

# Zuinig omgaan met zoetwater middels ondergrondse druppelirrigatie

Simon van Meijeren<sup>1</sup>, Mieke Hulshof<sup>1</sup>

---

*Verdroging en verzilting bedreigen de landbouwproductie in de Waddenregio. De zoetwaterbeschikbaarheid staat onder druk en daarmee de aanvoer van water van voldoende goede kwaliteit ten behoeve van gewasgroei. Sinds 2013 richt het Spaarwaterprogramma zich op het ontwikkelen en beproeven van Spaarwatermaatregelen om verzilting van landbouwgronden tegen te gaan en de beschikbaarheid van zoetwater zeker te stellen. Eén van die maatregelen is Zuinig met zoetwater, waarbij onder andere een ondergronds druppelirrigatiesysteem is getest in Borgsweer in het noordoosten van Groningen. Ondergrondse druppelsslangen worden door de agrariër permanent gelegd onder de bouwvoor. In combinatie met een systeem voor ondergrondse opslag bieden deze de mogelijkheid om te irrigeren in gebieden waar een beregeningsverbod geldt in verband met het risico op bruinrot. Tevens leidt druppelirrigatie waarschijnlijk tot een verminderde af- en uitstroom van nutriënten van het perceel naar het oppervlaktewatersysteem.*

## Achtergrond en aanleiding

Als gevolg van klimaatverandering, verzilting en sociaaleconomische ontwikkelingen staat de zoetwaterbeschikbaarheid voor landbouw in de Waddenregio onder druk. Het weer wordt extremer: de winters worden natter en de zomers warmer en droger. De zeespiegel stijgt en de bodem daalt waardoor meer zout water boven- en ondergronds west- en noord-Nederland binnendringt. Tegelijkertijd neemt de vraag naar zoetwater toe. Deze omstandigheden leiden tezamen tot een groter risico op watertekort en daarmee op schade in de land- en tuinbouw (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2010).

Het Spaarwaterprogramma richt zich sinds 2013 op het ontwikkelen en beproeven van maatregelen (Spaarwatermaatregelen) om verzilting van landbouwgronden tegen te gaan en de beschikbaarheid van zoetwater zeker te stellen in de Waddenregio.

---

<sup>1</sup> Simon van Meijeren (simon.vanmeijeren@acaciawater.com) en Mieke Hulshof (mieke.hulshof@acaciawater.com), Acacia Water, Gouda.

Spaarwatermaatregelen omvatten:

- *systeemgerichte drainage* om verzilting te bestrijden, waarbij peilopzet wordt gebruikt om het water in de bodem te verzoeten;
- *eigen watervoorziening* om de beschikbaarheid van irrigatiewater te vergroten middels ondergrondse opslag van regenwater in de winter voor gebruik in de zomer; en
- *zuinig met zoetwater* gericht op efficiënt gebruik van water door gebruik van innovatieve irrigatiesystemen<sup>2</sup>.

Dit artikel gaat in op de maatregel *zuinig met zoetwater* en geeft een overzicht van resultaten en ervaringen uit zes jaar praktijkonderzoek met ondergrondse druppelirrigatie bij poot aardappelen in Borgsweer in het noordoosten van Groningen. Deze maatregel beoogt het gewas met behulp van (ondergrondse) druppelirrigatie efficiënt van water te voorzien om daarmee het watergebruik te minimaliseren. Druppelirrigatie wordt veelvuldig gebruikt in aride gebieden, maar is nieuw in Nederlandse, humide omstandigheden. Het irrigatiewater voor de proef komt uit een ondergronds opslagsysteem, een *aquifer storage, transfer and recovery* of ASTR-systeem, dat ook binnen het Spaarwaterprogramma is ontwikkeld, aangelegd en getest. Door ASTR te combineren met ondergronds druppelen is irrigatie mogelijk in gebieden waar vanwege risico op bruinrotbesmetting een beregeningsverbod van kracht is<sup>3</sup>.

## Gebiedskenmerken en proefopzet

Het proefveld te Borgsweer ligt in een voormalige getijde-afzettingsvlakte. De bodem bestaat voornamelijk uit zware zavel met een lage doorlatendheid, typerend voor een komgrond. Het perceel wordt gedraineerd op een diepte van 1 m onder maaiveld, waarbij de drains op een onderlinge afstand van 7 m liggen. Het grondwater onder het perceel is brak tot zout als gevolg van kwel uit de nabijgelegen Waddenzee. Het proefveld is opgesplitst in drie delen, overeenkomstig de gewasrotatieperiode voor poot aardappelen. Daarbij is telkens een proef- en referentieveld ingericht om de meerwaarde van de toegepaste maatregelen inzichtelijk te maken. De proefopzet verschilde van jaar tot jaar, waarbij is gekeken naar het effect van:

- druppelirrigatie ten opzichte van geen irrigatie;
- fertigatie (het toedienen van meststoffen via druppelsslangen) ten opzichte van druppelirrigatie in combinatie met reguliere bemestingsmethoden;
- sturing van de watergift aan de hand van continue bodemvochtmetingen ten opzichte van vaste periodieke giften (huidige praktijk).

In 2013 en 2014 is er vooral gekeken naar hoe het systeem het best kan worden aangelegd, inclusief bijbehorend materieel en koppeling aan het ondergrondse opslagsysteem. In 2015 is voor het eerst gemeten aan, en gestuurd, op bodemvochtgehalten

---

<sup>2</sup> Meer informatie over de Spaarwatermaatregelen is te vinden op [www.spaarwater.com](http://www.spaarwater.com)

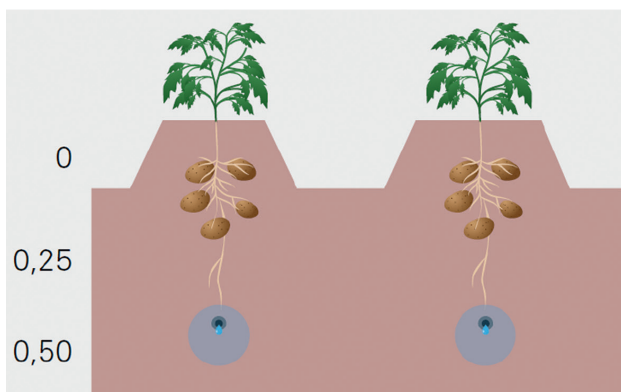
<sup>3</sup> In aanvulling op het Spaarwaterprogramma wordt promotieonderzoek gedaan naar de afbraak van de bruinrotbacterie (*Ralstonia*) bij opslag van water in de ondergrond in combinatie met een bodempassage.

en bodemvochtspanning. In 2016 is het fertigatiesysteem aangesloten en is veel aandacht uitgegaan naar het aansturen van de giften (op welke diepte sturen en welke parameters in acht nemen). In 2017 zijn de watergiften geoptimaliseerd om de water-effectiviteit te verhogen. In het laatste jaar, 2018, is de aandacht voornamelijk uitgegaan naar het minimaliseren en monitoren van de af- en uitstroom van nutriënten.

In dit artikel worden de resultaten behandeld die gaan over de aanleg van het systeem, operationeel beheer, watereffectiviteit en meeropbrengst van ondergrondse druppelirrigatie. Gedurende de proef zijn ook de effecten van fertigatie op de af- en uitspoeling van meststoffen van het perceel naar het oppervlaktewatersysteem gemonitord. Deze resultaten zullen in een volgende editie van Stromingen, wanneer alle resultaten geanalyseerd zijn, worden gepubliceerd.

### Ondergrondse druppelirrigatie

Bij druppelirrigatie worden slangen met druppelaars ingezet om water en eventueel meststoffen gedoseerd toe te dienen aan de plant. Dit kan door de slangen bovengronds of ondergronds in het veld aan te brengen. Voor de pilot in Borgsweer is ervoor gekozen om de slangen eenmalig (permanent) onder de bouwvoor te leggen, waardoor ze niet kapot worden gereden bij ploegen, gewasinspectie, sproeien en oogsten. De levensduur is dan gelijk aan die van drainage (circa 10 tot 20 jaar). De combinatie van capillaire opstijging en een voldoende diep wortelend gewas is bepalend voor de goede werking van het systeem (Afbeelding 1).



**Afbeelding 1:** Schematische weergave ondergrondse druppelirrigatie, waarbij slangen op een diepte van circa 45 cm onder de rug zijn ingebracht.

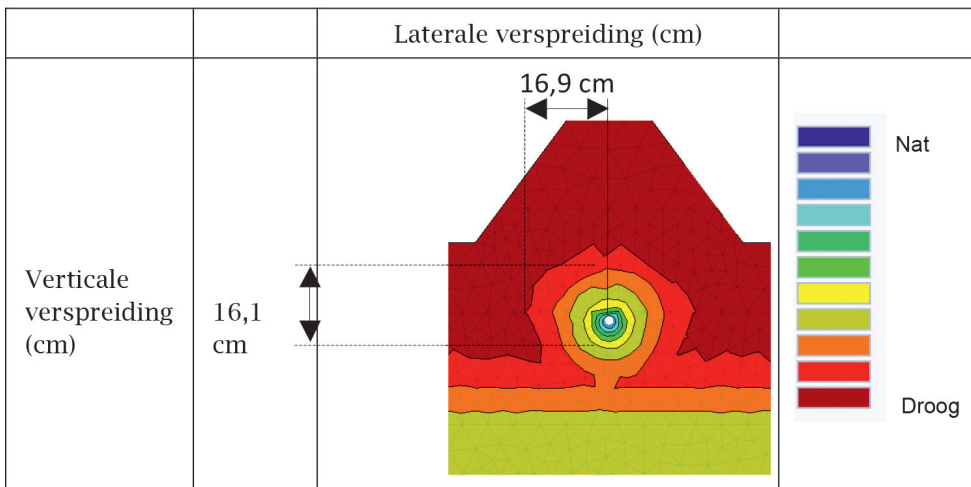
### Systemaanleg

Uit de proef blijkt dat de optimale ligging (diepte en afstand) van de druppelslangen samenhangt met:

- de doorlatendheidskarakteristieken, bodemvochtspanning, pF-curve en capillaire opstijging van de bodem;

- de bewortelingsdiepte, opbrengst en gevoeligheid voor nat- en droogteschade van een gewas.

Om de optimale diepte en onderlinge afstand tussen slangen te bepalen is voor verschillende bodems het gedrag van de watrigift onderzocht met een numeriek onverzadigde-zonemodel (HYDRUS 2D). Uit de modellering blijkt dat de afstand tussen de druppelslangen ongeveer 0,3 meter mag zijn bij fijn zand, tot 0,7 meter bij lichte zavel (Afbeelding 2 en Tabel 1). Afhankelijk van de nat- en droogtegevoeligheid van het gewas en de schadefunctie van de opbrengst kan ervoor gekozen worden om meer slangen te leggen (duurder!) om meer gelijkmatige bodemvochtspanning te realiseren. In zandbodems wordt de verticale verspreiding van water in en/of naar de wortelzone beperkt door de geringe capillaire zone. Bij zware klei is de capillaire zone weliswaar groter, maar is de capillaire flux kleiner dan de potentiële evapotranspiratie. Ondergronds druppelen is daarom op deze bodems alleen effectief bij gewassen die zodanig diep wortelen dat de plant het vocht direct nabij de druppelaar kan opnemen.



**Afbeelding 2.** Voorbeeld van gesimuleerde verticale en laterale verspreiding van irrigatiewater vanuit de druppelslang in een bodem van fijn zand. Voor het berekenen van de invloed van bodemtypes op de maximale druppelslangafstand is tweemaal de laterale verspreiding genomen.

**Tabel 1** Gesimuleerde verticale en laterale verspreiding van irrigatiewater in droge bodems.

	Laterale verspreiding water en mobiele nutriënten vanaf de druppelaar (cm)	Verticale verspreiding bodemvocht en mobiele nutriënten vanaf de druppelaar (cm)
Baseline (Borgsweer)	18,7	17,0
Fijn zand	16,9	16,1
Grof zand	-	-
Matig lichte zavel	37,5	19,2
Zware zavel	25,9	23,4
Zeer zware klei	37,5	19,0
Zandig veen	37,5	17,5

De druppelslangen worden op diepte aangelegd met een voor dit doel ontwikkelde methode die vergelijkbaar is met een moldrain (Afbeelding 3). Met deze methode worden de druppelslangen aangelegd door middel van insnijding en geleiding van de slangen. Voor het optimaal functioneren van het ondergronds druppelsysteem is de aanleg van slangen op uniforme diepte essentieel. Dit wordt bereikt door de aanleg plaats te laten vinden in een periode waarin de bodem voldoende vochtig is voor het insnijden en tegelijkertijd zodanig droog is dat de tractor niet wegzakt.



**Afbeelding 3.** Aanleg van het ondergronds druppelirrigatiesysteem in Borgsweer (2014).

### Operationeel beheer

Om de effecten van ondergronds druppelen te monitoren en het operationeel beheer te optimaliseren zijn de volgende parameters continu gemeten:

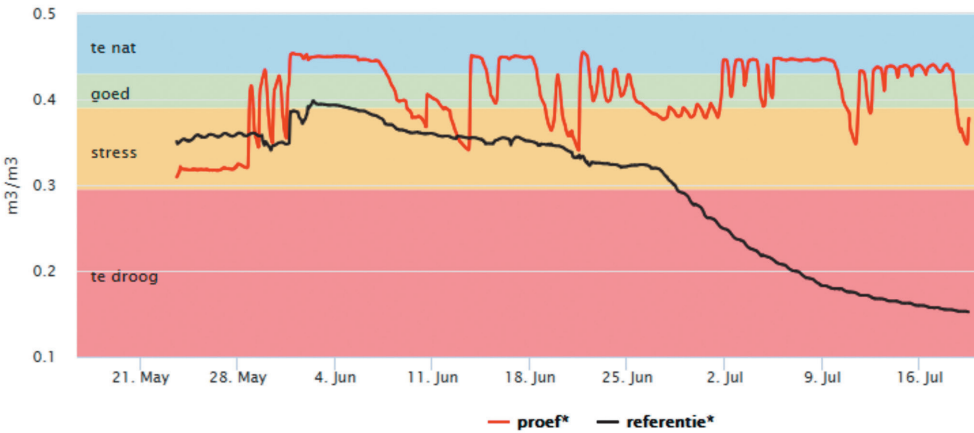
- de regenval op het perceel;
- de watergiften via de druppelslangen;
- het bodemvochtgehalte en de bodemvochtspanning tussen 10 en 50 cm op vijf verschillende dieptes tussen en boven de druppelaars op de ruggen en in de voren;
- de grondwaterstanden op en tussen de drains; en
- de uitstroom via de drains.

Daarnaast is de gewasontwikkeling gedurende het seizoen en de bodemstructuur aan het begin en eind van het seizoen beschreven. Voor het bepalen van de opbrengst is aan het eind van ieder seizoen een proefrooing gedaan van 3 maal 2 meter per vak.

De gewenste frequentie en omvang van de water- en mestgift hangen samen met het type irrigatiesysteem, bodemtype, het weer en gewaseigenschappen. In de zware, kleiige bodems in Borgsweer verspreidt druppelirrigatiewater zich in alle richtingen, maar relatief langzaam. Tegelijkertijd zorgen kleischeuren in de zomer voor een versnelde uitstroming van druppelirrigatiewater naar de drains.

In de eerste proefjaren is de irrigatiegift bepaald aan de hand van de bodemvochtspanning. Gaandeweg is gekozen voor het sturen op bodemvochtgehalte, wat makkelijker bleek te interpreteren voor een agrariër. Het sturen op bodemvochtgehalte met behulp van sensoren maakte het mogelijk om optimale bodemvochtomstandigheden voor het gewas (Afbeelding 3) en een hoge watereffectiviteit te realiseren.

Om te kunnen sturen op het bodemvochtgehalte is de bepaling van een pF-curve in de wortelzone noodzakelijk om de grenzen van het makkelijk opneembare vochtbereik te bepalen. Bij het bepalen van een pF-curve wordt de bodemvochtspanning en bodemvochtgehalte gemeten tijdens het uitdrogen van een bodemkolom van veldcapaciteit ( $pF = 2,0$ ) naar verwelkingspunt ( $pF = 4,2$ ). Hieruit kan het makkelijk opneembare vochtbereik worden bepaald, welke doorgaans tussen  $pF = 2,0$  en  $2,7$  ligt. Voor droogte- en natschadegevoelige gewassen is het belangrijk deze grenswaarden specifiek te berekenen. Om de vochtvoorziening naar de plant te optimaliseren, wordt de bodem door middel van irrigatie binnen het optimale vochtbereik gehouden.



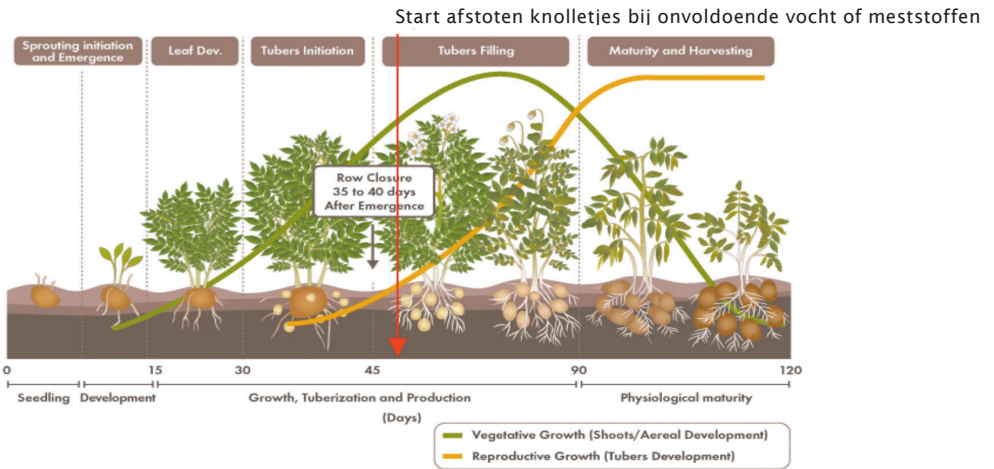
**Afbeelding 4.** Verloop van bodemvochtgehalte op slangdiepte (45 cm) in het seizoen 2018. Het proefvak (rood) wordt geïrrigeerd, het referentieveld (zwart) ontvangt geen irrigatie.

Tijdens de proef bleek dat, naast de perceelshydrologie, kennis van de plantfysiologie en landbewerking essentieel is voor het behalen van een optimaal resultaat. Deze aanvullende kennis is tijdens de proef opgedaan uit gesprekken met de agrariër, uit de inbreng van een landbouwkundig adviesbureau en uit literatuuronderzoek. Om de watergiften optimaal te kunnen sturen is onder andere veel aandacht uitgegaan naar de gewasontwikkeling: de groeistadia, beworteling en opname van vocht en nutriënten bij pootaardappelen.

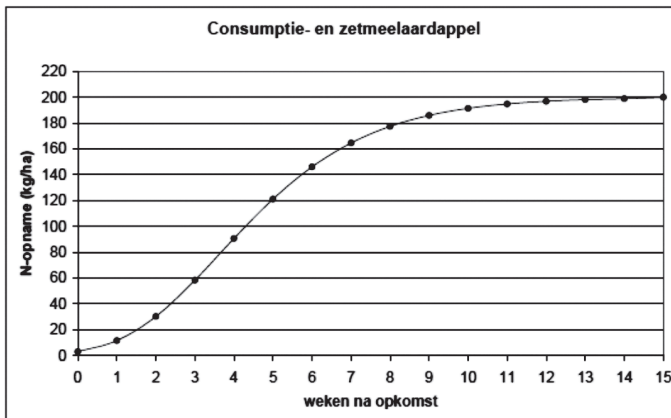
In de eerste proefjaren is gestuurd op het behouden van veldcapaciteit op 10 cm diepte. Uit de proefresultaten bleek echter dat capillaire werking van de bodem wordt doorbroken daar waar de korrelige opbouw van de aardappelrug overgaat in de compacte ploegzool. Hierdoor bereikte het water de bovenste 10 cm niet, ging veel water verloren als dieptepercolatie en waren de omstandigheden in delen van de wortelzone juist té nat. In de daaropvolgende jaren bleek dat sturen op het bodemvochtgehalte op 10 cm diepte niet nodig is vanuit plantfysiologisch en bodemkundig oogpunt. De moederknol van de aardappel bestaat voor circa 80% uit water en kan dus in de eerste groeifase zelfstandig zorgen voor de aanleg van stam, eerste loof, stolonen en wortelstelsel.

Door de water- en mestgiften af te stemmen op de gewasontwikkeling, is water gegeven wanneer de plant diep genoeg geworteld is om het water op te nemen en is

bemesting gegeven in de groeistadia waarin de stikstofopname het hoogst was (afbeelding 4 en 5).



**Afbeelding 5.** Ontwikkeling van de aardappel; vanaf ongeveer 50 dagen na het poten (week 8) is een optimale voorziening van water en meststoffen essentieel om het afstoten van knolletjes te voorkomen.



**Afbeelding 6.** Stikstofopname curve (in kg/ha) voor consumptie- en zetmeelaardappelen (de Haan & van Geel, 2013).

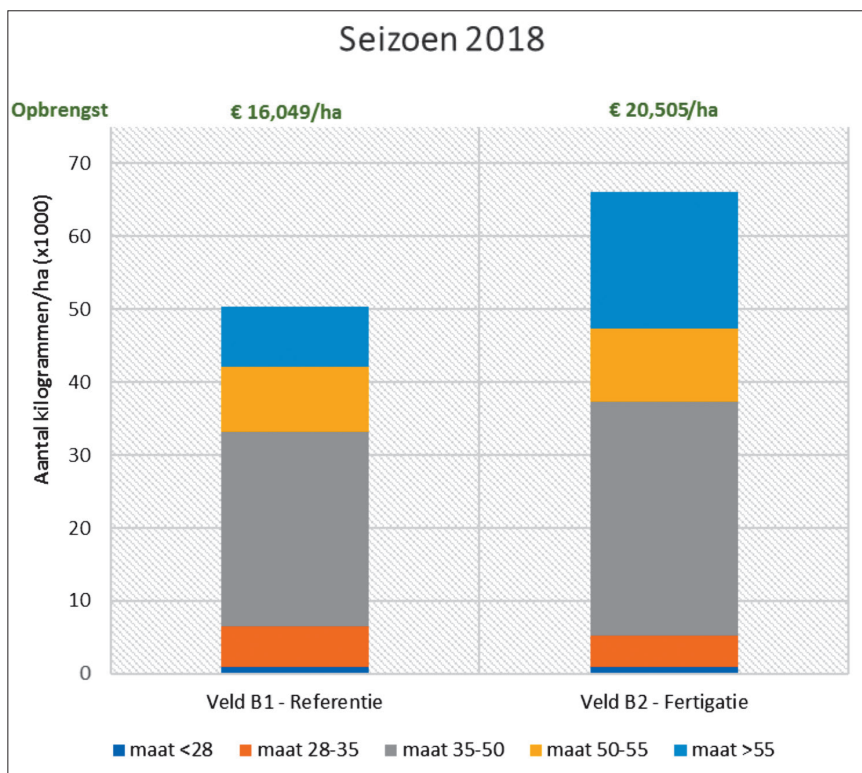
## Watareffectiviteit

In het groeiseizoen van 2017 is de watereffectiviteit van ondergrondse druppelirrigatie bepaald. Watereffectiviteit is hier gedefinieerd als de hoeveelheid water, aangevoerd door regen en irrigatie, die ten goede komt aan gewasgroei. In het proefperceel is de watereffectiviteit bepaald door het meten van de neerslag, irrigatiegift, drainafvoer en berging van vocht in de bodem. Het water dat ten goede komt aan gewasgroei vormt de sluitpost van de waterbalans.

Door het geven van veel kleine giften is het mogelijk het bodemvochtgehalte binnen het bereik te houden dat voor de plant makkelijk opneembaar is. Irrigieren op natte bodems dient uit oogpunt van watereffectiviteit te worden voorkomen, omdat dit tot een sterk neerwaartse stroming naar de drains leidt en daarmee tot verlies van water en uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewatersysteem. Door te sturen op het bodemvochtgehalte is in 2017 een watereffectiviteit van 78% gerealiseerd, bij een regenval van 271 mm tijdens het groeiseizoen (totale gift 53 mm irrigatie) (Tabel 2). Dit is 30 tot 50% hoger dan met conventionele irrigatiesystemen, zoals sprinklers en waterkanonnen, omdat er geen verwaaiing, interceptie, bodemverdamping en afstroming plaatsvindt.

**Tabel 2** Waterbalans en watereffectiviteit in Borgsweer in 2017. De gewasverdamping bedroeg 89% van het theoretisch optimum (Makkink-gewasverdamping pootaardappelen is 284 mm voor analyseperiode).

	Regenval (mm)	Irrigatie (mm)	rainage (mm)	Bergingsverandering (mm)	Gewasverdamping (mm)	Water-effectiviteit (%)
Model gestuurd (A1)	271,4	52,9	50,7	20,8	252,8	77,9



**Afbeelding 7:** Overzicht van oogstopbrengst van pootaardappelen voor referentie- en proefvak op de pilotlocatie in Borgsweer tijdens het groeiseizoen van 2018 (omdat aardappelprijzen 2018 pas begin 2019 bekend zijn is gerekend met door de teler geschatte prijzen).



## Gewasopbrengst

Het is in Nederland sterk locatie-, weer- en tijdsafhankelijk of druppelirrigatie tot een meeropbrengst leidt (Van Meijeren, 2017). De meerwaarde van druppelirrigatie ligt, naast een lager zoetwaterverbruik, voornamelijk bij het overbruggen van droge periodes en het verlagen van de ziektedruk door het verkorten van de bladnatperiode. In natte en gemiddelde jaren is er geen verschil in gewasopbrengst tussen het referentie- en proefvak gemeten. In 2018 is met druppelirrigatie in de droge zomer een meeropbrengst van 22% gerealiseerd (Afbeelding 7). Tijdens het groeiseizoen was het loof in het proefvak voller en groener en de aardappelknollen groter en homogener dan bij het referentieperceel (Afbeelding 8).



**Afbeelding 8:** Pootaardappelplanten tijdens groeiseizoen 2018; links referentie, rechts proef.

## Conclusie

Ervaringen uit zes jaar praktijkonderzoek met ondergrondse druppelirrigatie in Borgsweer laten zien dat ondergronds druppelen onder Nederlandse humide omstandigheden mogelijk is. Behaalde resultaten tonen een aan dat met druppelirrigatie het bodemvocht op peil kan worden gehouden met realisatie van een hoge watereffectiviteit. Om de gewasopbrengst en watereffectiviteit te optimaliseren is gedegen informatie omtrent hydrologie én plantfysiologie essentieel. Druppelirrigatie biedt de mogelijkheid om droogteperiodes te overbruggen, wat essentieel is om een optimale vocht- en nutriëntenbeschikbaarheid voor het gewas te verzekeren, en de ziektedruk te verlagen.

## Dankwoord

Met speciale dank aan Pieter Noordam voor het beschikbaar stellen van het proefperceel en Wyncko Tonkens (Delphy) voor het landbouwkundig advies. Daarnaast bedanken wij alle partners in Spaarwater voor de prettige samenwerking en de financiers voor het mogelijk maken van Spaarwater. Voor specificatie van de financiers en partners en voor meer informatie verwijzen wij naar [www.spaarwater.com](http://www.spaarwater.com)

---

# Subsurface drip irrigation to increase water use efficiency

*In the north of the Netherlands, salinization and water scarcity threaten the agricultural sector. Water shortages and increasing salinity levels reduce water availability for irrigation and lower water quality in the unsaturated zone. Since 2013 the Spaarwater Programme is developing interventions to adapt and mitigate the impact of these changes. One of the interventions that is being tested is subsurface drip irrigation whereby the driplines are permanent at approximately 50 cm depth below surface level. The experiments show that subsurface drip has the potential to provide optimal water availability for plant growth and to be a water efficient method of irrigation, also under humid climate conditions that are prevalent in The Netherlands. The experiments show that to achieve such optimal results it is essential to take into consideration soil characteristics and plant physiology when designing and installing the system, and when scheduling the frequency and duration of watering. It was also found that the added value of the application of subsurface drip in The Netherlands lies in bridging periods of drought and decreasing the incidence of crop diseases and pests. Results on emission of nutrients to the surface water system will be presented in a following edition of Stromingen.*

---

## Referenties

**De Haan, J.J., & Van Geel, W.C.A.** (2013). *Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV.

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer** (2010). *Werk aan de delta: investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen: Deltaprogramma 2011*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.

**Van Meijeren, S.J.** (2017). *Ondergrondse druppelirrigatie in een verziltende omgeving in Noord-Nederland*. MSc Stageverslag. Acacia Water & Wageningen Universiteit.