

31 dec 2020



Europees landbouwfonds voor plattelandontwikkeling

Europa investeert in zijn platteland



DeltaDrip

Efficiënter omgaan met water voor duurzame klimaatbestendige landbouw in Zeeland

Eindrapport



Samenvatting

In DeltaDrip is onderzocht of met druppelirrigatie, als alternatief voor de traditionele haspelberegening, water en nutriënten kunnen worden bespaard. Om dit te testen is een proefveld bij Firma Waverijn te Philipine ingericht.

Aan de hand van de uitgevoerde metingen op de proefvakken kan worden geconcludeerd dat druppelirrigatie een aantal voordelen heeft ten opzichte van haspelberegening op het gebied van watereffectiviteit. Er gaat minder water verloren waardoor de watereffectiviteit van druppelirrigatie substantieel hoger is dan haspelberegening.

Afhankelijk van het gewas kan het beregende oppervlak tot 3,5 keer groter zijn. Het gebruik van druppelirrigatie leidt tot hogere gewasbaten ten opzichte van haspelberegening. De gemiddelde monetaire opbrengsten zijn €232 tot €1.198 per hectare hoger. Daarnaast kan er met druppelirrigatie ook bij droge jaren leveringszekerheid worden gegeven, uitgaande van een leveringsgrens van 45 ton consumptieaardappelen.

De totale jaarlijkse kosten per hectare komen voor druppelirrigatie lager uit dan voor haspelberegening. De kosten zijn berekend op basis van vaste en variabele kosten, waarbij €156 tot €919 per hectare bespaard kan worden.

Colofon

Documenttitel	. DeltaDrip
Opdrachtgever	. Provincie Zeeland en RVO
Verantwoordelijke bij opdrachtgever	. Vincent Klap (prov. Zeeland)
Status	. Eindrapport
Datum	. 31 december 2020
Projectnummer	. 180899
Projectteam	. Anouk Geveart, Tine te Winkel, Simon van Meijeren, Maarten Waterloo, Irthe Noordegraaf en Beatriz de La Loma Gonzalez (Acacia Water), Dennis Heupink (LBI), Arie Jan Broere (Broere Beregening), Pierre Cammaert (Delphy), Johan Elshof (ZLTO), Marco & José Waverijn (Mts Waverijn)
Collegiale toetsing door	. Arjen Roelandse
Vrijgegeven door	. Jouke Velstra

Disclaimer

Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteurs zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten of consequenties. Aanvullingen of verbeteringen zijn welkom via info@acaciawater.com

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Urgentie voor water en akkerbouw in Zeeland	2
2	Hydrologische context.....	3
2.1	Hydrologische situatie.....	3
2.2	Verzilting	4
2.3	Autonome ontwikkelingen	5
2.4	Conclusie.....	6
3	Doel en opzet	7
3.1	Doel	7
3.2	Inrichting proefpercelen	7
3.3	Monitoring	8
4	Effectief met zoetwater	10
4.1	Inleiding	10
4.2	Wateffectiviteit	10
4.3	Waterbesparing.....	12
4.4	Verspreiding van beregening over het perceel.....	15
4.5	Effect op zoetwatervoorraad kreekrug (verzilting)	17
4.6	Conclusies.....	18
5	Efficiënt met nutriënten	19
5.1	Inleiding	19
5.2	Flexibiliteit en vermindering van uitspoeling	19
5.3	Mestgebruik.....	20
5.4	Uitspoeling van nutriënten.....	20
5.5	Conclusies.....	22
6	Bodembaten	23
6.1	Inleiding	23
6.2	Verdichting	23
6.3	Erosiegevoeligheid.....	24
6.4	Conclusies.....	24
7	Gewasbaten.....	25
7.1	Inleiding	25

7.2	Gewasopbrengst	25
7.3	Een toekomstbestendig irrigatiesysteem.....	28
7.4	Conclusie.....	29
8	Kosten.....	30
8.1	Inleiding	30
8.2	Kosten haspelberekening.....	30
8.3	Kosten druppelirrigatie.....	30
8.4	Kosten en opbrengsten voor de agrariër	31
8.5	Conclusie.....	32
9	Conclusies en aanbevelingen	33
9.1	Inleiding	33
9.2	Conclusies.....	33
9.3	Aanbevelingen.....	35
10	Referenties	37

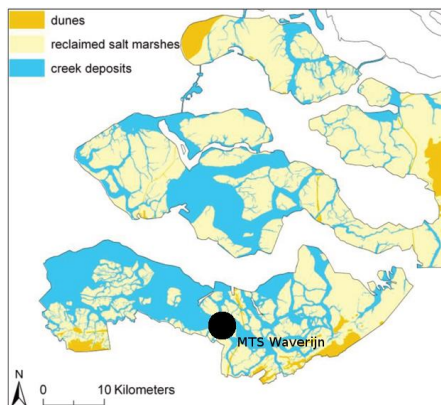
1

Inleiding

1.1 Inleiding

Het diepere grondwater in Zeeland en andere kustprovincies van Nederland is zout. De akkerbouw in Zeeland is grotendeels afhankelijk van regenwater of, indien aanwezig, de zoetwatervoorraden in de kreekkruggen (zie Figuur 9Figuur 1). Als de boeren te veel grondwater onttrekken voor beregening is de kans op verzilting van het schaarse zoete water groot.

In het kader van de bedrijfsvoering, de regionale economie en de voedselvoorziening is water een waardevolle productiefactor. De lokale hydrologische omstandigheden in combinatie met de steeds droger wordende zomers maken dat het belangrijk is zorgvuldig met de zoetwatervoorraden om te gaan.



Figuur 1. Verspreiding kreekkruggen (blauw) in Zeeland, zwarte punt is de pilotlocatie

DeltaDrip onderzoekt een alternatief voor de traditionele haspelberegening: druppelirrigatie. In het project wordt onderzocht of het mogelijk is om water en nutriënten te besparen en uitstroom van nutriënten te beperken middels het gebruik van druppelirrigatie. Om dit te testen is een proefveld bij Firma Waverijn te Philipine ingericht. Aan de hand van de resultaten van de pilot op dit proefveld worden de volgende deelvragen beantwoordt:

1. Is met gebruik van druppelirrigatie efficiënter watergebruik mogelijk ten opzichte van haspelberegening?
2. Wat zijn de voordelen van efficiënte bemesting via druppelirrigatie?
3. Wat zijn de effecten van druppelirrigatie met betrekking tot de bodemstructuur?
4. Wat zijn de te realiseren gewasbaten met behulp van druppelirrigatie?
5. Wat is het kostenverschil tussen druppelirrigatie en haspelberegening?
6. Hoe verhouden de kosten en de opbrengsten van druppelirrigatie zich tot elkaar?

Op de webpagina <https://deltadrip.nl/> zijn (tussen)resultaten van het project te vinden.

1.2 Urgentie voor water en akkerbouw in Zeeland

De akkerbouw in Zeeland is van groot belang voor de economische vitaliteit van de regio. In Zeeland is bijna 80% van de landbouwgrond bestemd voor de akkerbouw. Daarbij is de provincie koploper in het totaal areaal uien en aardappelen (CBS, 2020). Naast het verbouwen van primaire landbouwgewassen heeft Zeeland een sterke infrastructuur voor voedselverwerking. Op deze bedrijven worden de primaire producten verwerkt voor de doorvoer plaatsvindt.

De agrarische sector is een beeldbepalende sector in Zeeland, waarbij de Agro & Food sector in zijn geheel goed is voor 15% van de Zeeuwse werkgelegenheid. Dat het verbouwen van primaire producten en de beperkte waterbeschikbaarheid op gespannen voet staan is in de zomers van 2018, 2019 en 2020 goed duidelijk geworden.

In 2018 kende Nederland een zeer droge zomer. Voor Zeeland was het uitblijven van neerslag funest voor de uienteelt. In vergelijking met het landelijk gemiddelde, is er in Zeeland 20 duizend kilo per hectare minder opbrengst behaald in 2018 (CBS, <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/05/relatief-lage-oogst-in-zeeland>, 2019). In 2019 werd de oogst minder hard getroffen door de droogte, maar het neerslagtekort was nog steeds hoog. Dit heeft eraan bijgedragen dat aanvulling van de zoetwatervoorraden in de ondergrond minimaal waren. In 2020 liep de waterschaarste in Zeeland voor het derde jaar op rij hoog op. Dit jaar zijn de agrarisch ondernemers eind mei overgegaan tot drastische maatregelen. Toen werden schepen met zoetwater naar de provincie gevaren om in de agrarische waterbehoefte te voorzien. Voor deze oplossing werden hoge prijzen betaald. In regionale en landelijke media zijn bedragen van € 1000/ha genoemd. Omgerekend was dit €5/m³, waarbij een gift van 20 mm per hectare kon worden bereikt (PZC, 2020). Dit zijn hoge kosten, wat ertoe leidt dat de omzet en uiteindelijke winst binnen de bedrijven krimpt en de bestaanszekerheid doet afnemen.

De waterbeschikbaarheid in Zeeland staat in de huidige situatie al sterk onder druk. Klimaatverandering, verzilting en bodemdaling zullen deze trend de komende decennia versterken (Verstand, et al., 2020). De urgentie om waterbesparende maatregelen te ontwikkelen en hier als ondernemer vertrouwd mee te raken is groot.

Schip vol water naar Noord-Beveland: boeren betalen 16 mille voor één 'buitje regen'

VIDEO | WISSENKERKE - De zeelei is kurkdroog en zoet water is schaars in Zeeland. Uit nood laten Noord-Bevelandse boeren zoet water per schip aanvoeren. Het kost akkerbouwer Jan Willem de Kater een lieve duist. „Ik heb geen keus. Als ik het niet doe, komen mijn plantuitjes niet boven.”

Frank Balkenende 28 mei 2020 Laatste update: 12:15



▲ Dit Campo Ciem rijt met zijn buik vol water aan de Vlieter Oostdam. © Marcello Cavallari

2

Hydrologische context

De huidige hydrologische situatie wordt bepaald door de geologische ontstaansgeschiedenis. Deze is in Zeeland in hoge mate bepaald door de relatieve zeespiegelstijging in combinatie met getijden. Verder is de morfologische ontwikkeling in sterke mate beïnvloed door de grote rivieren; de Rijn, Maas, Waal en de Schelde.

Ook de mens heeft een belangrijke rol gespeeld bij de totstandkoming van Zeeland. Door het in- en aandijken van natuurlijk aangeslibde of opgevulde geulen, gestart in de 11^e eeuw, is het huidige landschap ontstaan. Zeeland telt bijvoorbeeld veel kreekkruggen die tot 2 meter hoger liggen dan het omliggende land. De meer recent bedijkte gebieden zijn vlakker en hebben een vrij uniforme profielopbouw.

2.1 Hydrologische situatie

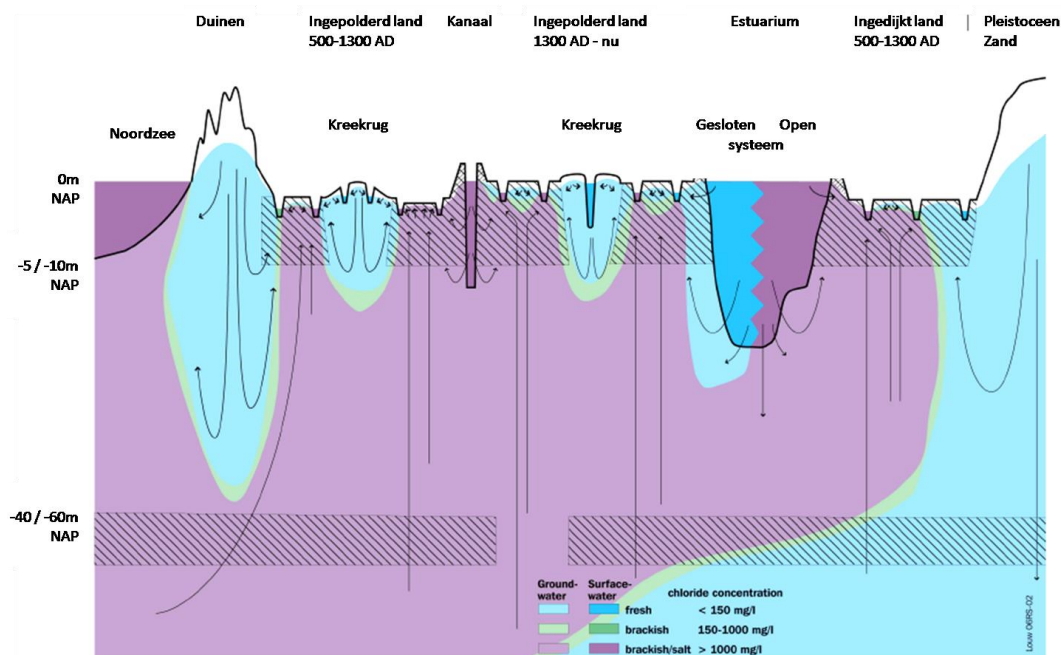
Bijna de gehele provincie Zeeland bestaat uit vrij ondiepe polders, doorsneden met hoger gelegen kreekkruggen. Vrijwel elke polder kan door middel van gemalen of uitwateringssluizen direct op het buitenwater lozen. Zeeland kent daarom bijna geen boezemwateren. De hoogteverschillen zijn gering; momenteel bevindt het grootste deel van het maaiveld zich rondom N.A.P., met uitzondering van de duingebieden en de Pleistocene gronden.

Het watersysteem in Zeeland (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) bestaat voor een belangrijk deel uit grond- en oppervlaktewater met een hoge chlorideconcentratie. De Noordzee en de Brabantse wal vormen de belangrijkste beïnvloedingsfactoren van het regionale grondwatersysteem.

1. De Brabantse Wal (Pleistoceen dekzand) vormt een infiltratiegebied door de hoge ligging en hoge doorlatendheid. Hierdoor is een vrij diep (40 tot 60 m-NAP) zoetwater systeem ontstaan. Grondwater stroomt richting de poldergebieden van Zeeland waar kwel optreedt. De kwel is het sterkst direct aan de voet van de zandgebieden, hier heeft het water ook de laagste chlorideconcentraties.
2. Vanuit de Noordzeekust richting de polders. De polders hebben een polderpeil dat lager ligt dan zeeniveau. Grondwater stroomt onder de duinen richting de polders waar het kwelt. De kwel is het sterks in de polders die het dichtst bij de kust liggen en die een laag polderpeil hebben.
3. Onder de duinen is een zoetwaterbel gevormd door neerslag en dichtheidsverschil met het zoute (zwaardere) grondwater (tot 60 m-NAP). Grondwaterstroming treedt op vanuit het duingebied richting de polders, waarbij water met een laag chlorideconcentratie kwelt in een zone die dicht tegen de duinen aanligt.
4. Onder kreekkruggen zijn, vanwege hun relatief hoge ligging en doorlatendheid, zoete grondwaterbellen gevormd, die een dikte van 30 meter kunnen bereiken. Het zijn vrij lokale geïsoleerde infiltratie- en kwelsystemen, die resulteren in

kwel met een laag chloridegehalte in de directe omgeving. De landbouw onttrekt zoetwater aan de zoetwaterbellen in de kreekruigen voor beregening.

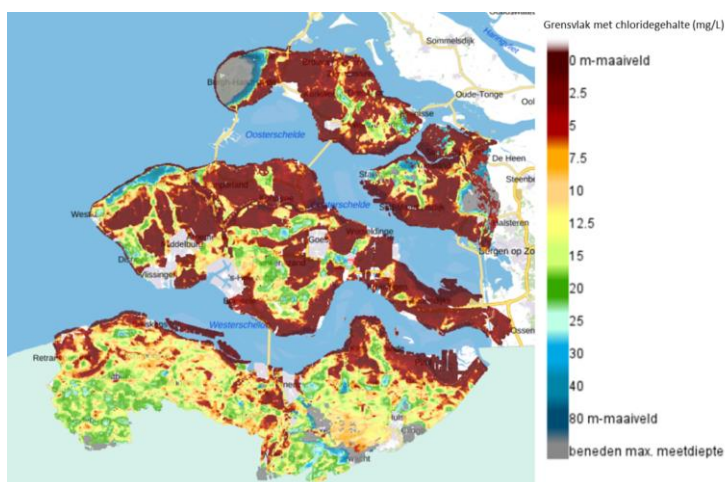
- Zeeland is vrijwel aan alle kanten omringd door water in de vorm van zeearmen. Doordat op de locatie van deze zeegeulen geen deklaag aanwezig is, vindt er veel infiltratie plaats. Dit water, waarvan de kwaliteit sterk afhankelijk is van de chlorideconcentratie van het buitenwater, kwelt voornamelijk in de buurt van het betreffende buitenwater.



Figuur 2. Geohydrologische schematisatie van Zeeland (Stuyt et al, 2006)

2.2 Verzilting

In vrijwel heel Zeeland heeft het grondwater zeer ondiep al hoge chlorideconcentraties, met uitzondering van de duinen, kreekruigen en Pleistocene zandgronden (Figuur 3). Dit is voornamelijk veroorzaakt door de ontstaansgeschiedenis waarbij de zee een grote rol heeft gespeeld en de sterke kwel die optreedt in de polders.



Figuur 3. Diepte van de 1500 mg Cl-/l grens ten opzichte van NAP in de ondergrond van Zeeland (Provincie Zeeland, 2020).

De polders die het dichtst bij de kust en/of het diepst liggen ervaren de hoogste kweldruk. Afgezien van de kreekruggen bevat het profiel van deze polders meestal tot het maaiveld grondwater met een hoog chloridegehalte. Neerslaglenzen zijn in deze percelen van vrij geringe dikte of afwezig. In deze poldergebieden heeft ook het oppervlaktewatersysteem hoge chlorideconcentraties.

Verder van de Noordzeekust neemt de kweldruk af. Omdat het slootpeil gemiddeld lager is dan het peil in de percelen, richt de zoute kwel zich voornamelijk op de sloten die hierdoor brak/zout worden. Daardoor kan zich een neerslaglens in de percelen ontwikkelen. Dit maakt het gebied geschikt voor landbouw.

In de polders die het meest naar de hoger gelegen Pleistocene zanden gelegen zijn, vindt ook kwel van zoet grondwater plaats.

2.3 Autonome ontwikkelingen

Zeespiegelstijging, bodemdaling en klimaatverandering hebben invloed op het oppervlakte- en grondwatersysteem, waardoor verzilting in de toekomst in de grootste delen van Zeeland verder toe zal nemen en zoete grondwatersystemen onder druk komen te staan.

Zeespiegelstijging

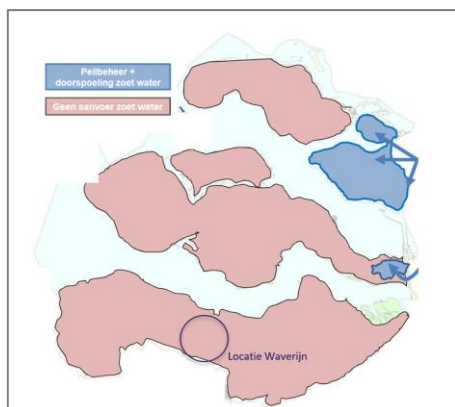
Zeespiegelstijging zal erin resulteren dat de eerder beschreven kwel toeneemt. Dit betreft dan hoofdzakelijk zoute kwel gezien er voornamelijk grondwater met hoge concentraties in de ondergrond voorkomen. De kwel zal vermoedelijk het meest toenemen langs de kust, en sterk afnemen met de afstand tot de kust (Stuyt, 2006). Echter, omdat een zeespiegelstijging eveneens zal resulteren in het stijgen van het peil van de zeearmen die in open verbinding staan met de Noordzee, zal het effect langs al die kustgebieden merkbaar zijn.

Uit bovenstaande valt te concluderen dat het effect van zeespiegelstijging na ongeveer 1000 meter vanuit de kust uitgedempt is. In gebieden die binnen deze zone liggen maar die nu al brak tot zout zijn, zal naar verwachting nauwelijks extra verzilting optreden. Gebieden die nu net rond NAP liggen in de zone van 1000 m, en waarbij de doorlatendheid van de deklaag relatief groot is, hebben het grootste risico tot extra verzilting.

Klimaatverandering

De effecten van klimaatverandering in Zeeland hebben betrekking op:

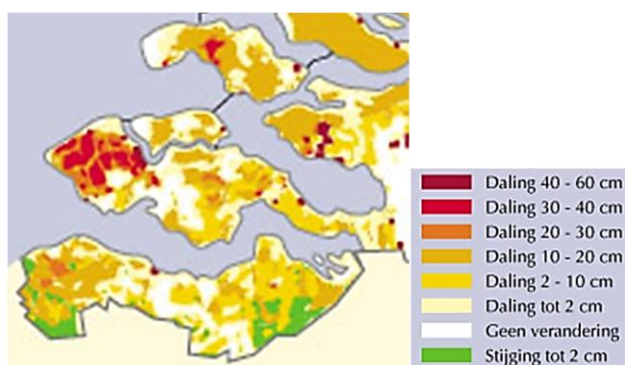
1. Neerslaglenzen in percelen in de poldergebieden. Naar verwachting zullen de neerslaglenzen in de percelen dunner worden. In grote delen van Zeeland is de dikte van de neerslaglenzen al vrij beperkt. De vergroting van het neerslagtekort gedurende de zomerperiode kan er toe leiden dat de neerslaglenzen dunner worden of zelfs verdwijnen, waardoor er hogere chlorideconcentratie tot ondieper in het perceel of tot aan maaiveld kan komen. Dit leidt tot zoutschade aan gewassen.
2. Lagere rivierafvoeren in droge perioden, wat er mogelijk toe zal leiden dat er minder water beschikbaar is voor doorspoelen. Naar verwachting zal tevens de kwaliteit van het doorspoelwater verslechteren. Gelet op Figuur 4, blijkt dat de fractie gebiedsvreemd water in het oppervlaktewatersysteem in Zeeland vrij gering is, zelfs tijdens een extreem droog jaar. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het effect van een verminderde beschikbaarheid van doorspoelwater geen additionele problemen zal opleveren in de provincie Zeeland.



Figuur 4. Omvang van de zoetwaterproblematiek voor heel Zeeland en locatie van het proefgebied. In het rood aangegeven zijn de gebieden zonder externe wateraanvoer. Alleen de blauwe gebieden beschikken over externe wateraanvoer.

Bodemdaling

Figuur 5 toont de voorspelde bodemdaling voor de provincie Zeeland. De oorzaak van bodemdaling is voornamelijk oxidatie als gevolg van ontwatering van percelen (deze is de afgelopen decennia zelfs flink toegenomen door de verbeterde ontwatering). Gebieden waar veen aan het oppervlak voorkomt zijn extra gevoelig voor bodemdaling. De bodemdaling concentreert zich naar verwachting hoofdzakelijk in poldergebieden die nu ook al laag liggen. Een maatregel om te zorgen dat de gebieden niet verder vernatten, is het verlagen van het polderpeil. Het effect van deze maatregel is naar verwachting dat er meer kwel zal plaatsvinden. Omdat er voornamelijk grondwater met hoge chlorideconcentraties in de bodem aanwezig is zal hierdoor de zoutbelasting in het oppervlaktewater en in de percelen toenemen.



Figuur 5. Verwachte bodemdaling en -stijging in Zeeland in 2050 t.o.v. de huidige situatie (Rougoor, Keuper, & Leendertse, 2017)

2.4 Conclusie

In vrijwel heel Zeeland heeft het grondwater zeer ondiep al hoge chlorideconcentraties, met uitzondering van de duinen, kreekruigen en Pleistocene zandgronden. Dit is voornamelijk veroorzaakt door de ontstaansgeschiedenis waarbij de zee een grote rol heeft gespeeld en de sterke kwel die optreedt in de polders. De akkerbouw in Zeeland is hierdoor grotendeels afhankelijk van regenwater, of indien aanwezig, de zoetwatervoorraden in de kreekruigen. Als de boeren te veel grondwater onttrekken voor beregening is de kans op verzilting van het schaarse zoete water groot. In het kader van de bedrijfsvoering, de regionale economie en de voedselvoorziening is water een waardevolle productiefactor. DeltaDrip onderzoekt een alternatief voor de traditionele haspelberegening: druppelirrigatie. In het project wordt onderzocht of het mogelijk is om water en nutriënten te besparen. In het project worden haspelberegening en bovengrondse en ondergrondse druppelirrigatie naast elkaar getest op een proefveld bij Firma Waverijn te Philipine.

3

Doel en opzet

3.1 Doel

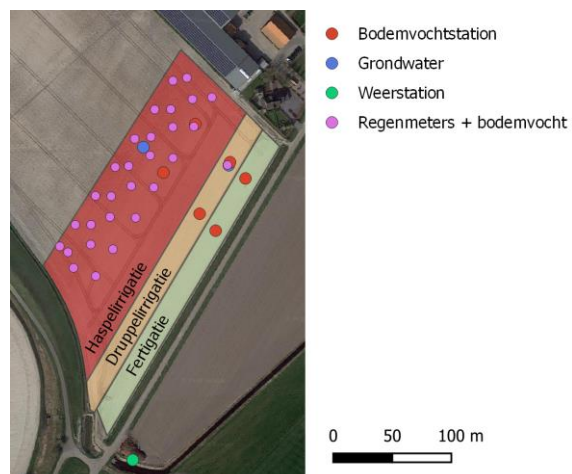
Met het oog op klimaatverandering en toenemende verzilting richt het project DeltaDrip zich op het versterken van de duurzaamheid en robuustheid van de zoetwatersituatie voor de landbouw in Zeeland. Het project genereert kennis en ontwikkelt methodieken voor een zuiniger gebruik van het schaarser wordende zoete (grond)water, en de potentie om de nutriëntengift te verminderen om uitspoeling te beperken. Een kosten-baten analyse geeft inzicht in hoeverre de meerkosten van druppelirrigatie gecompenseerd kunnen worden door hogere gewasopbrengsten en positieve bijdragen aan de zoetwaterbeschikbaarheid.

Aan de hand van de kennisontwikkeling en resultaten in DeltaDrip kunnen telers betere beslissingen maken over toepassing van nieuwe technieken die bijdragen aan zekerstelling van zoetwaterbronnen en verkleining van risico's op verzilting. Daarvoor is een proeflocatie in Zeeuws-Vlaanderen opgezet op een perceel van Maatschap Waverijn.

3.2 Inrichting proefpercelen

Het doel van de proef is het onderzoeken van verschillende irrigatietechnieken en bouwt voort op eerder uitgevoerd onderzoek zoals Spaarwater, waar voor het eerst in Nederland ondergrondse druppelirrigatie is onderzocht (Waterloo et al, 2016 en Hulshof et al, 2019). Het proefperceel is daarvoor verdeeld in vier objecten (Figuur 6 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). In het referentie proefvak is traditionele beregening (middels spuihaspel) en bemesting toegepast. In het druppelirrigatie proefvak zijn druppelslangen onder de bouwvoor aangelegd en is traditionele bemesting toegepast. Een derde proefvak is uitgerust met ondergrondse druppelslangen waarbij ook fertigatie, of toediening van meststoffen via de druppelslangen, mogelijk is. Het laatste proefvak is uitgerust met bovengrondse druppelslangen.

Figuur 6. Locaties van de proefvakken en verschillende meetstations in 2019. In 2020 zijn in een enkel bed in het druppelirrigatie-proefvak bovengrondse slangen geplaatst.



In de voorbereiding op het groeiseizoen van 2019 bleek de zoetwaterbron, die beoogd was zoet water te leveren voor het druppelirrigatiesysteem, door de droge zomer van 2018 en beperkte aanvulling tijdens de winter brak water te geven. Hierdoor is tijdens het groeiseizoen gezocht naar andere zoetwaterbronnen om de systemen van voldoende water te voorzien. In de tussentijd is gekozen alle proefvakken te voorzien van zoetwater middels de spuithaspel. In het groeiseizoen van 2020 zijn de druppelirrigatiesystemen in gebruik genomen.

3.3 Monitoring

Een groot aantal metingen zijn uitgevoerd op en rond de proefvakken. De verliezen van water door verdamping en verwaaiing en de uniformiteit van beregening met spuithaspel zijn bepaald aan de hand van meer dan 30 regenmeters en bodemvochtsensoren (Figuur 7). Met de regenmeters is de netto watergift aan de grond bepaald, en met de bodemvochtsensoren de totale water effectiviteit. Een weerstation is geïnstalleerd om de verliezen te relateren aan het weerbeeld, zoals verdampingsvraag en windsnelheid, tijdens de beregening (Figuur 7).

Verzilting van de zoetwaterbronnen ten gevolge van de beregening is gemeten door de geleidbaarheid van het opgepompte water te monitoren en door middel van geofysische scans (ERT) aan het einde van de winter- en zomerperioden. De waterkwaliteit, en concentratie nutriënten in het bijzonder, van bodemvocht en grondwater is regelmatig onderzocht door chemische analyse van watermonsters. Deze metingen geven inzicht op het risico voor uitspoeling van meststoffen.

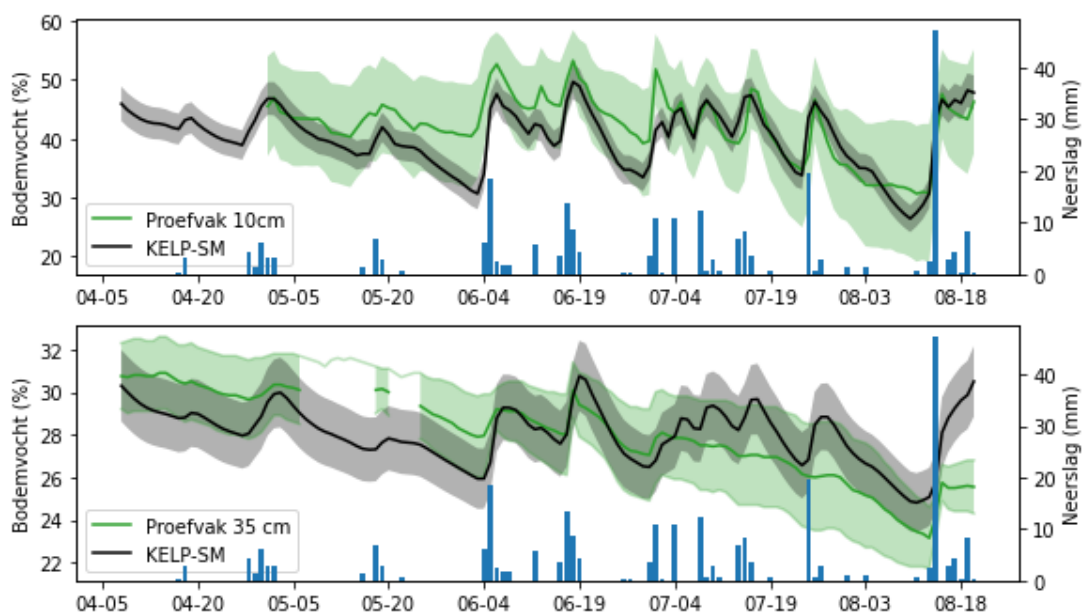


Figuur 7. Weerstation ter plaatse van de proeflocatie (links) en een van 30 meetstations voor metingen van interceptie van beregeningswater en bodemvocht (rechts).

Veldonderzoeken van de bodem en gewasgroei zijn regelmatig uitgevoerd. De effecten van druppelinslag en veranderingen in bodemstructuur zijn bepaald door bodemscans en bemonstering van de bodem. Bladanalyses van mineralen in het blad hebben inzicht gegeven in het verloop van nutriëntenopname door het gewas. Resultaten zijn gebruikt om het efficiënt toepassen van nutriënten te ondersteunen. De teeltopbrengst is bepaald aan de hand van proefrooiingen in alle proefvakken. Deze worden gebruikt voor de kosten-baten analyse.

Metingen van meteorologie, watergift, bodemvocht en zoutgehalte van grondwater zijn telemetrisch en zichtbaar op een online dataplatform. De bodemvochtdata is aangevuld met een beslissing ondersteunend model, KELP-SM. Het doel van het model was om inzicht te geven in wanneer het nodig was om druppelirrigatie toe te passen en hoeveel

water nodig was om bodemvocht binnen het optimale bereik te houden. KELP-SM gebruikt metingen in het veld, voorspelt neerslag en verdamping, en bodem- en gewaseigenschappen om een 5-daagse voorspelling van bodemvocht te berekenen. In het model wordt ook een marge van onzekerheid van de bodemvochtvoorspelling bepaald. Het gesimuleerde bodemvocht in de bovenste laag van de bodem met KELP-SM was in het grootste gedeelte van groeiseizoen 2020 vergelijkbaar met het gemeten bodemvocht (Figuur 8). Dit geeft vertrouwen dat de voorspellingen van het model kunnen bijdragen aan effectieve planning van beregening.



Figuur 8. Bodemvocht van KELP-SM (zwart) van ~0 - 10 cm (boven) en van ~10 - 40 cm (onder) vergeleken met sensoren van meetstations op verschillende dieptes (groen). De licht groene en grijze kleuren geven de spreiding van modelsimulaties en metingen weer en geven daarmee inzicht in de onzekerheden van beide.

4

Effectief met zoetwater

4.1 Inleiding

Zeeland heeft te maken met een groter wordende waterschaarste. De combinatie van klimaatverandering, toenemende verzilting en waterbehoefte van de akkerbouw leidt hiertoe. Voor een robuuste bedrijfsvoering is het belangrijk dat agrariërs efficiënt met het beschikbare water omgaan. Gebruik van druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening maakt deze efficiëntieslag mogelijk. In dit hoofdstuk wordt 'watereffectiviteit' uitgewerkt, een methodiek ontwikkeld binnen Spaarwater (Hulshof et al, 2019). Dit is de basis van de efficiëntieslag die druppelirrigatie interessant maakt. Vervolgens worden de verschillen in watereffectiviteit vertaald naar potentiële waterbesparing bij een overstap van haspelberegening naar druppelirrigatie. Als laatste wordt het effect van de beregeningstechnieken op verzilting onderzocht.

4.2 Watereffectiviteit

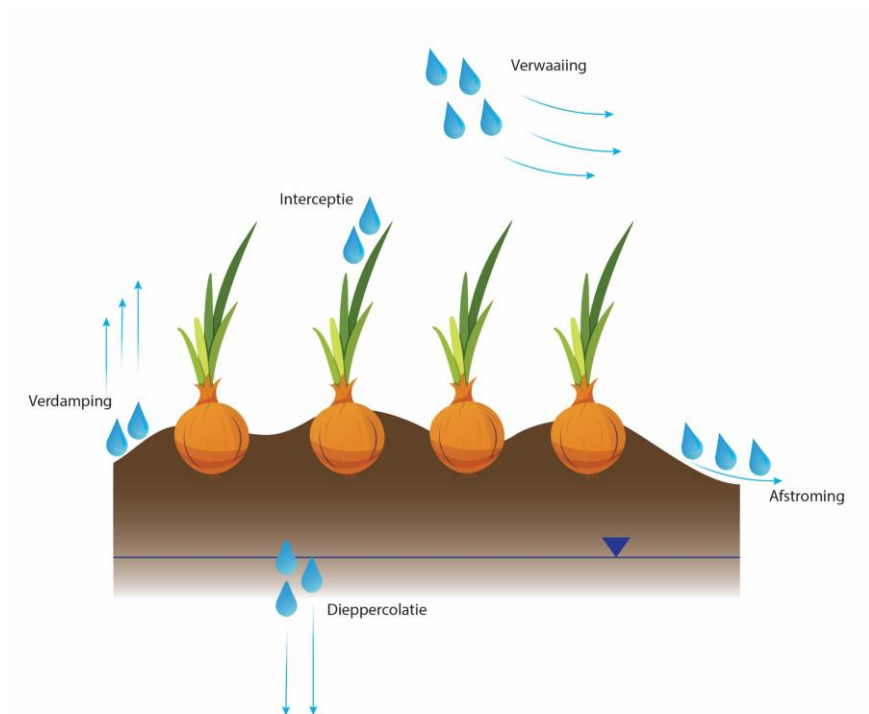
Bij beregening komt niet al het opgebrachte water ten goede aan de gewasgroei. Water gaat verloren door een aantal verliesfactoren, het aandeel water dat verloren gaat is afhankelijk van de techniek. Tijdens de groeiseizoenen van 2019 en 2020 is de watereffectiviteit van beide technieken getest, gekwantificeerd en vergeleken. De watereffectiviteit van haspelberegening is in beide jaren ongeveer 60% (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De effectiviteit van bovengronds en ondergronds druppelen bij ui in 2020 is respectievelijk 80 en 90%.

Tabel 1. Overzicht van gemiddelde watereffectiviteit van de beregeningstechnieken

	Watereffectiviteit [%]
Haspel aardappel (2019)	59
Haspel ui (2020)	61
Bovengrondse druppelirrigatie ui (2020)	80
Ondergrondse druppelirrigatie ui (2020)	90

De verschillen in watereffectiviteit kunnen worden verklaard door zogenoemde 'verliesfactoren' (Figuur 9). Zowel haspelberegening en druppelirrigatie kennen verliesfactoren. Bij haspelberegening gaat water verloren via:

- **Interceptie** is water dat op de bladeren blijft liggen en verdampt;
- **Bodemverdamping** is de verdamping van waterdruppels voordat deze infiltreren in de bodem;
- **Afstroming** is water dat afstroomt omdat de bodem verzadigd is of omdat de infiltratiecapaciteit van de bodem wordt overschreden;
- **Dieppercolatie** is water dat vanuit de onverzadigde zone naar het grondwater infiltreert;
- **Verwaaiing** is verwaaiing van irrigatiewater naar aangrenzende percelen.



Figuur 9. Overzicht verliesfactoren bij regen of irrigatie, dit water komt niet ten goede van het gewas (Schematische weergave met afbeeldingen van Freepik.com, 2020).

De gemiddelde effectiviteit bij de haspelberegening tussen percelen met uien en aardappels was vergelijkbaar. Het verloop van de effectiviteit door het groeiseizoen was echter verschillend. Bij aardappelteelt in 2019 nam de effectiviteit af van ongeveer 70% eind mei naar 50% in juli. Dit kan verklaard worden door de factor 'interceptie'. In de loop van het groeiseizoen ontwikkelt het dichte bladerdek van aardappel en blijft steeds meer water op de horizontale bladeren staan. Bij uienteelt in 2020 neemt de water effectiviteit toe. Interceptie is een minder belangrijke verliesfactor voor ui omdat het verticale bladeren heeft, waardoor water dat op de bladeren valt relatief gemakkelijk alsnog naar de bodem stroomt. Bij ui kan de factor 'bodemverdamping' belangrijker zijn omdat de grondbedekking van ui beduidend minder is dan bij aardappel. Door het groeiseizoen neemt de grondbedekking toe, wat mogelijk de toename in water effectiviteit kan verklaren. Gewaseigenschappen zijn echter niet de enige verklaring voor waargenomen verschillen in watereffectiviteit van haspelberegening gedurende het seizoen. Ook weersomstandigheden hebben een grote invloed: bij harde wind neemt verlies door verwaaiing sterk toe.

Bij druppelirrigatie vindt geen verwaaiing of gewasinterceptie plaats omdat water direct op of in de bodem wordt ingebracht. Bovendien worden bodemverdamping en afstroming geminimaliseerd of zelfs geheel voorkomen. De watereffectiviteit van druppelirrigatie is hierdoor hoger dan dat van conventionele beregeningstechnieken zoals haspelberegening.

In theorie kan de factor 'dieppercolatie' een extra verliespost zijn, zeker bij ondergronds druppelen. Dit komt voor als de toegepaste irrigatie ertoe leidt dat het water (lokaal) niet langer tegen de zwaartekracht in vastgehouden kan worden. Op basis van metingen van

bodemvocht en -spanning in de bodem is er echter geen sprake geweest van dieppercolatie als gevolg van irrigatie tijdens het groeiseizoen van 2020. Dit kan deels verklaard worden door de droge proefjaren. In een gemiddeld of nat jaar zal dieppercolatie mogelijk vaker voorkomen, waardoor de watereffectiviteit mogelijk lager uitvalt dan in 2020.

Het effectiviteitsverschil tussen bovengrondse en ondergrondse druppelirrigatie kan verklaard worden door bodemverdamping. Bij bovengrondse irrigatie wordt structureel water verloren aan bodemverdamping bij de druppelaars. De bodemverdamping wordt niet direct gemeten in de proefopstelling van DeltaDrip, maar door een conceptuele benadering op basis van de beregeningsoppervlakte van bovengrondse druppelaars en de potentiële verdamping van natte bodem, wordt de watereffectiviteit geschat op 80% (Figuur 10).

Bij ondergrondse irrigatie is de bodemverdamping in theorie veel lager. Uit de veldproef blijkt echter dat natte plekken variërend in grootte van enkele centimeters tot enkele decimeters op het veld zichtbaar waren na beregening. Deze natte plekken worden veroorzaakt door preferente stroombanen in de bodem (Figuur 13). Bodemverdamping van deze natte plekken zijn de belangrijkste verliespost voor ondergronds druppelen. Op basis van beperkt voorkomen van deze natte plekken en potentiële verdamping van natte bodem wordt de watereffectiviteit van ondergronds druppelen op 90% geschat.



Figuur 10. Verliesfactor bodemverdamping bij bovengrondse druppelirrigatie in proefveld Mts Waverijn, uien, 2020.

4.3 Waterbesparing

4.3.1 Modelling waterbehoefte en gewasopbrengsten

Het AquaCrop model is gebruikt om de waterbehoefte en gewasopbrengsten van de gewassen van het bouwplan in Zeeland te simuleren. AquaCrop is ontwikkeld door de FAO om gewasopbrengsten te modelleren voor condities waar water schaars is. De effecten van droogte op gewasgroei worden berekend door middel van gewasspecifieke stresswaarden voor bodemvocht en temperatuur. De droge stof opbrengst uit het model wordt omgerekend naar een totale gewasopbrengst door een droge stof percentage aan te nemen voor de verschillende gewassen.

Het model is gevalideerd met de gemeten opbrengst in het jaar 2020 van de verschillende proefvelden. Tijdreeksen van neerslag en referentieverdamping zijn gebaseerd op data van KNMI-station Westdorpe. De grondwaterstand in het model is gebaseerd op metingen in het druppel proefvak. In de simulaties is een bodemopbouw van 45 cm lichte zavel op zand aangenomen. De gewaseigenschappen van ui zijn gebaseerd op Perez Ortola (2013) en aangepast aan de hand van waarnemingen van het proefveld. Zo is de zaaidatum veranderd om overeen te komen met de zaaidatum van het proefveld en de maximale effectieve worteldiepte aangepast naar 20 cm. Het model definieert de maximale effectieve worteldiepte als de diepte waar het grootste gedeelte van het water wordt onttrokken voor transpiratie. In het veld zijn wortels tot een diepte van 40-50 cm waargenomen, maar de meeste wortels bevinden zich in de bovenste decimeters.

De berekeningsscenario's zijn gebaseerd op de toegepaste berekening in 2020. Het model gaat uit van 100% effectieve berekening. Dit betekent dat de werkelijk toegepaste berekening gecorrigeerd moet worden voor de verliezen van de verschillende irrigatietechnieken aan de hand van de watereffectiviteit. De watereffectiviteit voor de berekeningsscenario's is gebaseerd op de uitkomsten van de proef, beschreven in hoofdstuk 4.2. Voor haspelberekening is de waarde van 60% aangenomen, voor druppelberekening een water effectiviteit van 80% voor bovengrondse technieken en 90% voor ondergrondse technieken. De gesimuleerde gewasopbrengsten komt goed overeen met de opbrengstbepaling van ui in 2020, met een verschil tussen 5 en 10% voor de verschillende proefvelden (Tabel 2).

Tabel 2. Gemeten en gesimuleerde opbrengst van ui op basis van het groeiseizoen van 2020 voor verschillende berekeningstechnieken

	Opbrengstbepaling [ton/ha]	AquaCrop [ton/ha]	Vershil [%]
Haspel	44.6	41.0	8.0
Bovengrondse druppelirrigatie	59.6	56.7	4.9
Ondergrondse druppelirrigatie	52.4	48.9	6.7

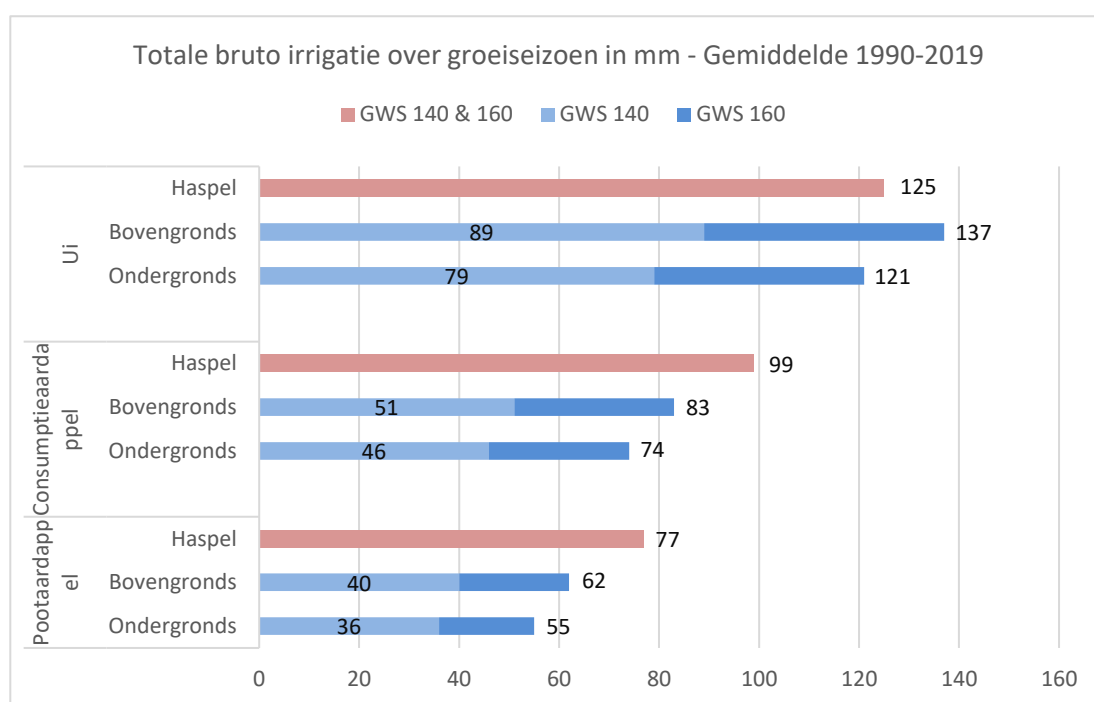
Het AquaCrop model is vervolgens gebruikt om de waterbehoefte en gewasopbrengsten van verschillende gewassen te vergelijken onder haspelberekening en druppelirrigatie. Het perceel van Waverijn is representatief voor ongeveer 74% van onbebouwd gebied in Zeeland op basis van het uitzakken van de grondwaterstand in de zomer (grondwatertrappen V-VII).

In het haspelberekening scenario is uitgegaan van een vaste netto gift van 15 mm met een vaste interval van 30 dagen. Deze gift is vergelijkbaar met de werkelijk gegeven gift voor consumptieaardappel, en hoger dan de werkelijk gegeven gift voor ui. In het druppelirrigatiescenario is uitgegaan van een netto watergift van 4 mm als de grenswaarde van het direct beschikbare water wordt bereikt. Het direct beschikbare water is de hoeveelheid water die de plant kan opnemen zonder significant energie te gebruiken, waardoor geen sprake is van droogtestress. De netto berekening is vervolgens vertaald naar een bruto watergift op basis van de water effectiviteit zoals hierboven beschreven.

Omdat de gesimuleerde gewasopbrengsten goed overeenkomen met de opbrengstbepaling kunnen de resultaten van de modellen gebruikt worden in de verdere analyse. Hiermee zijn in §4.3.2 en 4.3.4 de potentiële waterbesparing en de vergroting van het beregend oppervlak bepaald. De gewasbaten komen in hoofdstuk 6 aan de orde.

4.3.2 Potentiële waterbesparing

Om de potentiële waterbesparing te bepalen, is voor de verschillende irrigatiescenario's bepaald hoeveel water er gegeven moet worden om in de waterbehoefte te voldoen. Deze 'bruto' berekening wordt vervolgens gecorrigeerd met de watereffectiviteit. In Figuur 11 wordt per gewas en irrigatietechniek de bruto irrigatie in mm weergegeven. Hier is te zien dat met haspelberekening in de meeste scenario's meer water wordt gegeven. Bij haspelberekening is geen verschil in de bruto watergift tussen een grondwaterstand van 140 en 160 cm -mv, terwijl dit bij bovengrondse en ondergrondse druppelirrigatie wel te zien is. Bij een grondwaterstand van 160 cm -mv is de bruto watergift bij alle gewassen hoger.



Figuur 11. Totale bruto irrigatie over het groeiseizoen in mm - langjarig gemiddelde 1990 - 2019

Uitgaande van de langjarige gemiddelde waterbehoefte van 1990 - 2019 is de potentiële waterbesparing van ondergrondse- en bovengrondse druppelirrigatie ten opzichte van haspelberekening te zien in Figuur 11. Bij de meeste gewassen levert druppelirrigatie een waterbesparing op. Enkel bij bovengrondse druppelirrigatie van uien is te zien dat er gemiddeld 12 mm meer wordt gegeven.

Tabel 3. Verschil bruto druppel- haspelirrigatie

	Besparing bovengronds druppelen	Besparing ondergronds druppelen
Uien	36 mm tot 12 mm extra	46 tot 4 mm
Consumptieaardappel	48 tot 16 mm	41 tot 21 mm
Pootaardappel	37 tot 15 mm	54 tot 26 mm

Er wordt voor iedere irrigatietechniek een bandbreedte aangegeven, wat ontstaat door de grondwaterstanden van respectievelijk 140 en 160 cm -mv.

Een conclusie die getrokken kan worden op basis van gebruikte irrigatietechnieken is dat er met druppelirrigatie gericht geïrrigeerd kan worden. In droge jaren kan dit leiden tot een toename van watergebruik.

4.3.3 **Beperkte waterbeschikbaarheid**

Omdat de zoetwatervoorraden schaars zijn in Zeeland en er een beperkte waterbeschikbaarheid is, is er in het vervolg van de analyse gebruik gemaakt van een zogenoemd 'irrigatieplafond' van 125 mm. Op deze manier wordt het mogelijk om te bepalen wat de bijdrage is van druppelirrigatie in situaties waarbij de waterbeschikbaarheid een beperkende factor is.

4.3.4 **Vergroting beregend oppervlak**

Door haspelberekening te vervangen door druppelberekening kan in plaats van waterbesparing ook een grotere oppervlakte beregend worden met hetzelfde volume water. Stel een agrariër heeft 125 mm water tot zijn beschikking, dan kan hij met gebruik van de verschillende irrigatietechnieken de oppervlakten in Tabel 4 beregenen. Ook hier duiden de bandbreedtes de grondwaterstanden van respectievelijk 140 en 160 cm > mv aan.

Tabel 4. Vergroting beregend oppervlakte met 125 mm beschikbaar water bij gebruik van verschillende irrigatietechnieken

	Oppervlakte haspelberekening	Oppervlakte bovengrondse druppelirrigatie	Oppervlakte ondergrondse druppelirrigatie
Ui	1 ha	1,4 tot 0,9 ha	1,6 tot 1 ha
Consumptieaardappel	1,3 ha	2,4 tot 1,5 ha	2,7 tot 1,7 ha
Pootaardappel	1,6 ha	3,1 tot 2 ha	3,5 tot 2,3 ha

4.3.5 **Van verhoogd watereffectiviteit naar waterbesparing**

Eén van de belangrijke drijfveren voor agrariërs om een alternatief te zoeken voor haspelberekening is gebruiksgemak. Haspelberekening is een arbeidsintensief proces en met name in droge jaren neemt dit veel tijd en energie in beslag.

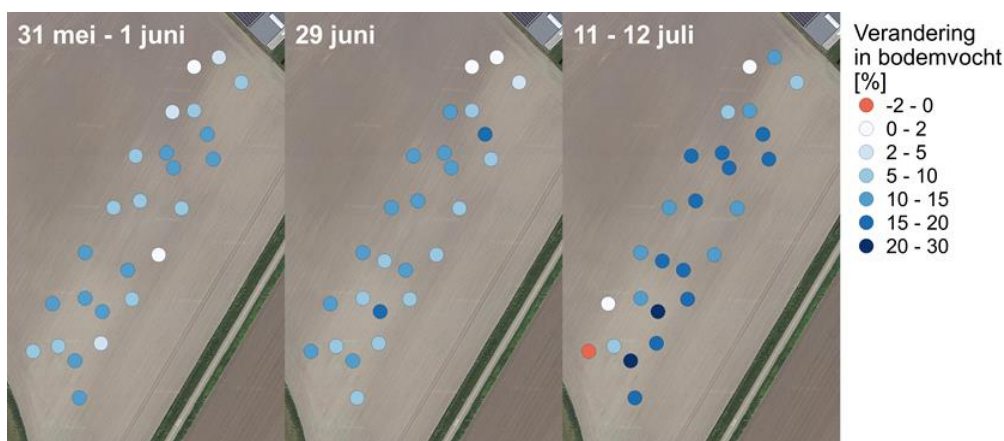
De druppelberekening kan gemakkelijk via de computer en/of app worden gepland en aangestuurd. In de praktijk kan gewasoptimalisatie en gebruiksgemak op bedrijfsniveau ook belangrijker zijn voor een overstap dan de waterbesparing. Als gevolg hiervan kan het waterverbruik juist toenemen ondanks dat water effectievere technieken worden toegepast. Voor realisatie van waterbesparing is het dus belangrijk om water effectieve berekeningstechnieken te combineren met regulatie van watergebruik.

4.4 **Verspreiding van berekening over het perceel**

Haspel

Een gelijkmatige, uniforme, verspreiding van het irrigatiewater over het gewas is belangrijk voor een optimale opbrengst en bevordert effectief watergebruik. Verwaaiing vermindert gelijkmatige verspreiding van het water bij haspelberekening. In de veldproef

is de verspreiding van irrigatiewater door de haspel gemeten met 60 sensoren. Door de verandering van het bodemvocht na een beregeningsbeurt te meten is inzichtelijk gemaakt dat er op één perceel grote verschillen kunnen zijn. Hierbij neemt het bodemvocht langs de randen vaak nauwelijks toe terwijl op andere plekken bodemvocht met tot 30% toeneemt (Figuur 12). Resultaten voor het jaar 2020 tonen een vergelijkbare variatie binnen het perceel.



Figuur 12. Ruimtelijke variatie in verandering in bodemvocht tussen de dag voor en na de irrigatiemomenten in 2019.

Druppelirrigatie

Bij druppelirrigatie is de verdeling van de watergift uniformer door regelmatige plaatsing van de slangen en de druppelaars. Lokaal kan de watergift toch verschillen. Bijvoorbeeld doordat de druk in de slangen over het algemeen hoger is en daarmee de watergift groter is aan het begin van de druppelslang dan aan het eind. Lekkages in de druppelslagen of defecte druppelaars kunnen ook plaatselijk voor een grotere watergift zorgen. Als hierdoor meer water door diepercolatie verloren gaat, kan dit leiden tot een lagere watereffectiviteit. In de veldproef is waargenomen dat er lokaal ruimte langs de druppelslangen is ontstaan, waardoor preferente stroombanen lopen.



Figuur 13. Preferente stroombanen leiden tot natte plekken in het proefvak met ondergrondse druppelirrigatie, waardoor de verliesfactor 'bodemverdamping' toeneemt (Mts Waverijn, 2020).

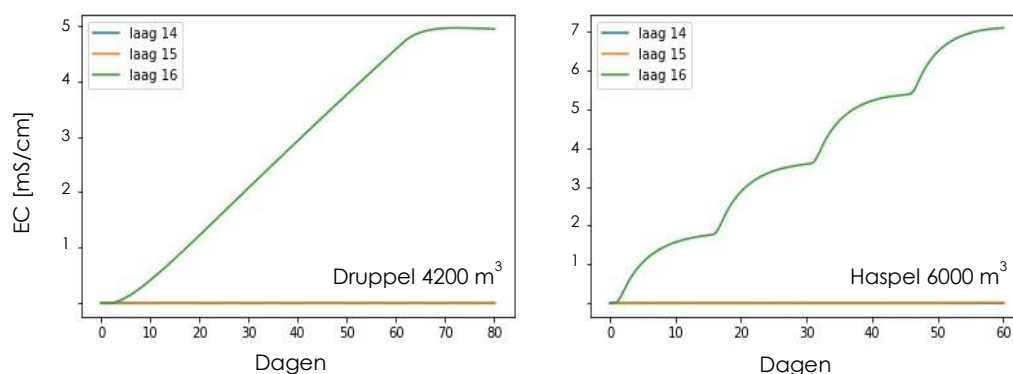
In het proefvak met ondergrondse druppelberegening zijn op het maaiveld natte plekken waargenomen die aantonen dat plaatselijk de watergift relatief hoog was. De natte plekken werden niet veroorzaakt door lekkages in het druppelsysteem, maar door zogenaamde preferente stroombanen in de bodem. Op deze plekken is na plaatsing ruimte langs de druppelslangen ontstaan, waar water van één of meerdere druppelaars gemakkelijker instroomt dan in de bodem daaromheen. De stromen komen samen op één punt, in plaats van door capillaire stroming gelijkmatig door de bodem verspreid te worden. Eenmaal aanwezig, blijft het water deze route volgen. Mogelijke oorzaak is de bodemopbouw ter plaatse of de hoogte en duur van een watergift. Het verdient aandacht in een vervolgonderzoek daar dit tot schade kan leiden of andere ongewenste effecten.

Er is ook wel eens lekkage opgetreden in de druppelslangen. Het meest voorkomende type lek was dat gaten van druppelaars groter waren geworden, mogelijk door de hoge druk in de druppelslangen. Daarnaast zijn twee lekkages als gevolg van een los koppelstuk en een open einde waargenomen. Allemaal vrij eenvoudig te verhelpen.

4.5 Effect op zoetwatervoorraad kreekrug (verzilting)

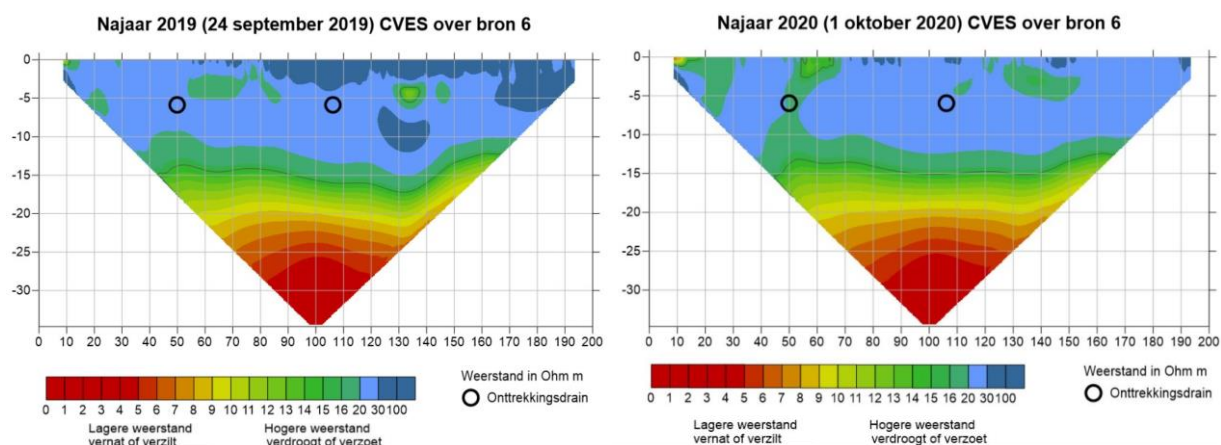
Verziltiging van zoetwaterbronnen treedt op wanneer grote volumes van grondwater worden onttrokken. Als gevolg van grondwateronttrekkingen in de zomer komt het brakke water omhoog. In de winterperiode wordt het grondwater aangevuld met regenwater en daalt de zoet-zout grens weer. Op het moment dat de agrariër brak water aantrekt, zal hij stoppen met onttrekken om zoutschade te voorkomen. Dit leidt echter ook tot droogteschade. De toepassing van druppelirrigatie leidt tot potentieel lagere onttrekkingsvolumes en lagere pompcapaciteit. In DeltaDrip is het effect op het zoet-zoutgrensvlak onderzocht aan de hand van geofysische metingen en modelsimulaties.

Uit modelsimulaties blijkt dat zoetwater langer beschikbaar kan blijven door het gebruik van druppelberegening. Dat kan echter alleen als het gebruik van druppelberegening daadwerkelijk wordt uitgevoerd met een lager onttrokken volume en dus leidt tot waterbesparing. Als de onttrekking wordt verlaagd van 6000 m³ naar 4200 m³ als gevolg van waterbesparing door druppelberegening is de verziltiging aan het einde van de zomerperiode bijna 30% lager dan bij haspelberegening (Figuur 14). Als bij druppelberegening echter evenveel water wordt onttrokken, en daarmee een groter areaal wordt beregend, als bij haspelberegening blijft de gesimuleerde verziltiging gelijk, waaruit blijkt dat het effect van een lagere pompcapaciteit verwaarloosbaar is.



Figuur 14. Mate van verziltiging op ongeveer 14 – 16 m diepte veroorzaakt door grondwateronttrekkingen bij verschillende beregeningstechnieken en volumes

Op basis van geofysische metingen is de diepte van de zoetwaterlens bij Mts. Waverijn ongeveer 15 meter (Figuur 15). De diepte van het zoet-zoutgrensvlak is tussen het najaar van 2019 en 2020 gemiddeld genomen nauwelijks veranderd. Plaatselijk is het zoet-zoutgrensvlak over deze periode ongeveer 1 m omhoog gekomen, en ter plaatse van de diepdraains is de weerstand licht afgenomen. Beide waarnemingen kunnen duiden op verzilting en zijn mogelijk gevolg van de onttrekkingen in combinatie met het droge jaar. Aanvullende metingen in een gemiddeld en nat jaar zijn nodig om inzicht te krijgen in de algemene verziltingssituatie.



Figuur 15. Geofysische (CVES) metingen bij bron 6 in het najaar van 2019 (links) en 2020 (rechts). De zwarte cirkels geven locaties van diepdraains weer, de dikke lijnen de diepte van het zoet-zout grensvlak.

4.6 Conclusies

Uit metingen op de proefvakken van DeltaDrip blijkt dat de watereffectiviteit van druppelirrigatie, en daarbij ondergrondse druppelirrigatie in het bijzonder, hoger is dan haspelberegening. Bovendien wordt het water bij druppelirrigatie gelijkmatiger verspreid over het perceel dan bij haspelberegening. Een uniforme beregening is belangrijk voor een gelijkmatige ontwikkeling van het gewas. Door de hogere watereffectiviteit kan een overstap van haspelberegening naar druppelirrigatie leiden tot een waterbesparing. Uit modelsimulaties blijkt dat de kleinere onttrokken volumes bij een dergelijke waterbesparing het verziltingsrisico verminderen. In plaats van waterbesparing kan er ook voor worden gekozen om een groter oppervlakte te beregenen met hetzelfde volume water. Afhankelijk van het gewas kan het beregende oppervlak tot 3,5 keer groter zijn.

5

Efficiënt met nutriënten

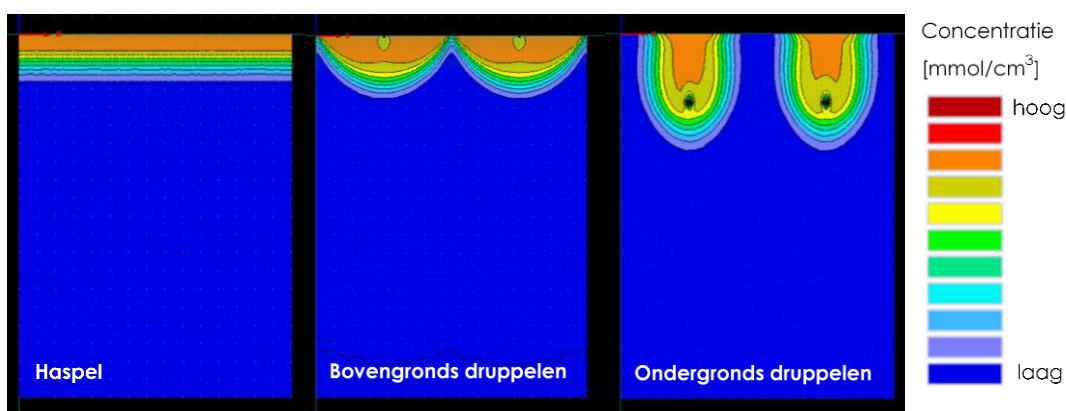
5.1 Inleiding

Via de druppelslangen kunnen naast water ook vloeibare meststoffen worden gegeven aan de plant, fertigatie. Omdat de giften direct in de wortelzone komen kan dit precies op de behoefte van de plant worden afgestemd (Figuur 16). Door het toepassen van fertigatie kunnen meststoffen worden bespaard omdat het risico op uitspoeling kleiner is dan bij traditionele bemesting. Dit is één van de voordelen van fertigatie. In dit hoofdstuk worden de voordelen van deze vorm van efficiënte bemesting via de druppelslangen behandeld.

5.2 Flexibiliteit en vermindering van uitspoeling

Bij traditionele bemesting is het van groot belang dat de mestgift voorafgaand aan een regenbui wordt gegeven. Als deze neerslag niet wordt voorspeld en de mestgift gegeven moet worden dan is de agrariër aangewezen op het gebruik van haspelirrigatie. De neerslag is van belang zodat de nutriënten goed in de bodem kunnen zakken en bij de wortelzone terecht komen. Daarentegen leidt hevige neerslag na een mestgift tot uitspoeling van de net aangebrachte nutriënten. Door de nutriënten met de druppelslangen mee te geven wordt de agrariër flexibeler qua gift en is het risico op uitspoeling kleiner.

Om de hoogte van de mestgiften middels fertigatie goed af te stemmen op de plantbehoefte past de agrariër idealiter bladanalyse toe aan het begin van het seizoen. Dit kan bovenop de bovengenoemde voordelen leiden tot een initieel verminderde mestgift. Ook dit heeft een verminderend effect op de uitspoeling van meststoffen naar het grond- en oppervlaktewater.



Figuur 16. Verdeling van nitraat in de bodem bij verschillende beregeningstechnieken.

5.3 Mestgebruik

In 2020 is binnen DeltaDrip 110 kg/ha bemesting toegepast op de druppel en haspeltakken, en 83 kg/ha op het fertigatieproefvak. Daarmee zijn de toegepaste mestgiftten lager dan bij traditionele bemesting, waarbij 140 kg/ha wordt opgebracht. De gereduceerde mestgift is toegepast op basis van een eerdere proef door Mts. Waverijn waarbij de gereduceerde gift geen negatieve invloed had op de opbrengsten. Dit komt waarschijnlijk door de hoge nutriëntenvruchten in de bodem.

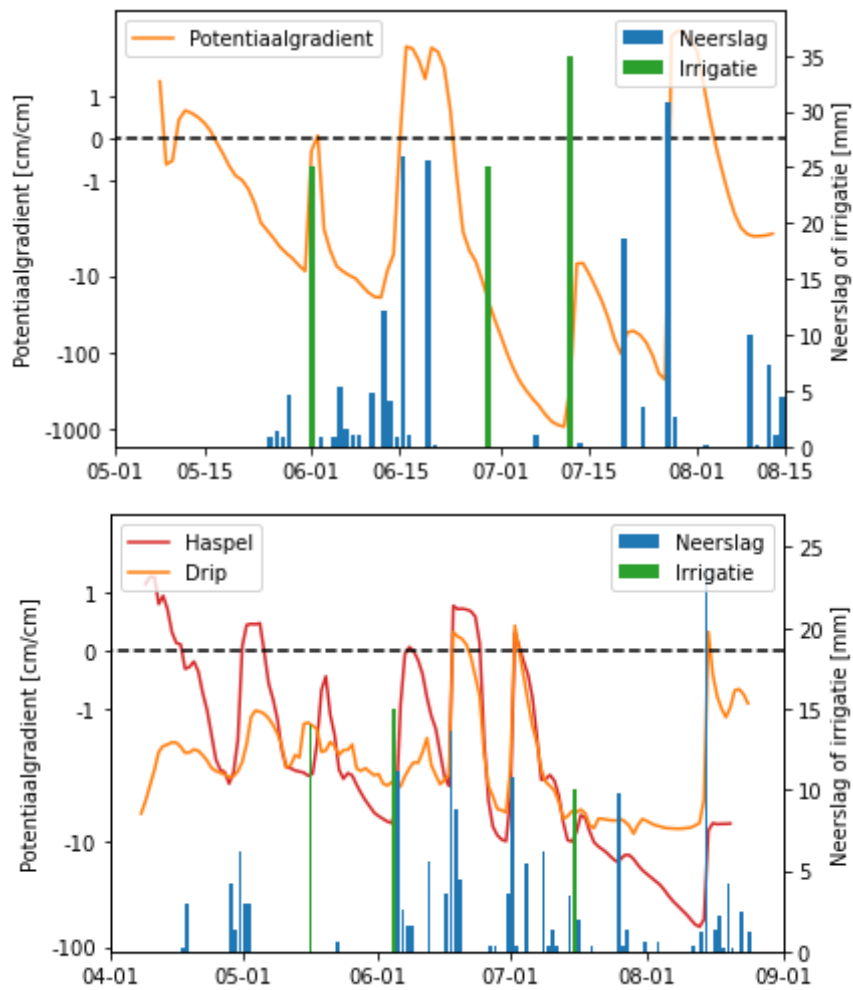
De mestgift van 83kg/ha voor het fertigatieproefvak is aan het begin van het groeiseizoen van bovenaf opgebracht. Als de druppelstralen ondergronds zijn aangebracht is fertigatie aan het begin van het seizoen geen geschikte methode. De wortels van het gewas zijn in deze fase nog niet lang genoeg om de druppelgift op te kunnen nemen. Dit terwijl het water naar beneden wegstroomt omdat de bodem nog nat is van het winterseizoen. Pas als de bodem droger wordt zal het water uit de druppelstralen een stijgende beweging maken. Dit speelt niet bij fertigatie via bovengrondse druppelstralen. Uit bladanalyse bleek zelfs dat deze gereduceerde mestgift al voldoende was om de behoefte van het gewas te dekken. Daardoor is tijdens het groeiseizoen geen fertigatie meer toegepast.

5.4 Uitspoeling van nutriënten

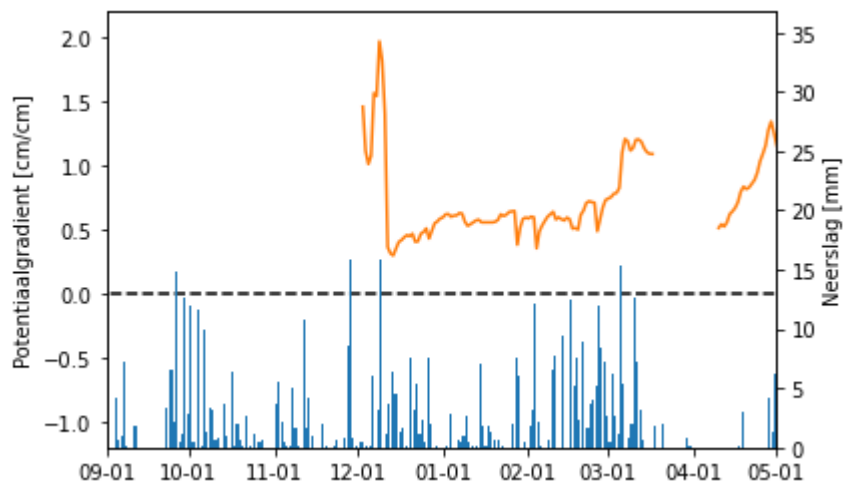
Ondanks dat fertigatie niet is toegepast, kan een analyse van de hoeveelheid percolatie en gemeten uitspoeling van nutriënten inzicht geven in de risico op uitspoeling naar het grondwater. Het proefperceel is niet gedraineerd, waardoor er geen sprake is van uitspoeling naar het oppervlaktewater. Op momenten dat veel percolatie plaatsvindt, is het risico op uitspoeling van nutriënten het grootst. Daardoor is ook de potentie van efficiënt nutriënt gebruik om uitspoeling te verlagen op deze momenten het grootst.

Op basis van bodemvocht- en bodemvochtspanningmonitoring in en rond de wortelzone blijkt dat het potentiaalgradiënt alleen na hevige neerslag positief is (Figuur 17). Bij een positieve potentiaalgradiënt is de stroming van water en nutriënten neerwaarts, bij een negatieve potentiaalgradiënt is de stroming naar boven gericht. Bij een positieve potentiaalgradiënt kunnen water en nutriënten dus uitspoelen naar het grondwater. Irrigatiegiftten alleen leiden niet tot neerwaartse stroming in de bodem, maar kunnen wel bijdragen aan neerwaartse stroming als in de dagen na irrigatie ook hevige neerslag plaatsvindt. Deze vorm van dieppercolatie is dus tijdens de groeiseizoenen waarschijnlijk beperkt gebleven, en daarmee ook de uitspoeling van nutriënten. Dit kan deels verklaard worden door de droge proefjaren. In een gemiddeld of nat jaar zal neerwaartse stroming en daarmee mogelijke uitspoeling van water en nutriënten naar het grondwater vaker voorkomen.

In de winter is de situatie anders. Door hogere neerslag en lagere verdamping neemt dieppercolatie toe en kunnen nutriënten die nog in de bodem aanwezig zijn mogelijk uitspoelen naar het grondwater (Figuur 18). Aannemelijk is dat het efficiënter toedienen van nutriënten door middel van fertigatie kan leiden tot lagere uitspoeling van nutriënten aan het begin van de winter. Doordat fertigatie niet is toegepast binnen DeltaDrip is het niet mogelijk om dit te bevestigen. Daarvoor is een aanvullende proef noodzakelijk.



Figuur 17. Waargenomen neerslag, haspelirrigatie en potentiaalgradiënten in de proefvakken tijdens het groeiseizoen van 2019 (boven) en 2020 (onder). Bij een positieve potentiaalgradiënt is stroming van water en nutriënten neerwaarts, bij een negatief gradiënt is de stroming naar boven gericht.



Figuur 18. Waargenomen neerslag en potentiaalgradiënt tijdens de winter van 2019–2020. Bij een positieve potentiaalgradiënt is stroming neerwaarts.

Uit metingen van nutriënten in het bodemvocht, ondiep en diep grondwater, is gebleken dat vooral nitraat uitspoelt. Fosfaat wordt sterk gebonden aan de bodem, waardoor uitspoeling minimaal is. De concentraties nitraat in en net onder de wortelzone waren in het fertigatievak lager dan in het haspeltak, wat veroorzaakt zou kunnen zijn door de lagere mestgift. De concentraties nitraat in het grondwater nemen echter snel af met diepte, vermoedelijk door afbraak door bacteriën. Als gevolg van de zeer lage concentraties in het diepere grondwater zal de stroming van grondwater naar de waterlopen niet leiden tot verhoogde concentraties nitraat in het oppervlaktewater. Bij percelen die gedraineerd zijn, kunnen de hogere concentraties in het ondiepe grondwater echter wel leiden tot verhoogde concentraties nitraat in het oppervlaktewater.

5.5 Conclusies

Uitspoeling van nutriënten naar het grondwater is tijdens de proefjaren veroorzaakt door hevige neerslag. Bij berekening is geen uitspoeling te verwachten door de opwaartse flux van water in de bodem. Door de mestgift te verlagen of te verspreiden over meerdere momenten kan uitspoeling als gevolg van hevige neerslag worden verminderd.

Een combinatie van fertigatie, bladanalyses en verminderde mestgift aan het begin van het seizoen kan leiden tot een verminderd mestgebruik ten opzicht van het conventionele mestgebruik. Het gemak van het kunnen toepassen van fertigatie op elk ogenblik in de tijd geeft de teler ook meer flexibiliteit om op elk moment bij te kunnen sturen zonder dat de kostbare inzet van haspelberekening nodig is.

6

Bodembaten

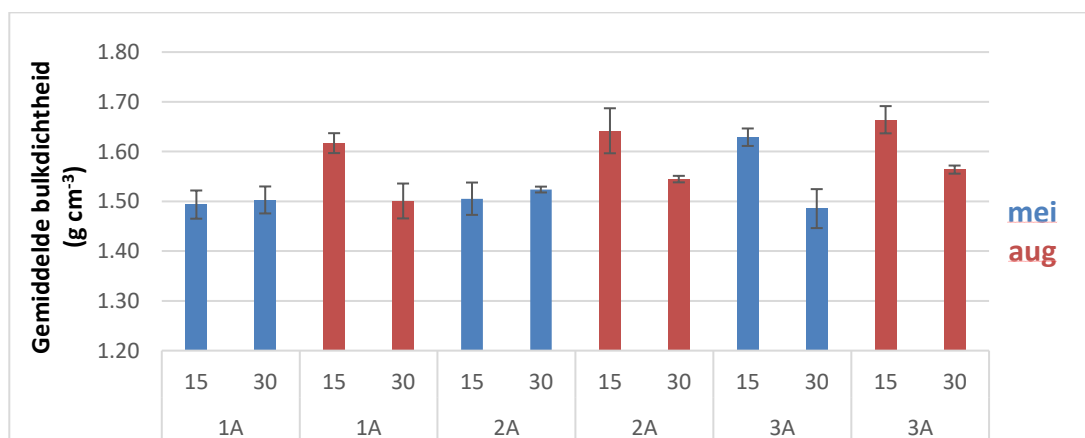
6.1 Inleiding

Naast effectief omgaan met zoetwater en het tegengaan van verzilting, is onderzocht of druppelirrigatie ook positieve effecten levert op de verbetering van bodemstructuur. Druppelinslag door het gebruik van haspelberegening kan tot structuurschade leiden. Doordat bij druppelirrigatie het water direct in de bodem wordt gebracht kan dit worden voorkomen. Het voorkomen van structuurschade heeft een positief effect op het waterbergend vermogen van de bodem en draagt bij aan een goede opname van voedingsstoffen.

6.2 Verdichting

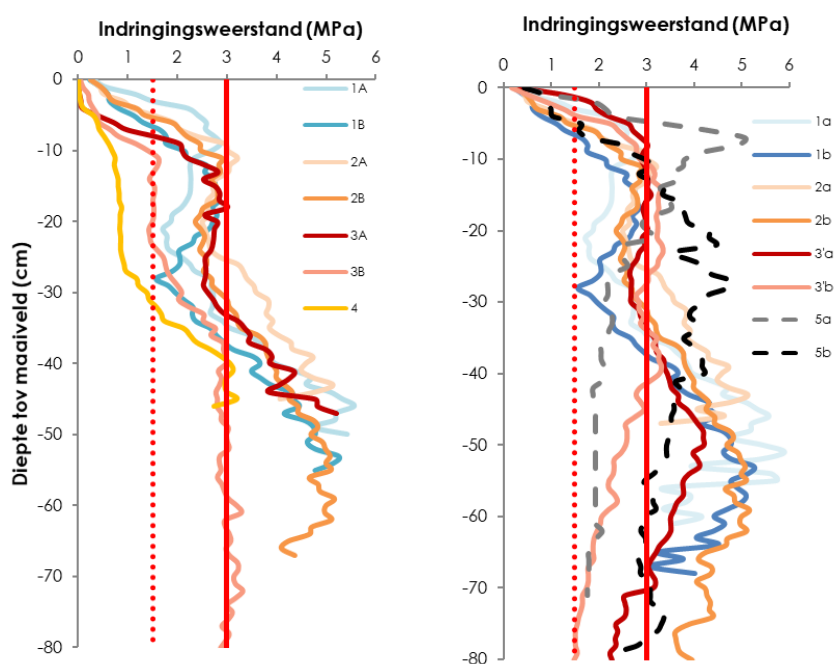
Bodemmonsters tonen aan dat bij toepassing van beregening gedurende het groeiseizoen de bulkdichtheid van de bodem toeneemt, wat een indicatie is dat verdichting optreedt (Figuur 19 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Hierdoor is er minder ruimte voor water en wortels om zich in de bodem te verspreiden. De toename in bulkdichtheid is vooral zichtbaar in de bovenste laag van de bodem, en is bij ondergronds druppelen sterker dan bij haspelberegening.

De resultaten van bodemscans van indringingsweerstand bevestigen dat de verdichting de bodem toeneemt gedurende het groeiseizoen (Figuur 20). In mei was er alleen in het proefvak met bovengrondse druppelberegening tot 30 cm diepte geen hinder voor wortelgroei. Bij de andere beregeningstechnieken was dit bij maximaal 10 cm al het geval. In augustus is de verdichting in het proefvak zonder beregening in de teeltlaag (tot een diepte van 30 cm) hoger dan bij de proefvakken met beregening.



Figuur 19. Gemiddelde bulkdichtheid in mei en augustus 2020 voor drie verschillende proefvakken (1 & 2: ondergrondse druppelirrigatie, 3: spuihaspelberegening).

Het verschil in bulkdichtheid en verdichting tussen de proefvakken kan verklaard worden door het vochtgehalte van de toplaag van de bodem. Door de droge zomer van 2020 is de bovenste laag van de bodem uitgedroogd en verhard. Bij ondergronds druppelen is dat effect groter dan bij haspelberegening, waarbij er vaker vocht van bovenaf is opgebracht. Bij bovengronds druppelen wordt de bovenste laag van de bodem vochtiger gehouden dan bij de andere technieken, waardoor de minste hinder voor wortelgroei wordt gemeten voor deze techniek.



Figuur 20. Indringingsweerstand (mate van verdichting) in mei (links) en augustus (rechts). De rode stippellijn geeft hinder van wortelgroei aan, de rode lijn ernstige restrictie van wortelgroei. 1 en 2: ondergronds druppelen, 3: haspel, 4: bovengronds druppelen, 5: geen beregening.

6.3 Erosiegevoeligheid

Bij erosie wordt landbouwgrond door wind, stromend water of druppelinslag verplaatst. Dit heeft gevolgen voor de vruchtbaarheid en bodemstructuur van landbouwgrond en daarmee de robuustheid van de landbouw. Binnen DeltaDrip is de gevoeligheid voor inslagerosie onder haspel- en druppelberegening onderzocht. Na een haspelberegening van 10 mm in 2020 kwam de gemeten inslagerosie overeen met ongeveer 200 kg/ha. Gemeten inslagerosie als gevolg van neerslag tijdens het groeiseizoen in het haspelveld verschilt echter niet significant van metingen in het druppel proefvak. Ook metingen van verandering in aggregaatstabiliteit voor en na het groeiseizoen, een indicator voor verslemping, verschillen niet significant tussen de verschillende proefvakken.

6.4 Conclusies

Op basis van de uitgevoerde metingen en waarnemingen zijn geen duidelijke aanwijzingen van slechtere bodemkwaliteit bij haspelberegening dan bij druppelberegening. Tijdens het groeiseizoen van 2020 is de bovenste laag van de bodem in alle proefvakken uitgedroogd en verhard. Dit effect was sterker voor het proefvak ondergronds druppelberegening dan voor de proefvakken waarbij de beregening van bovenaf werd toegediend.

7

Gewasbaten

7.1 Inleiding

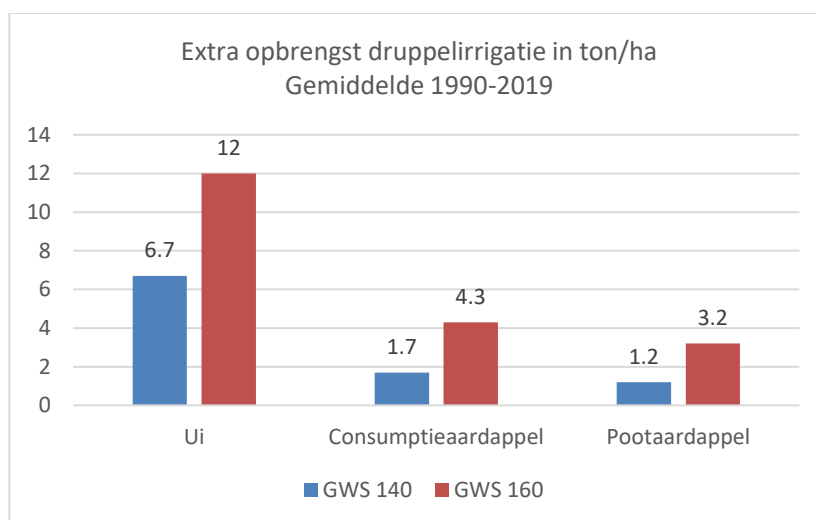
Het toepassen van druppelirrigatie levert naast waterbesparing ook gewasbaten op. De toepassing van druppelirrigatie levert door de efficiëntere toepassingsmogelijkheden minder droogtestress op en daarmee een potentieel hogere opbrengst van de gewassen op dezelfde hectare dan met haspelberegening.

7.2 Gewasopbrengst

Door het efficiënt toepassen in de wortelzone levert druppelirrigatie ook extra gewasbaten op. Uitgaande van de langjarige gemiddelde waterbehoefte van 1990 - 2019 is de potentiële extra opbrengst van druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening de volgende:

Tabel 5. Potentiële extra opbrengst van druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening

Langjarig gemiddelde 1990-2019	Extra opbrengst druppelirrigatie	Extra opbrengst in %
Ui	6,7 tot 12 ton/ha	12% tot 24%
Consumptieaardappel	1,7 tot 4,3 ton/ha	3% tot 10%
Pootaardappel	1,2 tot 3,2 ton/ha	3% tot 9%



Figuur 21. Extra opbrengst druppelirrigatie in ton/ha, langjarig gemiddelde 1990 - 2019

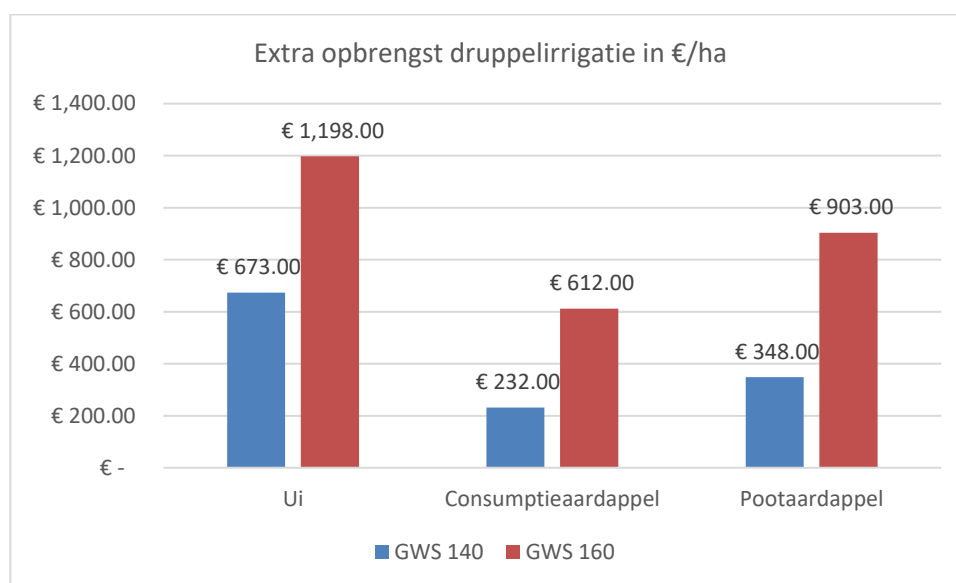
In droge jaren is het efficiënt toedienen van irrigatie extra belangrijk en lonend. Uit de analyse wordt duidelijk dat bij droge jaren als 2018 grote positieve verschillen behaald kunnen worden. De potentiële extra opbrengst in een droog jaar met druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening:

Tabel 6. Potentiële opbrengst druppelirrigatie t.o.v. haspelberekening in een droog jaar zoals 2018

Droog jaar (2018)	Extra opbrengst	Extra opbrengst in %
Ui	23,9 tot 30,3 ton/ha	68% tot 106%
Consumptieaardappel	10,4 tot 19 ton/ha	27% tot 64%
Pootaardappel	3,2 tot 10,6 ton/ha	10% tot 41%

7.2.1 Monetaire opbrengst

De extra gewasopbrengsten zijn doorgerekend naar monetaire opbrengsten met behulp van de KWIN-2018 prijzen. De in Figuur 22 genoemde prijzen geven het verschil ten opzichte van haspelirrigatie.



Figuur 22. Potentiële monetaire opbrengsten t.o.v. haspelirrigatie voor ui, consumptieaardappel en pootaardappel

7.2.2 Leveringszekerheid

Naast gewasbaten levert druppelirrigatie een ander voordeel op, namelijk zekerheid van levering. Dit is terug te zien in de opbrengst van consumptieaardappelen. Bij druppelirrigatie is de boer ook bij droge jaren verzekerd van het leveren van minimaal 45 ton/ha aan consumptieaardappelen, wat hier genomen is als uitgangspunt. In de periode 1990-2019 wordt in elk jaar minimaal 45 ton aan opbrengst behaald, voor beide grondwaterstanden van 140 en 160 cm > mv.

Met haspelberekening kan de boer niet verzekerd worden van een minimale opbrengst van 45 ton. Met deze berekeningstechniek wordt in bijna 20% van de jaren de opbrengst niet behaald bij een grondwaterstand van 140 cm > mv. Bij een stand van 160 cm > mv kan de boer zelfs in 50% van de jaren niet van een minimale opbrengst van 45 ton worden verzekerd.

Dit geldt ook voor het droge jaar 2018, waar druppelirrigatie 100% leveringszekerheid biedt en haspel slechts 42 tot 33 ton/ha opbrengt, voor 140 en 160 cm > mv respectievelijk.

7.2.3 Zoetwaterbeschikbaarheid

In Zeeland is zoetwater schaars en moeten de boeren zuinig met het water omgaan. Een optimale gift waarbij de waterbehoefte van de plant altijd wordt gehaald is niet altijd mogelijk. Om te bepalen welke impact waterschaarste heeft op de gewasopbrengst bij gebruik van druppelirrigatie is een irrigatiescenario geanalyseerd waarbij een maximale irrigatiehoeveelheid van 125 mm wordt aangehouden. Dit scenario is geanalyseerd voor uien.

Uitgaande van de langjarige gemiddelde waterbehoefte van 1990 - 2019 is de potentiële extra opbrengst van druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening weergegeven in Tabel 7. De opbrengst bij een maximale irrigatiehoeveelheid van 125 mm is lager dan wanneer er water gegeven kan worden naar behoefte van het gewas. Echter, uit de analyse komt geen eenduidig beeld of de hogere opbrengst de verdienste is van de hoeveelheid water of de wijze waarop het water wordt gegeven.

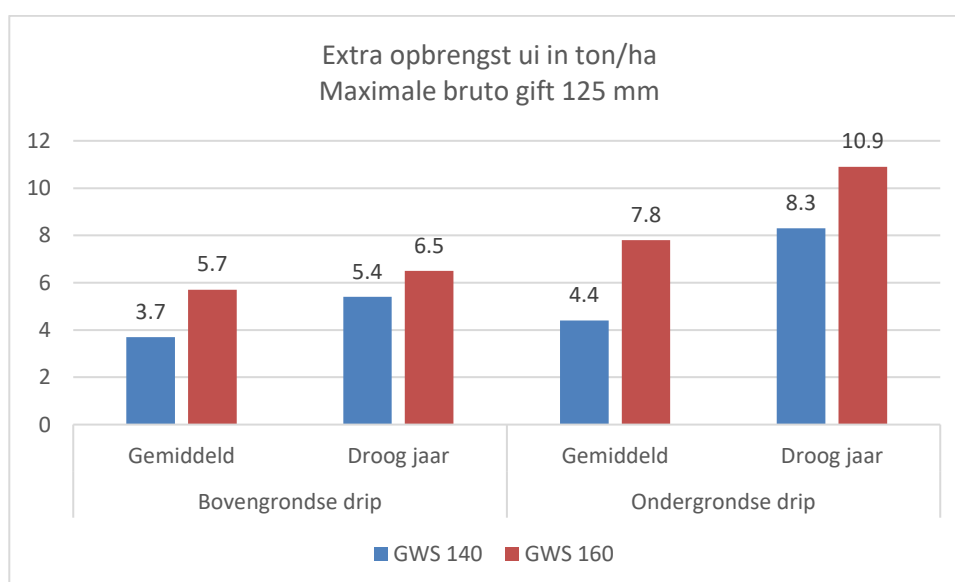
Tabel 7. Potentiële extra opbrengst druppelirrigatie t.o.v. haspelberegening met een maximale irrigatiehoeveelheid van 125 mm

	Extra opbrengst	Extra opbrengst in %
Ui bovengrondse druppel	3,7 tot 5,7 ton/ha	7% tot 11%
Ui ondergrondse druppel	4,4 tot 7,8 ton/ha	8% tot 16%

Droog jaar (2018) met een maximale bruto gift van 125 mm:

Tabel 8. Potentiële extra opbrengst druppelirrigatie t.o.v. haspelberegening met een maximale irrigatiehoeveelheid van 125 mm in een droog jaar (2018)

	Extra opbrengst	Extra opbrengst in %
Ui bovengrondse druppel	5,4 tot 6,5 ton/ha	15% tot 23%
Ui ondergrondse druppel	8,3 tot 10,9 ton/ha	24% tot 38%



Figuur 23. Potentiële extra opbrengst druppelirrigatie t.o.v. haspelberegening met een maximale irrigatiehoeveelheid van 125 mm in een droog jaar

7.3 Een toekomstbestendig irrigatiesysteem

Boeren zullen in de toekomst steeds meer te maken krijgen met de gevolgen van klimaatverandering. Extreme weersomstandigheden, zoals warmere en drogere zomers, maar ook extreem natte perioden, kunnen ervoor zorgen dat de productiviteit van landbouwbedrijven achteruitgaat. Het is dus van belang dat boeren rekening houden met de veranderende weerspatronen om hun productie op peil te houden.

Het KNMI heeft een aantal klimaatscenario's opgesteld om de effecten van klimaatverandering op het toekomstige weer te projecteren. Eén van deze scenario's, het W_H scenario, is toegepast in de analyse om te effecten van klimaatverandering te modelleren. Het W_H scenario omschrijft een toekomstige situatie waarin Nederland te maken krijgt met een grote temperatuurstijging, gemiddeld minder neerslag, maar extremere regenval en een hoog neerslagtekort tijdens het groeiseizoen (KNMI, 2015).

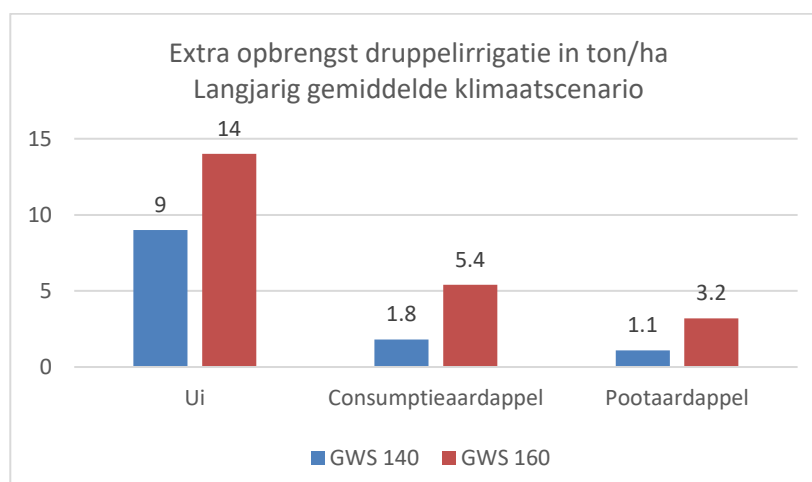
Zoals verwacht, hebben deze toekomstige weerspatronen effect op de watergift en gewasopbrengst, wat vervolgens impact heeft op de waterbeschikbaarheid en de monetaire opbrengst. De resultaten staan beschreven in onderstaande paragrafen.

7.3.1 Gewasopbrengst klimaatscenario

Naarmate klimaatverandering toeneemt, zal er minder water beschikbaar zijn wanneer het gewas dit nodig heeft. Doordat met haspelberegening een gelijke gift wordt gegeven die zich niet aanpast aan de watervraag van de plant, is de opbrengst lager in vergelijking met druppelirrigatie. Het efficiënt toepassen in de wortelzone levert druppelirrigatie extra gewasbaten op. Uitgaande van de waterbehoefte over een 30-jarige periode in het klimaatscenario is de potentiële extra opbrengst van druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening de volgende:

Tabel 9. Potentiële extra gewasopbrengst druppelirrigatie t.o.v. haspelirrigatie over een 30-jarige periode in het klimaatscenario

	Extra opbrengst druppelirrigatie	Extra opbrengst in %
Ui	9 tot 14 ton/ha	21% tot 38%
Consumptieaardappel	1,8 tot 5,4 ton/ha	4% tot 14%
Pootaardappel	1,1 tot 3,2 ton/ha	3% tot 11%



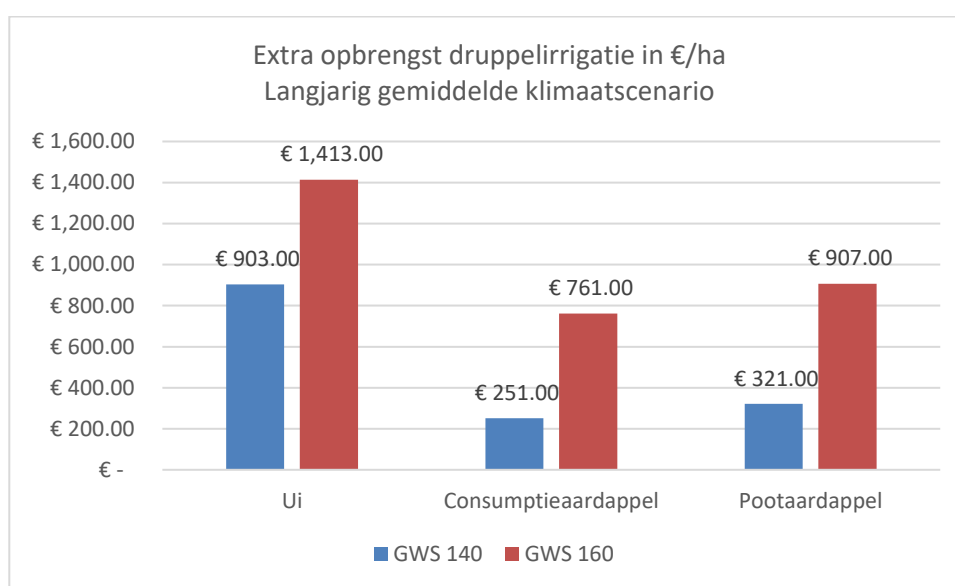
Figuur 24. Extra opbrengst druppelirrigatie in ton/ha langjarig gemiddelde klimaatscenario

Uit bovenstaande tabel kan geconcludeerd worden dat druppelirrigatie ook in het klimaatscenario in het voordeel van druppelirrigatie gewasbaten oplevert. Deze gewasbaten zijn hoger dan in het huidige klimaat. Het voordeel van het gebruiken van druppelirrigatie wordt groter wanneer de verwachte klimaatverandering optreedt.

7.3.2 Monetaire gewasopbrengst klimaatscenario

De extra gewasopbrengsten in het klimaatscenario zijn doorgerekend naar monetaire opbrengsten met behulp van de KWIN-2018 prijzen. De hier genoemde prijzen geven het verschil ten opzichte van haspelirrigatie.

Ook wanneer er rekening gehouden wordt met een hoog neerslagtekort tijdens het groeiseizoen, is het voordeliger om gebruik te maken van druppelirrigatie in plaats van haspelberegening.



Figuur 25. Potentiële extra gewasopbrengst in €/ha langjarig gemiddelde klimaatscenario

7.4 Conclusie

Uit de gewasopbrengsten analyse blijkt dat het gebruik van druppelirrigatie tot hogere gewasbaten leidt ten opzichte van haspelberegening. Doordat het water efficiënt wordt toegediend wanneer het gewas stress ondervindt, zijn de gemiddelde monetaire opbrengsten €232 tot €1.198 per hectare hoger, afhankelijk van het type gewas en de grondwaterstand. Een diepere grondwaterstand zorgt voor een grotere waterbehoefte, wat leidt tot een grotere potentiële extra gewasopbrengst. Ook in een droog jaar kan er een hogere opbrengst behaald worden. Dit kan verklaard worden door de neiging om meer te beregenen, omdat druppelirrigatie minder arbeidsintensief is dan haspelberegening. Zelfs wanneer er een beperkte hoeveelheid water beschikbaar is, zijn de opbrengsten bij het gebruik van druppelirrigatie hoger. Dit is terug te zien in het klimaatscenario, waaruit blijkt dat druppelirrigatie ook extra opbrengsten oplevert in extremer weer. Daarnaast kan er met druppelirrigatie ook bij droge jaren een leveringszekerheid worden gegeven, uitgaande van een leveringsgrens van 45 ton consumptieaardappelen, waar haspelberegening slechts in 50-80% van de gevallen zekerheid kan bieden.

8

Kosten

8.1 Inleiding

Om inzicht te krijgen in de haalbaarheid van druppelirrigatie zijn naast de baten ook de kosten in kaart gebracht. De jaarlijkse kosten van haspelirrigatie, en bovengrondse en ondergrondse druppel zijn berekend op basis van vaste en variabele kosten per hectare. Hiertoe behoren de investeringskosten, onderhoudskosten, verzekeringskosten, energiekosten en arbeidskosten.

8.2 Kosten haspelberekening

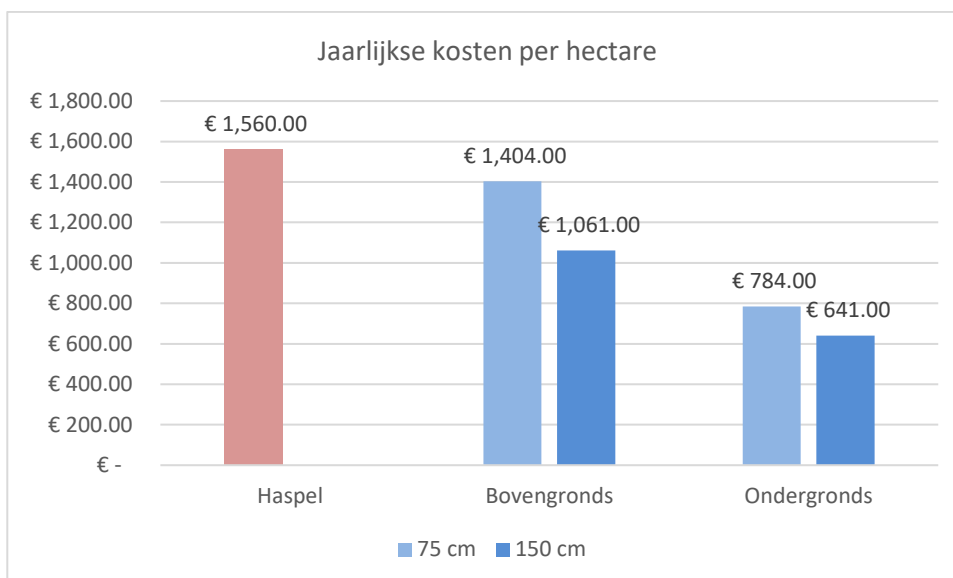
De kosten voor een beregeningsbeurt van 15mm per gift met haspel zijn €195 per hectare, gebaseerd op jaarlijkse vaste en variabele kosten. Onder de vaste kosten worden verstaan: investeringskosten van de haspel, pomp, buizen en kopstukken. Daarnaast zitten hier ook de onderhouds- en verzekeringskosten in. De variabele kosten bestaan uit de energie- en arbeidskosten. Uitgaande van een bruto watergift van 125mm per groeiseizoen, betekent dat er 8 giften worden gegeven. In totaal komen de jaarlijkse kosten van haspelirrigatie uit op €1.560 per hectare.

Arbeidsintensiteit beregenen

Als kanttekening kan hieraan worden toegevoegd dat in bovenstaande kostenposten de arbeidsintensiteit niet is meegenomen. Wat een rol kan spelen is dat de haspel uitgerold moet worden en meerdere keren verplaatst. Deze intensiteit zal alleen maar toenemen naarmate het droger wordt en het te beregenen oppervlakte substantieel is. Daarnaast wordt berekening bij voorkeur 's nachts toegepast om verliesfactoren (zoals verwaaiing en verdamping) te minimaliseren. In de realiteit betekent dit dat de boer zelf in de nacht de haspel moet verplaatsen, wat als negatief aspect ervaren kan worden.

8.3 Kosten druppelirrigatie

Voor druppelirrigatie bestaan de kosten ook uit jaarlijkse vaste en variabele kosten. Voor bovengronds druppelen liggen de totale kosten tussen de €1.061 en €1.404 per hectare, afhankelijk van de afstand tussen de druppelslangen (75 en 150 cm respectievelijk). De kosten voor ondergronds druppelen liggen aanzienlijk lager, namelijk tussen de €641 per hectare bij een tussenafstand van 75 cm, en €784 bij 150 cm. Deze kosten zijn berekend op basis van aanleg op 15 hectare. Onder de vaste kosten worden bij beide systemen verstaan: investering van de druppelslangen en pomp, de onderhouds- en verzekeringskosten. De variabele kosten bestaan net zoals bij haspel uit de energie- en arbeidskosten. Het verschil in kosten tussen bovengrondse en ondergrondse drup is te verklaren doordat het bovengrondse druppelsysteem ieder jaar vervangen moet worden, terwijl het ondergrondse systeem kan blijven liggen.



Figuur 26. Jaarlijkse kosten per hectare per irrigatiesysteem

In zijn totaliteit liggen de jaarlijkse kosten per hectare van druppelirrigatie lager dan bij haspelirrigatie (zie Figuur 26). Daarnaast is een voordeel van druppelirrigatie dat de arbeidsintensiteit veel lager ligt dan bij haspelirrigatie. Er is slechts arbeid nodig om het systeem te installeren en op te ruimen nadat de levensduur beëindigd is. De boer hoeft zelf niets aan het irrigatiesysteem te doen wanneer de gewassen berekend moeten worden.

Tabel 10. Jaarlijkse besparing druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening (respectievelijk 75 en 150 cm tussenafstand)

	Besparing ten opzichte van haspel
Bovengrondse druppelirrigatie	€ 499 tot € 156 per hectare
Ondergrondse druppelirrigatie	€ 919 tot € 776 per hectare

8.4 Kosten en opbrengsten voor de agrariër

Zoals hierboven beschreven, zijn de jaarlijkse kosten per hectare van druppelirrigatie ten opzichte van haspelberegening lager. Daarnaast leidt druppelirrigatie tot extra opbrengsten ten opzichte van haspelberegening. Tabel 11 geeft weer hoe de totale jaarlijkse kosten van druppelirrigatie zich afzetten tegen de extra opbrengsten.

Tabel 11. Jaarlijkse kosten en extra opbrengsten voor de agrariër

Kosten en opbrengsten per hectare	
Totale jaarlijkse kosten op basis van 15 hectare	
Bovengrondse druppelirrigatie	€ 1.404 tot € 1.061
Ondergrondse druppelirrigatie	€ 784 tot € 641
Extra gewasopbrengsten ten opzichte van haspelberegening	
Ui	€ 628 tot € 1.199
Consumptieaardappel	€ 232 tot € 612
Pootaardappel	€ 348 tot € 903

8.5 Conclusie

De totale jaarlijkse kosten per hectare komen voor druppelirrigatie lager uit dan voor haspelberegening. Deze liggen tussen de €641 en €1.404 per hectare, afhankelijk van het bovengrondse of ondergrondse systeem en de tussenruimte van de slangen. De kosten zijn berekend op basis van vaste en variabele kosten, waarbij €156 tot €919 per hectare bespaard kan worden. Ondergrondse druppelirrigatie is voordeliger voor de agrariër, aangezien de levensduur van het systeem langer is en in tegenstelling tot het bovengrondse systeem niet ieder jaar vervangen hoeft te worden. Daarnaast neemt de algehele arbeidsintensiteit af wanneer er van druppelirrigatie gebruik wordt gemaakt, wat als extra positief aspect van de irrigatietechniek ervaren kan worden.

9

Conclusies en aanbevelingen

9.1 Inleiding

De akkerbouw in Zeeland heeft te maken met het risico van verzilting. Doordat het diepere grondwater in Zeeland zout is, is de akkerbouw grotendeels afhankelijk van regenwater of, indien aanwezig, de zoetwatervoorraden in de kreekruggen. Als de boeren te veel grondwater onttrekken voor beregening, is de kans op verzilting van het schaarse zoete water groot. Het zorgvuldiger omgaan met de zoetwatervoorraden zou weerstand kunnen bieden tegen toekomstige problemen zoals verzilting en droge perioden.

In DeltaDrip is onderzocht of met druppelirrigatie, als alternatief voor de traditionele haspelberegening, water en nutriënten kunnen worden bespaard. Om dit te testen is een proefveld bij Firma Waverijn te Philipine ingericht. Aan de hand van de resultaten van de pilot op dit proefveld worden de volgende deelvragen beantwoordt:

1. Is met gebruik van druppelirrigatie efficiënter watergebruik mogelijk t.o.v. haspelberegening?
2. Wat zijn de voordelen van efficiënte bemesting via druppelslangen?
3. Wat zijn de effecten van druppelirrigatie m.b.t. de bodemstructuur?
4. Wat zijn de te realiseren gewasbaten met behulp van druppelirrigatie?
5. Wat is het kostenverschil tussen druppelirrigatie en haspelberegening?
6. Hoe verhouden de kosten en de opbrengsten van druppelirrigatie zich tot elkaar?

9.2 Conclusies

Effectief met zoetwater

Aan de hand van de uitgevoerde metingen op de proefvakken kan worden geconcludeerd dat druppelirrigatie een aantal voordelen heeft ten opzichte van haspelberegening op het gebied van watereffectiviteit. Er gaat minder water verloren waardoor de watereffectiviteit van druppelirrigatie substantieel hoger is dan haspelberegening. Doordat er minder water nodig is om de gewassen van water te voorzien, kan een overstap van haspelberegening naar druppelirrigatie leiden tot een waterbesparing. Uit modelsimulaties blijkt dat de kleinere onttrokken volumes bij een dergelijke waterbesparing het verziltingsrisico verminderen. Bovendien wordt het water bij druppelirrigatie gelijkmatiger verspreid over het perceel wat bijdraagt aan een gelijkmatige ontwikkeling van het gewas.

Doordat druppelirrigatie een hogere watereffectiviteit heeft dan haspelberegening, kan er in plaats van waterbesparing ook voor worden gekozen om een groter oppervlakte te beregenen met hetzelfde volume water. Afhankelijk van het gewas kan het beregende oppervlak tot 3,5 keer groter zijn.

Nutriëntenefficiëntie

Naast waterbesparing is het met druppelirrigatie ook mogelijk om meststoffen in vloeibare vorm aan het water toe te voegen, ook wel bekend als fertigatie. Omdat het water direct in de wortelzone komt, kan de mestgift precies op de behoefte van de plant worden afgestemd. Door vaker kleine giften te geven is het risico op uitspoeling van nutriënten als gevolg van hevige neerslag bij fertigatie kleiner dan bij traditionele bemesting. Het gemak van het kunnen toepassen van fertigatie op elk ogenblik in de tijd zonder te hoeven beregenen, geeft de teler meer flexibiliteit om op elk moment bij te kunnen sturen zonder dat de kostbare inzet van de spuihaspel – waterkanon nodig is. Een combinatie van fertigatie, bladanalyses en verminderde mestgift aan het begin van het seizoen, kan derhalve het mestgebruik ten opzichte van het conventionele mestgebruik worden verminderd. Als gevolg hiervan kan ook uitspoeling van meststoffen naar het grondwater of oppervlaktewater worden verminderd.

Uitspoeling van nutriënten naar het grondwater is tijdens de proefjaren veroorzaakt door hevige neerslag. Bij beregening is geen uitspoeling te verwachten door de opwaartse flux van water in de bodem. Door de mestgift te verlagen of te verspreiden over meerdere momenten kan uitspoeling als gevolg van hevige neerslag worden verminderd.

Bodembaten

Op basis van de uitgevoerde metingen en waarnemingen zijn geen duidelijke aanwijzingen van slechtere bodemkwaliteit bij haspelberegening dan bij druppelberegening. Tijdens het groeiseizoen van 2020 is de bovenste laag van de bodem in alle proefvakken uitgedroogd en verhard. Dit effect was sterker voor het proefvak ondergrondse druppelberegening dan voor de proefvakken waarbij de beregening van bovenaf werd toegediend.

Gewasbaten

Op basis van gemeten gewasopbrengsten binnen de proef en daarop gebaseerde modelsimulaties met AquaCrop model zijn de gewasopbrengsten afhankelijk van de verschillende irrigatietechnieken bepaald. Uit de analyse blijkt dat het gebruik van druppelirrigatie tot hogere gewasbaten leidt ten opzichte van haspelberegening. Doordat het water efficiënt wordt toegediend wanneer het gewas stress ondervindt, zijn de gemiddelde monetaire opbrengsten €232 tot €1.198 per hectare hoger, afhankelijk van het type gewas en de grondwaterstand. Zelfs in een droog jaar kan er een hogere opbrengst behaald worden.

Wanneer er een beperkte hoeveelheid water beschikbaar is, zijn de opbrengsten bij het gebruik van druppelirrigatie hoger. Ook wanneer er rekening wordt gehouden met de toekomstige klimaatverandering, blijkt dat druppelirrigatie extra opbrengsten oplevert. Daarnaast kan er met druppelirrigatie ook bij droge jaren leveringszekerheid worden gegeven, uitgaande van een leveringsgrens van 45 ton consumptieaardappelen.

Kosten

Naast baten zijn er verschillende kosten verbonden aan de irrigatietechnieken. De totale jaarlijkse kosten per hectare komen voor druppelirrigatie lager uit dan voor haspelberegening. De kosten zijn berekend op basis van vaste en variabele kosten, waarbij €156 tot €919 per hectare bespaard kan worden, afhankelijk van het bovengrondse of ondergrondse systeem en de tussenruimte van de slangen. Ondergrondse druppelirrigatie is voordeliger voor de agrariër, aangezien de levensduur van het systeem langer is en in tegenstelling tot het bovengrondse systeem niet ieder

jaar vervangen hoeft te worden. Daarnaast neemt de algehele arbeidsintensiteit af wanneer er van druppelirrigatie gebruik wordt gemaakt, wat als extra positief aspect van de irrigatietechniek ervaren kan worden.

9.3 Aanbevelingen

Tijdens het tweejarig onderzoek DeltaDrip zijn veel lessen geleerd en is de kennis over de toepassing van druppelirrigatie in de Nederlandse akkerbouw sterk toegenomen. Uit het onderzoek zijn een aantal nieuwe onderzoeksvragen en aanbevelingen naar voren gekomen.

Over het doel van druppelirrigatie en het daarbij passend watergebruik zijn nog uiteenlopende ideeën en belangen. Vanuit de beleidsvorming is het achterliggende doel voor het onderzoek vaak hoe zuinig en effectief met water omgegaan kan worden. Vanuit de agrariërs wordt gekeken naar het vergroten van productie en minder naar het zuinig gebruik van water. Om deze twee doelen in perspectief te kunnen plaatsten is het aan te bevelen dat er een meerjarige proef met verschillende gewassen wordt ontwikkeld waarbij 'waterbesparing' naast of in combinatie met 'productiemaximalisatie' centraal staan.

Ondergronds druppelen

Zowel technisch als economische laat ondergrondse druppelirrigatie kansrijke resultaten zien. Deze technologie bevindt zich nog in de beginfase wat het belangrijk maakt om verder praktijkonderzoek uit te voeren op het vlak van o.a. aanleg, fertigatie en watereffectiviteit. Waarbij dan de grootte van de watergiften per tijdseenheid onderzoek vraagt. De resultaten leiden in een richting van zo klein mogelijke pulsjes (zweeten) in plaats van grotere pulsen.

In akkerbouwpraktijk geldt de veronderstelling dat zaaigewassen met ondergronds druppelen niet aanslaan. Het is aan te bevelen om te onderzoeken op welke manier irrigatie in de kiemperiode kan worden ondervangen door ondergrondse druppelirrigatie. De hoofdvraag die hierbij gesteld moet worden is in hoeverre de toplaag nat te krijgen en te behouden is.

Hieraan gekoppeld is welke diepte is optimaal in relatie tot gewas, bodemopbouw en afstemming met type grondbewerking (bij Niet Kerende Grondbewerking kan het bijvoorbeeld ondieper). En het voorkomen van waargenomen preferente stroming bij ondergronds druppelen, wat een combinatie van voorgenoemde punten vraagt. Aanbevolen wordt een aantal blokken aan te leggen met verschillende configuraties om praktijkervaring op te doen en dit te vertalen voor de Zeeuwse teeltomstandigheden.

Dripslangen hebben een levensduur van 10 tot 20 jaar, vergelijkbaar met reguliere drainagebuizen. Een veel gestelde vraag van agrariërs is verbetering of optimalisatie van aanlegmethoden en vooral of en hoe dripslangen op termijn weer verwijderd kunnen worden. Er zijn twee mogelijke ontwikkelstappen denkbaar. Het ontwikkelen van apparatuur om de dripslangen uit de grond te halen of het ontwikkelen van dripslangen die biologische afbreekbaar zijn.

Bovengronds druppelen

Ook het bovengronds druppelen kent uitdagingen waar nog geen antwoorden op gevonden zijn. Bovengronds is voordeling voor de ondiep wortelende gewassen, zoals ui en diverse tuinbouwgewassen. In eerste plaats t.a.v. watereffectiviteit, maar ook de combinatie met fertigatie. Het betreft op dit moment vooral 1 jaar gebruik van

dripslangen. De keten van afval naar hergebruik of biologisch afbreekbaar plastic verdient hier aandacht.

Fertigatie

In DeltaDrip is de werking van fertigatie niet in de praktijk getest. Doordat de basisbemesting in het begin van het seizoen voldoende bleek is er op een later moment geen fertigatie meer toegepast. Om toch de toepassing van fertigatie te testen is het aan te bevelen om in samenwerking met de agrariërs de basisbemesting naar beneden bij te stellen. Binnen de pilots moet hierover nauw contact en goede afspraken over worden gemaakt met de agrariërs vanwege de vaak conservatieve kijk op basisbemesting.

Kosten en baten

Druppelslangen leveren een economisch voordeel op vanwege lagere kosten ten opzichte van haspelberegening en een hogere gewasopbrengst en leveringszekerheid. In de looptijd van DeltaDrip heeft het onderzoeksteam een snelle ontwikkeling van druppeltechnieken gezien. De verwachtingen zijn dat deze ontwikkelingen zich doorzetten. Deze ontwikkelingen vinden niet alleen plaats op het gebied van de prijsvorming van het product maar ook de aanleg en het verwijderen van de slangen. Tijdens het project is duidelijk geworden dat de agrariërs nog vragen hebben bij deze twee fases van het gebruik van druppelslangen. De aanbeveling is om druppelslangen met de nieuwste technieken aan te leggen, zowel boven- als ondergronds om zowel de nieuwste technieken als de kostenvoordelen te kunnen demonstreren.

Om de huidige economische analyse sterker te kunnen onderbouwen is het van belang om nog meerdere jaren met verschillende irrigatiescenario's te meten om echte vastgestelde gewasopbrengsten te bemachtigen.

10

Referenties

- CBS. (2019, Januari 31). <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/05/relatief-lage-oogst-in-zeeland>. Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/05/relatief-lage-oogst-in-zeeland>
- CBS. (2020, November 20). *Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio*. Opgehaald van <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/80780ned/table>
- Freepik. (2020). *Food vector created by macrovector*. Opgehaald van <https://www.freepik.com/vectors/food>
- Freepik. (2020). *Water vector created by freepik*. Opgehaald van Freepik: <https://www.freepik.com/vectors/water>
- Hulshof M., de La Loma Gonzalez B., van Meijeren S., Velstra J., Waterloo M., de Wildt S. (2019). *Spaarwater - Zuinig met zoetwater: Druppel- en subirrigatie Technische rapportage 2016-2018*
- KNMI. (2015). *KNMI'14-klimaatscenario's*. Opgehaald van <http://www.klimaatscenarios.nl/kerncijfers/index.html>
- Perez Ortola, M. (2013). *Modelling the impacts of in-field soil and irrigation variability on onion yield*. MPhil thesis, Cranfield University, UK.
- Provincie Zeeland. (2020). *FRESHM Zeeland - Zoet-zoutverdeling Zeeuwse ondergrond*. Opgehaald van <https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem>
- PZC. (2020, Mei 28). *Schip vol water naar Noord-Beveland: boeren betalen 16 mille voor één 'buitje regen'*. Opgehaald van <https://www.pzc.nl/zeeuws-nieuws/schip-vol-water-naar-noord-beveland-boeren-betalen-16-mille-voor-een-buitje-regen~a984e916/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Rougooor, C., Keuper, D., & Leendertse, P. (2017). *Schoon water en klimaat Zeeland*. Culemborg: CLM onderzoek en Advies.
- Stuyt, L. C. P. M. and Rijk, J.: *Transitie en toekomst van Deltalandbouw, Indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland.*, 2006.
- Verstand, D., Schaap, B., Schoorlemmer, H., der Wolf, P., van Balen, D., & Verhagen, J. (2020). *Klimaatadaptatie in de open teelten: Inventarisatie van klimaattrends, risico's en adaptatiemaatregelen voor boerenbedrijven inde open teelten*. *Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Businessunits Open Teelten en Agrosysteemkunde*, (No. WPR 824).
- Waterloo M. Tonckens W., Braam G, Broere AJ, Burger S. (2016). *Spaarwater: Effectief zoetwater gebruik met druppelirrigatie, Deelrapport 2013-2015*.

Acacia Water
van Hogendoornplein 4
2805 BM Gouda

Telefoon: 0182 - 686 424
Internet: www.acaciawater.com
Email: info@acaciawater.com