt zich op het dieper afvangen van de zoute kwel door nieuwe drainage verdiept aan te leggen met eventueel een kleinere drainageafstand. Het ontwateringsniveau wijzigt niet ten opzichte van conventionele drainage. Door de diepere ligging van de drains kan zoetwater doordringen tot grotere diepte, óók ter plaatse van de drain zelf. De afstand tussen de grondwaterspiegel en de drains wordt vergroot.
- Type C, verdiepte aanleg met verhoogd ontwateringsniveau richt zich op het vergroten van het waterbergend vermogen van het perceel. De drainage wordt dieper aangelegd dan bij conventionele drainage, maar het ontwateringsniveau wordt (structureel of alleen buiten groeiseizoen) juist verhoogd ten opzichte van conventionele drainage. Hierdoor wordt de afstand tussen de grondwaterspiegel en de drain verder vergroot én vermindert de (zoute) kweldruk uit de ondergrond. Er ontstaat een zoetwaterbuffer waardoor ook bij drain zelf geen zout optrekt.

Binnen Spaarwater zijn de systemen A en C onderzocht op respectievelijk een kleiondergrond (Herbajum, Friesland) en een zandondergrond (Hornhuizen, Groningen). Binnen GO-FRESH is Drains2Buffer (Kerkwerpe, Zeeland) onderzocht, wat overeenkomt met type C.

Effecten anti-verziltingsdrainage op de ontwikkeling van de zoetwaterlens

Ontwikkeling zoetwaterlens op een zandig perceel volgens de praktijk

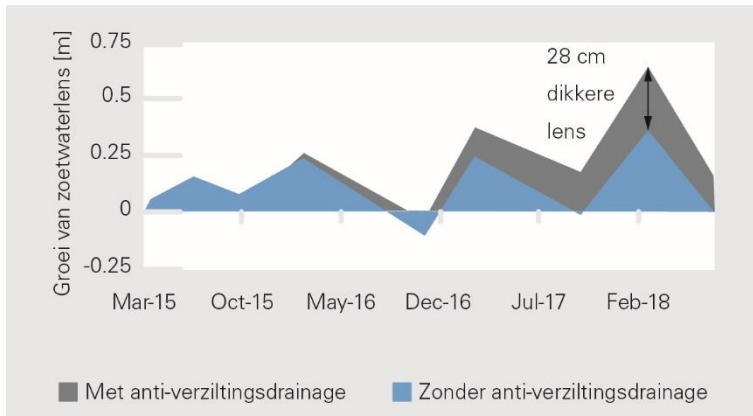
Op het zandige perceel in Hornhuizen is van nature sprake van dunne, platte zoetwaterlens. Bij aanvang van de proef leek eigenlijk geen sprake van zoet grondwater maar was dit brak tot zout. Dit komt door de hoge doorlatendheid, de zoute kweldruk en de aanwezigheid van een slechter doorlatende laag onder de drains. Op dit perceel lijkt aan het eind van de natte winterperiode maart 2017 een duidelijke toename van de zoetwatervoorraad gerealiseerd ten opzichte van april 2015 (figuur 2). Geofysische metingen laten zien dat de weerstand in de ondergrond van het perceel is verhoogd, hetgeen kan betekenen dat er verzoeting heeft plaatsgevonden door de aanleg van anti-verziltingsdrainage, maar omdat de weerstand ook wordt bepaald door het vochtgehalte in de ondergrond is het ook mogelijk dat het perceel droger is dan op het moment van de vorige meting.



Figuur 2 Weergave van verzoeting (vergroting van zoetwatervoorraad) na tweejaar. De blauwe kleur is een indicatie van verzoeting. De drains zijn weergegeven als zwarte cirkels en de oorspronkelijke aanlegdiepte van de drains zijn weergegeven in lichtgrijs

Ontwikkeling zoetwaterlens op een kleiperceel volgens de praktijk

Op het kleiperceel in Herbaijum is sprake van zeer geprononceerde zoetwaterlenzen tot ca. 2,0 à 2,5 m onder de drainage. Figuur 3 toont de toename van diepte van het zoet-zoutgrensvlak over de periode van vier jaar. Bij toepassing van anti-verziltingsdrainage blijkt dat op het kleiperceel de dikte van de zoetwaterlens toeneemt. De dikte van de zoetwaterlens varieert gedurende het jaar, met een maximale dikte aan het eind van de winter.



Figuur 3 Groei van de zoetwaterlens bij toepassing van anti-verziltingsdrainage (grijs) en zonder anti-verziltingsdrainage (blauw) op het kleiperceel te Herbaijum.

Ontwikkeling van een zoetwaterlens bij minder ideale omstandigheden

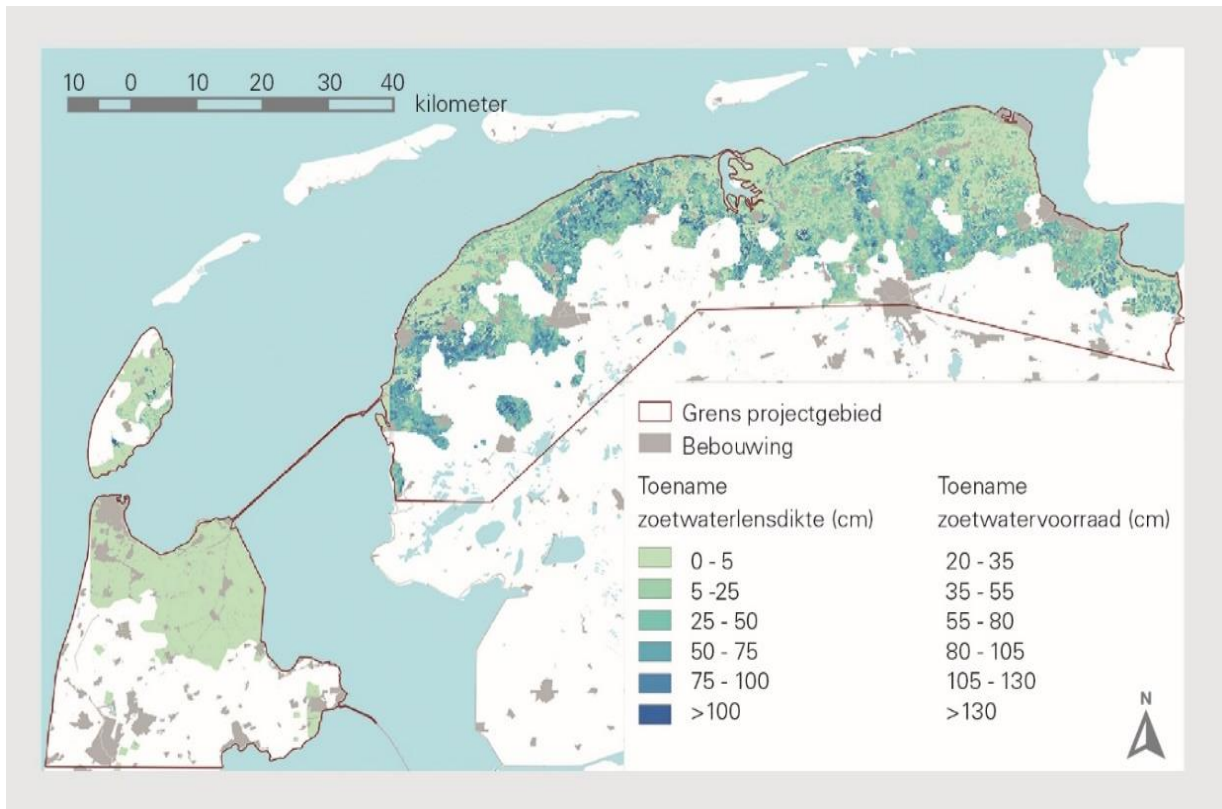
Binnen het project GO-FRESH is een proef uitgevoerd met Drains2Buffer (anti-verziltingsdrainage type C) op een perceel in Kerkwerve, Schouwen Duiveland waar ongerijpte klei op kleine diepte voorkomt. Hierdoor was voorafgaand aan de veldproef al bekend dat de verdiepte drains mogelijk minder goed zouden werken. Er is ook besloten om de traditionele drains uit het perceel te laten liggen om eventuele wateroverlast te voorkomen voor het geval dat de verdiepte drains van Drains2Buffer minder optimaal zouden draineren. Deze traditionele, ondiepe drains bleven tijdens de veldproef vrijwel dezelfde hoeveelheid water afvoeren en ook bleek dat de ongerijpte klei en een hoog slootpeil ervoor zorgden dat de diepe drains minder water konden afvoeren dan de traditionele drains. De diepe drains lieten wel een duidelijk hoger zoutgehalte zien dan de ondiepe drains. Dit geeft aan dat de het Drains2Buffer concept in potentie goed werkt, maar dat de aanwezigheid van ongerijpte klei rondom de drains en de aanwezigheid van ondiepe drainage de werking hindert.

Ontwikkeling van de zoetwaterlens volgens berekeningen

Het effect van anti-verziltingsdrainage type A (peilgestuurde drainage) op de zoetwatervoorraad in percelen is binnen het project Spaarwater in kaart gebracht met behulp van een reeks simulaties met het model SVOoffice ([Acacia Water, 2013](#)). SVOoffice simuleert in 2D op zeer hoog detailniveau (cm) volledig geïntegreerd verzadigde en onverzadigde zone rekening houdend met dichtheidsverschillen door zout. Uit de simulaties blijkt dat de dikte van de zoetwaterlens toeneemt als anti-verziltingsdrainage wordt toegepast. Het effect op de totale zoetwatervoorraad is

groter dan het effect op de zoetwaterlensdikte alleen vanwege de additionele zoetwaterbuffer dat tussen de diepte van de drainagebuizen en het verhoogd peilniveau ontstaat. Bv j De grootte van het effect op zoetwaterlensdikte en zoetwatervoorraad wordt vooral bepaald door het bodemtype en in mindere mate de kwelflux. De relatie tussen kwelflux en effect van anti-verziltingsdrainage is complex en verschilt onderling tussen bodemtypes. Figuur 4 toont aan dat de zoetwaterlensdikte in het perceel tot 100 cm groter is als anti-verziltingsdrainage met een peil van 30 cm toegepast wordt. Het effect op de totale zoetwatervoorraad in het perceel is ongeveer 30 cm groter dan het effect op zoetwaterlensdikte. Anti-verziltingsdrainage is over het algemeen effectiever op kleibodems dan op zandbodems.

Modelberekeningen van het Drains2Buffer-concept (Type C), uitgevoerd door De Louw et al. (2011) en Oude Essink et al. (2014), tonen aan dat de regenwaterlensdikte kan toenemen met ongeveer de afstand waarmee de drains dieper komen te liggen ten opzichte van de traditionele drains en dat er binnen 4 tot 5 jaar een evenwicht met de nieuwe drainagesituatie wordt bereikt.



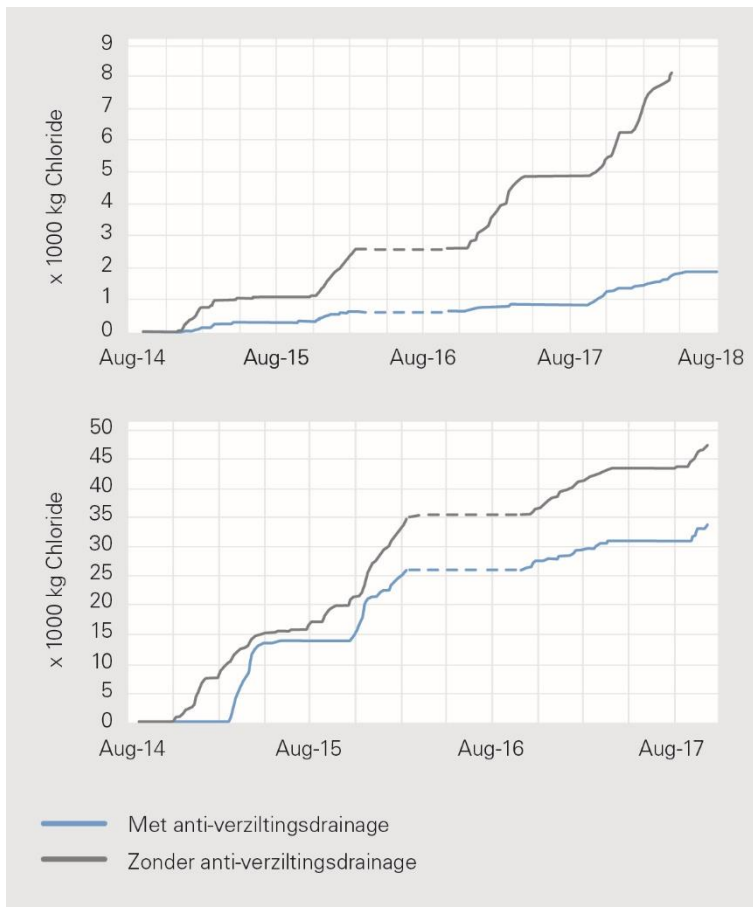
Figuur 4 De toename in de dikte van de zoetwaterlens (cm) en in de zoetwatervoorraad (cm) bij toepassing van anti-verziltings-drainage met een peilopzet van 30 cm ten opzichte van de situatie zonder anti-verziltingsdrainage. De toename in zoetwatervoorraad houdt rekening met de additionele zoetwaterberging dat ontstaat tussen de diepte van de drainagebuizen en het verhoogd peilniveau. De kaart is geschikt voor gebruik op regionaal niveau; het resultaat kan in werkelijkheid lokaal afwijken

Conclusies ontwikkeling zoetwaterlens

Anti-verziltingsdrainage vergroot de zoetwatervoorraad in een perceel. Binnen enkele jaren leidt een verhoogd ontwateringsniveau tot een meetbare toename van de dikte van de zoetwaterlens, zowel op een klei- als zandperceel. Uit de pilots blijkt dat de aangroei van zoetwaterlens sneller plaatsvindt dan eerder gedacht, met name op het zandperceel ([Tolk en Velstra, 2016](#)). Zowel bij type A (peilgestuurde drainage) als bij type C (verdiepte aanleg met verhoogd ontwateringsniveau) zijn goede resultaten bereikt. Bij type A neemt de dikte van de zoetwaterlens toe, met de grootste toename in het midden tussen de drains. Type C (Hornhuizen) versterkt niet alleen de zoetwaterlens tussen de drains maar ook ter plaatse van de drains. Met andere woorden: de dikte van de gehele zoetwaterbuffer neemt toe (zie figuur 2). Anti-verziltingsdrainage is over het algemeen effectiever op kleibodems dan op zandbodems.

Effecten van anti-verziltingsdrainage op de zoutbelasting

Bij het toepassen van anti-verziltingsdrainage type A (peilgestuurde drainage) zal de zoutbelasting uit de drains naar de sloten afnemen. Wanneer er ook verdiepte



Figuur 5 Lagere zoutbelasting naar de sloot bij toepassing van anti-verziltingsdrainage type A in Herbaijum (boven) en type C in Hornhuizen (onder).

drainage wordt aangelegd, zal de zoutbelasting uit deze drains tijdelijk toenemen. Deze toename is tijdelijk; wanneer er een nieuw evenwicht is bereikt met een verdiepte regenwaterlens, zullen de diepere drains geen hogere zoutbelasting naar de sloot meer hebben. Binnen het project Spaarwater is gemeten dat de zoutbelasting naar de sloot tot 80% afneemt bij anti-verziltingsdrainage type A en is ook bij type C een afname in zoutbelasting gemeten (zie figuur 5). Binnen het project GO-FRESH is bij Drains2Buffer (anti-verziltingsdrainage

Type C) wel een toename in zoutbelasting gemeten.

Effecten van anti-verziltingsdrainage op uitstroom van nutriënten

Anti-verziltingsdrainage (typen A, B en C) reduceert de uitstroom van nutriënten naar het oppervlakte-water (zie figuur 6). Anti-verziltingsdrainage levert hiermee ook een waardevolle bijdrage aan de Kader Richtlijn Water doelstellingen.

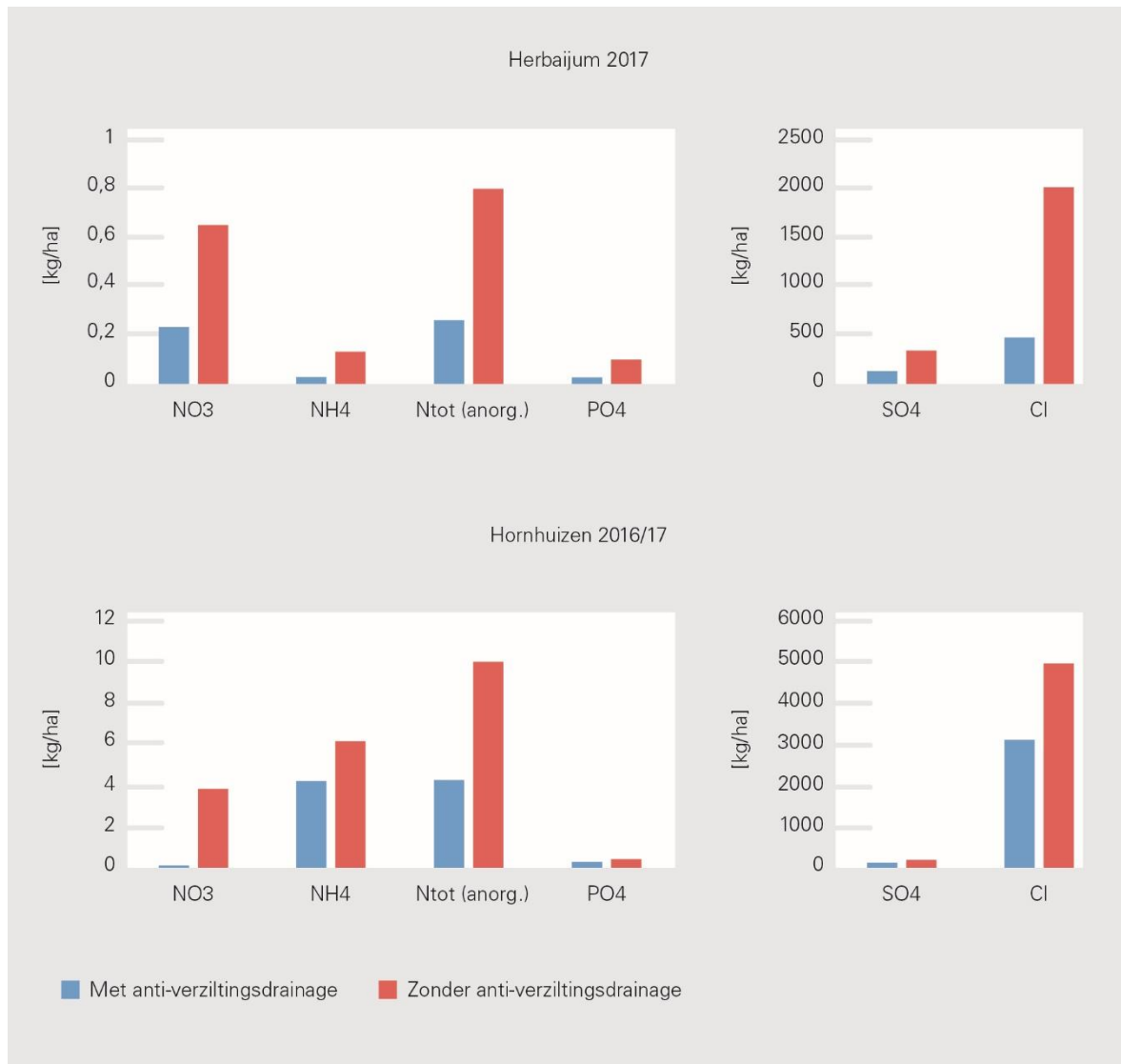
Doordat bij type A (verhoogd ontwateringsniveau bij bestaande drainage) minder water van het perceel naar de sloten stroomt neemt bij gelijkblijvend nitraatgehalte toch de totale vracht aan nutriënten (in kilogrammen) naar de sloot af. Voor type B en C (verdiepte aanleg drainage) geldt dat door het vergroten van de transportafstand tussen het maaiveld en de drainage de verblijftijd van het

grondwater toeneemt. Dit maakt reductie van nitraat en vastlegging van fosfaat mogelijk.

Toepassen van anti-verziltingsdrainage met een verhoogd ontwateringsniveau zorgt ervoor dat in de zomermaanden waardevol zoet regenwater veelal volledig wordt vastgehouden en er vrijwel geen drainagewater wordt afgevoerd. Dit zorgt er ook voor dat de totale vracht van nutriënten naar de sloot veel lager is. Dit blijkt uit een vergelijking in het project Spaarwater van continumetingen van de hoeveelheid drainafvoer gecombineerd met wekelijkse waterkwaliteitsbemonstering van de drainafvoer tussen een proefvak mét en een proefvak zonder toepassing van anti-verziltingsdrainage.

Op het kleiperceel van Herbaijum (grasland) is vastgesteld dat in vergelijking met de opgebrachte hoeveelheid mest de uitstroom van nitraat laag is vanuit zowel het proefvak als het referentie vak (zie figuur 6). Ook blijkt dat anti-verziltingsdrainage (type A) in het proefvak met een lagere afvoer van drainagewater leidt tot een verlaging van totale vrachten van nutriënten. De vracht van anorganische stikstof is met 67% verlaagd en er is 70% minder fosfor afgevoerd. Ook de chloride en sulfaatvrachten zijn met respectievelijk 76% en 63% verminderd door anti-verziltingsdrainage.

Een vergelijkbaar beeld treedt op in het zandperceel van Hornhuizen met anti-verziltingsdrainage (verdiept aangelegde drainage en verhoogd ontwateringsniveau, type C). Door de combinatie van lagere concentraties in het drainagewater in de winter en beperkte of afwezige afvoer in de zomer en door toepassing van een verhoogd ontwaterings-niveau zijn de nitraatvrachten vanuit de drains naar de sloot 90% lager dan die vanuit het referentie vak waar geen anti-verziltingsdrainage wordt toegepast (zie figuur 6). De totale vracht van anorganische stikstof is grofweg gehalveerd. De invloed van anti-verziltingsdrainage op fosfaat is in Hornhuizen niet eenduidig.



Figuur 6 Overzicht van de vrachten aan nutriënten en chloride in drainageafvoer over deels 2016 en 2017. Deze periode is geschikt om metingen met elkaar te kunnen vergelijken gezien de continuïteit aan metingen.

Monitoringtechnieken

Er zijn verschillende technieken beschikbaar waarmee het zoutprofiel en de dikte van de regenwaterlens gemonitord kunnen worden. Binnen GO-FRESH is gebleken dat in-situ 2D metingen het meest geschikt zijn, de technieken hiervoor zijn TEC-probe, mini-filters, Trime en ResProbe. De TEC-probe (prikstok) meet elektrische geleidbaarheid en temperatuur met de diepte. Trime (Time Domain Reflectometer) meet bodemvocht, temperatuur en de elektrische geleidbaarheid. De ResProbe is speciaal voor het GO-FRESH project ontwikkeld door de Vrije Universiteit Amsterdam om continu veranderingen in geleidbaarheid (op een vast punt) van de bodem te meten.

CVES-metingen zijn vooral geschikt om voor een groter gebied een globaal ruimtelijk beeld van de zoet-zout verdeling in de ondergrond te krijgen. Het blijkt lastig om veranderingen in het ondiepe zoutprofiel te monitoren, omdat deze metingen sterk beïnvloed worden door veranderingen in vochtgehalte, bodemtemperatuur en grondwaterstand.

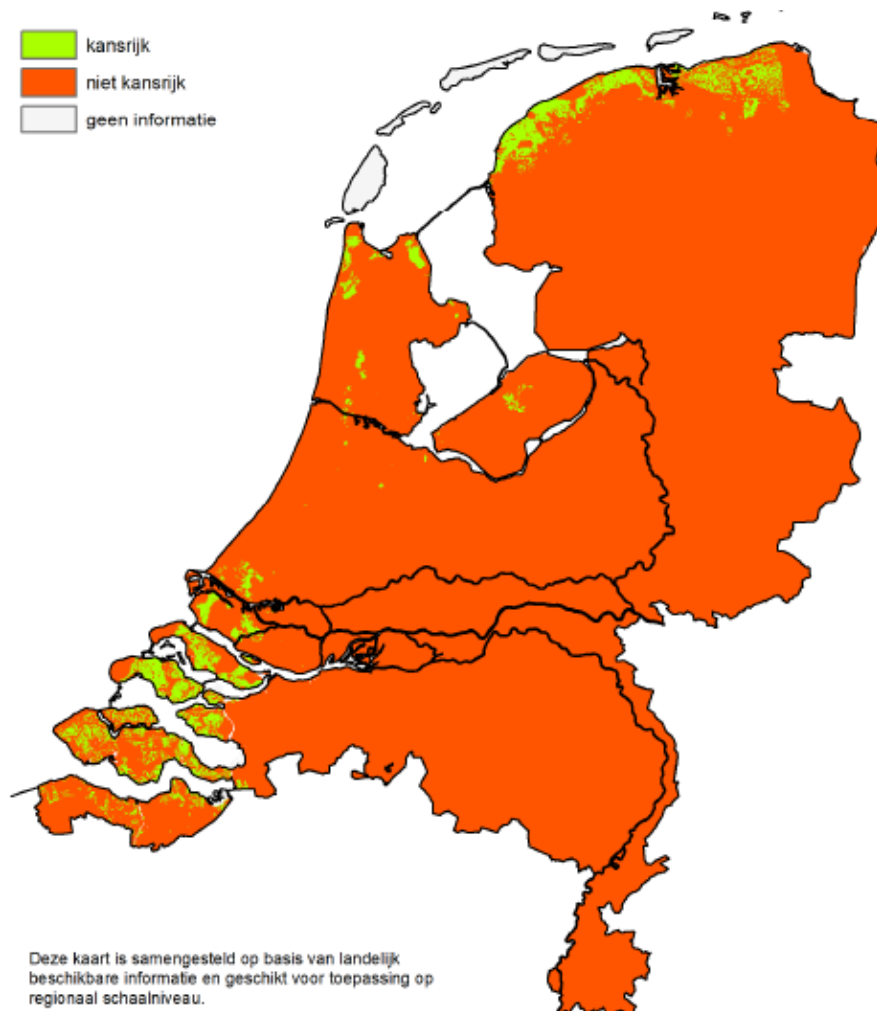
6. Kosten en baten

De investeringskosten voor anti-verziltingsdrainage bedragen €2.100,- tot €3.100 per hectare (zie www.go-fresh.info), afhankelijk of er ook gebruik gemaakt kan worden van reeds aanwezige drainage. De operationele kosten voor het doorspoelen van de drains bedragen €300,- per hectare per jaar voor een levensduur van 15 jaar. Er wordt uitgegaan van een drainageafstand van 10m. Traditionele drainage kost ca. €1000,- per hectare en €100,- per hectare per jaar. Dit betekent dat de agrariër een extra investering heeft van €200,- per hectare per jaar.

Voor het bepalen van de kosten-baten van anti-verziltingsdrainage moet met name worden gekeken naar de extra investeringskosten ten opzichte van normale drainage. Binnen het Spaarwater project is een dergelijke kosten-baten analyse gedaan waarbij een vergelijking is gemaakt met de hoeveelheid zoutschade die kan worden vermeden. Hieruit is gebleken dat de extra investering van €200,- per hectare per jaar in veel gevallen gedekt wordt door de baten (de vermeden zoutschade). Verder onderzoek is gewenst om gedetailleerder antwoord te kunnen geven op vragen over optredende zoutschades in combinatie met neerslagreeksen uit het verleden en in de toekomst.

7. Randvoorwaarden en kansrijke locaties

De toepasbaarheid en effectiviteit van een systeem hangt af van de fysische kenmerken zoals de bodemopbouw, doorlatendheid, kweldruk, drainafstand en de mate van drooglegging. Figuur 7 toont de kansrijke gebieden waar anti-verziltingsdrainage kan worden toegepast.

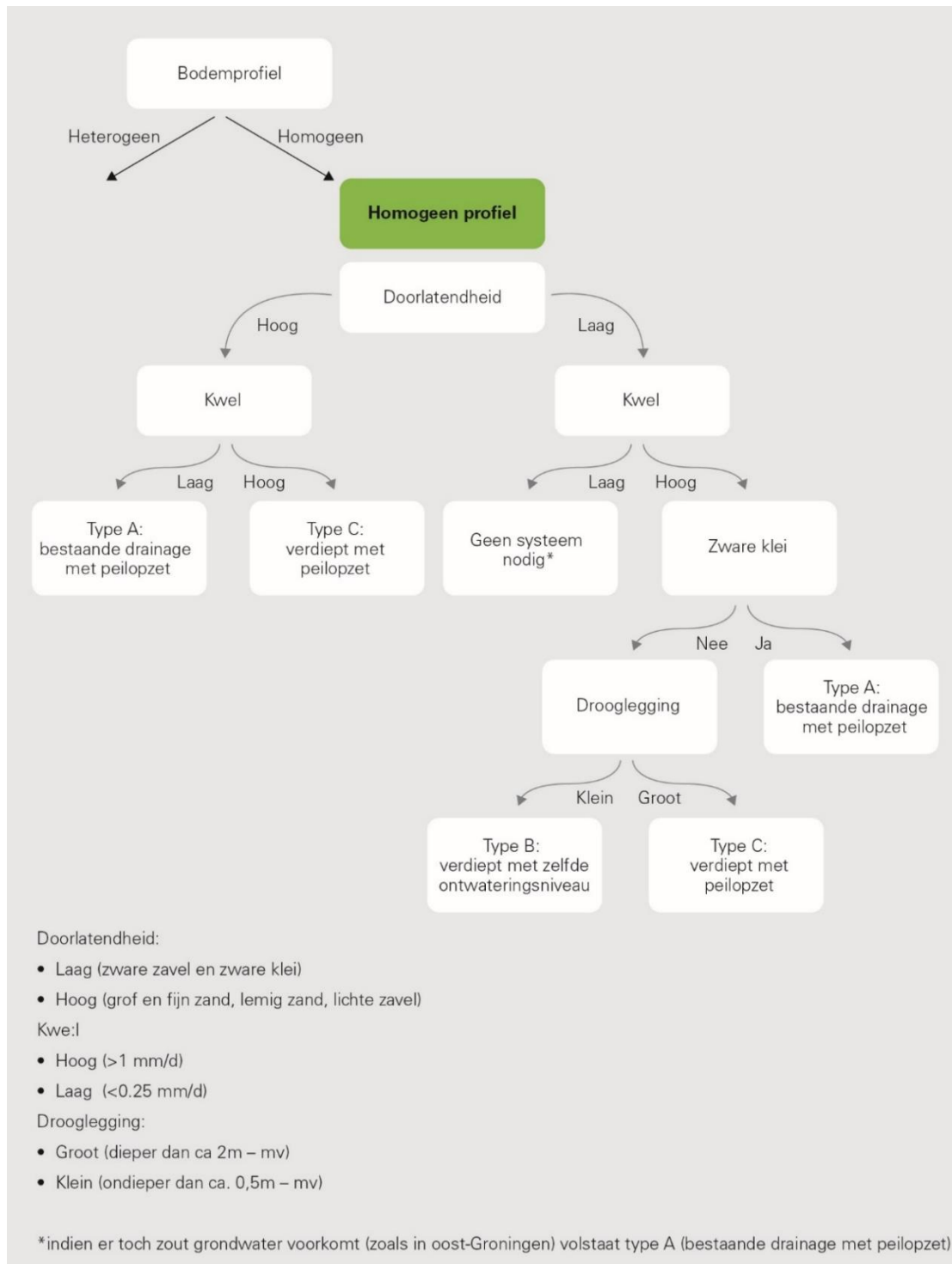


Figuur 7. Kansrijkheid voor de toepassing van antiverziltingsdrainage. Deze kaart is alleen geschikt voor toepassing op regionale schaal; lokaal kan de uitkomst in realiteit anders uitpakken (Van Bakel et al., 2014)

Anti-verziltingsdrainage is kansrijk in grote delen van de Waddenregio en de Zuidwestelijke Delta, zie figuur 7. Hierbij ligt de focus op gebieden met een zoet-zout grensvlak binnen vijf meter beneden maaiveld (ondiep). In enkele gebieden is sprake van ongerijpte klei onder het drainageniveau. Hier vormt zich een platte zoetwaterlens. Het toepassen van anti-verziltingsdrainage kan daardoor resulteren in een beperkter effect op de toename van de neerslaglens. De totale zoetwatervoorraad neemt wel toe doordat een zoetwaterlaag tussen de diepte van de drainagebuizen en het verhoogd peilniveau ontstaat.

Welke type anti-verziltingsdrainage meest kansrijk is, verschilt per locatie. Voor drie representatieve bodemprofielen zijn beslisdiagrammen opgesteld (zie [Technisch](#)

[achtergrondrapport Spaarwater](#)), waarmee bepaald kan worden welk type anti-verziltingsdrainage het meest kansrijk is. In figuur 8 is één van de beslisdiagrammen weergegeven, waarbij is uitgegaan van een homogeen bodemprofiel (één grondsoort in de bovenste meters van de bodem).



Figuur 8 Voorbeeld van beslisdiagram voor bepaling van het meest kansrijke type anti-verziltingsdrainage bij een homogeen bodemprofiel. Lokaal onderzoek en ontwerp moet uiteindelijk uitsluitsel geven.

Anti-verziltingsdrainage in de praktijk

Operationeel beheer

Bij anti-verziltingsdrainage is het van belang het operationeel beheer (regeling van het ontwateringsniveau) af te stemmen op de grondwatersituatie in relatie tot grondsoort en gewas. Dit geldt vooral voor de varianten met een verhoogd ontwateringsniveau (type A en C). Een juiste sturing van het ontwateringsniveau kan ervoor zorgen dat er voldoende ruimte in de bodem overblijft om (grote) buien te kunnen bufferen en water vast te houden wanneer nodig. Dat wil zeggen 'sparen als het kan en ontwateren als het moet'.

De reactiesnelheid van de ondergrond bepaalt in welke mate gestuurd moet worden. In kleigronden reageert de bodem trager. Zo is op de pilotlocatie van Spaarwater te Herbaijum zoetwater vastgehouden door in de natte winterperiode het peil te verhogen. Draagkracht van de ondergrond en goede groeiomstandigheden zijn behouden door het peil in het voorjaar te verlagen zodat het perceel goed kon uitdrogen.

In zandgronden reageert de bodem sneller. Ook hier kunnen te natte omstandigheden voorkomen worden door te anticiperen op grote buien en het peil tijdelijk te verlagen. Op de pilotlocatie van Spaarwater te Hornhuizen kon het zandige perceel gedurende de gehele onderzoeksperiode goed ontwaterd worden bij een verhoogd peil.

Het operationeel beheer van het instelbaar ontwateringsniveau kan eenvoudig en handmatig in de put plaatsvinden of op afstand met behulp van een smartphone. Dit dynamische beheer van het ontwateringsniveau is toegepast op beide proefpercelen te Hornhuizen en Herbaijum, waarbij de periode met peilopzet in het zandperceel langer is dan in het kleiperceel.

8. Governance

Ontwikkelen van stimuleringsbeleid is in deze ontwikkelingsfase essentieel.

Verkorten van de terugverdientijd door het verlagen van de kosten en het verhogen van de baten is een eerste stap. Regelgeving, financiële prikkels, subsidies en goedkope leningen kunnen hierbij helpen. Zeker als dit samengaat met het doorontwikkelen van de techniek en doorontwikkeling (vraag en aanbod) van de markt.

Het is nodig in te zetten op het vergroten van de bewustwording bij agrariërs van (toenemende) verziltingsrisico's en watertekorten alsmede de mogelijkheden voor oplossingen waaronder anti-verziltingsdrainage. De verandering van verzilting en droogte door klimaatverandering en bodemdaling vinden geleidelijk plaats over een langere periode. De keuze op korte termijn is dan niet altijd evident. Daarom de aanbeveling om op voorlichting in te zetten in combinatie met stimulering op het nemen van maatregelen die nu al iets opleveren.

9. Praktijkervaringen en lopende initiatieven

Naam Onderzoeksproject	Living Lab Schouwen Duiveland
Betrokken partijen	Gemeente Schouwen Duiveland, Provincie Zeeland, Waterschap Scheldestromen, ZLTO, HZ University, Delta platform, GovernEUR, HAS hogeschool, Scalda, Pieter Zeeman, Deltares, KWR, Acacia Water, Buro Waterfront
Contactpersonen	Kitty Henderson
Onderzoekslocaties	Schouwen Duiveland (provincie Zeeland)
Links/documenten	Living Lab Schouwen Duiveland
Naam Onderzoeksproject	Zoet op zout
Betrokken partijen	Boeren Lauwersmeerregio, LTO Noord, Stichting Proefboerderijen Noordelijke akkerbouw (SPNA), Agrarische Jongeren Fryslân en Groningen, The Potato Valley en Acacia Water.
Contactpersonen	Jouke Velstra
Onderzoekslocaties	Noord-Nederlands kleigebied
Links/documenten	Zoet op zout
Naam Onderzoeksproject	Boeren Meten Water
Betrokken partijen	Acacia Water, LTO-noord, agrariërs, Provincie Noord Holland, Groningen en Friesland, HHNK, Wetterskip Fryslan, Noorderzijlvest
Contactpersonen	Maaïke Feldmann
Onderzoekslocaties	Texel, Noordelijk Zandgebied, veenweidegebied Oldeboarn, Holwerd aan Zee, Franekeradeel, Lauwersmeer, Negenboerenpolder, Dubbele Dijk
Links/documenten	Boeren Meten Water
Naam Onderzoeksproject	SPAARWATER (afgerond)
Betrokken partijen	ACACIA-Water
Contactpersonen	Arjen Roelandse
Onderzoekslocaties	Nagele, Zeewolde, Hornhuizen, Herbaijum
Links/documenten	Spaarwater Flevoland
Naam Onderzoeksproject	Deltadrip (afgerond)
Betrokken partijen	Acacia Water, LTO, Delphy, Louis Bolk, Koninklijke Maatschappij Wilhelminapolder, Provincie Zeeland
Contactpersonen	Beatriz de la Loma
Onderzoekslocaties	Zeeuw Vlaanderen
Links/documenten	Deltadrip

Naam Onderzoeksproject	Proef zoetwaterberging (afgerond)
Betrokken partijen	Opdrachtgever: provincie Noord Holland. Uitvoering: Oranjewoud, Acacia Water met Alterra en Deltares. Verder betrokken: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), LTO Noord, KAVB, gemeente Texel en Waterwerkgroep Texel
Contactpersonen	Rowena Kuijper, Wendalin Kolkman
Onderzoekslocaties	Texel
Links/documenten	Proef zoetwaterberging
Naam Onderzoeksproject	GO-FRESH (afgerond)
Betrokken partijen	Provincie Zeeland, Deltares, Alterra, ACACIA, KWR, HZ, ZLTO, Waterschap Scheldestromen, Waterschap Brabantse Delta, STOWA
Contactpersonen	Gualbert Oude Essink
Onderzoekslocaties	Serooskerke (Kreekrug infiltratieproef), Schouwen-Duiveland (Drains2buffer)
Links/documenten	Website
Naam Onderzoeksproject	Klimaatadaptatieve Drainage (afgerond)
Betrokken partijen	Futurewater, Kuijpers Electronic Engineering, De Bakelse Stroom, Van Iersel
Contactpersonen	Peter Droogers
Onderzoekslocaties	
Links/documenten	Website

[Living Lab Schouwen Duiveland](#)

In het project Living Lab Schouwen Duiveland wordt gezocht naar manieren om de zoetwaterbeschikbaarheid op Schouwen Duiveland te vergroten door middel van innovaties en het gebruik van de ondergrond voor een duurzame watervoorziening. Hierbij wordt ook gekeken naar drainageoplossingen als anti-verziltingsdrainage en naar mogelijkheden om hemelwater in de ondergrond op te slaan zoals infiltratie in kreekruggen.

[Boeren Meten Water](#)

Tijdens het programma 'Boeren Meten Water', opgezet door LTO Noord, Waterschap en Acacia Institute, worden vragen beantwoord als 'Speelt verzilting ook op mijn perceel en in welke mate? Welke maatregel kan ik nemen? Hoe vochtig is de bodem? Is het slootwater nu geschikt voor beregenen?'. Daartoe wordt gemeten binnen pilotgebieden in Noord Holland, Groningen en Friesland in veenweidegebieden of gebieden waar sprake is van verzilting. Samenwerking tussen agrariërs en waterschappen is hierbij belangrijk. Door samen te meten aan bodemvocht, waterstanden en waterkwaliteit in perceel, drain en sloot, komt er meer inzicht in de werking van het hydrologisch systeem. Dit helpt bijvoorbeeld bij de keuze om te

beregenen (is de waterkwaliteit betrouwbaar?), het land op te gaan (is het perceel niet te nat?). meer door te spoelen (is het zoutgehalte te hoog?) of om meer zicht te krijgen op processen die van invloed zijn op bodemdaling.

10. Kennisleemten

Anti-verziltingsdrainage is effectief om verzilting te bestrijden in percelen. De toepassing ervan is evenwel maatwerk en afhankelijk van de kenmerken ter plaatse van een perceel. Het is zinvol om dit type drainage op andere locaties en onder andere condities te realiseren en te monitoren voor de langer termijneffecten op vergroten zoetwaterbuffer/lens, zout- en nutriëntenbelasting, ontwatering in natte perioden. Deze leiden dan tot betere ontwerprichtlijnen en kunnen tevens dienen als demonstratielocaties.

Spaarwater heeft aangetoond dat maatregelen op bedrijfsniveau (door de agrariër) in samenhang met maatregelen in waterbeheer (door overheid) moeten worden beschouwd. Tot op heden zijn effecten van anti-verziltingsdrainage op regionale schaal alleen theoretisch bepaald. De werkelijke effecten op regionale schaal dienen te worden onderzocht. Het betreft ontwikkelen, beproeven, modelleren en monitoren van effectiviteit en effecten op regionale schaal, waarbij anti-verziltingsdrainage gecombineerd met andere maatregelen of afzonderlijk wordt toegepast met maatregelen in waterbeheer. Het gaat daarbij om bepaling van zowel socio-economische, technische effecten (waterkwaliteit en waterkwantiteit) als externe effecten (zoals op KRW).

Verder onderzoek is gewenst om gedetailleerder antwoord te kunnen geven op vragen over optredende zoutschades in combinatie met neerslagreeksen uit het verleden en in de toekomst. Door klimaatverandering zal mogelijk een groter areaal landbouwgebied te maken krijgen met omstandigheden waarbij anti-verziltingsdrainage gewenst is. Er is meer onderzoek nodig om te bepalen hoeveel groter dit gebied is en hoe snel en hoe groter de zoutlast naar wortelzone zal zijn.

Ook is nader onderzoek gewenst naar het effect van anti-verziltingsdrainage op de gewasopbrengst om beter te kunnen bepalen wat de economische baten van de implementatie van anti-verziltingsdrainage zijn. Hierbij is een koppeling nodig van de

kennis over het zout grondwater dat zich in de onverzadigde en verzadigde zone bevindt en hoe dit mogelijke gewasschade kan veroorzaken.

11. Bronnen & Links

Acacia Water, Alterra, Aequator en IVM (2011). [Klimaatverandering, toenemende verzilting en landbouw in Noord-Nederland](#). Hoofdrapport en drie deelrapporten. Uitgevoerd binnen het programma "Klimaat voor Ruimte".

Acacia Water (2013). [Verziltingsstudie Hoogheemraadschap Hollands-Noorderkwartier](#). Uitgevoerd binnen het programma "Leven met Zout Water".

Acacia Water (2018). Technische deelrapporten van het Spaarwater Project, te weten: [Anti-verziltingsDrainage](#), [Eigen Watervoorziening](#), [Zuinig met Zoetwater](#), [Spaarwater Economische Haalbaarheid](#). Acacia Water, Gouda.

Agrarisch West-Friesland (AWF). (2018). Kop van Noord-Holland heeft grootste aaneengesloten bollengebied van de wereld. AWF [online]. Geraadpleegd van: <https://www.agwf.nl/bollen/kop-van-noord-holland-heeft-grootste-aaneengesloten-bollengebied-van-de-wereld-op-20-september-2018>.

Van Bakel, P.J.T., De Louw, P.G.B., Stuyt, L.C.P.M., Tolk, L., Velstra, J., Hoogvliet, M., Mikkels, N., 2014. [Methode voor het selecteren van lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten - Fresh Water Options Optimizer](#), KvK118/2014 Stowa rapportnummer 2014-16.

Bakker, M. (2010). [Radial Dupuit interface flow to assess the aquifer storage and recovery potential of saltwater aquifers](#). Hydrogeology journal, 18(1), 107-115.

Van Baaren, E.S., Oude Essink, G.H.P., Janssen, G.M.C.M., De Louw, P.G.B., Heerdink, R., Goes, B.J.M., 2016. [Verzoeting en verzilting freatisch grondwater in de Provincie Zeeland; Zeeland model: 3D regionaal zoet-zout grondwater](#), Deltares report 1220185.

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, 28 maart). Akkerbouwgewassen; productie naar regio [Dataset]. Geraadpleegd van

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7100OOGS&D1=a&D2=17&D3=0-1,5-6,12&D4=6,11,16,21-22&HDR=G2,G3,T&STB=G1&VW=T> op 9 mei 2018.

Faneca Sánchez, M., Gunnink, J.L., van Baaren, E.S., Oude Essink, G.H.P., Auken, E., Elderhorst, W., De Louw, P.G.B., 2012. Modelling climate change effects on a Dutch coastal groundwater system using airborne electromagnetic measurements. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16, 4499–4516. <https://doi.org/10.5194/hess-16-4499-2012>

De Louw, P.G.B., Eeman, S., Siemon, B., Voortman, B.R., Gunnink, J.L., Van Baaren, E.S., Oude Essink, G.H.P., 2011. Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 3659–3678. [doi:10.5194/hess-15-3659-2011](https://doi.org/10.5194/hess-15-3659-2011)

Haasnoot, M., Bouwer, L., Diermanse, F., Kwadijk, J., van der Spek, A., Oude Essink, G., Delsman, J., Weiler, O., Mens, M., ter Maat, J., Huismans, Y., Sloff, K., Mosselman, E. (2018). [Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning](#). Deltares, in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur & Water - staf Deltacommissaris en Rijkswaterstaat - Water Verkeer en Leefomgeving, Delft.

Van den Hurk, B., Siegmund, P., & Tank, A. K. (Eds.). (2014). [KNMI'14: Climate Change Scenarios for the 21st Century – a Netherlands Perspective](#). KNMI.

Groen, M en H. Savenije (2003). [Interceptie als functie van de maandelijkse regenval, Stromingen](#) (2003), nummer 2: blz 45 – 48.

Massop, H. Th. L., P.J.T.van Bakel, T. Kroon, J.G.Kroes, A.Tiktak & W.Werkman, 2005. [Op zoek naar de 'ware' neerslag en verdamping](#).

Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken (2014). Deltaprogramma IJsselmeergebied: [Een veilig en veerkrachtig IJsselmeergebied](#). Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.

Oude Essink, G.H.P., Van Baaren, E.S., De Louw, P.G.B., 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. *Water Resour. Res.* 46, 1–16. <https://doi.org/10.1029/2009WR008719>

Oude Essink, G., Pauw, P., Van Baaren, E., Zuurbier, K., De Louw, P., Veraart, J., McAteer, E., Van Der Schoot, M., Groot, N., Cappon, H., Waterloo, M., Hu-a-ng, K., Groen, M. 2018. [Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening, GO-FRESH \(www.go-fresh.info\)](#).

RIZA, 2005. [Droogtestudie Nederland. Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland](#). Eindrapport RIZA-2005.016 - 104p.

Sluiter, R. en Homan, C. (2017). Winter 2014-2015 en 2016-2017 (december, januari, februari). KNMI [online; 2 maart 2017]. Geraadpleegd van: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2017/winter-op-7-november-2018>.

Tolk, L. en Velstra, J. 2016. [Spaarwater, pilots rendabel en duurzaam agrarisch watergebruik in een verziltende omgeving van de waddenregio](#). Hoofdrapport, Acacia Institute.

Ward, J. D., Simmons, C. T., Dillon, P. J., & Pavelic, P. (2009). Integrated assessment of lateral flow, density effects and dispersion in aquifer storage and recovery. *Journal of Hydrology*, 370(1-4), 83-99. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.02.055>

12. Colofon

Versie 1 – juni 2019. Judith Landheer (Acacia Water)

Versie 2 (huidige versie) – oktober 2021. Eva Schoonderwoerd & Vince Kaandorp, Deltares.