

Regelbare drainage met subirrigatie: hydrologische mogelijkheden en randvoorwaarden

JANINE DE WIT, GÉ VAN DEN EERTWEGH, MARJOLEIN VAN HUIJGEVOORT, JOS VAN DAM, RUUD BARTHOLOMEUS

Artikel

Regelbare drainage met subirrigatie (RDS) is de laatste jaren onderzocht als maatregel om te anticiperen op de onbalans tussen watervraag en wateraanbod op de Nederlandse hoge zandgronden. In Haaksbergen startte een veldexperiment met regelbare drainage met subirrigatie. Vervolgens zijn diverse onderzoeken zoals Boer-Bier-Water, Programma Lumbricus en TKI-project KLIMAP uitgevoerd waarbinnen veldproeven zijn opgezet in Lieshout, America en Stegeren. In dit artikel beschrijven we de algehele resultaten van deze veldproeven. We focussen achtereenvolgens op de metingen in de veldproeven, de modellering (SWAP) van de verandering in grondwaterstanden, vochtgehaltes en hydrologische fluxen, de mogelijkheden om slimmer water aan te voeren op basis van een algoritme dat metingen, weersverwachting en hydrologische modellering combineert, en als laatste de opschaling van RDS van perceel- naar regionale schaal, gemodelleerd met een systeemdynamisch model. Tot slot geven we een aantal handvatten ter ondersteuning van de keuze om RDS al dan niet te implementeren.

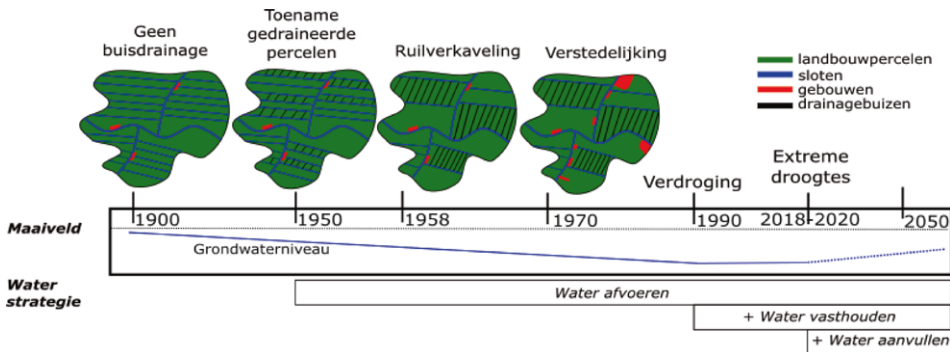
Inleiding

Zoetwater is noodzakelijk voor natuur en waterafhankelijke sectoren als landbouw, drinkwater en industrie. De watervraag zal in de toekomst echter stijgen door, onder andere, economische groei, verstedelijking en voedselproductie, terwijl de beschikbaarheid van zoetwater afneemt. Daarnaast zullen, door klimaatverandering, weersextremen (zowel drogere als nattere perioden) frequenter en extremer voorkomen (Spinoni e.a., 2019; Teuling, 2018). Maatregelen in het Nederlandse waterbeheer zijn nodig om te anticiperen op de onbalans tussen watervraag en wateraanbod. Een van de maatregelen die verkend wordt om anders om te gaan met water in de landbouw, is het omvormen van drainage-systemen tot regelbare drainage met subirrigatie.

Ontwikkeling Nederlands watersysteem

Het Nederlandse watersysteem is van oudsher ingericht op het afvoeren van water om te natte omstandigheden te voorkomen (Afbeelding 1). In de 20e eeuw zijn veel percelen daarom ontwaterd. Vooral na de Tweede Wereldoorlog zijn landbouwpercelen intensiever ontwaterd door de aanleg van buisdrainage om de grondwaterstanden verder te verlagen en hiermee de gewasproductie te verhogen. In 2012 was 34% van het Nederlandse landbouwareaal gedraineerd (Massop en Schuiling, 2016). Naast de ontwatering vond er tussen 1960-1980 ook intensieve ruilverkaveling plaats om landbouwpercelen te vergroten, waardoor voedselprijzen

laag konden blijven. Buisdrainage/ontwatering, ruilverkaveling, verstedelijking en grondwateronttrekkingen zorgden samen voor een systematische daling van het grondwaterniveau, plaatselijk tot gemiddeld 50 cm over de afgelopen eeuw (Knotters en Jansen, 2005).



Afbeelding 1: Tijdlijn met ontwikkelingen die het Nederlandse landschap en grondwaterniveau beïnvloed hebben. De 20e eeuw laat een dalende trend zien van het grondwaterniveau; de waterstrategie was gericht op het afvoeren van water. Om gewasgroei te bevorderen, verschoof dit rond 1990 naar i) het afvoeren van water om te natte omstandigheden te voorkomen en ii) het vasthouden van water waar nodig. Vanaf 2018 ligt er meer focus op de combinatie van i) water afvoeren om te natte omstandigheden te voorkomen, ii) water vasthouden en iii) water aanvullen om de effecten van droogte te verlichten. Figuur is ontleend aan De Wit e.a. (2022).

Ontwikkeling drainagesystemen

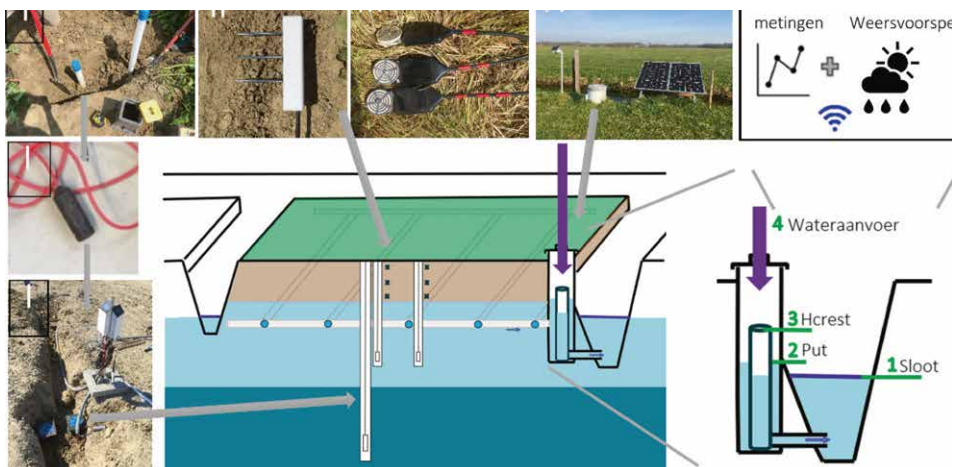
Waterbeheer met de focus op water afvoeren, lage grondwaterstanden en een veranderend klimaat zorgen ervoor dat landbouwpercelen op de hoge zandgronden droogte ervaren. Het is daarom noodzakelijk om de ontwatering te reduceren, meer water langer vast te houden waar het als neerslag valt, en gedurende het groeiseizoen hogere grondwaterstanden te realiseren. Een van de maatregelen hiervoor kan het doorontwikkelen van drainagesystemen zijn. Conventionele buisdrainage, gericht op water afvoeren, kan omgevormd worden tot (samengestelde) regelbare drainage, gericht op water afvoeren wanneer nodig en water vasthouden als er sprake is van een neerslagoverschot. Als wateraanvoer mogelijk is en er zoetwater beschikbaar is, kan het drainagesysteem ook ingezet worden voor subirrigatie om het grondwater aan te vullen. Regelbare drainage met subirrigatie (RDS) heeft dus drie doelen: i) water afvoeren wanneer nodig, ii) water vasthouden op het perceel om onnodige drainage te voorkomen en iii) grondwater aanvullen.

Regelbare drainage met subirrigatie

RDS bestaat over het algemeen uit een regelput waar extern water instroomt (Afbeelding 2). In de regelput bevindt zich een systeem (bijv. een vlotter of een balg) dat het waterniveau bepaalt tot wanneer wateraanvoer wordt toegepast. De ingestelde drempelwaarde waarboven water wordt afgevoerd wordt de 'crest-hoogte' genoemd. De regelput is verbonden met een verzameldrain, die weer verbonden is met de drains die loodrecht op de verzameldrain liggen. Wanneer de stijghoogte in de put en de drains hoger is dan in het grondwater, vindt er infiltratie plaats. Ook in landen als Amerika, Canada, Australië, Zweden en Iran is ervaring opgedaan met RDS-systemen, zie De Wit e.a. (2022).

Veldproeven RDS op hoge zandgronden

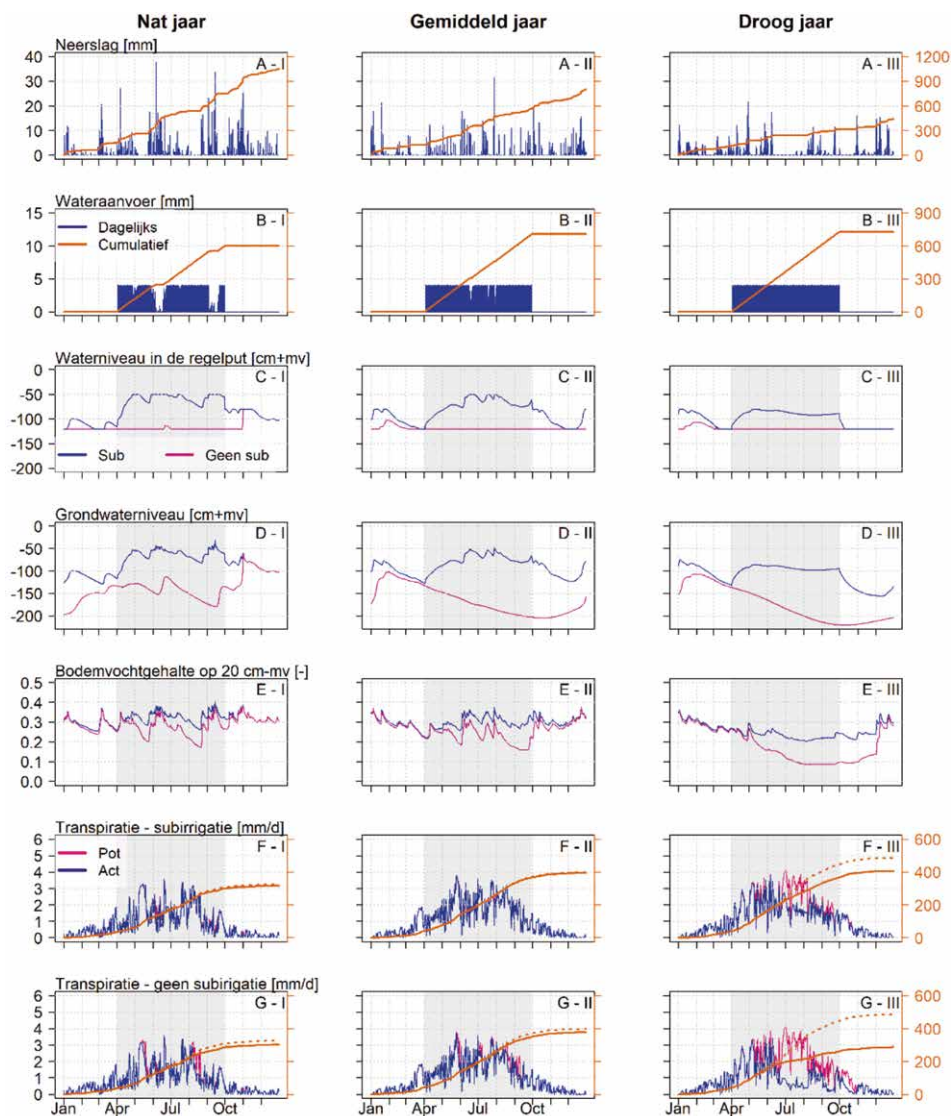
Regelbare drainage met subirrigatie is de laatste jaren onderzocht op de Nederlandse hoge zandgronden in vier veldexperimenten: America (2017-heden, Bartholomeus e.a. (2018a)), Haaksbergen (2016-2022, o.a. Stofberg e.a. (2021)), Lieshout (2015-2020, Bartholomeus e.a. (2018b)) en Stegeren (2018-2022, De Wit e.a. (2021)). Alle veldlocaties bevonden zich op de hoge zandgronden in Oost- en Zuid-Nederland, met verschillende bodemprofielen en geohydrologische karakteristieken, maar met op dezelfde wijze ingerichte veldproeven met meetapparatuur. Op elke locatie is de wateraanvoer, cresthoopte, het oppervlaktewater-, put-, en grondwaterniveau (tussen twee drains en direct naast een drain), de stijghoogte in een diepere peilbuis, en het bodemvochtgehalte op 20, 40 en 60 cm-mv gemeten. Daarnaast is in America en in Stegeren de zuigspanning op 20, 40 en 60 cm-mv gemeten en op beide locaties was een referentieperceel (zonder buisdrainage) ingericht met meetapparatuur. De bron van subirrigatie was grondwater (America), gezuiverd huishoudelijk restwater (Haaksbergen), gezuiverd industrieel restwater (Lieshout) en oppervlaktewater (Stegeren).



Afbeelding 2: Algemene opstelling regelbare drainage met subirrigatie met geïnstalleerde meetapparatuur. Meetapparatuur was: ondiepe en diepe stijghoogte (I), op 20, 40 en 60 cm-mv bodemvochtgehalte (II) en zuigspanning (III), oppervlaktewaterniveau ('Sloot'), waterniveau in de regelput ('Put'), cresthoopte ('Hcrest') en de wateraanvoer ('wateraanvoer') (IV).

Lokale hydrologische effecten van RDS

Regelbare drainage met subirrigatie beïnvloedt het hele hydrologische systeem. Door RDS stijgt de grondwaterstand, waardoor ook het bodemvochtgehalte stijgt via capillaire opstijging. Een hoger bodemvochtgehalte betekent meer water voor het gewas en daardoor verhoogde transpiratie (gewasverdamping) en drogestofproductie. Een beperkt deel van het aangevoerde water komt echter maar ten goede aan het gewas. Afhankelijk van het oppervlaktewaterniveau en de geohydrologische gebiedskenmerken, stroomt een deel van het aangevoerde water naar de aanliggende sloot en stroomt een deel via wegzijging naar het diepere grondwater. Een hogere weerstand tegen wegzijging voorkomt dat het geïnfiltreerde water snel wegsijpelt naar het diepere grondwater. Een hoger oppervlaktewaterniveau, aangepast aan de hogere grondwaterstand, zorgt voor minder drainage naar de sloot.

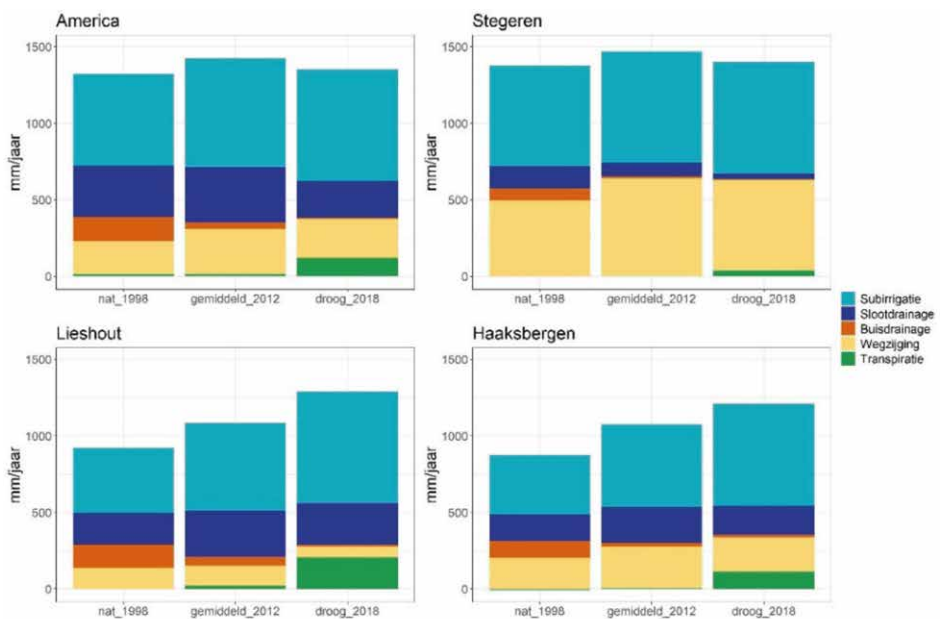


Afbeelding 3: Hydrologische effecten van RDS voor een meteorologisch nat jaar 1998 (I, linkerkant), een gemiddeld jaar 2012 (II, midden) en een droog jaar 2018 (III, rechts), gemodelleerd met SWAP (gekalibreerd aan metingen) voor de locatie America. Alle simulaties zijn uitgevoerd met subirrigatie ('sub') en zonder subirrigatie ('geen sub'). De grijze blokken representeren de periode van subirrigatie (1 april-30 september). Ontleend aan De Wit e.a. (2024c).

De verhoging van de grondwaterstand en de verdeling van het aangevoerde water naar hydrologische fluxen hangen sterk samen met de geohydrologische gebiedskenmerken. Door subirrigatie steeg de grondwaterstand met ongeveer 100 cm en 150 cm in respectievelijk een nat (2021) en droog (2018) jaar in America en Lieshout. Een stijging met gemiddeld slechts 30 cm door subirrigatie in Stegeren was echter onvoldoende om aan de watervraag van het gewas te voldoen. De Wit e.a. (2023b) publiceerden de metingen van de vier proeven.

De metingen zijn vervolgens gebruikt om een SWAP-model te kalibreren en hiermee een langere perioden (1993-2021) door te rekenen. Uit deze modelresultaten blijkt dat de hydrologische effecten van subirrigatie ook sterk samenhangen met meteorologische omstandigheden (Afbeelding 3).

De verdeling van wateraanvoer naar de hydrologische fluxen sloot- en buisdrainage, wegzijging en transpiratie wordt enerzijds beïnvloed door de meteorologie, anderzijds door de geohydrologie. Over het algemeen verlaat het aangevoerde water het perceel door slootdrainage of wegzijging (grondwateraanvulling), en draagt een klein deel bij aan transpiratie (Afbeelding 4). Hoewel de procentuele verdeling van de hydrologische fluxen varieert tussen alle veldproeven, kan de veldproef in America als een gemiddelde gezien worden ter indicatie. Voor de veldproef in America geldt dat de toename van slootdrainage (logischerwijs) hoger is in een natter jaar (56%) dan in een droger jaar (33%). De transpiratie neemt door subirrigatie in een droger jaar toe met 16% en in een nat jaar met 2% (er is dan ook minder tekort om op te heffen). De effecten van geohydrologische kenmerken zijn duidelijk zichtbaar tussen de veldproeven in Stegeren en Lieshout: bij de veldproef in Stegeren is de toename van de wegzijging gemiddeld 81%, terwijl deze bij de veldproef in Lieshout 21% is. Meer wegzijging wordt veroorzaakt door afwezigheid van een weerstandslaag en een groter stijghoogteverschil. De Wit e.a. (2024c) beschrijven de details.



Afbeelding 4: Effect van subirrigatie op waterbalanscomponenten in een nat (1998), gemiddeld (2012) en droog jaar (2018). Toename in slootdrainage, buisdrainage, wegzijging en transpiratie is berekend met SWAP-modellen gekalibreerd aan veldmetingen. De grafieken tonen het verschil tussen situaties met en zonder subirrigatie (berekend als 'met' minus 'zonder'). Ontleend aan De Wit e.a. (2024c).

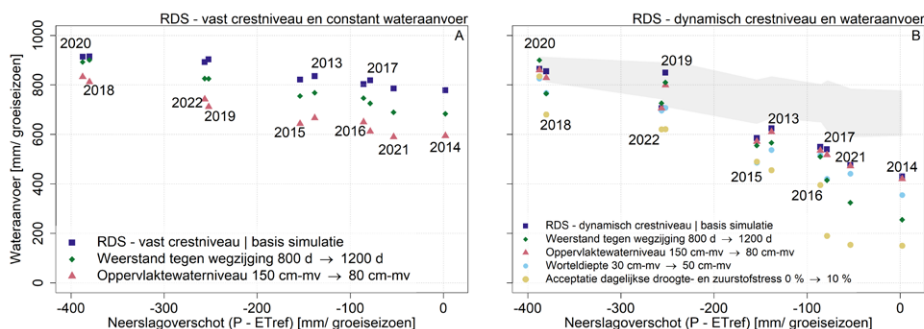
RDS 'slimmer' aansturen

In de veldproeven was de benodigde wateraanvoer zeer hoog, omdat er gedurende het groeiseizoen continu werd gestreefd naar een hoog grondwaterniveau. Er was een vast waterniveau in de put en een hoog crestniveau, waardoor de wateraanvoer varieerde tussen 500 mm en 1000 mm per jaar. De wateraanvoer kan verlaagd worden door de benodigde wateraanvoer en het benodigde waterniveau in de put dynamisch te bepalen, op basis van een rekenalgoritme waarin de waterbehoefte van het gewas, actuele vochtconditie in het veld en de weersverwachting worden gecombineerd. Het optimale crestniveau, putniveau en de wateraanvoer worden elke dag opnieuw berekend met een gekalibreerd SWAP-model, actuele vochtmetingen uit het veld en de weersverwachting. Het algoritme berekent de vochtcondities voor de volgende dagen, waarbij er vier opties zijn voor aanpassingen in de instellingen van het RDS-systeem:

- 1) bij zuurstofstress: verlaag het crestniveau om water af te voeren,
- 2) bij onnodige drainage: verhoog het crestniveau om water vast te houden,
- 3) bij droogtestress: verhoog het crestniveau tot maximale hoogte en voer water aan tot het benodigde putniveau,
- 4) bij geen zuurstof- of droogtestress en geen onnodige drainage: geen actie, behoud het crestniveau en voer geen water aan.

De verwachte zuurstof- en droogtestress en de drainageflux worden gewogen met een sigmoidfunctie, dit betekent dat de resultaten op korte termijn zwaarder meewegen dan de resultaten op langere termijn. In de praktijk kan een dergelijk algoritme het drainagesysteem automatisch aansturen via een klimaatadaptief drainagesysteem ('KAD', van den Eertwegh e.a. (2013)), zoals technisch gerealiseerd bij de pilots in Stegeren en Haaksbergen. Recent is er een opvolgende proef met een KAD-systeem in België.

Actief sturen op de weersverwachting bespaart, logischerwijs, meer water in nattere groeiseizoenen met een relatief geringe watervraag dan in drogere groeiseizoenen met een grotere watervraag. Door actief te sturen op de weersverwachting wordt in een droger seizoen (2018; hoge verdampingsvraag, lage bodemvochtgehaltes, grote watervraag voor subirrigatie) 60 mm minder water aangevoerd, in een gemiddeld groeiseizoen (2016; gemiddelde watervraag voor subirrigatie) 253 mm minder en in een natter seizoen (2014; kleine watervraag voor subirrigatie) 348 mm minder (Afbeelding 5). Daarnaast kan er nog zo'n 100 mm water bespaard worden als de weerstand tegen wegzijging groter is (locatiegeschiktheid), een hoger slootpeil wordt gehandhaafd (peilbeheer van het perceel en in de regio) of een gewas met diepere wortels (gewaskeuze) wordt verbouwd. Verder kan er 235 tot 625 mm water (droog vs. nat seizoen) bespaard worden als de agrariër in de sturing op dagelijkse basis ten minste 10% droogte- (wortelzone te droog) en zuurstofstress (wortelzone te nat) accepteert. De Wit e.a. (2024b) geven gedetailleerde resultaten.



Abbeelding 5: Het berekende neerslagoverschot ($P - ET_{ref}$) in het groeiseizoen (1 april-30 september) tegen de wateraanvoer voor een RDS-systeem met een vast crestiniveau (A) en voor een RDS-systeem met een dynamische sturing van het crestiniveau en wateraanvoer (B). Ontleend aan De Wit e.a. (2024b).

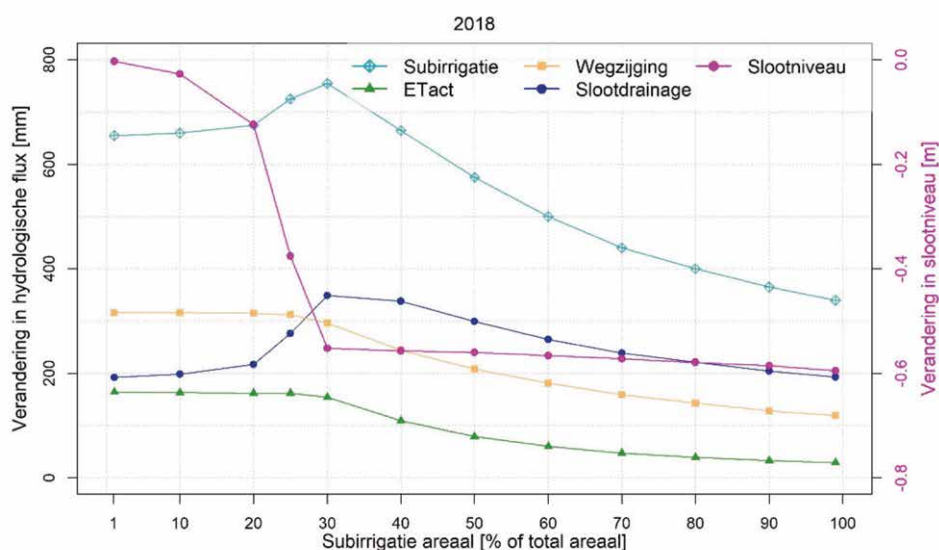
Verder is het belangrijk te weten dat er een situatie kan ontstaan waarbij extra aanvoer van water niet meer leidt tot meer transpiratie. Door wateraanvoer en hogere grondwaterstanden en bodemvochtgehaltes kan de transpiratie stijgen (minder verdampingsreductie), maar op een gegeven moment wordt aangevoerd water afgevoerd naar de sloot, of het vult het regionale grondwatersysteem aan, zonder ook nog tot hogere transpiratie te leiden. In deze situatie voer je dus water aan om het vervolgens te draineren of er het diepere grondwater mee aan te vullen. Het aangevoerde water draagt dan niet meer bij aan bevordering van gewasgroei door subirrigatie, maar wel aan grondwateraanvulling.

Hydrologische veranderingen door opschaling RDS

De watervraag op regionale schaal stijgt als op meerdere percelen RDS-systemen tegelijkertijd water gebruiken. Oppervlaktewater is vaak beperkt beschikbaar, waardoor de uitdaging is om water evenwichtig te gebruiken en te beheren, zowel voor de verschillende gebruikers als ook voor de natuur. In een regionale analyse voor Stegeren is de regionale watervraag van RDS-systemen beschreven met het waterallocatiemodel WEAP (Terink e.a., 2022). De watervraag per perceel kan dalen als in aangrenzende percelen ook subirrigatie plaatsvindt. Daarnaast is onderzocht wat de regionale hydrologische effecten van het opschalen van RDS zijn met een systeemdynamisch model (SDM) in Vensim.

Hydrologische modellen variëren van gedetailleerde, ruimtelijke modellen tot globale black-boxmodellen. Ertussenin ligt een ‘lumped’ SDM-model; een benadering die veel wordt toegepast om niet-lineair gedrag van complexe systemen met daarin feedbacks te begrijpen. In deze studie is een relatief eenvoudig regionaal SDM-model opgezet voor opschaling van RDS (De Wit e.a., 2025 – in voorbereiding). Het model bevat alle belangrijke aspecten en feedback-loops van een RDS-systeem en is gebaseerd op kennis van de uitgevoerde veldproeven en SWAP-modellering. Het model bevat drie belangrijke interacties: i) interactie oppervlaktewater en grondwater, ii) interactie grondwater en onverzadigde zone, iii) regionaal beheer door regionale aanvoer van oppervlaktewater en stuwpeilbeheer. Deze interacties zijn belangrijk omdat subirrigatie ervoor zorgt dat de afvoer naar de sloot toeneemt (niveaueverschil tussen grond-

water en oppervlaktewater neemt toe), terwijl onttrekking van oppervlaktewater voor subirrigatie het slootpeil kan verlagen, wat ook de afvoer naar de sloot versterkt. Zodra het slootpeil te laag wordt door overmatige onttrekking, is er minder water beschikbaar voor subirrigatie, wat uiteindelijk gevolgen heeft voor het effect van subirrigatie op de gewasverdamping. In dit model is het areaal waarop RDS in een gebied wordt toegepast opgeschaald in procenten van een totaal gebied. Opschaling van subirrigatie laat over het algemeen drie toestanden zien, geïllustreerd aan de hand van een specifieke situatie voor 2018 voor een gebied binnen Waterschap Limburg (Afbeelding 6): 1) er is voldoende oppervlaktewater beschikbaar om RDS op te schalen (tot 20% van het totale gebied voor deze specifieke situatie), waarbij het oppervlaktewaterniveau op peil blijft, 2) er is voldoende oppervlaktewater beschikbaar om RDS op te schalen naar 30%, maar het slootpeil daalt sterk door de grotere watervraag, wat invloed heeft op de regionale waterbeschikbaarheid en de benodigde hoeveelheid water voor subirrigatie verhoogt, en 3) er is onvoldoende oppervlaktewater beschikbaar om RDS op te schalen van 30% naar 99%, omdat het waterpeil in de sloot te ver daalt, wat een negatieve impact heeft op zowel de regionale waterbeschikbaarheid als de beschikbaarheid van water voor subirrigatie en hiermee gewasgroei. Doordat de capaciteit van het regionale water is bereikt, daalt het beschikbare water per RDS-systeem (subirrigatie) bij toename van RDS-systemen, resulterend in een daling van evapotranspiratie, wegzijging en slootdrainage per RDS-systeem.



Afbeelding 6: Verandering in hydrologische fluxen als gevolg van opschaling van subirrigatie in een gebied: wateraanvoer voor subirrigatie, evapotranspiratie ET_{act} , wegzijging en slootdrainage. Veranderingen (met/zonder subirrigatie) en verandering in slootniveau (maximum/minimum slootniveau) zijn berekend met een op processen gebaseerde lumped SDM-model en gegeven als functie van het percentuele areaal met subirrigatie t.o.v. het totale areaal. Ontleend aan De Wit e.a. (2025 – in voorbereiding).

Het totale areaal dat subirrigatie kan toepassen hangt sterk samen met de totale regionale hoeveelheid wateraanvoer, het regionaal stuwpeil, maar ook de

drainageweerstand. Een hogere regionale wateraanvoer en/of hoger regionaal stuwpeil resulteert in een hogere oppervlaktewaterbeschikbaarheid, waardoor er meer subirrigatie toegepast kan worden. Een hogere drainageweerstand zorgt ervoor dat er relatief meer grondwater wordt vastgehouden, minder aanvoer voor subirrigatie nodig is en er meer oppervlaktewater beschikbaar blijft. Oftewel: RDS kan bijdragen aan de waterbeheerstrategie op regionale schaal, maar verhoogt ook de druk op het oppervlaktewater, dat veelal niet onbeperkt beschikbaar is. Het SDM-model kan gebruikt worden om te verkennen of RDS opgeschaald kan worden in een gebied (met specifieke geohydrologische karakteristieken en regionaal waterbeheer) en gebruikt worden als hulpmiddel in beleidskeuzes van waterbeheerders. De eenvoud en transparantie van het model kan ook het inzicht in de kansen en knelpunten van RDS bij zowel beleidsmakers als agrariërs vergroten.

Beheer en onderhoud van het systeem

Bewust beheer en onderhoud is cruciaal om de beschreven hydrologische effecten van RDS te behalen. In het ontwerp, aanleg en beheer van RDS moet rekening gehouden worden met de watersamenstelling van de bron van subirrigatie om verstopping te voorkomen. De bron van subirrigatie kan oppervlaktewater zijn (Smith e.a., 1985), water uit bassins (Drury e.a., 1996), gerecycled drainagewater (Allred e.a., 2003), grondwater (Bartholomeus e.a., 2018a) of behandeld (industrieel of huishoudelijk) restwater (Bartholomeus e.a., 2017; Bartholomeus e.a., 2018b; Narain-Ford e.a., 2020). Verstoppingen kunnen bijvoorbeeld veroorzaakt worden door sloopvuil in het filter van de pomp bij oppervlaktewater, maar drains kunnen ook verstopt raken door ijzerneerslag bij infiltratie met zuurstofloos, ijzerrijk grondwater. Daarnaast kunnen hoge biologische activiteit en voedingsstoffen in restwater verstopping met biofilms veroorzaken. Verstopte drains kunnen worden door gespoten, maar hierop zijn RDS-systemen veelal niet ontworpen. Om dit wel mogelijk te maken, is in de veldproef in America een voorziening getroffen om de drains toegankelijk te maken voor een spuitlans (Afbeelding 7). De Wit e.a. (2023a) beschrijven het beheer en risico op verstopping uitgebreid.

Ook is het belangrijk dat RDS-systemen goed bediend worden door de agrariër en dat er voldoende afstemming is met het beheer door het waterschap. Alleen dan kan een verbetering van de landbouwwatervoorziening behaald worden.

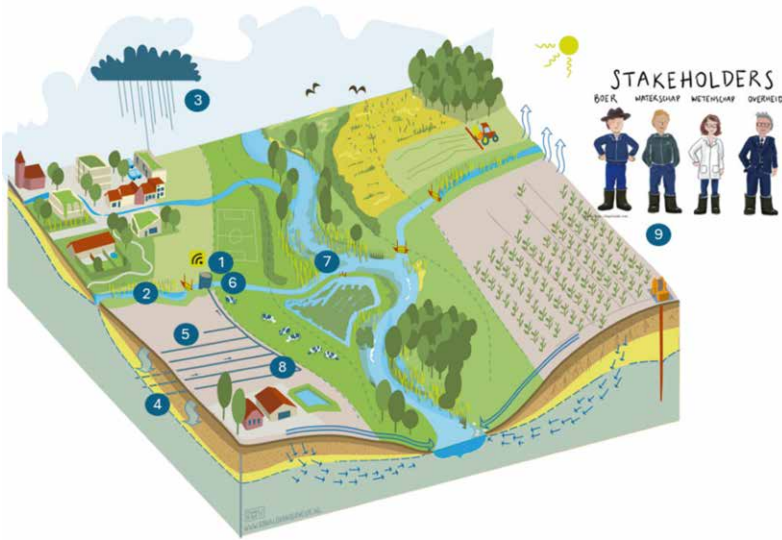


Afbeelding 7: Verstopping met ijzer (links), geïnstalleerde kruisstukken (midden) en een doorspuitstuk (rechts) voor de veldproef in America. Ontleend aan De Wit e.a. (2023a).

Belangrijkste handvatten RDS

De opgedane kennis in de verschillende veldproeven en modelstudies leidt tot een aantal praktische handvatten (Afbeelding 8), zoals beschreven in De Wit e.a. (2024a):

1. **Pompontwerp:** het pompontwerp wordt voornamelijk bepaald door het beoogd waterniveau in de regelput en de methode van wateraanvoer.
2. **Hydrologische kenmerken:** overtollige drainage naar de sloot kan voorkomen worden als het slootniveau het beoogde grondwaterniveau volgt.
3. **Meteorologische kenmerken:** het beheer van regelbare drainage met subirrigatie hangt sterk samen met het weer (nattere/drogere perioden in het groeiseizoen).
4. **Geohydrologische kenmerken:** de aanwezigheid van een weerstand in de bodem (vb. een leemlaag of een relatief hoog regionaal grondwaterniveau) beperkt wegzijging.
5. **Gewaskarakteristieken:** de benodigde hoeveelheid wateraanvoer is voor een gewas met een grotere worteldiepte kleiner dan voor een gewas met ondiepere wortels. Daarmee is RDS ook meer geschikt voor dieper wortelende gewassen.
6. **Waterbron – lokaal:** een waterbron van voldoende kwaliteit moet beschikbaar zijn voor subirrigatie. Dit voorkomt een eventuele verstopping van het systeem, en handhaaft de kwaliteit van het (diepere) grondwater.
7. **Waterbron – regionaal:** de waterbron moet op regionale schaal niet zijn functie verliezen als bron voor andere doeleinden (watervraag en waterverdeling).
8. **Beheer en onderhoud:** ijzerneerslag kan een drain verstoppen bij gebruik van zuurstofloos, ijzerrijk grondwater. Restwater of oppervlaktewater met veel voedingsstoffen kunnen zorgen voor verstopping door biofilms. Met goed ontwerp, aanleg en beheer van het systeem kan verstopping (deels) worden voorkomen.
9. **Belanghebbenden (stakeholders):** het is belangrijk dat zowel het waterschap als de agrariër begrijpen hoe RDS doorwerkt in het regionale watersysteem en in hoeverre de opschaling van RDS dus gefaciliteerd kan worden.



Afbeelding 8: Overzicht belangrijkste handvatten voor de implementatie van RDS weergegeven van 1 t/m 9. De basisfiguur is ontleend aan www.stowa.nl/lumbricus.

Conclusies

Regelbare drainage met subirrigatie (RDS) is een manier om water vast te houden, water af te voeren en grondwater aan te vullen. Aanvullen is in beginsel bedoeld voor het vergroten van de waterbeschikbaarheid van gewassen ('ondergrondse irrigatie' of 'omgekeerde beregening'), maar kan ook bijdragen aan de regionale grondwateraanvulling. RDS is daarmee een technische maatregel om te anticiperen op de onbalans tussen watervraag en wateraanbod in grondwaterafhankelijke regio's. RDS heeft drie doelen:

- i) water afvoeren wanneer nodig,
- ii) water vasthouden op het perceel om onnodige drainage te voorkomen en
- iii) (grond)water aanvullen. Subirrigatie vereist een zoetwaterbron in de omgeving én een lokale hydrologische situatie die geschikt is voor subirrigatie.

Als gevolg van toepassing van subirrigatie via RDS op een geschikte locatie voor subirrigatie stijgt de freatische grondwaterstand, waardoor het bodemvochtgehalte stijgt via capillaire opstijging. Hierdoor stijgt de waterbeschikbaarheid voor het gewas en hiermee de transpiratie (gewasverdamping) en de drogestofproductie. Een beperkt deel van het aangevoerde water komt echter maar ten goede aan het gewas. Afhankelijk van het oppervlaktewaterniveau en de geohydrologische gebiedskenmerken, stroomt een deel van het aangevoerde water naar de aanliggende sloot en stroomt een deel via wegzijging naar het diepere grondwater.

Als er continu water wordt aangevoerd, kan dit variëren tussen de 500 en 1000 mm per jaar. De wateraanvoer kan verminderd worden door slimmer water aan te voeren op basis van een algoritme gebaseerd op actuele vochtcondities en de weersvoorspelling. Desalniettemin vraagt een RDS-systeem wateraanvoer voor subirrigatie, waardoor deze lokale maatregel effect heeft op het regionale watersysteem. Het is daarom belangrijk dat verschillende belanghebbenden van het

watersysteem afspraken maken in hoeverre RDS toegepast kan worden. Het opgezette SDM kan hierbij helpen. Als laatste factor is het beheer van een drainagesysteem cruciaal. Bij ontwerp, aanleg en beheer van een RDS moet rekening worden gehouden met de watersamenstelling van de bron van subirrigatie om verstopping te voorkomen.

De lokale maatregel RDS kan een onderdeel zijn van de regionale waterbeheerstrategie voor het verbeteren van de balans tussen watervraag en wateraanbod. Op korte termijn is het 'laaghangend fruit' om in ieder geval traditionele drainage-systemen om te vormen tot regelbare drainagesystemen. Afhankelijk van de geschiktheid van de locatie en regionale beschikbaarheid van water voor infiltratie kunnen systemen worden uitgebreid tot RDS. Op langere termijn kan RDS een technische maatregel zijn in landbouwgebieden, waar bodem en water leidend zijn geweest in landgebruik, om droogte- en zuurstofstress te mitigeren. Daarbij is het belangrijk rekening te houden met de eerder genoemde negen handvatten, zoals locatiegeschiktheid, regionaal oppervlaktewaterbeheer en gewaskeuze. RDS kan dan een dubbel doel dienen: het verbeteren van de gewasvochtvoorziening en het verhogen van grondwateraanvulling. Deze meerjarige studie, waarvan onderdelen zijn gepubliceerd in zowel rapporten als wetenschappelijke artikelen, heeft de kennisbasis over RDS verhoogd en kan bijdragen aan besluitvorming door agrariërs en waterschappen over de implementatie van RDS-systemen als maatregel.

Literatuur

Allred B.J., Brown L.C., Fausey N., Cooper R.L., Clevenger W., Prill G., La Barge G., Thornton C., Riethman D., Chester P. (2003) Water table management to enhance crop yields in a wetland reservoir subirrigation system. *Applied Engineering in Agriculture* 19:407.

Bartholomeus R., van den Eertwegh G., van Huijgevoort M. (2018a) Subirrigatie met grondwater - Monitoring veldproef America, Waterschap Limburg. KWR 2018.029, KWR, Nieuwegein.

Bartholomeus R.P., Stoffberg S.F., van den Eertwegh G.A.P.H., Cirkel D.G. (2017) Hergebruik restwater voor zoetwatervoorziening in het landelijk gebied: Monitoring sub-irrigatie met RWZI-effluent Haaksbergen - 2016. BTO 2017.062, KWR, Nieuwegein.

Bartholomeus R.P., van Loon A.H., van Huijgevoort M.H.J. (2018b) Hergebruik van industrieel restwater voor de watervoorziening van de landbouw - Praktijkproef subirrigatie met gezuiverd restwater van Bavaria. KWR 2018.089, KWR, Nieuwegein.

De Wit J.A., Bartholomeus R.P., Van Deijl D., Van den Eertwegh G.A.P.H. (2024a) Water vasthouden, draineren en aanvoeren. KWR 2024.065, KWR Water Research Institute, Nieuwegein.

De Wit J.A., Ritsema C.J., van Dam J.C., van den Eertwegh G.A.P.H., Bartholomeus R.P. (2022) Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge. *Agricultural Water Management* 269:107677. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107677>.

- De Wit J.A., Van Dam J.C., Heijmans T.H.H., Van Huijgevoort M.H.J., Ritsema C.J., Bartholomeus R.P. (2025 - under review)** Subsurface irrigation in regional water management: Support decision making using a system dynamics approach. *Water Resources Management*.
- De Wit J.A., van Dam J.C., van den Eertwegh G.A.P.H., van Huijgevoort M.H.J., Ritsema C.J., Bartholomeus R.P. (2024b)** Controlled drainage with subirrigation systems: Reduce water supply by automatic control. *Agricultural Water Management* 303:109022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109022>.
- De Wit J.A., Van der Schans M.L., Van Loon A., Cirkel D.G., Van den Eertwegh G.A.P.H., Bartholomeus R.P. (2023a)** Verstopping voorkomen bij regelbare drainage met subirrigatie op hoge zandgronden. Evaluatie van veld- en kolomproeven in America, Stegeren, Lieshout en Haaksbergen. KWR 2023.085, KWR Water Research Institute, Nieuwegein.
- De Wit J.A., Van Huijgevoort M.H.J., Van Dam J.C., Van den Eertwegh G.A.P.H., Van Deijl D., Ritsema C.J., Bartholomeus R.P. (2024c)** Hydrological consequences of controlled drainage with subirrigation. *Journal of Hydrology* 628:130432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130432>.
- De Wit J.A., Van Huijgevoort M.H.J., van den Eertwegh G.A.P.H., van Deijl D., Bartholomeus R.P. (2021)** Technische rapportage veldproeven met watermaatregelen Stegeren. Ontwerp en monitoring van vijf veldproeven met (automatisch gestuurde) regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuw in Stegeren (2017-2020). KWR 2021.029, KWR, Nieuwegein.
- De Wit J.A., Van Huijgevoort M.H.J., Van den Eertwegh G.A.P.H., Van Deijl D., Stoffberg S.F., Bartholomeus R.P. (2023b)** Data underlying the publication: Hydrological consequences of controlled drainage with subirrigation. Version 3. 4TU.ResearchData. DOI: <https://doi.org/10.4121/6e5f65f6-530f-438d-8e43-3593e259aaba>.
- Drury C., Tan C., Gaynor J., Oloya T., Welacky T. (1996)** Influence of controlled drainage-subirrigation on surface and tile drainage nitrate loss, Wiley Online Library.
- Knotters M., Jansen P. (2005)** Honderd jaar verdroging in kaart. *Stromingen: vakblad voor hydrologen* 11:19-32.
- Massop H.T.L., Schuiling C. (2016)** Buisdrainagekaart 2015: update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwmetellingen van 2012, Alterra, Wageningen-UR.
- Narain-Ford D.M., Bartholomeus R.P., Dekker S.C., van Wezel A.P. (2020)** Natural Purification Through Soils: Risks and Opportunities of Sewage Effluent Reuse in Sub-surface Irrigation, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology (Continuation of Residue Reviews)*, Springer International Publishing, Cham. pp. 1-33.
- Smith M.C., Skaggs R.W., Parsons J.E. (1985)** Subirrigation system control for water use efficiency. *Transactions of the ASAE* 28:489-0496.
- Spinoni J., Barbosa P., De Jager A., McCormick N., Naumann G., Vogt J.V., Magni D., Masante D., Mazzeschi M. (2019)** A new global database of meteorological drought events from 1951 to 2016. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 22:100593. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100593>.
- Stoffberg S., Bartholomeus R.P., van den Eertwegh G.A.P.H., Raat K.J. (2021)** Restwater in de landbouw - subirrigatie met RWZI effluent Haaksbergen 2015-2019. KWR 2021.026, KWR, Nieuwegein.

Terink W., Van Deijl D., Van den Eertwegh G. (2022) Watervraag en watervoorziening in aanvoergebied Stegeren, KnowH2O, KnowH2O, Berg en Dal.
Teuling A.J. (2018) A hot future for European droughts. *Nature Climate Change* 8:364-365. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0154-5>.
van den Eertwegh G.A.P.H., van Bakel P.J.T., Stuyt L., van Iersel A., Kuipers L.,
Talsma M., Droogers P. (2013) KlimaatAdaptieve Drainage - Een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen - Samenvatting resultaten Fase 2 'Onderzoek en Ontwikkeling', FutureWater, Wageningen.

Summary Controlled Drainage with Subirrigation: Opportunities and Limitations of Local and Regional Implementation in the Pleistocene Uplands of the Netherlands

Fresh water is needed worldwide for nature, agriculture, and industrial activities. Future water demand will increase due to economic growth, urbanization, and food production, while freshwater supplies are decreasing. In addition, weather extremes (both dry and wet periods) will become more frequent and intense due to climate change. Therefore, it is necessary to take measures to anticipate the imbalance of water demand and supply. One possible measure is to convert existing drainage systems in the Netherlands (currently covering 34% of agricultural fields) to controlled drainage with subirrigation (CDSI) systems to discharge, retain, and recharge water.

In recent years, CDSI has been investigated as a technological measure to anticipate the imbalance between water demand and supply in the Dutch Pleistocene uplands. Four field pilots were conducted in America, Haaksbergen, Lieshout, and Stegeren, which are all located on the high sandy soils of the eastern and southern Netherlands. Although the field pilots had different soil profiles and geohydrological characteristics, they had similar measuring equipment. The field measurements show that CDSI has a positive effect on the groundwater level, increasing soil moisture content through capillary rise. This increases the availability of water to the crop, thus increasing plant transpiration and dry matter production. A simulation study with the SWAP model, calibrated to the field measurements, shows that, depending on the adjacent surface water level and the geohydrological characteristics, part of the supplied water leaves the system as ditch drainage to the adjacent ditch and part of the supplied water leaves the system as downward seepage to the deeper groundwater.

The water supply (subirrigation) was maximal in the field experiments, ranging from 500 and 1,000 mm per year. It can be reduced using an algorithm-based smart water supply system that considers actual moisture conditions and weather forecasts. Nevertheless, a CDSI system demands water, so this local measure will affect the regional water system. Therefore, it is important for water system stakeholders to agree on the extent to which CDSI can be applied. A system dynamics model (SDM) was derived based on the four field experiments and the calibrated SWAP model. The results show three possible phases that can occur when CDSI is scaled up in an area: i) sufficient surface water is available for subirrigation and surface water levels are maintained, ii) sufficient surface water is available, but the surface water level drops sharply due to subirrigation,

further increasing the water demand for subirrigation and negatively impacting regional water availability, iii) insufficient surface water is available as the surface water level drops too far, negatively impacting regional water availability, as well as water availability for CDSI and crop growth. The design, construction, and management of a CDSI system should consider the water quality of the subirrigation source to prevent clogging.

In conclusion, CDSI could contribute as a local measure to the regional water management strategy, but it could also increase pressure on the availability of regional surface water. Therefore, it is crucial to have a clear vision of regional water use, and where CDSI can be applied as both a short-term and long-term measure. This study shows that it is important to consider field site suitability, regional surface water level management, and crop selection when implementing CDSI to avoid unnecessarily high water demand for subirrigation. It has increased the hydrological understanding of CDSI, which can contribute to decision-making regarding implementation by farmers and water management authorities.

Auteurs

JANINE DE WIT

KWR Water Research Institute / Soil Physics and Land Management,
Wageningen University & Research.
janine.de.wit@kwrwater.nl

GÉ VAN DEN EERTWEGH

KnowH2O
eertwegh@knowh2o.nl

MARJOLEIN VAN HUIJGEVOORT

KWR Water Research Institute / Institute for Environmental Studies,
Vrije Universiteit Amsterdam.
marjolein.van.huijgevoort@kwrwater.nl

JOS VAN DAM

Soil Physics and Land Management, Wageningen University & Research
jos.vandam@wur.nl

RUUD BARTHOLOMEUS

KWR Water Research Institute / Soil Physics and Land Management, Wageningen
University & Research.
ruud.bartholomeus@kwrwater.nl