

Pilot Ecoboeren, Schermer-Zuid, Noord-Holland

Alternatieve vormen van duurzaam bodemgebruik en
waterbeheer door en voor agrariërs

SKB-Duurzame Ontwikkeling Ondergrond

6-5-2013

Rapport

Projectnummer 413



hoogheemraadschap
Hollands
Noorderkwartier



Documenttitel	Pilot Ecoboeren, Schermer, Noord-Holland
Status	Rapport
Datum	12 februari 2013
Projectnaam	Alternatieve vormen van duurzaam bodemgebruik en waterbeheer door en voor agrariërs
Projectnummer	413
Opdrachtgever	SKBodem
Referentie	413-Rapport

Auteur(s)	Jouke Velstra Jacob Oosterwijk Arjen Oord
-----------	---

Inhoudsopgave

0. Management samenvatting.....	1
0.1 Inleiding	1
0.2 Locatiebeschrijving.....	2
0.3 De praktijkproef.....	3
Resultaten en discussie.....	6
0.4 Vervolg.....	9
1. Inleiding	10
1.1 Algemeen	10
1.2 Referentiekader	10
1.3 Consortium	11
1.4 Maatregelen	11
1.5 Doelstelling en beoogde resultaten.....	11
1.6 Aanpak.....	12
2. Locatiebeschrijving.....	13
2.1 Algemeen	13
2.2 Watersysteem	13
2.3 Bodemopbouw.....	14
2.4 Regionale Grondwaterstroming	14
2.5 Drainage.....	16
2.6 Landbouw	16
2.7 Locatiekeuze	16
3. Methodologie	17
3.1 Achtergrond	17
3.2 Aanpak.....	18
3.3 Inventarisatie en voorbereiding	18
3.4 Vooronderzoek	18
3.5 Proefvakken en maatregelen	19
3.5.1 Referentie proefvak.....	20
3.5.2 Proefvak peilgestuurd DI-systeem.....	21
3.5.3 Proefvak ondergrondse druppelbevloeiing	23
3.6 Meetopstelling	25
4. Resultaten	29
4.1 Algemeen	29
4.2 Vooronderzoek	29
4.3 Meteorologie	30

4.4	Water af- en aanvoer	32
4.5	Grondwaterstanden	34
4.5.1	Referentieperceel	35
4.5.2	Peilgestuurd DI-systeem	37
4.5.3	Drip-irrigatie	38
4.6	Bodemvocht	40
4.7	Kwaliteit van drainagewater en infiltratiewater	43
4.8	Gewasopbrengst	46
4.9	Overige waarnemingen	48
5.	Discussie.....	49
5.1	Algemeen	49
5.2	Vochtgehalte en grondwaterstanden in de bodem	49
5.3	Waterafvoer van de percelen	50
5.4	Kwaliteit van het naar watergangen afgevoerde water	50
5.5	Extern agrarisch waterverbruik	51
5.6	Agrarische productie en opbrengst	51
6.	Conclusies en aanbevelingen	52
6.1	Conclusies.....	52
6.2	Aanbevelingen	53

Bijlagen

1. Inrichting proefperceel
2. Meetapparatuur
3. Regelunits
4. Referenties

0. Management samenvatting

0.1 Inleiding

Op een derde van de bodem in Nederland wordt akker- of tuinbouw bedreven. Dit areaal in combinatie met de relatief hoge productie maakt de agrarische bedrijfstak voor Nederland een zeer belangrijke economische sector. Bovendien genieten landbouwers in Nederland internationaal gezien een goede reputatie vanwege de hoogwaardige kennis en innovatieve kracht in hun bedrijfsvoering. Uit duurzaam bodem- en waterbeheer zijn economische en maatschappelijke voordelen te behalen. Agrariërs en waterbeheerders hebben sterke behoefte aan praktijkervaring met maatregelen voor duurzaam bodem- en waterbeheer op perceelschaal. Om deze praktijkervaring te versterken is in 2012 door een breed consortium een proefperceel ingericht in de polder Schermer-Zuid, Noord-Holland. Dit perceel is ingericht met verschillende veelbelovende maatregelen voor bodem- en waterbeheer op perceelschaal.

Van april tot oktober 2012 is een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd om de effecten van de toegepaste maatregelen op grondwater, bodemvocht, oppervlaktewater en gewasopbrengst te bepalen. Een aantal consortiumleden heeft de intentie de praktijkproef voort te zetten na deze periode. Gezien de maatschappelijke en economische relevantie van het opbouwen van praktijkkennis is bewust gekozen voor een opzet van een praktijkproef op een groot akker- en tuinbouwbedrijf. Hier kunnen de gecombineerde maatregelen in de praktijk worden getoetst naar zowel hun directe effect op zowel bodem- en watertoestand als op gewasproductie. Hierdoor wordt ervaring opgedaan in de toepassing van maatregelen in de agrarische bedrijfsvoering en het waterbeheer en -monitoring door het waterschap.

Doelstellingen

De uiteindelijke doelstellingen die kunnen worden bereikt met de toegepaste maatregelen zijn het beter conditioneren van de bodem en daarmee het vergroten van de multifunctionaliteit van de bodem, het verhogen van de opbrengst en/of het verlagen van de bedrijfsrisico's. Bovendien kan het (zoet) watervasthoudend vermogen van de bodem worden vergroot en het agrarisch waterverbruik verminderd. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld negatieve effecten van klimaatverandering op de landbouw worden opgevangen. De concrete doelstellingen van de praktijkproef het bepalen van het effect van duurzaam agrarisch bodem- en waterbeheer op bemeten op:

- Vochtgehalte en grondwaterstanden in de bodem.
- Waterafvoer van de percelen.

Samenwerking binnen het project

De praktijkproef is uitgevoerd in het kader van het SKB programma 'Duurzame ontwikkeling van de ondergrond'. De praktijkproef wordt gedragen door een breed consortium, waarvan Acacia Water de penvoerder is. Het project wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met de eigenaar van het proefperceel (Vaalburg vof).

Hierdoor, en door de betrokkenheid van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, de provincie Noord-Holland en LTO Noord wordt de toepassingsgerichtheid gewaarborgd. De samenwerking van Acacia Water, de Vrije Universiteit Amsterdam, Alterra en Deltares versterkt de inhoudelijke basis. Het consortium maakt dat de maatregelen breed worden gedragen. Daarnaast worden de resultaten naar een groot publiek gecommuniceerd: van wetenschappers tot beheerders en agrariërs.

Kennisdeling

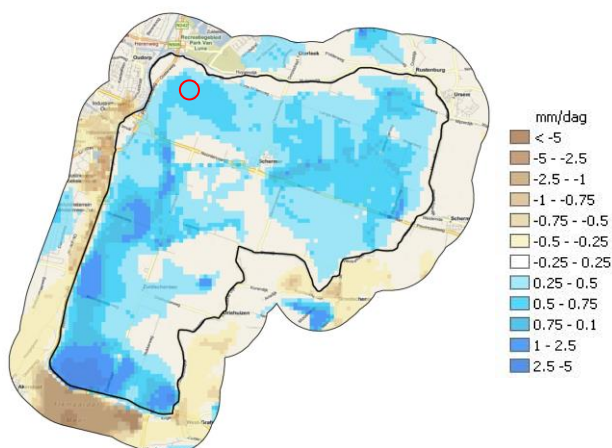
Een belangrijk doel van de pilot is om de kennis die opgedaan wordt te delen met de agrarische- en watersector. Extern wordt de kennis overgedragen via publicaties in agrarische vakbladen en wetenschappelijke publicaties door VU en Deltares. Tevens worden kennis en meetresultaten gedeeld via een website. Kennisverspreiding via de website (www.ecoboeren.nl) heeft als doelgroepen agrarisch ondernemers en beleidsmakers.

0.2 Locatiebeschrijving

Polder de Schermer heeft primair een landbouwkundige functie. Van oudsher zijn de peilen in het gebied dan ook bepaald door de landbouwfuncties in het gebied en gericht op ontwatering van de percelen. Langs de zuidrand van het proefperceel loopt een sloot die gevoed wordt met zoet boezemwater. Op het perceel is landbouwdrainage aanwezig. Drainagebuizen voeren onder vrij verval overtollig grondwater af op de onderbemalen sloot aan de noordkant van het perceel. Deze sloot wordt enkel gevoed door (brakke) kwel en drainagewater van het perceel.

Ter plaatse van het proefperceel is een kleipakket aanwezig met een dikte van circa 0,5 m. Onder deze kleilaag is een pakket van fijn zand aangetroffen. De regionale grondwaterstroming is van de kust gericht naar de diepe polders, waar opkwellend grondwater wordt afgevoerd. Aan de hand van een regionaal grondwatermodel is vastgesteld dat de kwel op het perceel circa 0,50 – 0,75 mm/dag bedraagt (Acacia Water, 2011), zie Figuur 0.1. In dit deel van de Schermer is sprake van brakke kwel.

Op het bedrijf Vaalburg vof wordt op een natuurlijke manier geteeld. Door zelfaangepaste breedsporende tractoren en van GPS voorziene machines wordt voorkomen dat de natuurlijke organismen in de bodem worden aangetast en een ongehinderde natuurlijke groei wordt gegarandeerd. In combinatie met het toepassen van compost zorgt dit voor een gezonde bodem met optimale groeiomstandigheden.



Figuur 0.1 Met het grondwatermodel gesimuleerde kwel van de Schermer in mm/dag (het proefperceel is aangegeven met een rode cirkel), met in blauw de gebieden met kwellend grondwater, de geel tot bruine kleur toont infiltrerend grondwater.

0.3 De praktijkproef

De praktijkproef is opgezet aan de hand van enkele veelbelovende technieken voor optimaal bodem- en waterbeheer op perceelschaal. Het inzetten van combinaties van maatregelen op perceelschaal en het monitoren van effecten op zowel het bodem- en watersysteem als op agrarische productie is nieuw. Het proefperceel is onderverdeeld in drie afzonderlijke proefvakken. In twee proefvakken zijn waterbeheermaatregelen toegepast: ondergrondse drip-irrigatie (druppelbevloeiing) en een peilgestuurd drainage-infiltratiesysteem (DI-systeem). Om vergelijking van de effecten mogelijk te maken is het derde proefvak de ongewijzigde (referentie)situatie gehandhaafd.

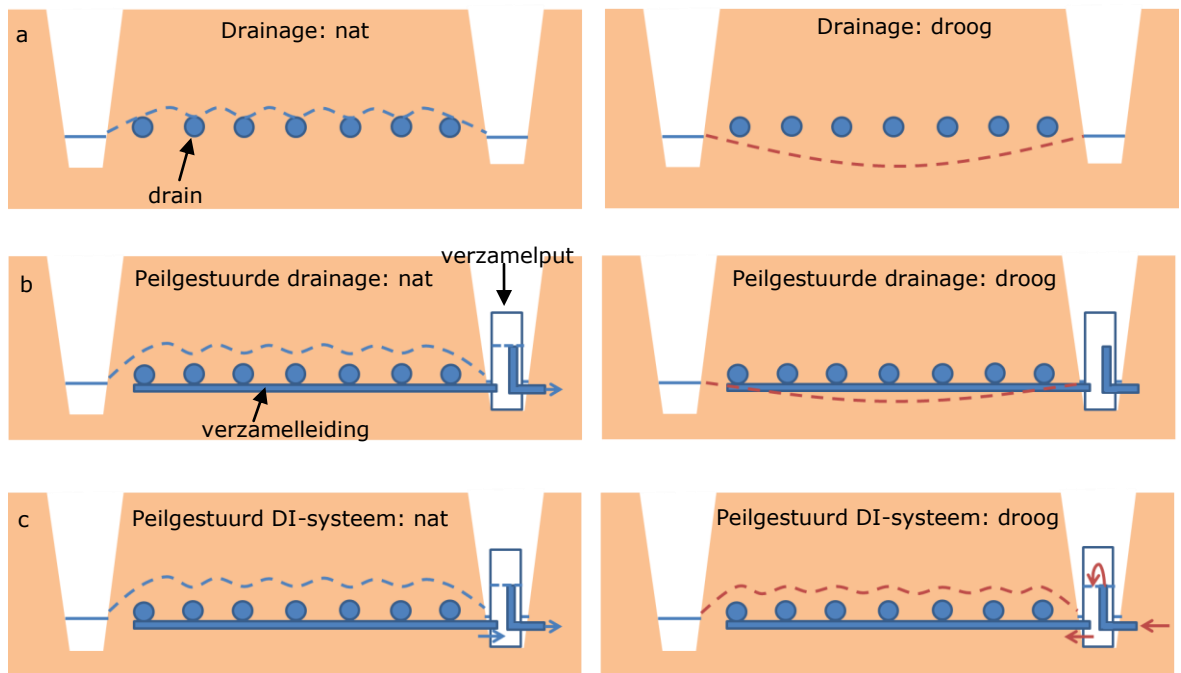
Op het gehele proefperceel is daarnaast integraal duurzaam bodembeheer toegepast. Evenals voorgaande jaren is dit toegepast in de vorm van niet-kerende grondbewerking en compostering en hergebruik van agrarische meststoffen.

Peilgestuurd DI-systeem

Drainage in landbouw wordt over het algemeen toegepast om in natte periode de grondwaterstanden te beheersen en zodoende vochtschade aan gewassen te voorkomen. Traditionele landbouwdrainage (Figuur 0.2a) verlaagt de grondwaterstanden ter plaatse van de drainagebuis maximaal tot de onderkant van de drainagebuis. In droge perioden kan de grondwaterstand uitzakken tot onder de drainagebuis. Bij peilgestuurde drainage (Figuur 0.2b) monden de drains niet uit in een sloot, maar in een verzameldrain. De (blinde) verzameldrain transporteert het water naar een verzamelpunt. Ter plaatse van het verzamelpunt is het drainage-instelniveau regelbaar, waarmee het ontwateringsniveau door de gebruiker gereguleerd wordt. In het toegepaste DI-systeem (Figuur 0.2c) is in aanvulling op de peilbestuurde drainage de mogelijkheid gerealiseerd om in droge perioden, als de grondwaterstanden uitzakken tot onder het instelniveau, water via dezelfde drainagebuizen te infiltreren. De grondwaterstanden worden hiermee dus op een vast niveau (het instelniveau) gehandhaafd.

Een bijkomende toepassing van het peilgestuurd DI-systeem, is dat met deze opstelling effectief de verhoging van het oppervlaktewaterpeil wordt gesimuleerd. Bij peilverhoging komen de afvoerleidingen vaak onder water te staan.

De grondwaterstanden kunnen in dit geval door de drains maximaal worden verlaagd tot het slootpeil. Indien het slootpeil hoger is dan de grondwaterstanden in het perceel (ter plaatse van de drains) wordt juist water toegevoerd. Hierdoor wordt het grondwaterpeil bij de drains genivelleerd aan het slootpeil. Dit effect is vergelijkbaar met het effect van het DI-systeem.

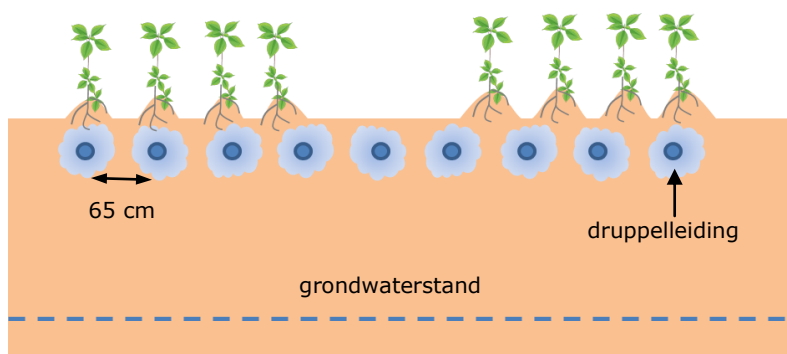


Figuur 0.2 De werking van verschillende vormen van drainage in natte en droge perioden.

- a) Bij traditionele landbouwdrainage wordt het ontwateringsniveau bepaald door het aanlegniveau.
- b) Bij peilgestuurde drainage kan het drainageniveau door de gebruiker worden bepaald. Door het instelniveau te verhogen kunnen de grondwaterstanden worden gereguleerd.
- c) Bij het peilgestuurd DI-systeem wordt in aanvulling daarop in droge perioden water via de verzameldrain geïnfiltreerd om een vast peil te handhaven.

Ondergrondse irrigatie

Op het derde proefvak is ondergrondse irrigatie aangebracht in de vorm van drip-irrigatie (bij agrariërs beter bekend als druppelbevloeiing). Met drip-irrigatie kan een waterbesparing van 30-50% worden gerealiseerd ten opzichte van meer traditionele vormen van beregening. Dit is met name in droge perioden van belang, omdat de watervraag dan relatief groot is. Door grootschalige toepassing van deze maatregel kan de watervraag in droge perioden daarmee beheersbaar gemaakt worden, terwijl agrarische productie kan worden gewaarborgd. Daarnaast bestaat de optie om gedoseerd meststoffen aan te voeren (fertigatie) waar de plant het nodig heeft, waarmee minder meststoffen op het perceel worden gebracht (niet toegepast in deze proef). Het ondergronds aanbrengen heeft als bijkomend voordeel dat het systeem niet verwijderd hoeft te worden voorafgaand aan de oogst. Daarnaast wordt met ondergrondse toepassing de levensduur ten opzichte van drip-irrigatie aan het maaiveld (surface drip-irrigatie) verhoogd van drie naar circa twintig jaar. De werking van het systeem is geïllustreerd in Figuur 0.3.



Figuur 0.3 Schematische weergave ondergrondse drip-irrigatie.

Bodembeheer

Maatregelen op het perceel door agrariërs kunnen leiden tot een sterke verbetering van het vochtvasthoudend vermogen in de bodem. Bij niet kerende grondbewerking wordt intensief kerende of mengende grondbewerking vermeden wat leidt tot een toename van bodemleven, verbetering van bodemstructuur en gunstige omstandigheden voor de vochthuishouding en doorworteling. Met compostering en hergebruik op de bodem van agrarische meststoffen wordt het percentage organische stof in de bodem verhoogd, wat onder andere kan leiden tot de verbetering van grondstructuur en het vochtvasthoudend vermogen van de bodem. Deze vormen van duurzaam bodembeheer worden door Vaalburg vof reeds langere tijd integraal toegepast op het perceel. De effecten zijn niet vergeleken met een referentiesituatie waarbij deze vormen van bodembeheer niet worden toegepast. Het aanpassen van de bodem aan een gewijzigde aanpak duurt circa drie jaar en valt daarmee buiten het tijdstraject van de praktijkproef.

Meetopstelling

De drie proefvakken zijn ingericht met een uitgebreide meetopstelling die de fysieke effecten op de bodem- en waterhuishouding continu registreert. Actuele meetgegevens worden door middel van telemetrie verstuurd en vervolgens op een website gepubliceerd (zie www.ecoboeren.com). De gegevens kunnen door de boer worden ingezet ter ondersteuning van beslissingen over het instelniveau van het DI-systeem en/of het inschakelen van ondergrondse drip-irrigatie. In elk proefvak zijn metingen uitgevoerd aan slootpeil, grondwaterstanden, bodemvocht, kwaliteit (EC) en debiet van drainage-afvoer. Daarnaast zijn watertoevoer en kwaliteit van het DI-systeem en toevoer voor ondergrondse drip-irrigatie geregistreerd.

De metingen aan het grondwater en bodemvocht zijn uitgevoerd op vier plekken in het perceel: twee locaties ter plaatse van drains en twee locaties tussen de drains op een afstand van respectievelijk 4 m en 8 m vanaf de sloot. Hierdoor kan een mogelijke gradiënt vanaf de sloot in het effect op het grondwater en bodemvocht worden gemeten. Door de metingen tussen en op de drains wordt een eventueel effect van de drainage zichtbaar.

De grondwaterstanden en het bodemvocht zijn per meetpunt op verschillende diepten bemeaten, zodat verticale verschillen die van belang kunnen zijn voor de landbouwproductie inzichtelijk gemaakt kunnen worden.

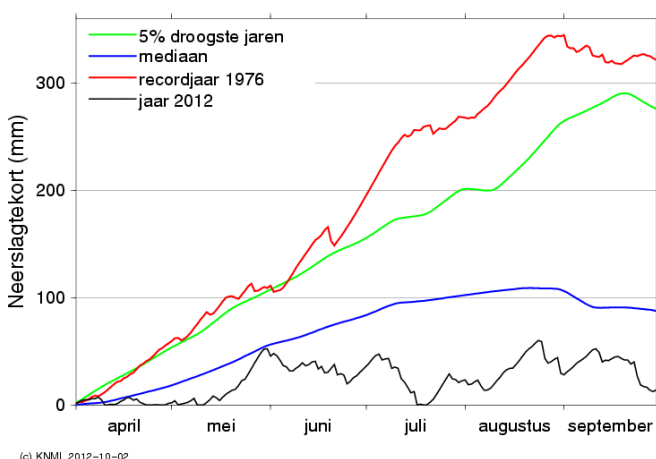
Locatiekeuze

Het gekozen perceel heeft een kleiige bovengrond. De grondslag in polder de Schermer is representatief voor een groot deel van laag Nederland. Dit perceel is op basis van deze grondslag geselecteerd voor de proef. Ondergrondse druppelbevloeiing is vooral geschikt voor een kleiige ondergrond, gezien de beperkte benodigde diepte van landbewerking (omploegen). Voor zowel het peilgestuurd DI-systeem als de druppelbevloeiing is het van belang dat voldoende zoet (oppervlakte)water beschikbaar is. In dit deel van de Schermer is zoet water beschikbaar dat wordt aangevoerd via de boezem.

Resultaten en discussie

Algemeen

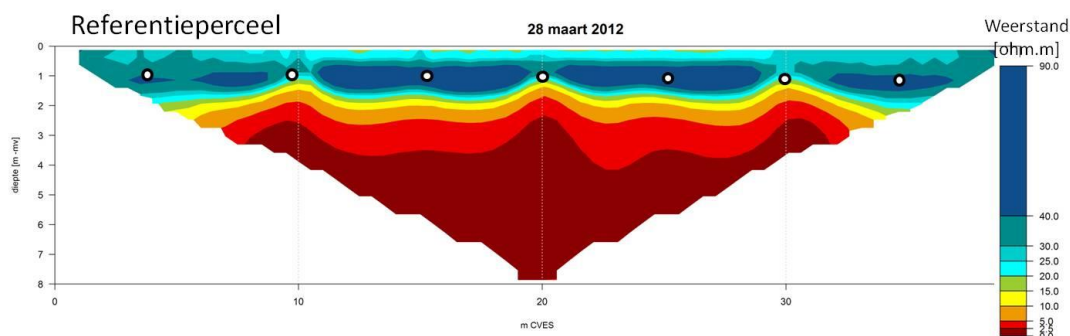
De toegepaste maatregelen zijn met name gericht op het reguleren van het bodemvocht. De verwachting is dat de belangrijkste meetbare effecten zullen optreden in droge perioden. De grootte van het potentieel neerslagtekort is een maat voor droogte, en is belangrijk voor onder andere natuurbeheer en landbouw. Om vergelijking van het potentieel neerslagtekort van het afgelopen groeiseizoen in de tijd mogelijk te maken is het hydrologisch jaar 2012 vergeleken met langjarige gemiddelden, zie Figuur 0.4. Het groeiseizoen 2012 was bovengemiddeld nat, waardoor de omstandigheden ongunstig waren om de effecten van de toegepaste maatregelen op bodem, water en agrarische productie vast te stellen.



Figuur 0.4 Het neerslagtekort 2012 gemiddelde over 13 stations en langjarige statistieken.

Resultaten vooronderzoek

Aan de hand van een vooronderzoek is een indruk verkregen van de ruimtelijke variaties binnen het perceel. Uit het vooronderzoek blijkt dat de bodemopbouw vrij homogeen is. Om inzichtelijk te maken waar en op welke diepte zoet water aanwezig is op het perceel, is met behulp van geofysica (CVES) op enkele locaties een tweedimensionale doorsnede van de bodem gemaakt. Een CVES (Continuous Vertical Electrical Sounding) geeft een tweedimensionaal beeld van de elektrische weerstand in de ondergrond (zie Figuur 0.5). Softwarematige interpretatie geeft een beeld van het voorkomen en de diepte van zoet en zout grondwater. Uit de meetresultaten blijkt dat de overgang van zoet naar brak water op het gehele perceel op een diepte van circa 2,0 tot 3,5 m onder maaiveld ligt. Hieruit volgt dat de onderlinge vergelijkbaarheid van de proefvakken gewaarborgd is.



Figuur 0.5 Met behulp van CVES metingen is de verdeling van zoet- en zout grondwater in de bodem inzichtelijk gemaakt. De blauwe, groene en gele kleuren geven verschillende gradaties van zoet water aan. Hogere weerstanden (rood) wijzen op de aanwezigheid van brak en zout grondwater. De ligging van de drainagebuizen (witte cirkels) kan worden afgeleid uit verstoringen in het zoet/zout grensvlak.

Waterafvoer van de percelen

Overtollig grondwater wordt van met behulp van het drainagesysteem van het perceel afgevoerd. In het referentie proefvak bestaat de afvoer van grondwater via drainage in principe alleen uit geïnfiltreerd neerslagwater en kwel van grotere diepten. In de proefvakken met het peilgestuurd DI-systeem en ondergrondse irrigatie wordt aanvullend extern aangevoerd water aan het grondwatersysteem toegevoegd. Op het referentie proefvak is gedurende de meetperiode 150 mm (grond)water afgevoerd. Dit is 70% meer dan de totale netto neerslag in deze periode. De afvoer in droge perioden is naar verwachting het gevolg van opkwellend grondwater van grotere diepte.

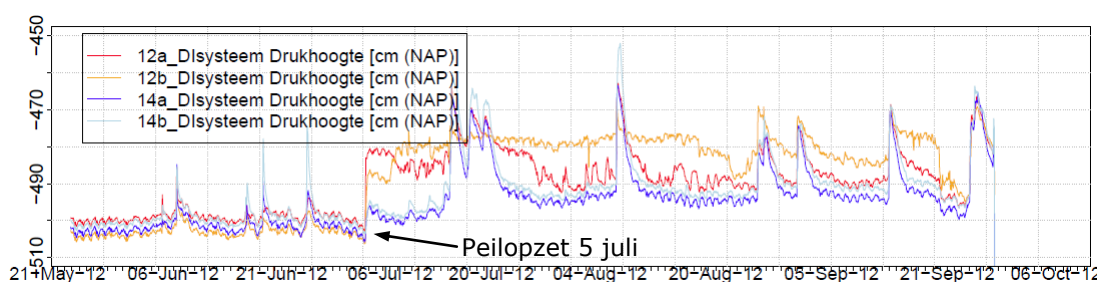
Ter plaatse van het proefvak peilgestuurd DI-systeem is als gevolg van een hoger drainageniveau in totaal 50% minder grondwater afgevoerd dan op het referentieperceel. Hieruit kan worden geconcludeerd (tijdelijke) peilverhoging in natte perioden leidt tot de berging van water in het perceel.

Door de natte omstandigheden tijdens de proef was irrigatie niet noodzakelijk. Om het irrigatiesysteem te testen zijn wel enkele proefgiften uitgevoerd. Tijdens de proefgiften is de aanvoer slechts beperkt gedoseerd. Dit leidde tot een (onnodig) hoge irrigatiegift wat een irrigatieverlies van circa 30% tot gevolg had. Een herhalingstest met een meer gedoseerde aanvoer is niet toegepast, aangezien door de natte omstandigheden een extra aanvoer van water niet wenselijk was.

Vochtgehalte en grondwaterstanden in de bodem

Bodemvocht is een bepalende factor voor de ontwikkeling van gewassen, met name het deel dat voor de wortels beschikbaar is. Toepassing van drip-irrigatie en peilverhoging moeten leiden tot een betere regulering van het bodemvocht. De gedachte van ondergrondse drip-irrigatie is om het bodemvocht direct te reguleren door gedoseerde aanvoer van water. De proefgiften met het ondergrondse irrigatiesysteem leidde tot een stijging van de grondwaterstanden. Het aangevoerde water kwam hierdoor slechts deels ten goede aan het bodemvocht in het bovenste deel van het bodemprofiel. Herhaling van de proef onder drogere omstandigheden moet uitsluitsel geven op het effect van irrigatie op het bodemvocht.

Peilopzet heeft tot gevolg dat de grondwaterstanden worden verhoogd. Dit leidt in principe indirect (via capillaire werking) tot een hoger voor planten beschikbaar vochtgehalte. Door het vochtbergend vermogen van de bodem komt hierdoor ook in droge perioden meer vocht beschikbaar in de bodem. Verhoging van het instelniveau van het DI-systeem had een meetbaar effect op de grondwaterstanden (zie Figuur 0.6), waarbij het effect het grootst is nabij de drains. De grondwaterstandverhoging ter plaatse van de drains was bijna gelijk aan de peilverhoging. De peilverhoging had, vermoedelijk als gevolg van de natte omstandigheden, geen meetbaar effect op het bodemvocht aan de bovenzijde van het bodemprofiel.



Figuur 0.6 Stijging van de grondwaterstanden als gevolg van verhoging van het instelniveau van het DI-systeem.

Kwaliteit van het naar watergangen afgevoerde water

Water dat van het referentieperceel is afgevoerd was nagenoeg over de gehele meetperiode brak. Ter plaatse van het proefvak met het peilgestuurde DI-systeem was de kwaliteit voorafgaand aan peilopzet gelijk aan het referentie proefvak. Na peilopzet is in droge perioden zoet water in de bodem gebracht door middel van infiltratie. Het zoutgehalte van het tijdens perioden van neerslag afgevoerde water is duidelijk lager bij een hoger instelniveau. Dit kan verklaard worden door een combinatie van een afname van brakke kwel, de relatief goede kwaliteit van het geïnfilterde water en infiltrerend hemelwater. Het is onduidelijk in welke verhouding deze drie factoren bijdragen aan het lagere zoutgehalte.

Extern agrarisch waterverbruik

Het toepassen van drip-irrigatie kan de agrarische watervraag in droge perioden drukken, terwijl agrarische productie kan worden gewaarborgd. Door de natte omstandigheden in het groeiseizoen kunnen hieromtrent echter geen conclusies worden getrokken. Irrigatie was niet noodzakelijk gedurende de meetperiode.

Het peilgestuurd DI-systeem heeft niet het directe doel om het agrarisch waterverbruik te verminderen. Indirect kan deze maatregel in droge perioden echter wel invloed hebben op de mate waarin agrarische bedrijven afhankelijk zijn van de externe aanvoer van water. Het waterschap vermoedt dat het gebruik van peilvariaties kan worden ingezet om bijvoorbeeld zoet water in het gebied vast te houden. Dit biedt mogelijkheden om hiermee het gebied en het agrarisch bedrijf in grotere mate onafhankelijk te maken van gebiedsvreemd water tijdens droge perioden (het inlaten van gebiedsvreemd water). Een verhoging van het instelniveau leidt in directe zin tot een aanzienlijke toename van extern waterverbruik. Alg gevolg van de maatregel is echter de in de bodem opgeslagen zoetwatervoorraad toegenomen. Of dit daadwerkelijk leidt tot een verminderde afhankelijkheid van extern water kan als gevolg van de natte omstandigheden tijdens het groeiseizoen niet worden vastgesteld. In een mogelijk vervolg van de praktijkproef kan hier specifiek aandacht aan worden geschonken.

Deze conclusies zijn tevens van toepassing op de situatie waarbij het oppervlaktewater langs gedraineerde percelen wordt verhoogd, gezien de overeenkomsten tussen de werking van het DI-systeem en peilverhoging.

Agrarische productie en opbrengst

Verwacht wordt dat optimaal beheer van bodem- en water leidt tot een verbetering van de agrarische opbrengst. Verschillen in agrarische opbrengst zouden moeten optreden tussen de verschillende proefvakken. Uit proefrooiingen, aan de hand waarvan de agrarische productie is bepaald, kwam geen eenduidig beeld naar voren dat de maatregelen hebben geleid tot een hogere opbrengst. De opbrengst wordt in sterke mate bepaald door het vochtgehalte in het bovenste deel van de bodem. Bodemvocht in het bovenste deel van de bodem is sterk afhankelijk van neerslag, zoals uit de metingen ook blijkt. De bovengemiddelde omstandigheden in het groeiseizoen heeft niet tot een representatieve vergelijking van de effecten van maatregelen op de agrarische productie.

0.4 Vervolg

Met het inrichten van het proefperceel is in 2012 een grote investering gedaan. De toegepaste maatregelen en meetopstelling lenen zich goed voor het meten aan de veranderingen gedurende het groeiseizoen en maken onderlinge vergelijking van de proefvakken goed mogelijk. Als gevolg van de bovengemiddeld natte omstandigheden gedurende het groeiseizoen 2012 kunnen geen conclusies worden getrokken met betrekking tot de voordelen van duurzaam agrarisch bodem- en waterbeheer.

Nu de basisinvestering achter de rug is, kunnen met de bestaande proefopstelling echter relatief eenvoudig en met een beperkte aanvullende investering vervolgprojecten worden uitgevoerd. Aangezien het effect van de maatregelen met name zichtbaar moet worden in droge perioden, is het zinvol om de proef met enkele seizoenen te verlengen. Hiermee wordt de mogelijkheid gecreëerd om de effecten ook in een droog seizoen te bepalen en zinvolle vergelijking tussen verschillende groeiseizoenen mogelijk te maken.

Als wordt gedacht aan het grootschalig toepassen van (tijdelijke) peilverhoging van het oppervlaktewater, is het van belang de kwaliteit van het oppervlaktewater rondom gedraineerde percelen te kennen en te vergelijken met de ondiepe grondwaterkwaliteit in het perceel. Het infiltreren van oppervlaktewater van mindere kwaliteit kan hiermee voorkomen worden. Het is van belang om de kwaliteit(verschillen) systematisch in beeld te brengen voordat deze vorm van peilbeheer grootschalig wordt toegepast.

Zowel het toepassen van drip-irrigatie als het peilgestuurd DI-systeem beïnvloedt uitspoeling van nutriënten en de nutriëntenlast voor het oppervlaktewater. De proefopzet leent zich goed om een meetopstelling in te richten waarmee de invloed van de maatregelen op uitspoeling van nutriënten kan worden vastgesteld. De intentie is om bij uitbreiding van de praktijkproef de meetopstelling hiertoe aanvullend in te richten.

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Op een derde van de bodem in Nederland wordt akker- of tuinbouw bedreven. Dit areaal in combinatie met een hoge productie maakt de agrarische bedrijfstak voor Nederland een zeer belangrijke economische sector. Bovendien genieten landbouwers in Nederland internationaal gezien een goede reputatie vanwege de hoogwaardige kennis en innovatieve kracht in hun bedrijfsvoering. Het agrarisch gebruik van een groot deel van het grondoppervlak kan echter een grote, en soms negatieve, invloed hebben op het bodem- en watersysteem als geheel. In hun zorg voor een gezonde toestand van bodem en water hebben overheden daarom belang bij regulering van het bodem- en watergebruik.

Gebruikers (agrariërs) en beheerders hebben sterke behoefte aan praktijkervaring met innovatieve (combinaties van) maatregelen voor duurzaam bodem- en waterbeheer op perceelschaal. Hiertoe is door een breed consortium, onder leiding van Acacia Water een proefperceel ingericht in de Schermer, Noord-Holland. In de periode van april tot oktober 2012 is een praktijkproef uitgevoerd. Gezien de economische en maatschappelijke relevantie is bewust gekozen voor de opzet van een praktijkproef op een groot akker- en tuinbouwbedrijf. Een aantal consortiumleden heeft de intentie het onderzoek voort te zetten na deze periode.

1.2 Referentiekader

Grondwaterbeheer akkerbouw

In de laaggelegen polders in West-Nederland wordt door de meeste agrariërs vooral gefocust op het zo snel mogelijk afvoeren van water van de percelen om te voorkomen dat de gewassen schade ondervinden van te natte omstandigheden. Om de grondwaterstanden (vooral in natte perioden) te beheersen, worden oppervlaktewaterpeilen over het algemeen relatief laag gehouden. In de praktijkproef wordt dit klassieke beeld van waterbeheer opnieuw beschouwd om te komen tot een meer duurzame aanpak voor bodem- en waterbeheer. De bodem kan in natte tijden potentieel veel water bergen, wat leidt tot een verbetering van de beschikbaarheid van water van goede kwaliteit tijdens drogere periodes. Met de voorspelde drogere zomers door klimaatverandering zal dit in de toekomst van steeds groter economisch belang worden.

Oppervlaktewaterbeheer

Waterschappen kunnen bijdragen aan de zelfvoorziening van agrarische bedrijven door het variëren van het peil om de vochttoestand op de percelen te verbeteren en een zo groot mogelijke hoeveelheid zoet water in het gebied vast te houden. Knelpunt in het maken van een gebiedsbeheersplan en in de discussie met agrariërs is dat er te weinig gedegen empirische kennis aanwezig is over de effecten van peilopzet op de waterstand en vochtvoorziening op de percelen. Het waterschap vermoedt dat het gebruik van peilvariaties nog niet optimaal wordt ingezet om bijvoorbeeld zoetwater in het gebied vast te houden. De mogelijkheden om hiermee het gebied en het agrarisch bedrijf in grotere mate onafhankelijk te maken van gebiedsvreemd water worden daardoor nog niet benut. Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier wil daarom onderzoeken in hoeverre peilvariaties (peilopzet) de bodemvochtcondities en de agrarische productie kunnen verbeteren.

Door het uitvoeren van de praktijkproef wordt de onzekerheid over de winst die te behalen is met het implementeren van peilvariaties gereduceerd en wordt daarmee een belangrijk knelpunt voor de grootschaliger toepassing weggenomen.

Waterbeleid

Het project geeft praktijk onderbouwde antwoorden op aspecten als waterkwantiteit, waterkwaliteit en zoetwateraanvoer in het kader van klimaatbestendige landbouw, nu en in de toekomst. De ambitie is om uiteindelijk tot strategieën te komen die kunnen leiden tot een landbouwsector dat zelfvoorzienend is voor wat betreft zoetwater. Inzicht in deze aspecten geeft mede antwoord op de ambities verwoord in de structuurvisie 2040 van de provincie Noord-Holland; voldoende en schoon drink-, grond-, en oppervlaktewater en voldoende en gedifferentieerde ruimte voor landbouw. Daarnaast levert het project inzichten op die bijdragen aan mogelijke oplossingsstrategieën (adaptatie) die onder andere door de provincie, in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater, in kaart moeten worden gebracht.

1.3 Consortium

De praktijkproef is uitgevoerd in het kader van het SKB programma 'Duurzame ontwikkeling van de ondergrond'. Het programma is bedoeld om meer kennis te genereren over verantwoord gebruik en beheer van ondergrond en praktijkinnovaties voor een duurzame ontwikkeling van de ondergrond te stimuleren. De praktijkproef wordt gedragen door een breed consortium, waarvan Acacia Water de penvoerder is. Het project wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met de eigenaar van het proefperceel (Vaalburg vof). Hierdoor, en door de betrokkenheid van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, de provincie Noord-Holland en LTO Noord wordt de toepassingsgerichtheid gewaarborgd. De samenwerking van Acacia Water, de Vrije Universiteit Amsterdam, Alterra en Deltares (promotieonderzoek Joost Delsman) versterkt de inhoudelijke basis. Het consortium maakt dat de maatregelen breed worden gedragen. Daarnaast worden de resultaten naar een groot publiek gecommuniceerd: van wetenschappers tot beheerders en agrariërs.

1.4 Maatregelen

De praktijkproef is opgezet aan de hand van enkele veelbelovende technieken voor optimaal bodem- en waterbeheer op perceelschaal. Het inzetten van combinaties van maatregelen op perceelschaal en het monitoren van effecten op zowel het bodem- en watersysteem als op agrarische productie is nieuw. Op het proefperceel zijn gedurende de meetperiode de volgende maatregelen toegepast:

1. Niet kerende grondbewerking.
2. Compostering en hergebruik op de bodem van agrarische meststoffen.
3. Ondergrondse irrigatie via druppelbevloeiing (drip-irrigatie) in de onverzadigde zone.
4. Samengesteld peilgestuurd drainage-infiltratie systeem (hierna: peilgestuurd DI-systeem).

1.5 Doelstelling en beoogde resultaten

De uiteindelijke doelstellingen die kunnen worden bereikt met de toegepaste maatregelen zijn het beter conditioneren van de bodem en daarmee het vergroten van de multifunctionaliteit van de bodem, het verhogen van de opbrengst en/of het verlagen van de bedrijfsrisico's, het efficiënter maken van het agrarisch waterverbruik en het vasthouden van water in de bodem.

Voor deze rapportage zijn enkele concrete doelstellingen geformuleerd. De proef moet resulteren in een vastgesteld en meetbaar effect van duurzaam agrarisch bodem- en waterbeheer op:

- Het vochtgehalte en grondwaterstanden in de bodem.
- Waterafvoer van de percelen.

Parallel aan deze directe doelstellingen, die in deze rapportage worden behandeld, leidt de praktijkproef op termijn tot de volgende resultaten:

- 1) Op langere termijn zal het Kennis voor Klimaat- VU-onderzoek aantonen welk deel van de zoetwateraanvoer van het waterschap gebruikt wordt voor verdamping (peilhandhaving), en welk deel voor infiltratie naar de percelen en diepere lagen en welk deel voor doorspoeling.
- 2) Naast de kwantitatieve resultaten levert het project ook een proefopstelling op. Op basis van de opstelling kunnen relatief eenvoudig vervolgprojecten worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld om de effecten van verdere maatregelen te testen of om aanvullende aspecten zoals langjarige effecten van de maatregelen te meten.

1.6 Aanpak

Ten behoeve van een gestructureerde aanpak en het bewerkstelligen van een goed overwogen onderzoeksopzet is de praktijkproef gefaseerd uitgevoerd en onderverdeeld in enkele afzonderlijke activiteiten, zoals beschreven in het onderzoeksvoorstel (Acacia 2011):

- Activiteit 0: Inventarisatie en voorbereiding.
- Activiteit 1: Vooronderzoek.
- Activiteit 2: Installatie van de maatregelen en metingen.
- Activiteit 3: Uitvoeren van de metingen.
- Activiteit 4: Analyse en interpretatie van de meetresultaten.
- Activiteit 5: Rapportage en kennisoverdracht.

Deze rapportage behandelt integraal de deelresultaten van de voorbereidende werkzaamheden tot aan de analyse en interpretatie van de meetresultaten.

Naast het vergaren van kennis ziet het consortium het als een belangrijke taak om te zorgen voor een wijde verbreiding van de kennis die in dit project wordt opgedaan. Het consortium bevat een aantal partijen met een groot netwerk binnen de agrarische- en gebiedsbeleidssector (LTO Noord, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Provincie Noord-Holland). Extern wordt de kennis overgedragen via publicaties in agrarische vakbladen en wetenschappelijke publicaties door VU en Deltares. Meer specifiek valt dit onder het promotieonderzoek van Joost Delsman. Tevens worden kennis en meetresultaten gedeeld via een website. Kennisverspreiding via de website (www.ecoboeren.nl) heeft als doelgroepen agrarisch ondernemers en beleidsmakers.

2. Locatiebeschrijving

2.1 Algemeen

Voor de praktijkproef is een perceel van agrarisch bedrijf Vaalburg vof (www.boerted.nl) in de polder de Schermer, Noord-Holland geselecteerd. Het proefperceel is gelegen in de gemeente Zuid-Schermer, grenzend aan de Zuidervaart en Boekelerweg. De locatie van het proefperceel is weergegeven in Figuur 2.1. Het perceel is logistiek geschikt voor de praktijkproef door goede bereikbaarheid en de nabije aanwezigheid van een stroomvoorziening.

Het perceel is verdeeld in een drietal proefvakken, waar verschillende onderdelen van de praktijkproef worden uitgevoerd. Een beschrijving van de maatregelen en meetopstelling per proefvak wordt gegeven in hoofdstuk 4.



Figuur 2.1 De ligging van het proefperceel in de Schermer-Zuid.

2.2 Watersysteem

Polder de Schermer heeft primair een landbouwkundige functie. Van oudsher zijn de peilen in het gebied dan ook bepaald door de landbouwfuncties in het gebied. De watersystemen van Schermer-Noord en Schermer-Zuid zijn niet gekoppeld en zijn aparte bemalingseenheden. Overtollig water wordt via de gemalen Beatrix (Schermer-Noord) en Willem Alexander (Schermer-Zuid) afgevoerd naar de Schermerringvaart (schermerboezem). Vanuit de boezem wordt in droge perioden water ingelaten in de binnenboezem (Noordervaart, Zuidervaart en Laanvaart) en een dijksloottracé van waaruit het naar de kavelsloten kan stromen.

Met een vigerend polderpeil van NAP -4,7 m is de locatie gelegen in een diepe polder. De sloot langs de zuidrand van het proefperceel heeft een peil van NAP -4,7 m. Deze sloot wordt gevoed met water uit de boezem en is in de praktijkproef ingezet voor de externe aanvoer van water. Belangrijk is dat de kwaliteit van aangevoerd water vergelijkbaar of beter is dan het grondwater in het perceel, wat voor deze sloot het geval is. De sloot langs de noordkant van het proefperceel wordt onderbemalen en heeft een oppervlaktewaterpeil van circa NAP -5,0 m. De buisdrainage van het perceel voert af op deze sloot.

2.3 Bodemopbouw

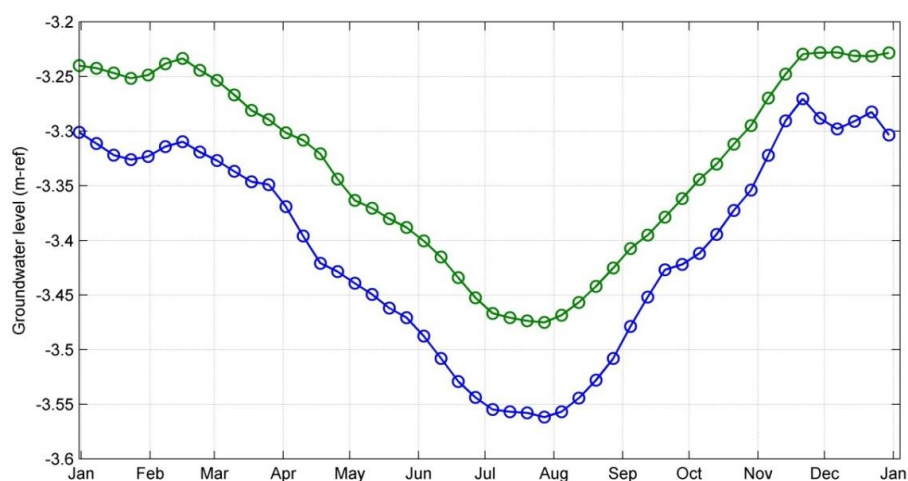
In de Schermer is een Holocene deklaag aanwezig van ongeveer 25 meter dik, voornamelijk bestaande uit klei afgewisseld met minder goed doorlatende zanden (wadzand), de zogenaamde Westland Formatie). Onder deze deklaag is tot grote diepte een watervoerend pakket aanwezig. Het bovenste (eerste) watervoerende pakket bestaat uit de Formatie van Kreftenheije met daaronder de zanden van de Formatie van Urk. De eerste scheidende laag (Formatie van Drente) tussen deze formaties ontbreekt grotendeels ter plaatse van de Schermer.

Uit handboringen blijkt dat ter plaatse van het proefperceel een dun afdekkend kleipakket aanwezig is (dikte: circa 0,5 m). Onder deze kleilaag is in de boringen tot een diepte van circa 2 m fijn zand aangetroffen. Aan de westkant van het perceel is in het verleden een boring geplaatst (boring B19D0247, *Dino/oket*). Hier wordt tot een diepte van 17 m (einde boring) zand aangetroffen.

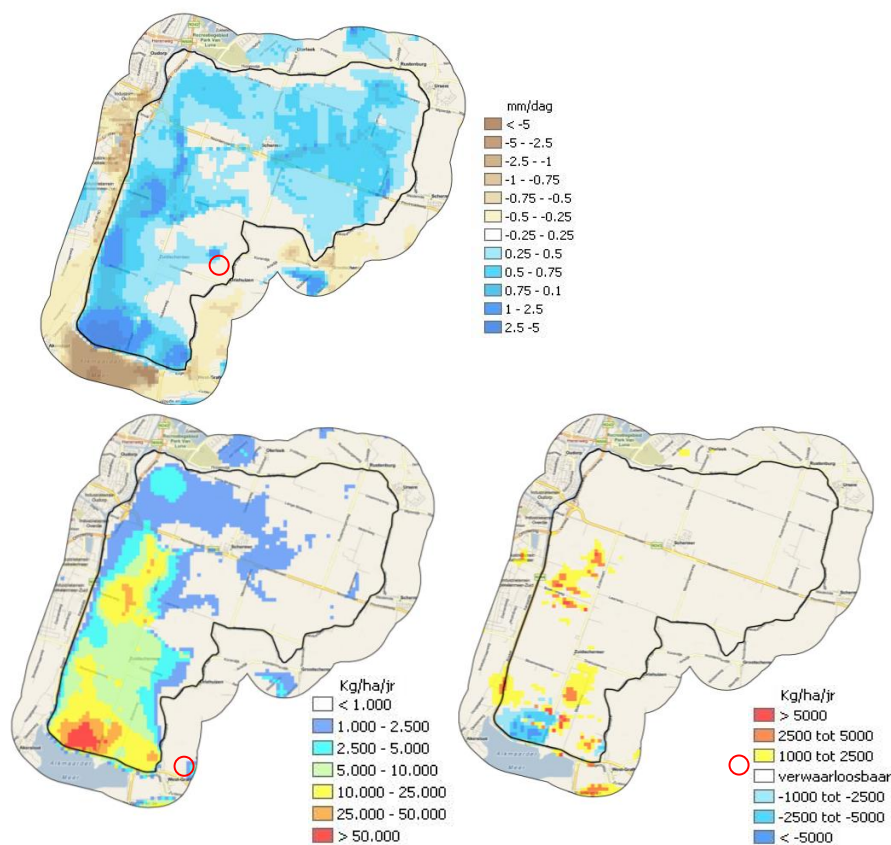
2.4 Regionale Grondwaterstroming

De diepere grondwaterstroming ter plaatse van het perceel is west-oost gericht. Grondwateraanvulling vindt plaats in het duingebied aan de kust en ter plaatse van de standwallen ten westen van het onderzoeksgebied. De regionale grondwaterstroming is van de kust gericht naar de diepe polders, waar opkwellend grondwater wordt afgevoerd.

Aan de hand van een regionaal grondwatermodel is vastgesteld dat de kwel ter plaatse van het proef perceel circa 0,5 – 0,75 mm/dag bedraagt (Acacia Water, 2011), zie Figuur 2.3. In dit deel van de schermer is sprake van brakke kwel. Het optreden van opwaartse grondwaterstroming is geverifieerd aan de hand van een nabije peilbuis uit het monitoringsnetwerk van provincie Noord-Holland (B19B0237). Het grondwaterregiem (periode 1990 - 2012) is weergegeven in Figuur 2.2 voor twee verschillende filterdiepten (11 en 27 m beneden maaiveld). Uit deze figuur blijkt dat er sprake is van een opwaartse stroming van grondwater (kwel). De stijghoogten op grotere diepte zijn circa 5 – 10 cm hoger dan in het ondiepe filter. Tussen het diepere grondwater en het polderpeil bestaat een drukverschil van 1,2 tot 1,5 m, afhankelijk van het seizoen.



Figuur 2.2 Het grondwaterregiem voor ondiep grondwater (blauw – 11 m-mv) en diep grondwater (groen – 27 m-mv)



Figuur 2.3: Met het grondwatermodel gesimuleerde kwel- en zoutbelasting van de Schermer in mm/dag (het proefperceel is aangegeven met een rode cirkel). (a) de kwelkaart, met in blauw de gebieden met kwellend grondwater, de geel tot bruine kleur toont infiltrerend grondwater, (b) de zoutbelastingskaart en (c) het verschil in zoutbelasting tussen de zomer en wintersituatie, waarbij rood een hogere zoutbelasting in de zomer en blauw een hogere zoutbelasting in de winter weergeeft.

2.5 Drainage

Op het proefperceel is landbouwdrainage aanwezig. De drainagebuizen zijn loodrecht op de lengterichting van het perceel aangelegd (zie bijlage 1). De drainagebuizen hebben een diameter van rond ($\varnothing$) 60 mm en voeren onder vrij verval af op de onderbemalen sloot aan de noordkant van het perceel. De drainage is aangelegd op een niveau dat varieert van circa NAP -5,0 m tot circa NAP -5,1 m (ongeveer een meter onder het maaiveld). Gebaseerd op een visuele inspectie van de afvoerbuizen aan de slootkant bedraagt de gemiddelde afstand tussen de drainagebuizen circa 5 m. In verband met de praktijkproef is de bestaande drainage in de proefvakken aangesloten op een blinde verzameldrain (zie hoofdstuk 4).

2.6 Landbouw

Op het bedrijf Vaalburg vof wordt op een natuurlijke manier geteeld. Door zelfaangepaste breedsporende tractoren en van GPS voorziene machines wordt voorkomen dat de natuurlijke organismen in de bodem worden aangetast en een ongehinderde natuurlijke groei wordt gegarandeerd. In combinatie met het toepassen van compost zorgt dit voor een gezonde bodem met optimale groeiomstandigheden (bron: <http://www.verseoogst.nl/telers/vaalburg-vof->). In het groeiseizoen 2012 zijn op het gehele proefperceel pootaardappelen (Diamant) geteeld (illustratie in figuur 2.4).



Figuur 2.4 Op het proefperceel zijn in 2012 pootaardappelen (Diamant) geteeld.

2.7 Locatiekeuze

Het gekozen perceel heeft een kleiige bovengrond. De grondslag in polder de Schermer is representatief voor een groot deel van laag Nederland. Dit perceel is op basis van deze grondslag geselecteerd voor de proef. Ondergrondse druppelbevloeiing is vooral geschikt voor een kleiige ondergrond, gezien de beperkte benodigde diepte van landbewerking (omploegen). Voor zowel het peilgestuurd DI-systeem als de druppelbevloeiing is het van belang dat voldoende zoet (oppervlakte)water beschikbaar is. In dit deel van de Schermer is zoet water beschikbaar dat wordt aangevoerd via de boezem.

3. Methodologie

3.1 Achtergrond

Bodembeheer

Maatregelen op het perceel door agrariërs kunnen leiden tot een sterke verbetering van het vochtvasthoudend vermogen in de bodem. Hierbij kan worden gedacht aan het verhogen van het organisch stof gehalte en niet-kerend ploegen. Bij niet kerende grondbewerking wordt intensief kerende of mengende grondbewerking vermeden wat leidt tot een toename van bodemleven, verbetering van bodemstructuur en gunstige omstandigheden voor de vochthuishouding en doorworteling. Met compostering en hergebruik op de bodem van agrarische meststoffen wordt het percentage organische stof in de bodem verhoogd, wat onder andere kan leiden tot de verbetering van grondstructuur en het vochtvasthoudend vermogen van de bodem. Deze vormen van duurzaam bodembeheer worden door Vaalburg vof reeds langere tijd integraal toegepast op het perceel. De effecten zijn niet vergeleken met een referentiesituatie waarbij deze vormen van bodembeheer niet worden toegepast. Het aanpassen van de bodem aan een gewijzigde aanpak duurt circa drie jaar en valt daarmee buiten het tijdstraject van de praktijkproef.

Waterbeheer

Door een dynamisch peilbeheer en het gericht toevoeren van water door ondergrondse irrigatie kan de agrariër gericht de grondwaterstand beïnvloeden en daarmee optimaliseren. Deze maatregelen moeten resulteren in het handhaven van een hoge grondwaterstand zonder dat het de gewassen nadelig beïnvloedt. In droge perioden kan de agrariër hier profijt van hebben, waardoor de productie verbetert en de afhankelijkheid van oppervlaktewater vermindert. Bovendien is het op deze manier ook mogelijk om gewassen die niet beregend mogen worden (bijvoorbeeld aardappelen) in droge jaren te produceren met minder productieverlies.

Toepassing praktijkproef

Zowel niet-kerende grondbewerking als compostering en hergebruik op de bodem van agrarische meststoffen zijn gedurende dit groeiseizoen integraal toegepast op alle proefvelden, evenals in voorgaande jaren. Dit behoort tot de standaard bewerkingsmethode van Vaalburg vof. De overige maatregelen zijn geïntroduceerd op de verschillende proefvelden, waarbij vergelijking met een onverstoord referentieperceel mogelijk is gemaakt. De doelstellingen van de individuele maatregelen zijn samengevat in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Doelstellingen van de individuele maatregelen

Maatregelen	Doelstellingen
Niet-kerende grondbewerking	Verbetering van de grondstructuur Verbetering van de infiltratiecapaciteit Vermindering erosie en afspoeling
Compostering en hergebruik op de bodem van agrarisch reststoffen	Organische bemesting Verbetering van de grondstructuur Verbetering vochthoudend vermogen van de bodem CO ₂ vastlegging
Ondergrondse irrigatie en bemesting in de onverzadigde zone	Vochtvoorziening (i.p.v. beregening) Reductie uitspoeling nutriënten Verlenging groeiseizoen
Peilgestuurd DI-systeem	Vochtvoorziening bodem Ondergrondse zoetwaterberging door wegdrukken van brak grondwater Sturen van grondwaterstanden

3.2 Aanpak

Om zorg te dragen voor een gedegen voorbereiding, ontwerp van de maatregelen en het opstellen van een zinvol en robuust meetplan is de praktijkproef gefaseerd aangepakt. De fasering is als volgt uitgevoerd:

- Activiteit 0: Inventarisatie en voorbereiding.
- Activiteit 1: Vooronderzoek.
- Activiteit 2: Installatie van de maatregelen en metingen.
- Activiteit 3: Uitvoeren van de metingen.
- Activiteit 4: Analyse en interpretatie van de meetresultaten.
- Activiteit 5: Rapportage en kennisoverdracht.

Activiteit 0 en 1 hebben geresulteerd in het SKB projectvoorstel (Acacia Water, 2011). In dit hoofdstuk worden de aanpak van de praktijkproef, de inrichting van de drie proefvakken met de verschillende maatregelen en de benodigde technieken en de meetopstelling besproken (activiteiten 1 en 2). De meetresultaten en interpretatie (activiteit 4) worden besproken in hoofdstuk 5 en 6.

3.3 Inventarisatie en voorbereiding

De voorbereidingsfase bestond uit de inventarisatie van de kennisvragen, het vormen van het consortium en het bepalen van de meest geschikte technieken om deze kennisvragen te beantwoorden. In deze fase is het projectidee zoals gehonoreerd door SKB uitgewerkt en deze fase heeft geresulteerd in het projectvoorstel (Acacia Water, 2011).

3.4 Vooronderzoek

Het doel van het vooronderzoek was om geschikte locaties te selecteren voor het uitvoeren van maatregelen en metingen binnen het perceel. Hiertoe zijn verkennende metingen op het perceel uitgevoerd om een indruk te krijgen van de variaties binnen het perceel en de ligging van de drainagemiddelen.

De volgende activiteiten zijn uitgevoerd:

- Handboringen: In totaal zijn 6 handboringen gezet tot een diepte van maximaal 2 m om de bodemopbouw inzichtelijk te maken.
- CVES: Op de geselecteerde proefpercelen is met behulp van een CVES-meting een 2D doorsnede van de weerstand van de bodem gemeten (deze meettechniek wordt besproken in bijlage 2). Hiermee is de dikte van het aanwezige zoete grondwater (zoetwaterlenzen) bepaald en de locaties van de drains geverifieerd.

Aan de hand van het vooronderzoek is geverifieerd of het proefperceel voldoet aan de gewenste eigenschappen, te weten een relatief uniforme bodemopbouw en verdeling van zoet en zout grondwater, alsmede ruimte voor respectievelijk drie meetpercelen.

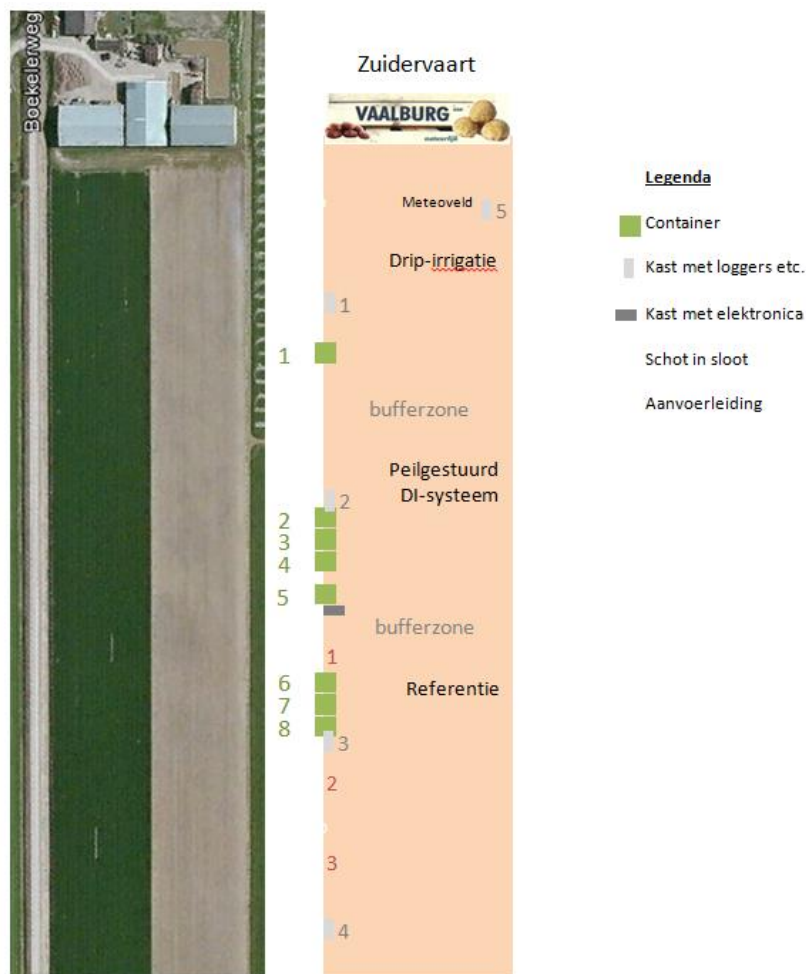
3.5 Proefvakken en maatregelen

Aan de hand van de resultaten van het vooronderzoek (zie hoofdstuk 5) is het geselecteerde perceel van Vaalburg vof geschikt bevonden voor het uitvoeren van de praktijkproef. Het proefperceel is onderverdeeld in drie proefvakken, waarvan er twee zijn ingericht met maatregelen en in één proefvak de oorspronkelijke toestand wordt gehandhaafd:

- Referentie proefvak
- Proefvak peilgestuurd DI-systeem
- Proefvak ondergrondse drip-irrigatie

Een schematisch overzicht van de proefvakken is weergegeven in figuur 3.1.

De maatregelen zijn in eerste instantie met name gericht op de regulering van de voor plantengroei cruciale beschikbaarheid van bodemvocht in droge perioden. In perioden van vochttekorten zou met behulp van de maatregelen het bodemvocht op peil gehouden moeten worden, waardoor een bepaalde productie zekerheid gehaald kan worden die zonder maatregelen niet mogelijk is. Dit effect zal zich met name manifesteren wanneer sprake is van een relatief droog groeiseizoen.



Figuur 3.1 Overzicht van de indeling van het proefperceel in afzonderlijke proefvakken.

3.5.1 Referentie proefvak

Op het referentie proefvak wordt de ongewijzigde situatie van het proefperceel gemeten. De metingen worden gebruikt om de effecten van de maatregelen in de overige percelen te kunnen vergelijken met een onverstoorde situatie. In het referentie proefvak is het land op de voor de agrariër gebruikelijk wijze bewerkt (gebruik makend van niet kerende grondbewerking en compostering en hergebruik op de bodem van agrarisch reststoffen).

In het referentie proefvak wordt actief gestuurd op het handhaven van een vast peil in de sloot, om zo eventuele effecten van (onbedoelde) peilveranderingen tegen te gaan (zie Figuur 3.2). De technische opstelling voor peilhandhaving is schematisch weergegeven in bijlage 3.



Figuur 3.2 Op het referentieperceel wordt met behulp van schotten en een pomp het slootpeil nauwkeurig gestuurd om een constant peil te handhaven. Hiermee wordt een goede vergelijking met het proefvak voor met het peilgestuurd DI-systeem mogelijk gemaakt.

3.5.2 Proefvak peilgestuurd DI-systeem

Drainage in landbouw wordt toegepast om in natte periode de grondwaterstanden te beheersen en zodoende vochtschade aan gewassen te voorkomen. Traditionele landbouwdrainage (Figuur 3.3a) heeft een vast ontwateringsniveau dat gelijk is aan de onderkant van de drainagebuis. In droge perioden kan de grondwaterstand uitzakken tot onder de drainagebuis. Indien de drainagebuizen uitmonden onder het slootpeil behoudt het systeem zijn drainerende werking, maar is het ontwateringsniveau gelijk aan het slootpeil. In droge perioden kan slootwater via de drains in de bodem infiltreren.

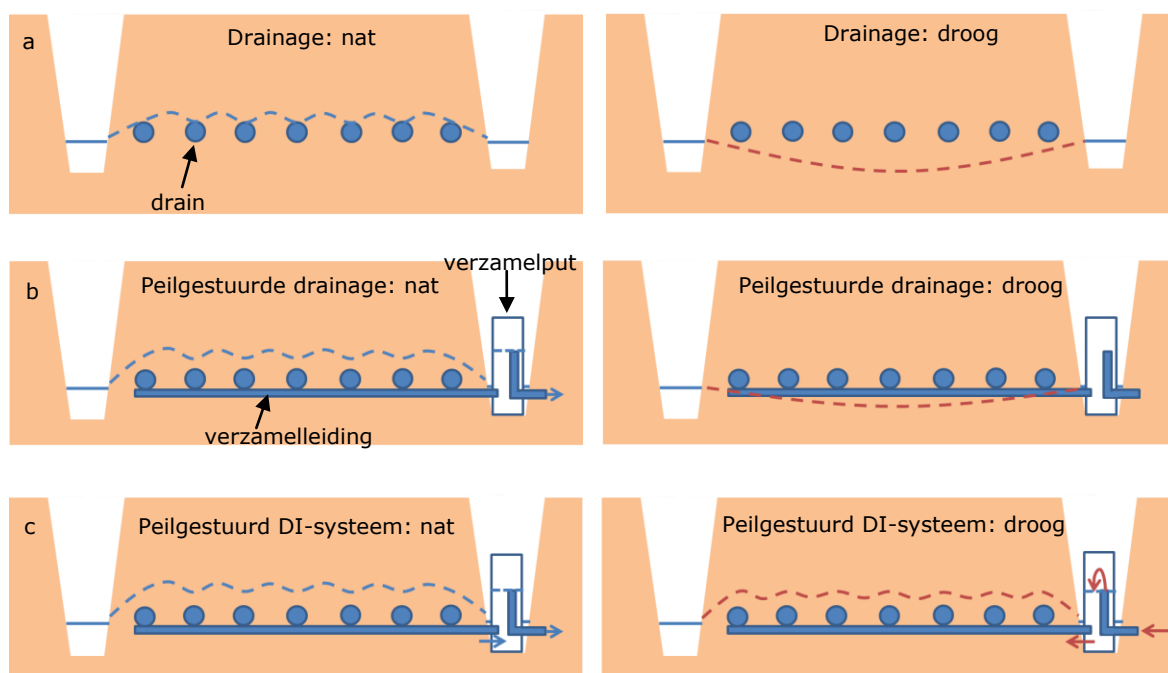
Bij samengestelde peilgestuurde drainage (STOWA, 2012) monden de drains niet uit in een sloot, maar in een verzameldrain (Figuur 3.3b). De (blinde) verzameldrain transporteert het water naar een verzamelpunt. Ter plaatse van het verzamelpunt is het drainage-instelniveau regelbaar, waarmee het ontwateringsniveau door de gebruiker gereguleerd wordt.

Het in het in deze proef toegepaste DI-systeem gaat uit van hetzelfde principe als peilgestuurde drainage. Als de grondwaterstanden in droge perioden uitzakken tot onder het instelniveau, wordt bij het DI-systeem echter water via dezelfde drainagebuizen in de bodem geïnfilteerd. De grondwaterstanden worden hiermee dus op een vast niveau (het instelniveau) gehandhaafd.

In deze proef is voor het reguleren van het instelniveau gebruik gemaakt van een zogenaamd opzetstuk (in dit geval een verstelbare pvc knie). Dit is geïllustreerd in figuur 3.3. Zowel de door drainage afgevoerde hoeveelheid water als de aangevoerde hoeveelheid water is geregistreerd.

Een bijkomende toepassing van het peilgestuurd DI-systeem, is dat met deze opstelling effectief het gevolg van verhoging van het oppervlaktewaterpeil wordt gesimuleerd. Bij peilverhoging komen de afvoerleidingen vaak onder water te staan.

Dit heeft niet tot gevolg dat de drainage zijn werking volledig verliest, zoals vaak wordt gedacht, maar dat het ontwateringsniveau wordt verhoogd: de grondwaterstanden kunnen in dit geval door de drains maximaal worden verlaagd tot het slootpeil. Indien het slootpeil hoger is dan de grondwaterstanden in het perceel (ter plaatse van de drains) wordt juist water toegevoerd. Hierdoor wordt het grondwaterpeil bij de drains genivelleerd aan het slootpeil. Dit effect is vergelijkbaar met het effect van de op het proefvak ontworpen peilgestuurd DI-systeem. Derhalve worden de resultaten van het proefvak DI-systeem geïnterpreteerd als het effect van peilopzet in de watergangen langs gedraineerde percelen. Het ontwateringsniveau is op 5 juli verhoogd van circa NAP -5,0 m (gemiddeld aanlegniveau drains) tot NAP -4,81 m. Dit instelniveau is gehandhaafd gedurende de rest van de meetperiode.



Figuur 3.3 De werking van verschillende vormen van drainage in natte en droge perioden.
 a) Bij traditionele landbouwdrainage wordt het ontwateringsniveau bepaald door het aanlegniveau.
 b) Bij peilgestuurde drainage kan het drainageniveau door de gebruiker worden bepaald. Door het instelniveau te verhogen kunnen de grondwaterstanden worden gereguleerd.
 c) Bij het peilgestuurd DI-systeem wordt in aanvulling daarop in droge perioden water via de verzameldrain geïnfilteerd om een vast peil te handhaven.



Figuur 3.4 Debietregistratie peilgestuurde DI-systeem (links) en detail opzetstuk voor het instellen van het drainage-niveau in het verzamelpunt (rechts)

3.5.3 Proefvak ondergrondse druppelbevloeiing

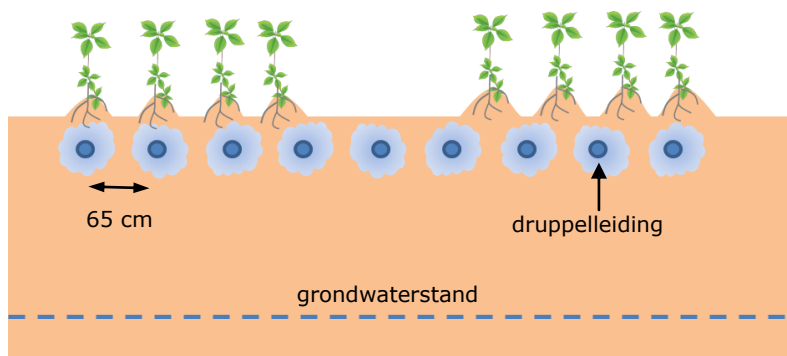
Op het derde proefvak is ondergrondse drip-irrigatie (bij agrariërs beter bekend als druppelbevloeiing) aangebracht. Het doel van deze maatregel is het gecontroleerd sturen van de voor gewassen beschikbare hoeveelheid bodemvocht. Bij drip-irrigatie wordt water bij de planten gedruppeld door een stelsel van leidingen, slangen en druppelaars. Met deze techniek wordt het waterverbruik met 30-50% gereduceerd ten opzichte van meer traditionele vormen van beregening. Bij deze vorm van irrigatie komt geen water op het blad, waardoor de kans op ziekten verkleind wordt. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om gedoseerd meststoffen toe te voeren via de drip-irrigatie (fertigatie), waarmee de agrarische productie verhoogd kan worden en de hoeveelheid toegepaste meststoffen teruggedrongen wordt (niet in deze praktijktest toegepast).

Het is gebruikelijk om de drip-irrigatie aan het maaiveld te installeren. Dit heeft tot gevolg dat de druppelslangen elk groeiseizoen opnieuw moeten worden geïnstalleerd. In deze praktijkproef is de drip-irrigatie echter op een diepte van circa 30 cm minus maaiveld geïnstalleerd, waardoor het systeem permanent kan blijven liggen, zonder verstoring door ploegen en oogsten. Dit maakt het tot een duurzaam en gebruiksvriendelijk systeem. De levensduur wordt verhoogd van ongeveer drie tot vier seizoenen bij toepassing aan het maaiveld naar 20 jaar bij ondergrondse aanleg. Bij installatie van een ondergronds systeem moet rekening worden gehouden met een herstelperiode van de bodem. Het systeem is afhankelijk van opwaartse beweging van bodemvocht door capillaire werking. Als gevolg van het graafwerk duurt het één tot enkele jaren voordat de oorspronkelijke bodemstructuur hersteld is.

De drip-irrigatie is aangelegd in de lengterichting van het perceel (zie bijlage 2). Loodrecht op het perceel is een aanvoerleiding geplaatst, waardoor water wordt aangevoerd dat wordt opgepompt uit de sloot langs de zuidkant van het perceel. Vanuit de verzamelleiding wordt het water naar drip-slangen geleid. De slangen hebben een totale lengte van circa 100 m. In de slangen zijn op vaste afstanden openingen aangebracht, waardoor het water in de bodem wordt gebracht.

De maximale capaciteit van de aanvoerpomp is 80 m³/uur wat voor het geïrrigeerde oppervlak overeenkomt met 6,4 mm/uur. Een en ander is geïllustreerd in Figuur 3.5 en Figuur 3.6.

Een belangrijk aspect van de werking van drip-irrigatie is dat vooral gedoseerde aanvoer leidt tot optimale resultaten met betrekking tot de vochtthuishouding. Al gevolg van de natte omstandigheden in 2012 (zie hoofdstuk 5) was irrigatie niet noodzakelijk en in verschillende perioden zelfs niet wenselijk. Om het irrigatiesysteem te testen zijn enkele proefgiftten uitgevoerd in relatief droge perioden. Tijdens deze testen is het aanvoerdebiet in eerste instantie slechts beperkt gereguleerd. Dit leidde tot aanvoer van een grote hoeveelheid water dat onder hoge druk in de drip-leidingen is gebracht. In plaats van druppelsgewijze watertoevoer resulteerde dit in te grote debieten. Herhaling van de proefgiftten met een meer gereguleerde dosering is niet uitgevoerd, omdat bevloeiing gezien de vochtige omstandigheden op het perceel niet wenselijk was.



Figuur 3.5 Schematische weergave ondergrondse drip-irrigatie.



Figuur 3.6 Drip-irrigatie bij aanleg (links) en na installatie (rechts)



Figuur 3.7 Pomp voor drip-irrigatie.

3.6 Meetopstelling

De drie proefvakken zijn ingericht met een meetopstelling waarbij de fysieke effecten op de bodem- en waterhuishouding continu worden gemonitord. Actuele meetgegevens worden door middel van telemetrie verstuurd en vervolgens op een website gepubliceerd (zie www.ecoboeren.com). Op deze wijze waren de actuele meetresultaten van afstand in te zien en te controleren. Daarnaast zijn routinematige controles van apparatuur en de meetopstelling uitgevoerd. De gegevens kunnen door de boer worden ingezet ter ondersteuning van beslissingen over het instelniveau van het DI-systeem en/of het inschakelen van ondergrondse drip-irrigatie.

De gebruikte meetapparatuur is weergegeven in bijlage 2. Voor de basis-meetopstelling worden in elk proefvak de volgende (hoogfrequente en geautomatiseerde) metingen uitgevoerd:

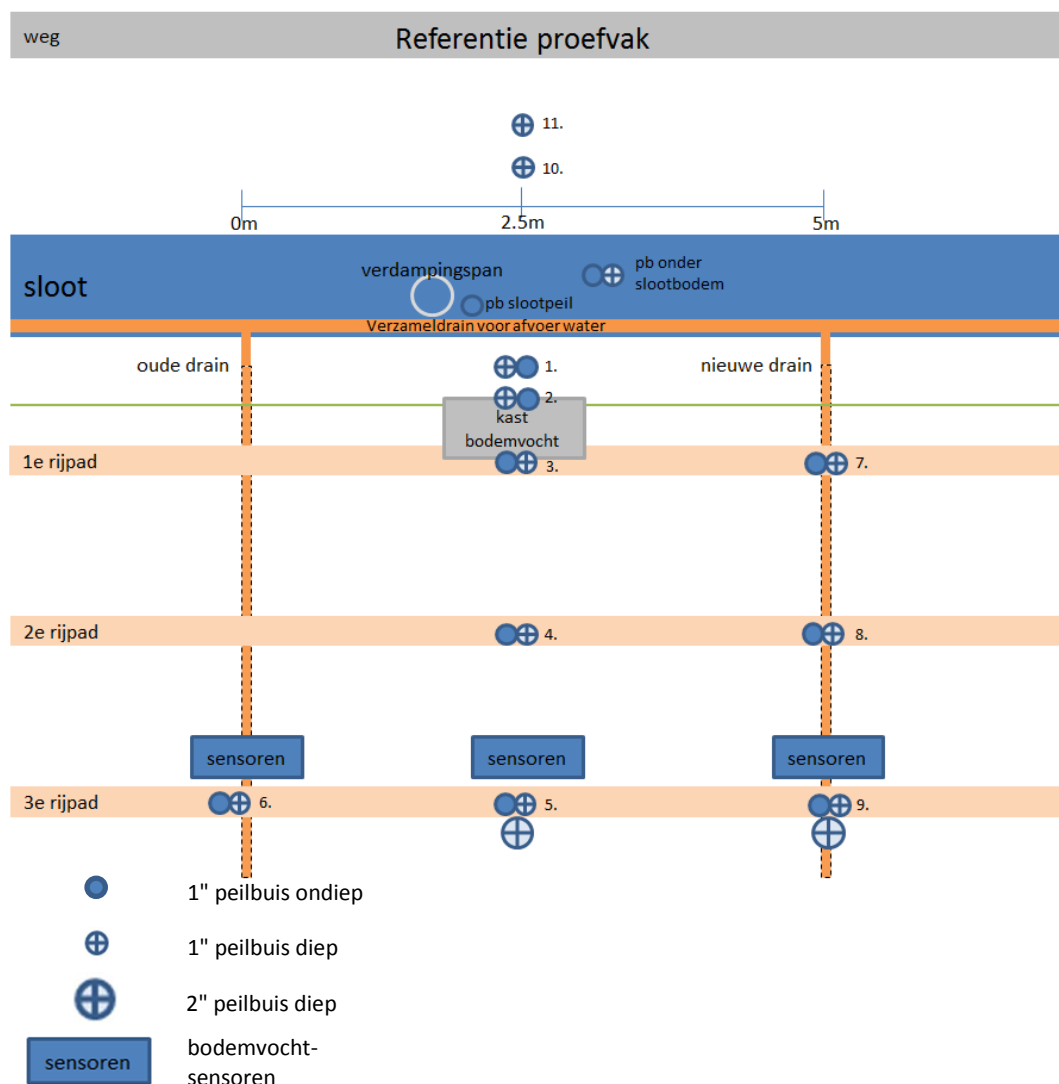
- Slooppeil.
- Grondwaterstanden.
- Bodemvocht.
- Kwaliteit (EC) van drainage-afvoer.
- Debiet drainageafvoer.

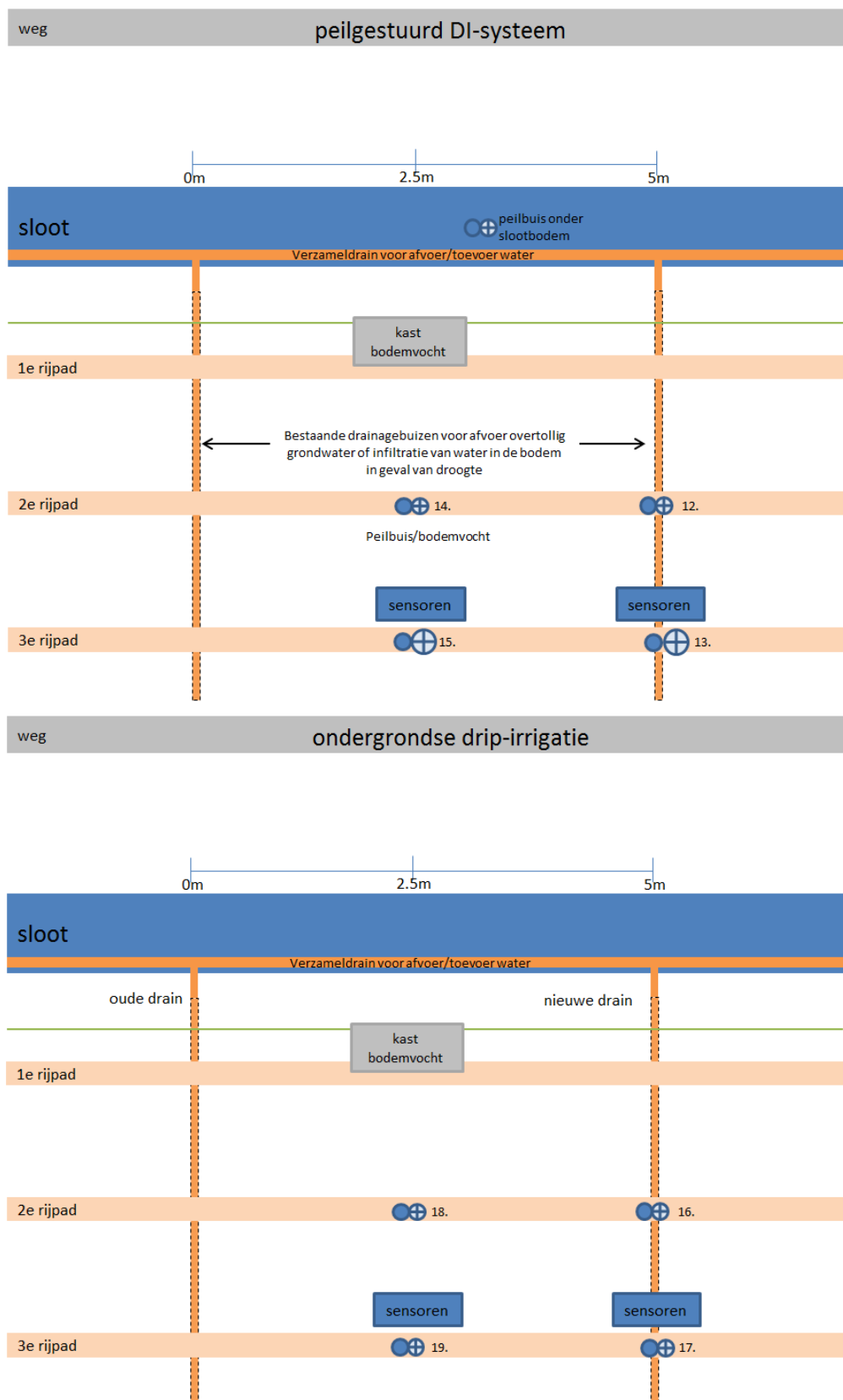
Daarnaast zijn watertoevoer via het DI-systeem en toevoer voor ondergrondse drip-irrigatie geregistreerd. De kwaliteit van het aangevoerde slootwater is eveneens gemonitord. Tevens zijn in het kader van het promotieonderzoek (Kennis voor Klimaat) meteorologische gegevens verzameld op het proefperceel (luchttemperatuur, luchtvochtigheid, barometrische druk, neerslag, windrichting, windsnelheid, kortgolvlige energie en netto straling). Aan de hand van de meteorologische parameters kan de referentie gewasverdamping worden bepaald. De neerslag is op het proefperceel vastgesteld met behulp van een tipping-bucket systeem. Voor een uitleg van de meetapparatuur wordt verwezen naar [bijlage 2](#).

De meetlocaties in de verschillende proefvakken zijn dusdanig ingericht dat effecten van maatregelen worden gemeten ter plaatse van de drains, waar de invloed van drainagemaatregelen het grootst is en tussen twee drainagebuizen in, waar de verwachte effecten het kleinst zijn.

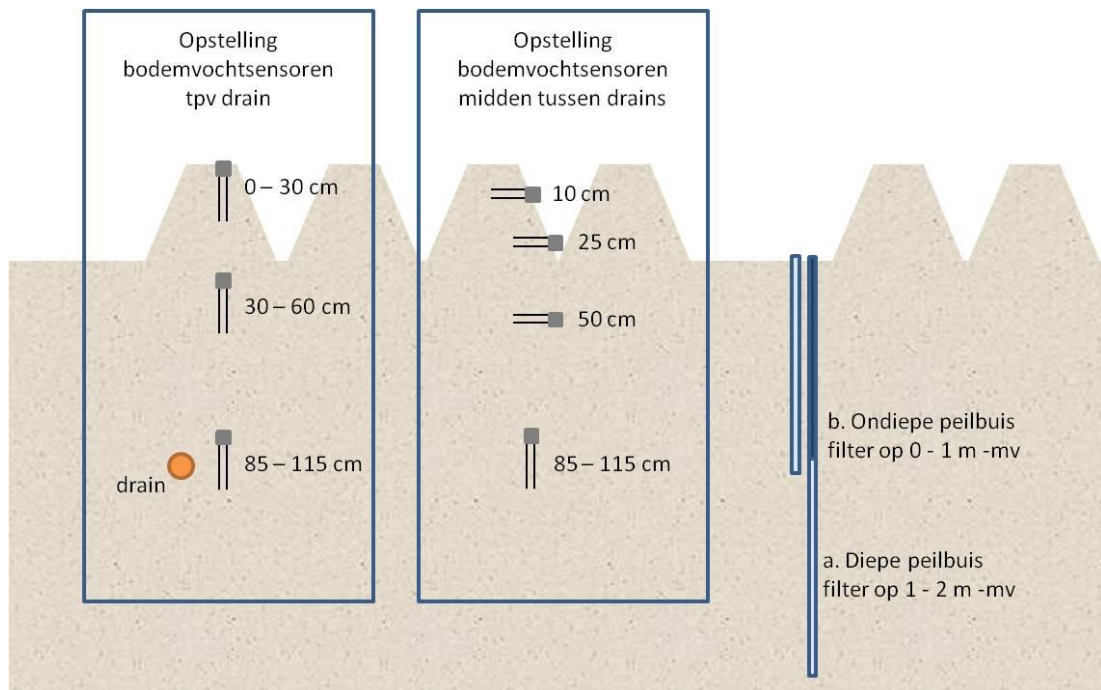
De metingen aan het grondwater en bodemvocht zijn uitgevoerd op in totaal vier plekken per proefvak: twee locaties ter plaatse van drains en twee locaties tussen de drains op een afstand van respectievelijk 4 m en 8 m vanaf de sloot. Ter plaatse van het referentie proefvak is aanvullend gemeten op circa 0,5 m van de sloot. Hierdoor kan een mogelijke gradiënt vanaf de sloot in het effect op het grondwater en bodemvocht worden gemeten. Door de metingen tussen en op de drains wordt een eventueel effect van de drainage zichtbaar.

De grondwaterstanden en het bodemvocht zijn op verschillende diepten bemeten, zodat verticale verschillen die van belang kunnen zijn voor de landbouwproductie inzichtelijk gemaakt kunnen worden. Het bodemvocht is per meetlocatie gemeten op vier verschillende diepten (10 cm, 30 cm, 65 cm en 85-115 cm). De grondwaterstanden zijn per meetpunt gemeten op twee diepten: 0 tot 1 m -mv en 1 tot 2 -mv. De meetopstelling is schematisch weergegeven in Figuur 3.8 en Figuur 3.9.





Figuur 3.8 Op het referentieperceel is een uitgebreide meetopstelling aangebracht, waarbij naast de basis-meetopstelling (voor deze rapportage is gebruikt), aanvullende meetapparatuur is ingericht in het kader van het (promotie)onderzoek dat door Deltares wordt uitgevoerd.



Figuur 3.9 De doorsnede illustreert de meetopstelling. Op elk perceel worden ter plaatse van de drains en tussen de drains op verschillende diepten de grondwaterstanden en het bodemvocht gemeten.

4. Resultaten

4.1 Algemeen

Nadat de maatregelen en meetapparatuur zijn geïnstalleerd, is gedurende de periode van mei 2012 tot oktober 2012 een uitgebreide meetcampagne uitgevoerd. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van het vooronderzoek besproken. Tevens worden de meetresultaten per gemeten parameter besproken. De interpretatie van de gecombineerde resultaten volgt in hoofdstuk 6.

4.2 Vooronderzoek

Met het vooronderzoek is een indruk verkregen van de variaties binnen het perceel en is de ligging van de drainagemiddelen vastgesteld. Hiermee is geverifieerd of de drie proefvakken onderling goed vergelijkbaar zijn qua bodemopbouw en hydrologische omstandigheden.

Bodemeigenschappen

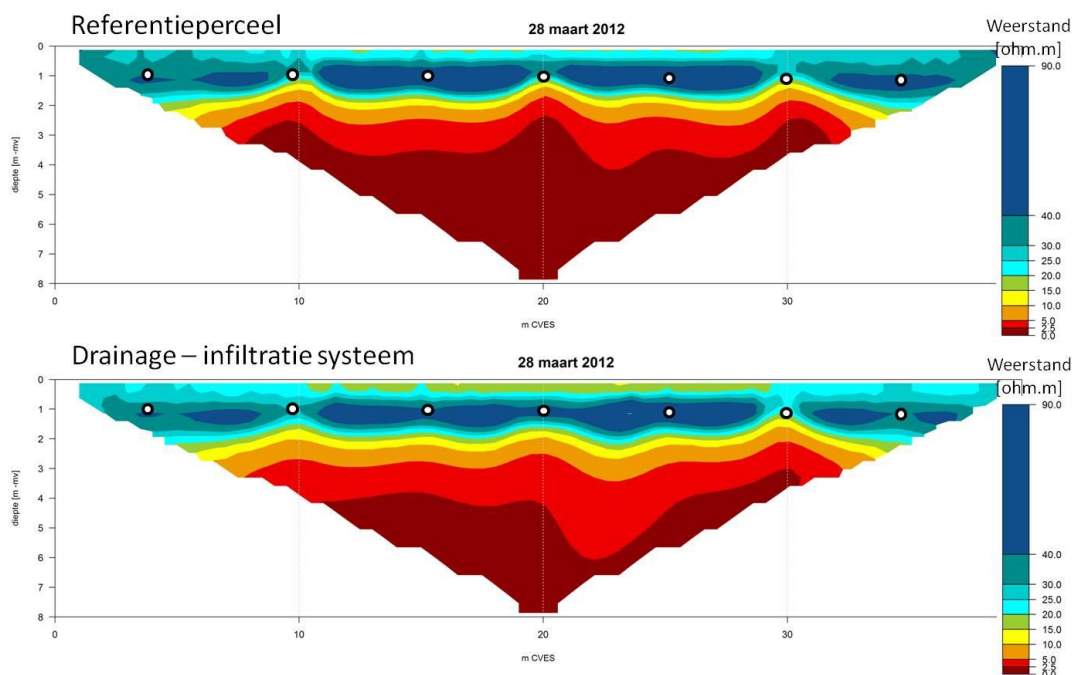
Een zestal boringen met een diepte van maximaal 2 m is geplaatst op het proefperceel. Uit deze boringen blijkt dat de bodemopbouw weinig variatie vertoont binnen het perceel. De bovenste circa 0,5 m bestaat uit bruine tot grijze, veelal bewerkte klei. Vanaf circa 0,5 m wordt over het algemeen een (soms kleiig) zeer fijn tot fijn zandpakket aangetroffen.

Zoet/zoutverdeling

Om de verdeling van zoet en zout grondwater in de proefvakken inzichtelijk te maken zijn CVES metingen uitgevoerd. Uit de meetresultaten kan worden geconcludeerd dat de overgang van zoet naar brak water op een diepte van circa 2,0 tot 3,5 m onder maaiveld ligt. Uit de geofysische metingen kan tevens de ligging van de drainagebuizen worden afgeleid. De grondwaterstand in de omgeving van de drain wordt kunstmatig verlaagd, wat leidt tot een toename van toestroming van brakke/zoute kwel uit de diepere ondergrond. Ter plaatse van de drainagemiddelen wordt dan ook op geringere diepte brak water aangetroffen. Dit is geïllustreerd in een tweetal doorsneden CVES profielen, zie Figuur 4.1. De aan de hand van de metingen vastgestelde ligging van de drainagebuizen is eveneens weergegeven in de doorsneden. Uit de figuur kan tevens het verschil in de drainerende werking tussen oude en nieuwe drains worden afgeleid. Ter plaatse van de nieuwere drains leidt een efficiëntere afvoer tot versterkt aantrekken van brak grondwater.

Conclusies

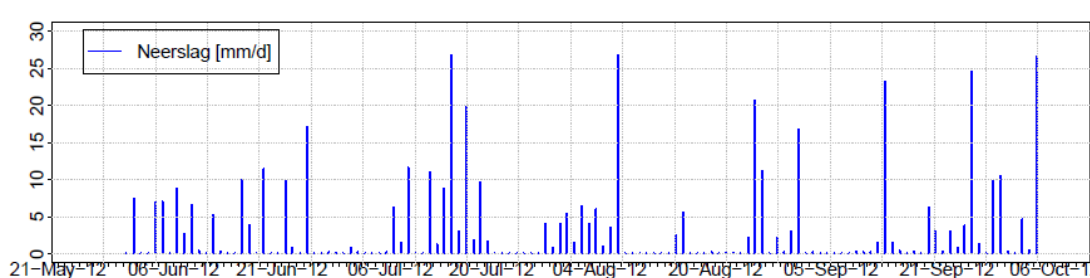
Uit het vooronderzoek blijkt dat de bodemopbouw binnen het proefperceel vrij homogeen is. Daarnaast is de verdeling van zoet en zout grondwater tussen de verschillende proefvakken vergelijkbaar. Hieruit volgt dat de onderlinge vergelijkbaarheid van de metingen bij een onderverdeling van het perceel in drie proefvakken gewaarborgd is.



Figuur 4.1 Met behulp van CVES metingen is de verdeling van zoet- en zout grondwater in de bodem inzichtelijk gemaakt. De blauwe, groene en gele kleuren geven verschillende gradaties van zoet water aan. Hogere weerstanden (rood) wijzen op de aanwezigheid van brak en zout grondwater. De ligging van de drainagebuizen (rode cirkels) kan worden afgeleid uit verstoringen in het zoet/zout grensvlak. Boven: referentie proefvak, onder proefvak peilgestuurd DI-systeem.

4.3 Meteorologie

De door het systeem geregistreerde neerslagpulsen zijn omgezet naar dagtotalen, zie Figuur 4.2. De grootste buien hebben plaatsgevonden op 14 juli en 6 augustus 2012, met op beide dagen een neerslag van 27 mm. Een dergelijke bui komt gemiddeld tweemaal per jaar voor (KNMI, neerslagstatistiek).



Figuur 4.2 Dagtotalen bruto neerslag (mm).

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de Makkink referentie gewasverdamping gemeten op het KNMI-station de Kooy. De op het perceel verzamelde meteorologische gegevens worden apart gerapporteerd in het kader van het promotieonderzoek van Joost Delsman.

De Makkink verdamping is een hydrometeorologische grootheid voor de bepaling van de potentiële verdamping van gewassen. De potentiële gewasverdamping is de referentiegewasverdamping vermenigvuldigd met de gewasfactor.

Voor aardappelen geldt dat de gewasfactor varieert tussen de 0.7 en de 1.2, voor kale grond ligt deze factor rond de 0.3 (Tabel 4.1 en Tabel 4.2).

Tabel 4.1 Gewasfactoren voor Makkink referentie gewasverdamping (Cultuurtechnisch Vademecum, 2000)

Decade waarden voor gewasfactoren f, behorende bij de referentie-gewasverdamping Er

Maand	april			mei			juni			juli			augustus			september		
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Gras	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
Granen	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	-	-	-	-	-
Mais	-	-	-	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Aardappelen	-	-	-	-	0.7	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.7	-	-
Suikerbieten	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
Peulvruchten	-	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	0.8	-	-	-	-	-	-	-
Plantui	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-
Zaaiui	-	0.4	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	-	-
Witlof	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Winterpeen	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Knolsederij	-	-	-	-	-	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-
Prei	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
Bol/Knolgew.	-	-	-	-	0.5	0.7	0.7	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pit/Steenvr. (volgroeid)	1.0	1.0	1.0	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

ontleend aan: "Van Penman naar Makkink", CHO-TNO, rapporten en nota's no. 19.

Tabel 4.2 Makkinkgewasfactor voor kale grond (Cultuurtechnisch Vademecum, 2000)

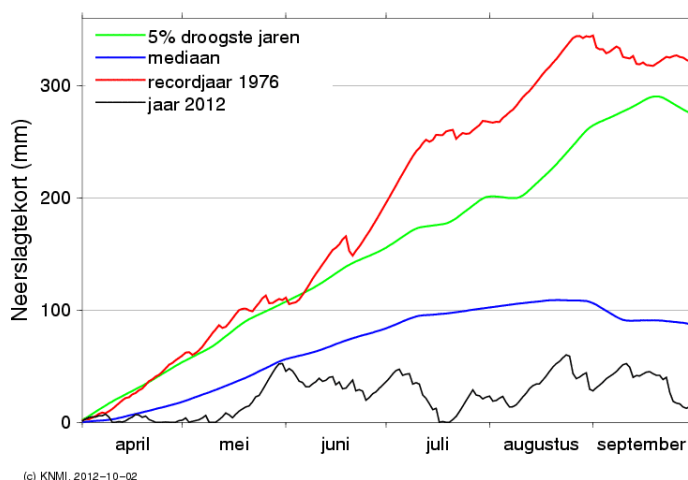
	jan	feb	mrt	april			mei			juni			juli			aug			sept			okt
				i	ii	iii	i	ii	iii	i	ii	iii	i	ii	iii	i	ii	iii	i	ii	iii	
vegetatie:																						
onbedekte grond)*	1	1	0.5	0.3	0.3	0.3	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.9

Om vergelijking in de tijd mogelijk te maken is het landelijk gemiddeld neerslagtekort voor het hydrologisch jaar 2012 vergeleken met langjarige gemiddelden. De grootte van het potentieel neerslagtekort is een maat voor droogte, en is belangrijk voor onder andere natuurbeheer en landbouw. Het neerslagtekort wordt verkregen door het verschil te berekenen tussen de referentiegewasverdamping en de hoeveelheid gevallen neerslag. Dit verschil wordt dagelijks gesommeerd in het tijdvak van 1 april tot en met 30 september, wat ongeveer overeenkomt met het gemiddeld groeiseizoen voor veel planten.

Figuur 4.3 geeft het neerslagtekort weer voor de meetperiode 2012 in verhouding tot langjarige statistieken (1989 – 2010) en het extreem droge jaar 1976. Uit de figuur blijkt dat het groeiseizoen 2012 een nat groeiseizoen is geweest; het neerslagtekort ligt gedurende het hele groeiseizoen onder de langjarige mediaan.

Conclusies

Uit de neerslaggegevens blijkt dat 2012 een bovengemiddeld nat jaar was. Aangezien met name de waterbeheermaatregelen op het perceel gericht zijn op droge situaties, wordt geconcludeerd dat het groeiseizoen 2012 niet representatief is voor het bepalen van de effecten van de maatregelen.



Figuur 4.3 Het neerslagtekort 2012 gemiddelde over 13 stations en langjarige statistieken.

4.4 Water af- en aanvoer

Op het referentie proefvak bestaat de afvoer van grondwater via drainage in principe alleen uit geïnfiltreerd neerslagwater en kwel. Indien de grondwaterstanden ter plaatse van de drainagebuis hoger zijn dan het drainageniveau (in dit geval onderkant drain), wordt grondwater afgevoerd. In de proefvakken met het peilgestuurd DI-systeem en ondergrondse irrigatie wordt aanvullend extern aangevoerd water aan het grondwatersysteem toegevoegd.

Om de aan- en afvoer van de verschillende componenten inzichtelijk te maken, zijn alle aan- en afvoeren omgezet tot hoeveelheden per eenheid van oppervlak (in mm). De cumulatieve aan- en afvoer per perceel in de periode van 15 juni juni tot 1 oktober (3,5 maand) zijn weergegeven in Figuur 4.4. De totalen over deze meetperioden zijn weergegeven in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Totalen aan- en afvoer (in mm).

	Bruto neerslag	Verdamping*	Netto neerslag	Aanvoer	Afvoer
Referentieperceel	407	285	122	-	159
Peilgestuurd DI-systeem	407	285	122	154	69
Drip-irrigatie	407	285	122	39	169

Toelichting:

* Referentie gewasverdamping volgens Makkink gecorrigeerd voor aardappelen of kale grond.

Referentieperceel

Op het referentieperceel is in totaal 130% van de netto neerslag afgevoerd door de drainage (in totaal 159 mm). Over de meetperiode is meer grondwater afgevoerd door de drainage dan de theoretische grondwateraanvulling (netto neerslag).

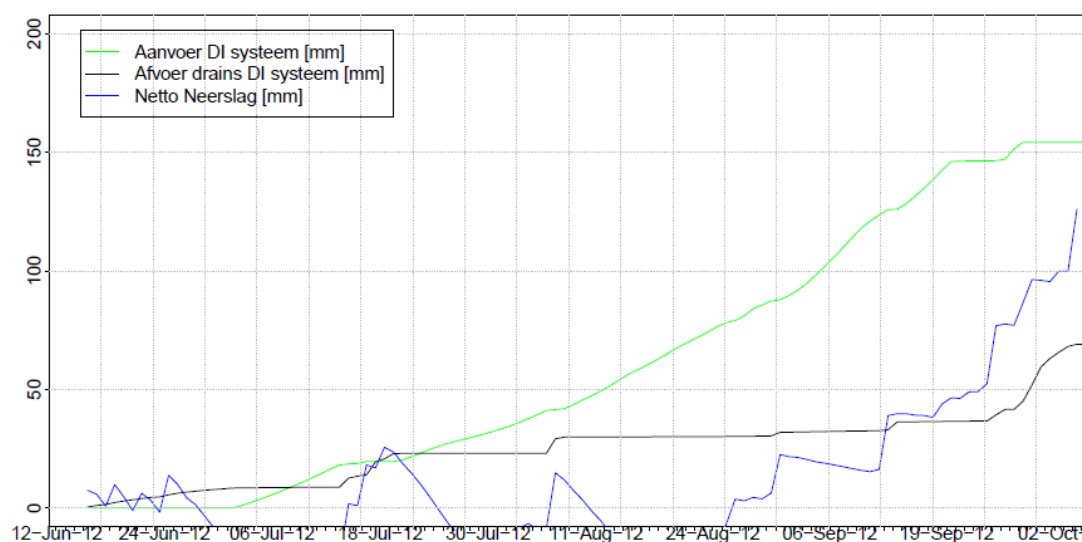
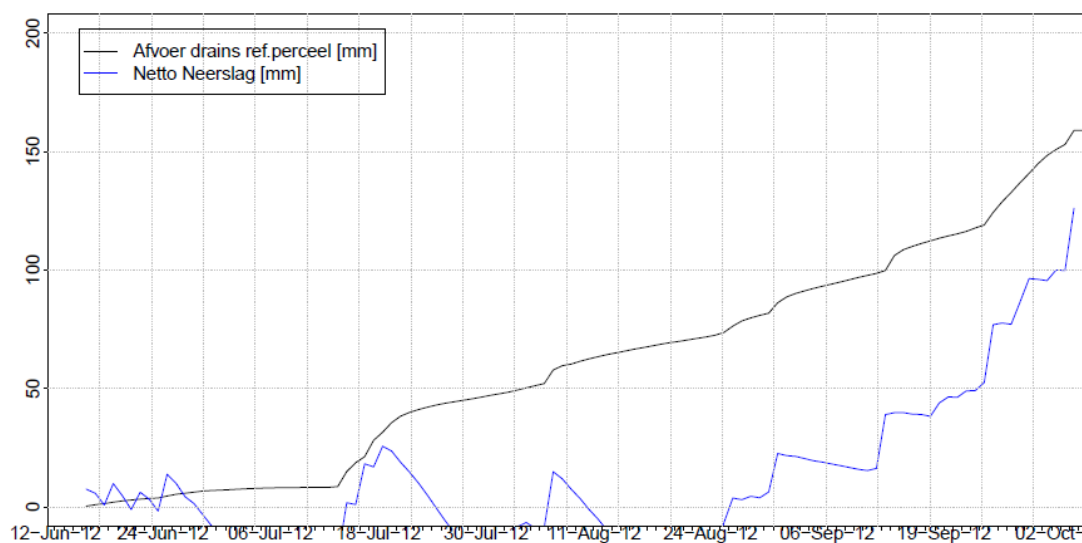
Peilgestuurd DI-systeem

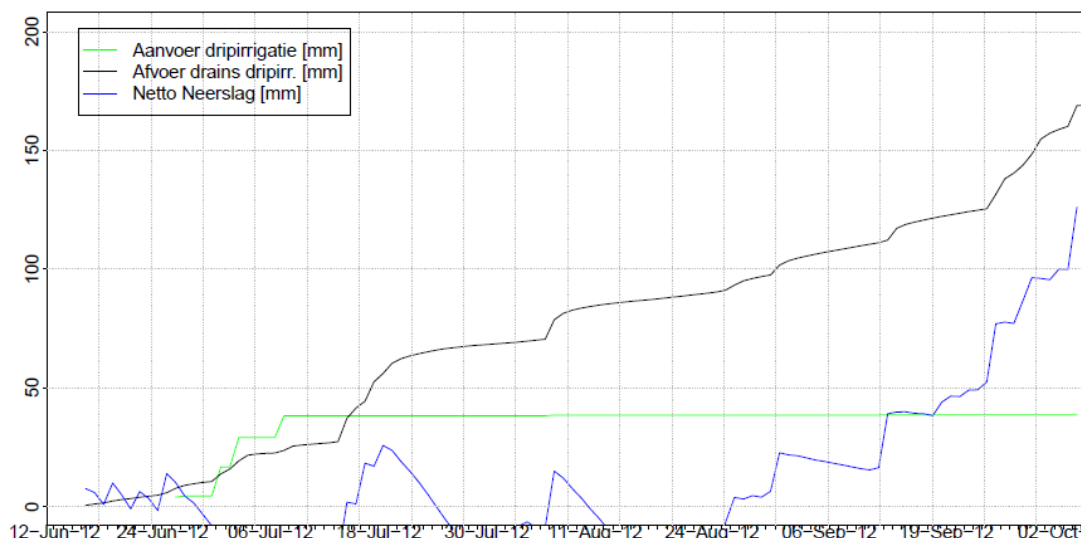
Op het proefvak met het peilgestuurd DI-systeem is circa 45% minder grondwater afgevoerd (in totaal 69 mm) dan op het referentieperceel. Het hogere drainagepeil na peilverhoging (5 juli) is hiervan waarschijnlijk de oorzaak.

Daarnaast is 154 mm extern water aangevoerd om de hogere grondwaterstanden te handhaven in drogere perioden. Gedurende de meetperiode is meer dan tweemaal zoveel (zoet) water het perceel ingebracht dan is afgevoerd.

Drip-irrigatie

In het proefvak drip-irrigatie is circa 6% meer grondwater afgevoerd dan in het referentieperceel. In totaal is 39 mm water aangevoerd via de ondergrondse irrigatie. De bulk van het water is ingebracht in de periode 1 tot 8 juli. Indien wordt aangenomen dat de hogere afvoer van dit proefvak ten opzichte van het referentieperceel (10 mm) het gevolg is van de aanvoer van irrigatiewater (39 mm), bedraagt het irrigatieverlies circa 25%.





Figuur 4.4 het cumulatief verloop van geselecteerde componenten van de waterbalans op (boven) het referentie vak, (midden) peilgestuurd DI-systeem en (onder) drip-irrigatie. Door alle aan- en afvoeren in mm uit te drukken, worden de onderlinge verhoudingen geïllustreerd.

Conclusies

Gedurende de meetperiode is van het referentie proefvak meer grondwater afgevoerd door de drainage dan de theoretische maximale grondwateraanvulling (netto neerslag). Dit geldt eveneens voor het drip-irrigatie proefvak. De hoge afvoer is naar verwachting het gevolg van kwel uit dieper gelegen pakketten.

Met betrekking tot het proefvak met het peilgestuurd DI-systeem wordt geconcludeerd dat het verhogen van het drainageniveau geleid heeft tot een belangrijke verlaging van de afvoer van grondwater. Aangezien gedurende de meetperiode structureel meer (zoet) water is aangevoerd dan de totale afvoer via drainage, is de zoetwatervoorraad in de bodem naar verwachting toegenomen. Het hogere peil heeft geleid tot een kleinere aanvoer van water via kwel uit diepere pakketten.

Op het drip-irrigatie proefvak is eveneens meer water afgevoerd dan op het referentieperceel. Aangenomen dat de aanvullende afvoer het gevolg is van aanvoer van water via drip-irrigatie, bedraagt het irrigatieverlies circa 25%. Dit hoge verlies wordt verklaard door de hoge aanvoercapaciteit die in de proefgiften is gehanteerd. Een herhaling van de proef met een lagere aanvoer is niet uitgevoerd aangezien bevoeiing niet wenselijk was als gevolg van de neerslagsituatie.

4.5 Grondwaterstanden

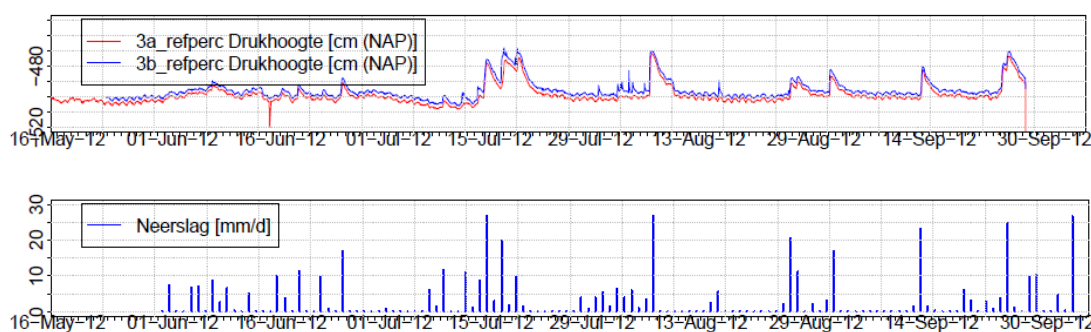
De grondwaterstanden binnen een perceel fluctueren onder normale omstandigheden als gevolg van neerslag, verdamping, fluctuaties in het oppervlaktewaterpeil en veranderingen in de kweldruk. Daarnaast worden de grondwaterstanden op landbouwpercelen veelal gereguleerd met behulp van drainage. In de proefvakken met het DI-systeem en drip-irrigatie wordt daarnaast nog extern water aangevoerd.

4.5.1 Referentieperceel

Reactie grondwater

Het verloop van de grondwaterstanden ter plaatse van een geselecteerd meetpunt is ter illustratie weergegeven in Figuur 4.5. In deze figuur is ter verduidelijking tevens de (bruto) neerslag weergegeven.

In perioden zonder neerslag zijn de grondwaterstanden nagenoeg gelijk aan het drainageniveau (circa NAP -5,0 m). Gedurende droge perioden zakken de grondwaterstanden in het proefvak nagenoeg niet uit tot onder het drainageniveau. De hoogste neerslag uit de meetperiode vond plaats op 14 juli (27 mm in een dag). De maximale stijging van de grondwaterstand bedraagt bij deze bui circa 40 cm. De grondwaterstanden herstellen zich hierna binnen een periode van circa 3 dagen tot een niveau gelijk aan het drainageniveau.



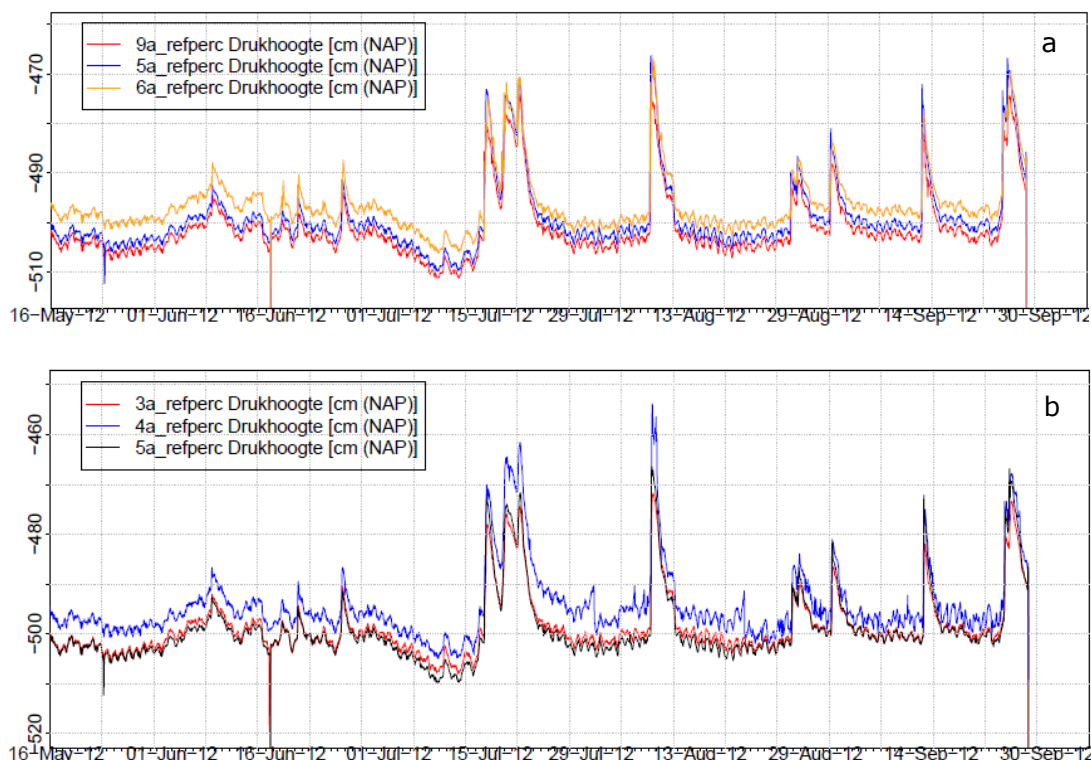
Figuur 4.5 Verloop grondwaterstanden ter plaatse van het referentie proefvak en de bruto neerslag.

Opbolling

Een effect dat vaak wordt toegekend aan drainage, is een opbolling van de grondwaterstand tussen twee drains. Het effect van de grondwaterstand-verlaging is in theorie het grootst nabij de drain. Tussen twee drains in is de grondwaterstandverlaging als gevolg van de grotere afstand tot het ontwateringsmiddel minder effectief. Een en ander hangt samen met de bodemeigenschappen (zoals doorlatendheid), de efficiëntie van de drainage (zoals intreeweerstand, aanwezigheid van een zand-, grind- of schelpenkoffer en drainageafstand) en de toevoer van water (kwel, neerslag).

In Figuur 4.6a zijn de grondwaterstanden ter plaatse van een drain (peilbuis 6a en 9a) en tussen twee drains in (peilbuis 5a) weergegeven. Uit de figuur blijkt dat de grondwaterstanden tijdens natte als droge perioden nagenoeg gelijk zijn. Het maximale absolute verschil bedraagt 5 cm, wat binnen de foutenmarge van de meetopstelling valt.

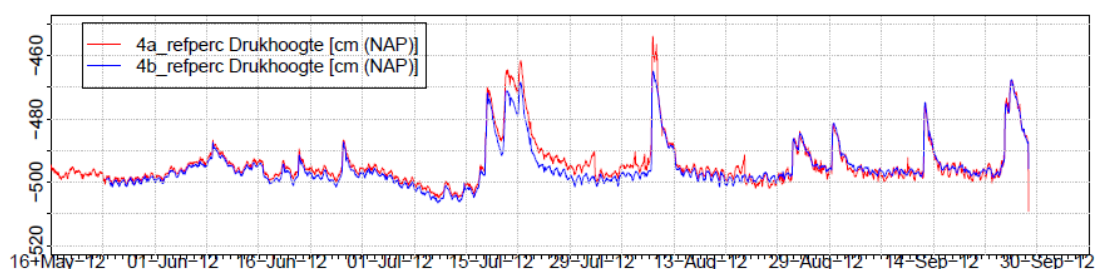
Aangezien een sloot zelf eveneens grondwater van een perceel afvoert, kan de afstand tot de sloot eveneens invloed hebben op het grondwaterregiem. In Figuur 4.6b zijn de grondwaterstanden op verschillende afstanden van de sloot weergegeven. Peilbuis 3 staat op een afstand van circa 0,5 m van de sloot, peilbuis 4 op circa 4 m en peilbuis 5 op circa 8 m. De meetpunten zijn tussen twee drains opgesteld. Uit de figuur blijkt dat het maximale verschil tussen de peilbuizen tijdens zowel natte als droge perioden niet meer dan 5 cm bedraagt.



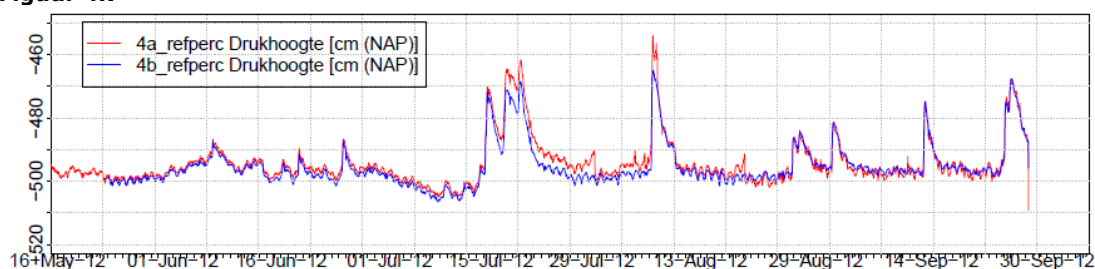
Figuur 4.6 a) raai peilbuizen loodrecht op de drains en
b) loodrecht op de sloot (tussen de drains).

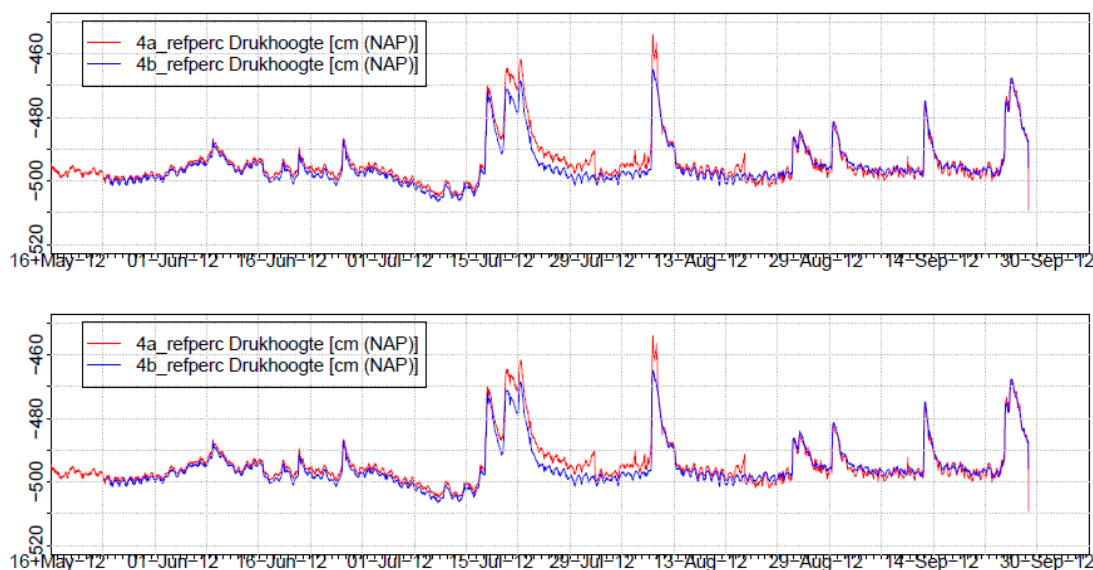
Verticale stroming

Voor elk grondwatermeetpunt zijn twee peilbuizen geplaatst op verschillende diepten (één en twee meter minus maaiveld). Hieruit kan worden afgeleid of de grondwaterstanden op verschillende diepten een verschillende reactie hebben op neerslag en drainage. De grondwaterstanden op verschillende diepten zijn weergegeven in figuur 4.7. Hieruit blijkt dat er binnen een bodemtraject van een meter nagenoeg geen verschillen optreden. Bekend is dat er op grotere diepte wel sprake is van een stijghoogteverschil (zie hoofdstuk 2).



Figuur 4.7





Figuur 4.7 Grondwaterstanden op één (4b) en twee meter (4a) minus maaiveld op het referentie proefvak.

Conclusies

Uit de metingen blijkt dat in het proefvak de grondwaterstanden gereguleerd worden door het drainagesysteem. Tijdens kleine buien treedt nagenoeg geen stijging van de grondwaterstanden op. Na afloop van grotere buien dalen de grondwaterstanden binnen enkele dagen tot het drainageniveau. Daarnaast wordt geconcludeerd dat in het referentie proefvak de afstand van het meetpunt tot de sloot en van een drain geen invloed hebben op de meetresultaten. In droge perioden zakken de grondwaterstanden niet uit tot onder het aanlegniveau van de drainage. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk de aanvoer van kwel uit de ondergrond.

4.5.2 Peilgestuurd DI-systeem

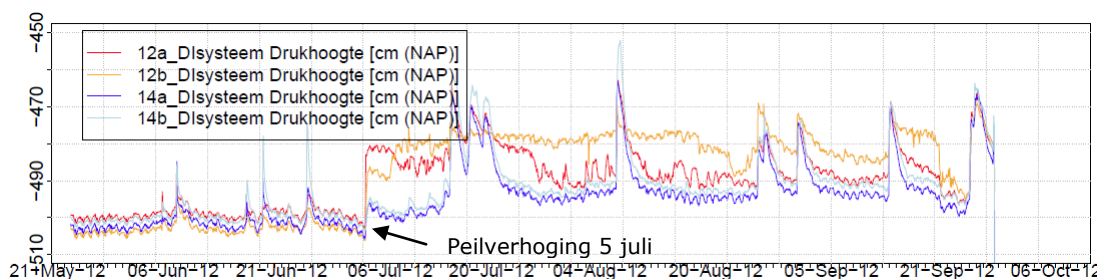
Het verloop van de grondwaterstanden in dit proefvak is ter illustratie weergegeven in Figuur 4.8. Tot 5 juli was het drainage-instelniveau gelijk aan het referentie proefvak. In deze periode is het verloop van de grondwaterstanden nagenoeg gelijk aan de referentiesituatie.

Op 5 juli is het drainage-instelniveau verhoogd. Het ontwateringsniveau is hiermee verhoogd van circa NAP -5,0 m (gemiddeld aanlegniveau drains) tot NAP -4,81 m. Ter plaatse van de drains (peilbuis 12) wordt na de peilverhoging een directe stijging van circa 15 cm waargenomen. Gemiddeld genomen zijn de grondwaterstanden het hoogst in de ondiepe peilbuis (12b). Tussen de drains (peilbuis 14) bedraagt de stijging op beide diepten minder dan 5 cm.

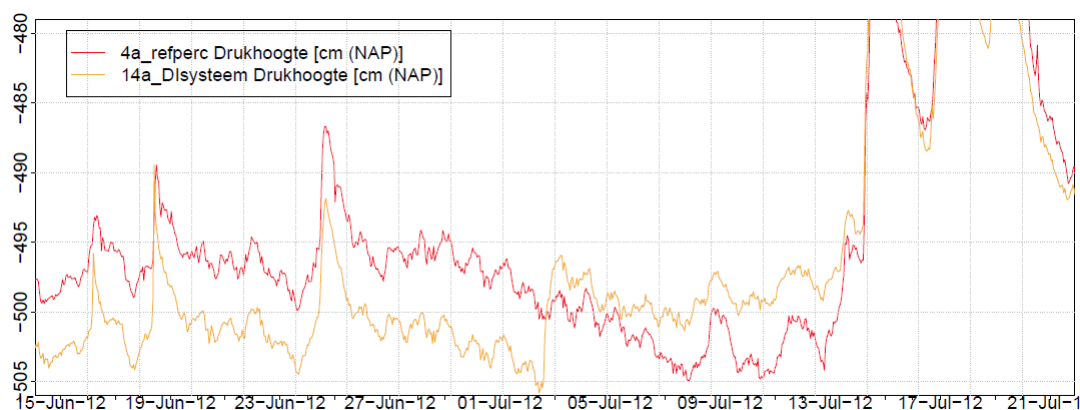
Tijdens perioden van neerslag stijgen alle grondwaterstanden kortstondig tot een vrijwel gelijk niveau. Binnen enkele dagen na afloop van een bui worden de verschillen tussen de peilbuizen weer zichtbaar. In droge perioden zakken de grondwaterstanden uit tot onder het instelniveau.

De grondwaterstanden tussen de drains in zowel het proefvak peilgestuurd DI-systeem als het referentieproefvak op het moment van verhoging van het instelniveau zijn weergegeven in figuur 4.9.

In deze figuur is zichtbaar dat de grondwaterstanden in het proefvak DI-systeem (ook tussen de drains) stijgen na peilopzet, terwijl de grondwaterstanden in het referentie proefvak blijven dalen. Het maximale verschil ter plaatse van de meetpunten tussen de drains bedraagt circa 5 cm. Ter plaatse van de meetpunten nabij drains zijn de grondwaterstanden in droge perioden 10 – 15 cm hoger dan op het referentieperceel.



Figuur 4.8 Boven: verloop grondwaterstanden op proefvak peilgestuurd DI-systeem. Het moment van verhoging van het drainage-instelniveau is in de figuur weergegeven. Onder: aan- en afvoer van water via de drains.



Figuur 4.9 Grondwaterstanden tussen de drains rondom het moment van peilopzet in het proefvak DI-systeem (14a) en het referentie proefvak (4a).

Conclusie

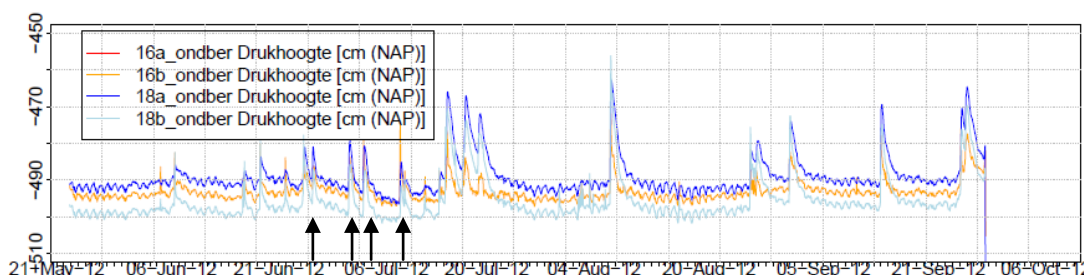
Geconcludeerd wordt dat het peilgestuurd DI-systeem met een verhoogd instelniveau de grondwaterstanden direct beïnvloedt. Door het peil te verhogen stijgen de grondwaterstanden in het gehele proefvak, met de grootste stijging nabij de drains. In droge perioden wordt als gevolg van infiltratie een hogere grondwaterstand gehandhaafd dan in het referentie proefvak.

4.5.3 Drip-irrigatie

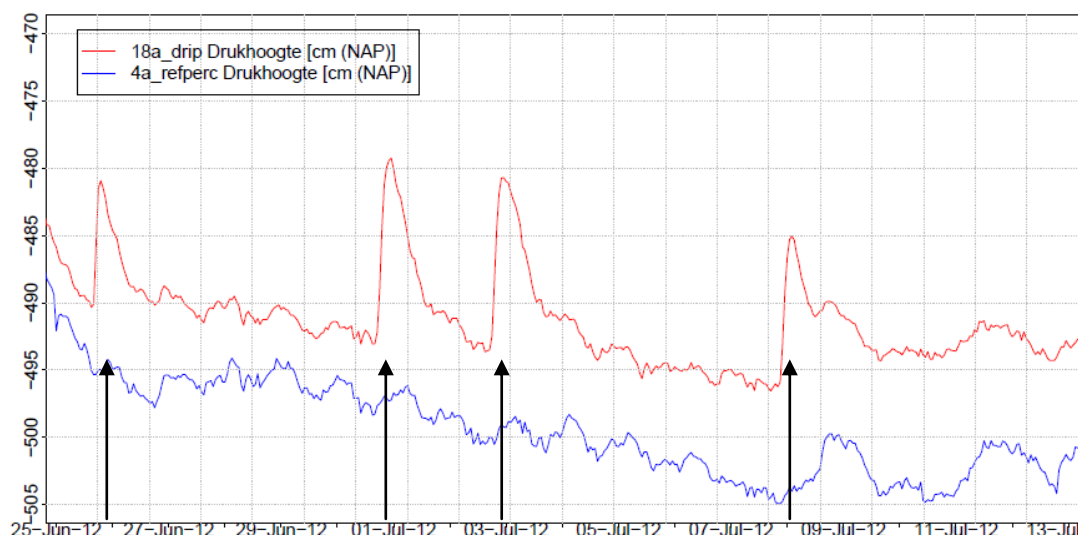
Resultaten

Het verloop van de grondwaterstanden, de aanvoer via drip-irrigatie en afvoer via de drains zijn weergegeven in figuur 4.10. Uit de meetresultaten blijkt dat in droge perioden de grondwaterstanden in alle peilbuizen vrijwel gelijk zijn aan het drainageniveau. Gedurende natte perioden stijgen de grondwaterstanden ter plaatse van (peilbuis 16) en tussen de drains (peilbuis 18) in gelijke mate.

Begin juli is op vier momenten gedurende een droge periode water aangevoerd via de drip-leidingen. Als gevolg van de aanvoer van water stijgen de grondwaterstanden tijdelijk met circa 10 cm. Tevens wordt in deze perioden meer water afgevoerd via de drains (zie paragraaf 4.4). In figuur 4.11 zijn de grondwaterstanden weergegeven in het referentieproefvak en het proefvak drip-irrigatie gedurende de irrigatie proefgiftten. Deze figuur laat zien dat de grondwaterstanden alleen stijgen in het geïrrigeerde deel van het perceel.



Figuur 4.10 Verloop van de grondwaterstanden proefvak drip-irrigatie. De aanvoer van water gedurende de droge periode begin juli is met peilen aangegeven.



Figuur 4.11 Grondwaterstanden tijdens de proefgiftten op het proefvak referentie en drip-irrigatie.

Conclusies

Het stijgen van de grondwaterstanden tijdens bevloeiing duidt er op dat een deel van het aangevoerde water direct aan de verzadigde zone is toegevoegd. Dit water komt slechts deels ten goede aan de verhoging van het bodemvocht in de wortelzone. De reden hiervoor is een verminderde capillaire werking als gevolg van de recente aanleg van de druppelslangen en de natte omstandigheden. Een aanvoer van water met een lager debiet kan dit effect verminderen. Een herhaling van de proefgift kan pas worden uitgevoerd als de weersomstandigheden dit toelaten. Geconcludeerd wordt dat om de effecten van drip-irrigatie vast te stellen een herhaling van de proef wenselijk is in een droog groeiseizoen.

4.6 Bodemvocht

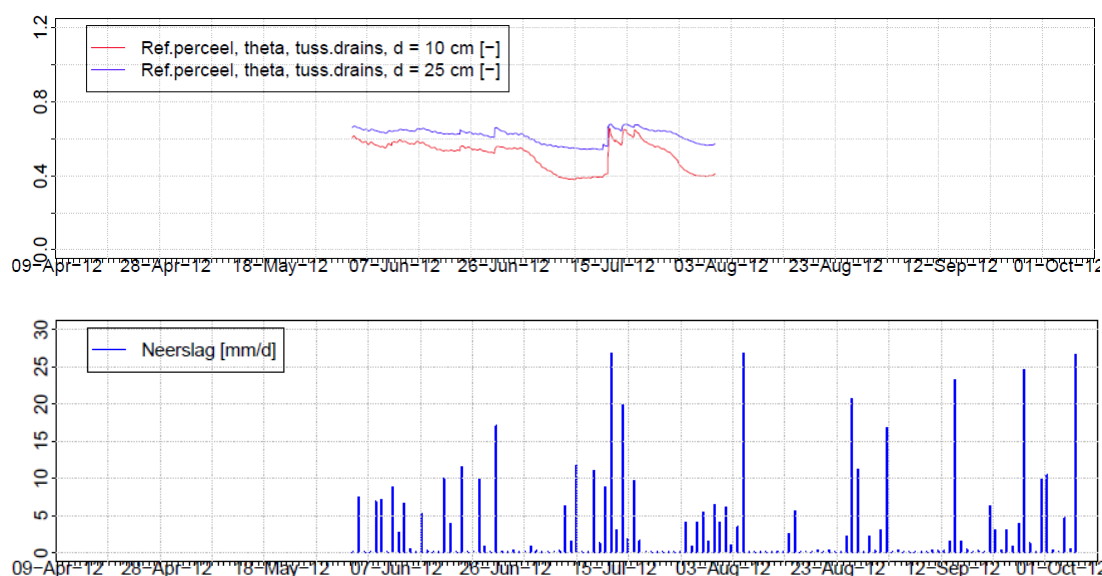
Bodemvocht is een bepalende factor voor de ontwikkeling van gewassen, met name het deel dat voor de wortels beschikbaar is. Voor (poot)aardappelen is het beschikbare bodemvocht in de bovenste circa 30 cm gedurende een korte periode (circa twee weken) aan het begin van het groeiseizoen van groot belang voor de verdere ontwikkeling van de teelt. Het bodemvocht is gemeten vanaf begin juni tot 4 augustus 2012. De sensoren zijn toen verwijderd in verband met het rooien.

Referentie proefvak

Een selectie van de bodemvochtmetingen is weergegeven in

Figuur 4.12. Het bodemvocht in het bovenste deel van de bodem is gemeten op een diepte van circa 10 cm en circa 25 cm – mv. Tussen de drains is het bodemvocht in het bovenste deel van de bodem gedurende de gehele meetperiode lager dan op grotere diepte.

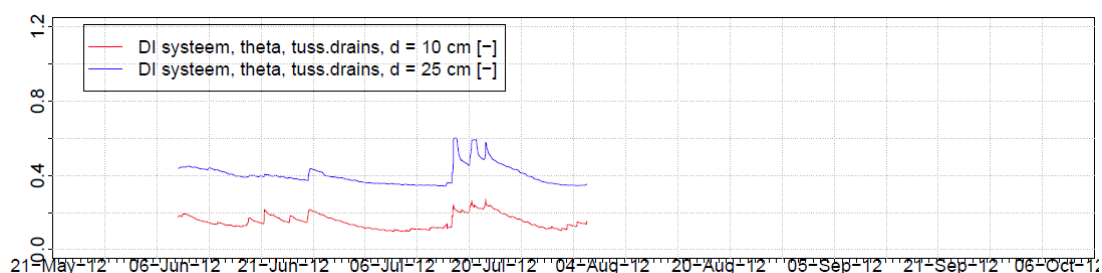
Gedurende perioden van neerslag is het bodemvocht op 10 en 25 cm –mv vrijwel gelijk. Het effect van neerslag op het bodemvocht is het meest duidelijk op geringe diepte. In droge perioden wordt het bodemvocht, met name in het bovenste deel van de bodem, geleidelijk weer lager.



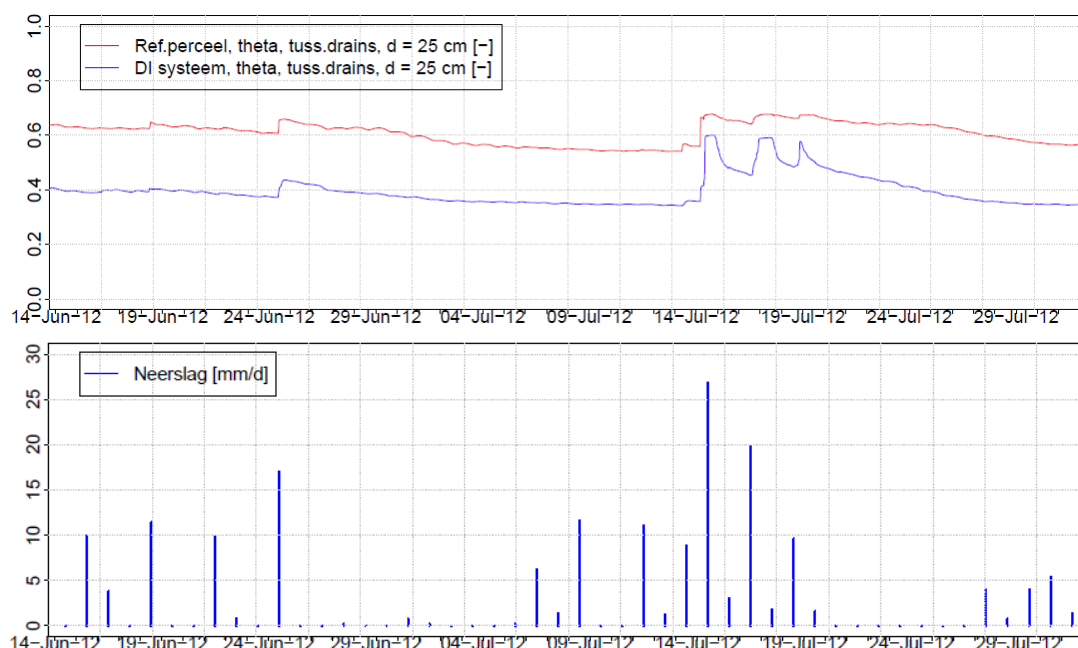
Figuur 4.12 Neerslag en bodemvocht ter plaatse van het referentie proefvak.

Peilgestuurd DI-systeem

Een selectie van de bodemvochtmetingen op het proefvak peilgestuurd DI-systeem is weergegeven in figuur 4.13. Tussen de drains is het bodemvocht in dit proefvak op grotere diepte structureel hoger dan op geringe diepte. Tijdens natte perioden (wanneer grondwater wordt afgevoerd door de drains) neemt het bodemvocht op de verschillende diepten toe. Het absolute bodemvochtgehalte in dit proefvak is lager dan in het referentie proefvak (zie Figuur 4.14).



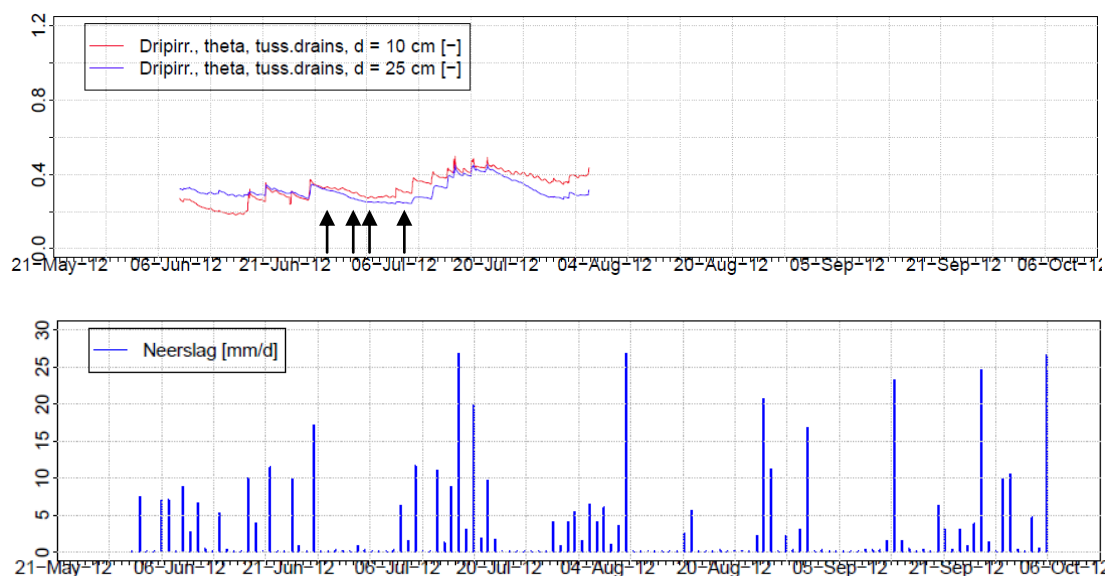
Figuur 4.13 Aan- en afvoer (onder) en bodemvocht (boven) ter plaatse van het proefvak peilgestuurd DI-systeem.



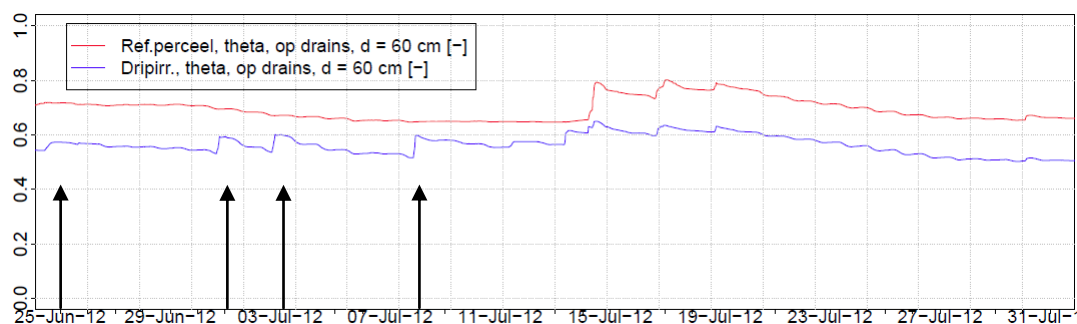
Figuur 4.14 Vergelijking bodemvocht proefvak DI-systeem en het referentie proefvak rondom een periode van hoge neerslag.

Drip-irrigatie

Een selectie van de bodemvochtmetingen op het proefvak drip-irrigatie is weergegeven in Figuur 4.15. Opvallend is dat het bodemvocht op 10 cm en 25 cm diepte nagenoeg gelijk is. In perioden van hoge neerslag vindt op beide diepten een ongeveer gelijke verhoging van het bodemvochtgehalte plaats. Het absolute bodemvochtgehalte in dit proefvak is eveneens lager dan ter plaatse van het referentie proefvak (zie Figuur 4.16).

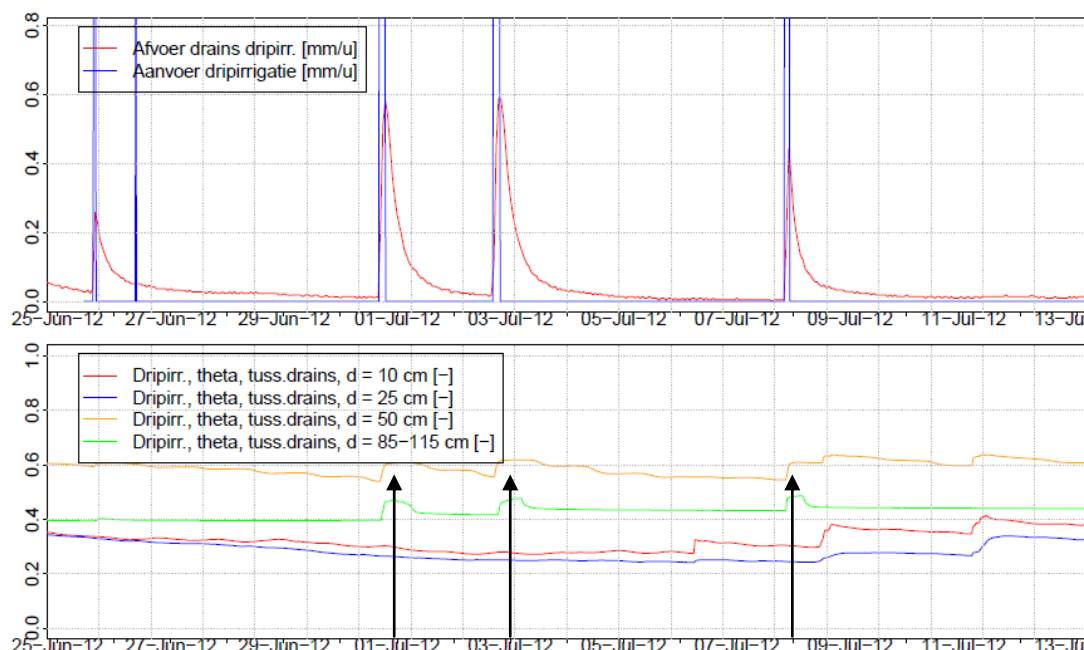


Figuur 4.15 Bodemvocht (boven) ter plaatse van het proefvak drip-irrigatie en bruto neerslag (onder).



Figuur 4.16 Bodemvochtverloop in het proefvak drip-irrigatie (blauw) en het referentieproefvak (rood).

In de periode van 1 juli tot 8 juli zijn enkele proefgiften uitgevoerd met behulp van het irrigatiesysteem. Figuur 4.17 is een detailweergave van deze periode. Opvallend is dat op geringe diepte geen zichtbaar effect optreedt in het bodemvocht. Op grotere diepte (meer dan 60 cm) is wel een effect zichtbaar. Tijdens deze perioden van aanvoer werd door de drainage water afgevoerd.



Figuur 4.17 Detail van het bodemvochtverloop tijdens toevoer van water door middel van ondergrondse drainage.

Conclusies

Veranderingen in bodemvocht treden onder normale omstandigheden met name op in het bovenste deel van de bodem. Vooral de bovenste 10 cm van de bodem is afhankelijk van neerslag. In droge perioden neemt het bodemvochtgehalte bovenin sterk af.

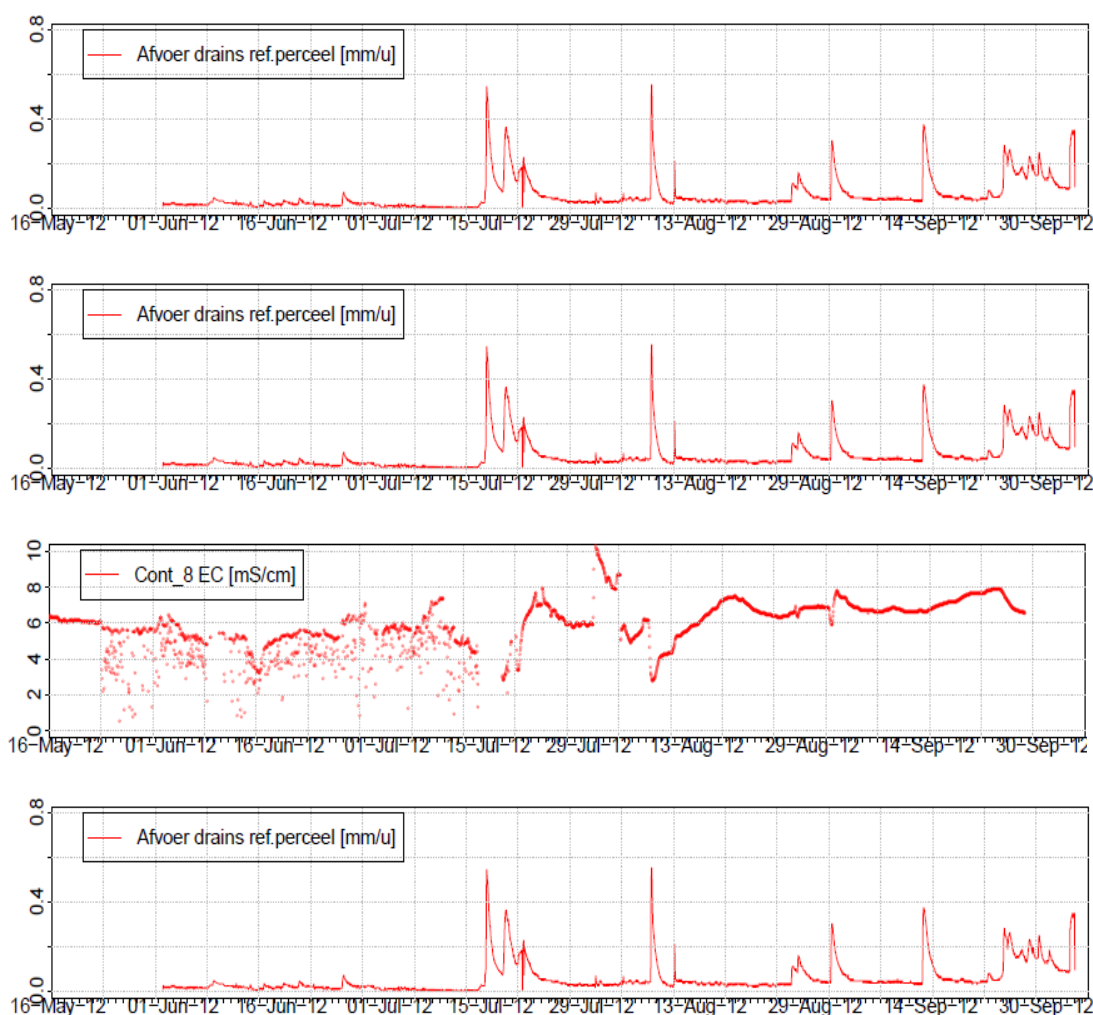
Gezien de sterke afhankelijkheid van neerslag van het bodemvocht in het bovenste deel van de bodem wordt verwacht dat effecten van het peilgestuurd DI-systeem en drip-irrigatie op bodemvocht zich met name zullen manifesteren in een droog groeiseizoen. Bij installatie van een ondergronds systeem (drip-irrigatie) moet rekening worden gehouden met een herstelperiode van één tot enkele jaren voordat de oorspronkelijke bodemstructuur hersteld is. Geconcludeerd wordt dat dit bovengemiddeld natte groeiseizoen 2012 niet tot heeft geleid tot een representatieve vergelijking van de effecten van maatregelen op het bodemvocht.

4.7 Kwaliteit van drainagewater en infiltratiewater

Van elk perceel is de kwaliteit (EC) van het afvoerwater van de drains gemeten ter plaatse van het verzamelpunt van de drainage-afvoerleiding. In het proefvak peilgestuurd DI-systeem is de kwaliteit van zowel afgevoerd drainagewater als het aangevoerde infiltratiewater bepaald.

Referentie proefvak

Het verloop van de EC-waarden over de gehele meetperiode is weergegeven in figuur 4.18. De EC van het drainagewater varieert gedurende de meetperiode van circa 3 tot 10 mS/cm. Gedurende het grootste deel van de meetperiode wordt brak water afgevoerd (EC-waarde hoger dan 4 mS/cm). Uit de metingen kan geen eenduidige relatie worden vastgesteld tussen de EC van het drainagewater met het afvoerdebiet door de drains tijdens perioden van neerslag.



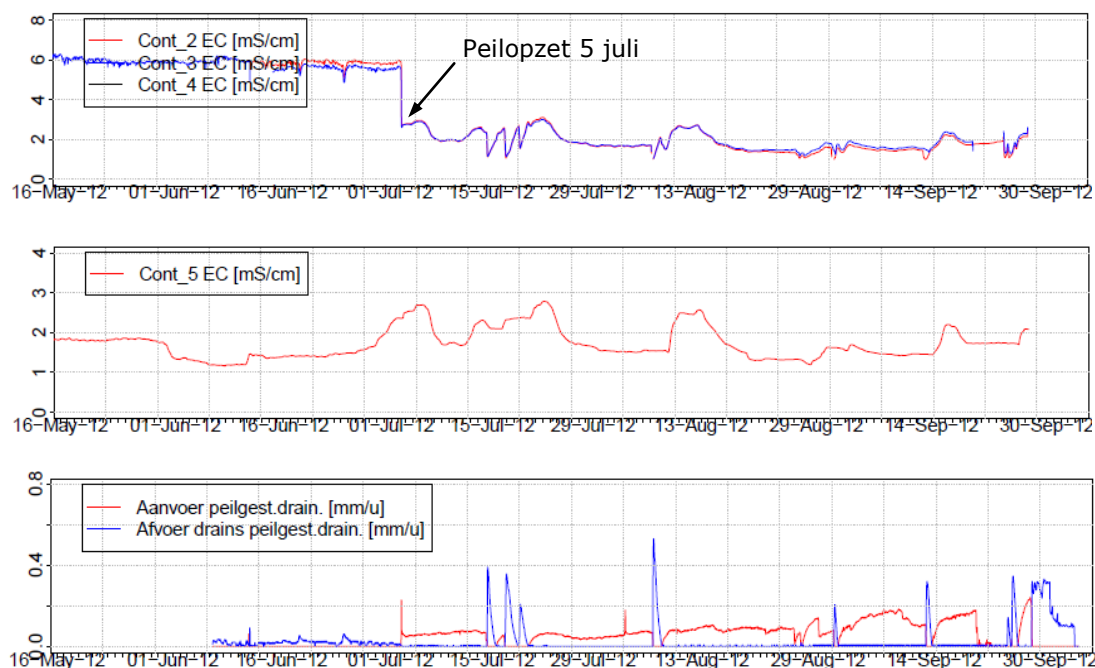
Figuur 4.18 Kwaliteit (boven) en kwantiteit (onder) van het afgevoerde drainagewater op het referentie proefvak.

Peilgestuurd DI-systeem

De kwaliteit van het aan- en afgevoerde water zijn weergegeven in Figuur 4.19. De EC-waarde van het afgevoerde drainagewater in de periode voorafgaand aan de verhoging van het drainage-instelniveau bedraagt circa 6 mS/cm (brak water). In deze periode is geen water aangevoerd. De kwaliteit van het afgevoerde water is daarmee vergelijkbaar met het referentie proefvak.

Op 5 juli is het peil verhoogd met 19 cm. Dit had tot gevolg dat water werd aangevoerd en geïnfiltreerd via de drains. Na de verhoging van het drainagepeil varieerde de EC van circa 1 tot 3 mS/cm, waarmee gesproken kan worden van zoet water.

In periode van neerslag is juist water afgevoerd via de drains, waarbij een aanvullende verlaging van de EC-waarden plaatsvond. De laagst gemeten EC-waarden tijdens hoge neerslag bedroegen circa 1 mS/cm.



Figuur 4.19 Kwaliteit van het afgevoerde water (boven), aangevoerde water (midden) en de kwantiteit van aan- en afgevoerd water (onder).

Druppel-irrigatie

De EC-metingen van het afvoerwater op het proefvak druppel-irrigatie zijn van slechte kwaliteit. Het merendeel van de meetperiode hebben geen metingen plaatsgevonden als gevolg van vermoedelijk onjuiste werking van de meetapparatuur. Derhalve kunnen geen conclusies getrokken worden met betrekking tot de invloed van drip-irrigatie op de kwaliteit van het afgevoerde drainagewater.

Conclusies

Geconcludeerd wordt dat op het referentieperceel over het geheel genomen brak water is afgevoerd. Hieruit kan worden afgeleid dat een relatief groot deel (circa 30%) van het drainagewater afgevoerde brakke kwel is. De kwaliteit van het afgevoerde water op het proefvak met het peilgestuurd DI-systeem was voorafgaand aan de peilopzet van 5 juli vergelijkbaar met het referentie proefvak. Van beide percelen werd brak water afgevoerd. Na verhoging van het drainage-instelniveau vond een belangrijke verbetering van de kwaliteit van het afgevoerde water van plaats in het betreffende proefvak. Gedurende de rest van de meetperiode is zoet water afgevoerd. Bij hoge neerslag is grondwater afgevoerd van hogere kwaliteit dan het geïnfiltreerde water.

Het verhogen van de grondwaterstanden als gevolg van een hoger drainagepeil heeft theoretisch tot gevolg dat de kweldruk wordt verminderd. Daarnaast wordt in droge perioden zoet water in de bodem geïnfiltreerd. Deze factoren in combinatie met neerslag, leiden in principe tot een vergroting van de zoetwatervoorraad in de bodem. De verhoudingsgewijs goede kwaliteit van het afgevoerde water is een sterke aanwijzing dat dit proces daadwerkelijk optreedt.

4.8 Gewasopbrengst

Het effect van de maatregelen in de praktijkproef is tevens vastgesteld aan de hand van de totale agrarische productie per proefvak. Een duidelijk verschil in opbrengst van de verschillende proefvakken kan worden gerelateerd aan andere meetbare effecten, zoals grondwaterstanden, bodemvocht en het zoutgehalte in de bodem/grondwater. Op de proefpercelen wordt per seizoen het gewas/de teelt geroteerd.

In 2012 zijn op de proefpercelen pootaardappelen (Diamant) geteeld. Pootaardappelen worden geplant in een goed losgewerkte grond en groeien in aangeearde ruggen. Met name in de beginperiode van de groei is het van belang dat de grond vochtig wordt gehouden. Een droge grond kan leiden tot een grovere sortering van de oogst dan bij een vochtige grond, wat een nadelig effect op de opbrengst heeft. De groei van de verschillende delen van de aardappelplant gedurende het groeiseizoen verloopt in drie fasen (bron: www.kennisakker.nl):

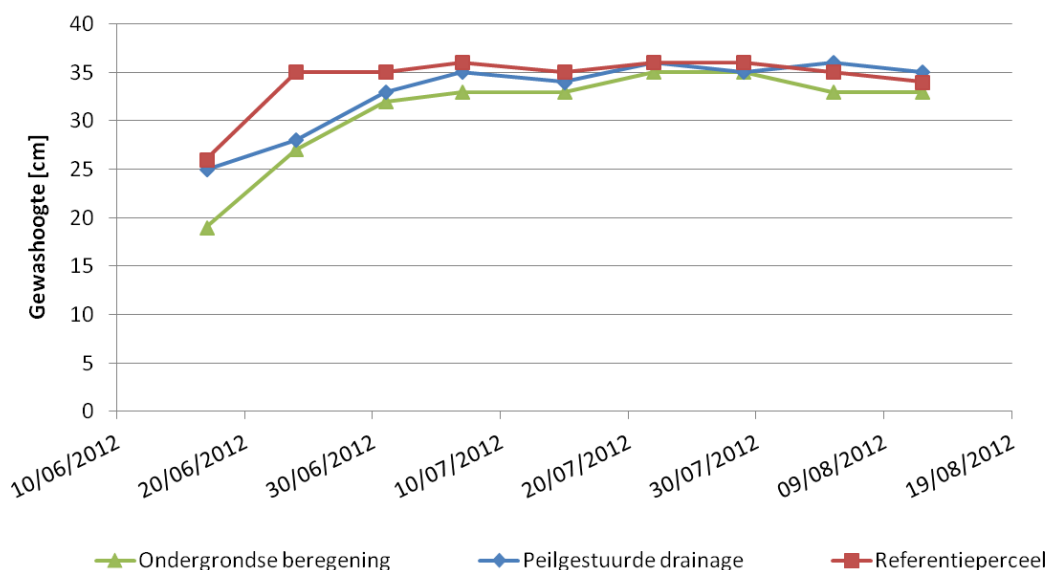
- de periode tussen poten en opkomst;
- de periode van loofgroei;
- de periode van knolgroei.

De laatste twee fasen overlappen elkaar gedeeltelijk: ook tijdens het eerste deel van de knolgroei vindt nog loofgroei plaats. Het verloop van het groeiseizoen 2012 op het proefperceel is geïllustreerd in Figuur 4.20 en Figuur 4.21.

Het groeipatroon wordt bepaald door onder andere temperatuur, daglengte, watervoorziening, lichtintensiteit, beschikbare voedingstoffen en plantdichtheid. De reactie op de verschillende factoren verschilt daarnaast per ras. De opbrengst van een oogst wordt, naast het totale gewicht van de oogst, sterk bepaald door de grootte en sortering van de (poot)aardappel. De opbrengst per kilogram neemt toe tot een bepaalde maximale grootte voor de pootaardappel. De opbrengst neemt bij overschrijding van deze maximale grootte niet verder toe. Daarnaast nemen de kosten toe naarmate het rooien verder wordt uitgesteld.



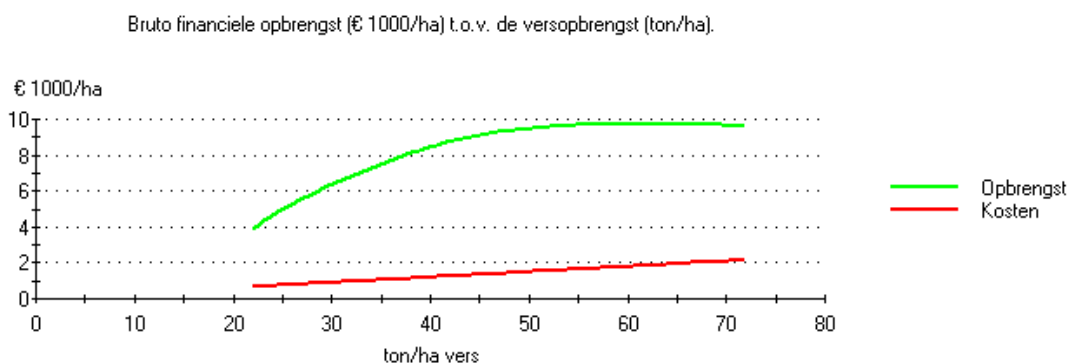
Figuur 4.20 Het verloop van het groeiseizoen. De aardappelen zijn gepoot op 21 april.



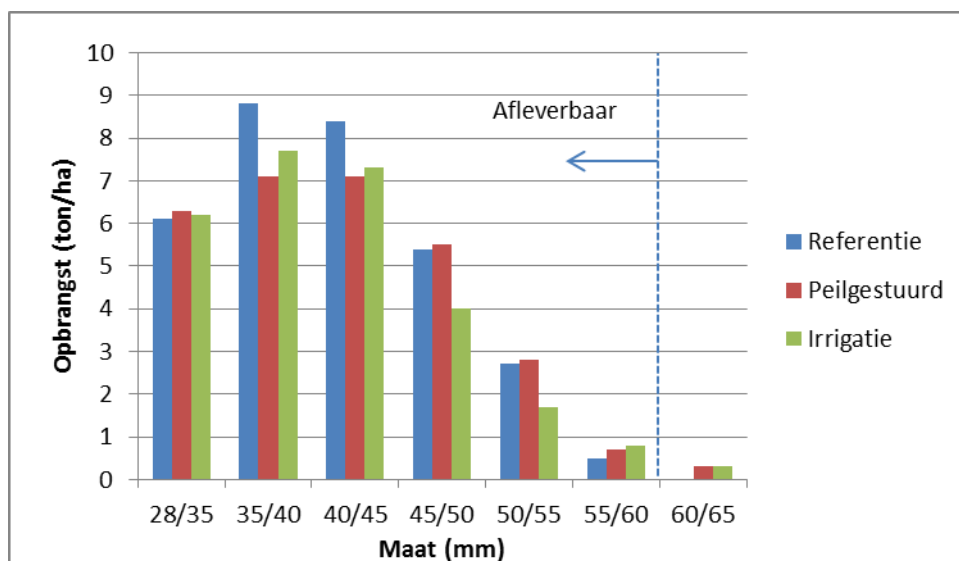
Figuur 4.21 Het verloop van het groeiseizoen. Boven is het verloop van de groei op verschillende momenten op foto vastgelegd op een vaste locatie. Onder is de gewashoogte op de verschillende proefvakken in de tijd weergegeven.

Resultaten

Het optimale moment van rooien kan worden vastgesteld aan de hand van proefrooiingen. Hierbij worden de gerooide aardappelen op grootte gesorteerd en de verdeling van de sortering vastgesteld. Met behulp van gespecialiseerde software wordt een voorspelling van de opbrengst gemaakt van de verdere ontwikkeling van de teelt voor de periode na de proefrooiing. Van deze software is gebruikgemaakt voor het vaststellen van de opbrengst van de teelt per proefvak. De sortering en de opbrengs per hectare van de proefrooiing van 13 september in de verschillende proefvakken is weergegeven in Figuur 4.22, Figuur 4.23 en tabel 4.2. Uit de resultaten van de proefrooiing blijkt dat het groeiseizoen 2012 geen hogere opbrengst heeft opgeleverd op de proefvakken waar maatregelen zijn toegepast dan op het referentie proefvak.



Figuur 4.22 Toename van de oogst resulteert na enige tijd niet meer in een toename van de bruto opbrengst.



Figuur 4.23 Resultaten proefrooiing – opbrengst per hectare gesorteerd op grootte.

Tabel 4.4 Agrarische opbrengst per proefvak

Proefvak	Euro/ha	Ton/ha (afleverbaar)
Referentie	7782	31.9
peilopzet	6714	27.9
irrigatie	6256	26.8

Conclusie

Geconcludeerd wordt dat het toepassen van de maatregelen in het groeiseizoen 2012 niet heeft geleid tot een hogere gewasopbrengst. De maatregelen zijn in eerste instantie met name bedoeld om tijdens het voor de teelt belangrijke (en relatief korte) periode de bodem voldoende vochtig te houden. Het effect van de maatregelen zal derhalve met name zichtbaar zijn wanneer sprake is van droogte tijdens deze cruciale groeifase. Het bovengemiddeld natte groeiseizoen 2012 heeft derhalve niet tot heeft geleid tot een representatieve vergelijking van de effecten van maatregelen op de gewasopbrengst.

4.9 Overige waarnemingen

Duurzaam bodembeheer wordt door Vaalburg vof reeds langere tijd integraal toegepast op het perceel. De effecten hiervan zijn niet vergeleken met een referentiesituatie waarbij deze vormen van bodembeheer niet worden toegepast, gezien de benodigde aanpassingstijd van de bodem aan gewijzigde omstandigheden.

Duurzaam bodembeheer wordt onder andere toegepast door gebruik van breedsporende tractoren en van GPS voorziene machines voor het gebruik van vaste rijpaden. Hierdoor wordt de natuurlijke bodemstructuur beschermd. Tijdens de proefgiften met het irrigatiesysteem is in het veld waargenomen dat water als gevolg van het aanvoerdebiet onder hoge druk uit de drip-leidingen werd geperst. Op verschillende locaties is waargenomen dat water boven het maaiveld uitkwam. Opvallend was dat dit effect met name optrad op de (vaste) rijpaden, waar de grond is aangereden. Dit illustreert dat het gebruik van vaste rijpaden een duidelijk effect heeft op de bodemstructuur. Tussen de rijpaden is duidelijk sprake van een lossere bodemstructuur.

5. Discussie

5.1 Algemeen

De hiervoor gepresenteerde onderzoeksresultaten hebben tot doel om het effect van duurzaam agrarisch bodem- en waterbeheer vast te stellen. In dit hoofdstuk wordt geëvalueerd welke conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot het effect van de toegepaste maatregelen op:

- Vochtgehalte en grondwaterstanden in de bodem.
- Waterafvoer van de percelen.
- Kwaliteit van het naar watergangen afgevoerde water.
- Extern agrarisch watergebruik (door onttrekking uit watergangen naar irrigatiesysteem).
- Agrarische productie/opbrengst.

5.2 Vochtgehalte en grondwaterstanden in de bodem

Bodemvocht is een bepalende factor voor de ontwikkeling van gewassen, met name het deel dat voor de wortels beschikbaar is. Toepassing van drip-irrigatie en peilverhoging moeten leiden tot een betere regulering van het bodemvocht. De gedachte van ondergrondse drip-irrigatie is om het bodemvocht direct te reguleren door gedoseerde aanvoer van water. Peilopzet heeft tot gevolg dat de grondwaterstanden worden verhoogd. Dit leidt in principe indirect (via capillaire werking) tot een hoger voor planten beschikbaar vochtgehalte. Door het vochtbergend vermogen van de bodem komt hierdoor ook in droge perioden meer vocht beschikbaar in de bodem.

Irrigatie bleek als gevolg van de natte omstandigheden in het groeiseizoen 2012 niet noodzakelijk. Tijdens de uitgevoerde proefgiften met het irrigatiesysteem is een hoog aanvoerdebiet gehanteerd. De wateraanvoer leidde tot een stijging van de grondwaterstanden en een toename van de afvoer van grondwater via de drainage. Het aangevoerde water kwam niet volledig ten goede aan het bodemvocht in het bovenste deel van het bodemprofiel. Om de effecten van drip-irrigatie op het bodemvocht vast te stellen is een herhaling van de proefgiften met een juiste dosering van de wateraanvoer wenselijk. De natte omstandigheden in 2012 stonden verdere wateraanvoer echter niet toe.

Verhoging van het instelniveau van het DI-systeem had een meetbaar effect op de grondwaterstanden, waarbij het effect het grootst was nabij de drains. De grondwaterstandverhoging ter plaatse van de drains was bijna gelijk aan de verhoging van het instelniveau. De verhoging had geen meetbaar effect op het bodemvocht aan de bovenzijde van het bodemprofiel.

Bodemvocht in het bovenste deel van de bodem is sterk afhankelijk van neerslag, zoals ook uit de metingen ook blijkt. In perioden van vochttekorten zou met behulp van de maatregelen het bodemvocht juist op peil gehouden moeten worden, waardoor een bepaalde productie zekerheid gehaald kan worden die zonder maatregelen niet mogelijk is. Dit effect zal zich met name manifesteren wanneer sprake is van een relatief droog groeiseizoen. Echter, als gevolg van bovengemiddeld natte omstandigheden in het groeiseizoen 2012 is een representatieve vergelijking van de effecten op het bodemvocht niet mogelijk.

5.3 Waterafvoer van de percelen

Op het referentieperceel bestaat de afvoer van grondwater via drainage in principe alleen uit geïnfiltreerd neerslagwater en kwel van grotere diepten. In de proefvakken met peilgestuurd DI-systeem en ondergrondse irrigatie wordt aanvullend extern aangevoerd water aan het grondwatersysteem toegevoegd.

Op het referentie proefvak is gedurende de meetperiode 30% meer water afgevoerd dan de totale netto neerslag in deze periode. Dit geldt eveneens (in mindere mate) voor het drip-irrigatie proefvak. De hoge afvoer is naar verwachting het gevolg van opkwellend grondwater van grotere diepte.

Ter plaatse van het proefvak met het peilgestuurd DI-systeem is als gevolg van een hoger drainageniveau in totaal 45% minder grondwater afgevoerd dan van het referentie proefvak. Hieruit kan worden geconcludeerd (tijdelijke) peilverhoging in natte perioden leidt tot de berging van water in het perceel. Het hogere peil heeft geleid tot een kleinere aanvoer van water via kwel uit diepere pakketten. In dit gebied is sprake van zoute kwel. Het afnemen van de hoeveelheid kwel (proefvak peilgestuurd DI-systeem) heeft daarom een positief effect op de waterkwaliteit in de bodem.

De efficiëntie van de drip-irrigatie kan worden afgeleid uit het verlies van water via de drainage. De afvoer van het proefvak drip-irrigatie is hoger dan van het referentie proefvak. Er van uitgaand dat deze hogere afvoer het gevolg is de irrigatie bedraagt het irrigatieverlies circa 25%. De hoge aanvoer van de proefgiften met het irrigatiesysteem heeft geleid tot een hoog irrigatieverlies. Optimalisatie van het irrigatiesysteem is van belang voor de waterefficiëntie, waarbij het waterverlies teruggebracht moet worden tot minder dan 10%. Het meten van de afvoer is een belangrijk controlemiddel voor efficiënt irrigeren.

5.4 Kwaliteit van het naar watergangen afgevoerde water

Water dat van het referentieperceel is afgevoerd was nagenoeg over de gehele meetperiode brak. Het afgevoerde water is naar verwachting samengesteld uit zowel brakke kwel als geïnfiltreerd hemelwater. Eenduidige conclusies over veranderingen in kwaliteit tijdens perioden van neerslag kunnen niet getrokken worden.

Ter plaatse van het proefvak peilgestuurd DI-systeem was de kwaliteit voorafgaand aan peilopzet gelijk aan het referentie proefvak. In deze periode werd geen water geïnfiltreerd. Na peilopzet is in droge perioden zoet water in de bodem gebracht door middel van infiltratie. Het zoutgehalte van het tijdens perioden van neerslag afgevoerde water is duidelijk lager indien een hoger peil gehanteerd wordt. Dit kan verklaard worden door een combinatie van een afname van brakke kwel, de relatief goede kwaliteit van het geïnfiltreerde water en infiltrerend hemelwater. Het is onduidelijk in welke verhouding deze drie factoren bijdragen aan het lagere zoutgehalte. In totaal is tweemaal zoveel (zoet) water het perceel ingebracht dan is afgevoerd. Deze netto aanvoer van zoet water en de verwachte afname van brakke kwel hebben naar verwachting geleid tot een toename van de in de bodem opgeslagen zoetwatervoorraad.

Voor het proefvak drip-irrigatie kunnen geen uitspraken over de kwaliteit worden gedaan in verband een verstoorde meetreeks.

5.5 Extern agrarisch waterverbruik

Dripirrigatie

Het toepassen van ondergrondse drip-irrigatie heeft tot doel om het extern agrarisch waterverbruik te verminderen. Door water toe te voegen aan de bodem waar het door de plant nodig is, kan met behulp van drip-irrigatie een grote waterbesparing worden gerealiseerd. Dit is met name in droge perioden van belang, omdat de watervraag dan relatief groot is. Door grootschalige toepassing van deze (ondergrondse) drip-irrigatie kan de watervraag in droge perioden daarmee beheersbaar gemaakt worden, terwijl agrarische productie wordt gewaarborgd. Uitspraken over de potentiële waterbesparing bij toepassing van deze maatregel kunnen pas gedaan worden na afloop van een droog groeiseizoen, wanneer er sprake is van irrigatiebehoefte voor agrarische productie.

Peilopzet

Het peilgestuurd DI-systeem heeft niet het directe doel om het agrarisch waterverbruik te verminderen. Indirect kan deze maatregel in droge perioden wel invloed hebben op de mate waarin agrarische bedrijven afhankelijk zijn van de externe aanvoer van water tijdens droge perioden. Het waterschap vermoedt dat het gebruik van peilvariaties kan worden ingezet om bijvoorbeeld zoet water in het gebied vast te houden. Dit biedt mogelijkheden om hiermee het gebied en het agrarisch bedrijf in grotere mate onafhankelijk te maken van gebiedsvreemd water tijdens droge perioden (het inlaten van gebiedsvreemd water).

De peilopzet leidt in directe zin tot een toename van extern waterverbruik. De verhoging van het instelniveau van het DI-systeem heeft geleid tot de opslag van zoet water in de bodem. Of dit daadwerkelijk leidt tot betere groeiomstandigheden en daarmee een verminderde afhankelijkheid van extern water kan als gevolg van de natte omstandigheden tijdens het groeiseizoen niet worden vastgesteld. In een mogelijk vervolg van de praktijkproef kan hier specifiek aandacht aan worden geschonken.

Opgemerkt moet worden dat in deze proef extern water van goede kwaliteit is aangevoerd voor infiltratie. Indien deze toepassing opgeschaald en in praktijk gebracht wordt, zal een vergelijking van de grondwaterkwaliteit in verhouding tot de oppervlaktewaterkwaliteit voor het toepassingsgebied in beeld gebracht moeten worden. Een combinatie van gerichte metingen op een select aantal locaties en een modelmatige benadering voor gebiedsdekkend inzicht kunnen hiertoe worden ingezet.

5.6 Agrarische productie en opbrengst

Verwacht wordt dat optimaal beheer van bodem- en water leidt tot een verbetering van de agrarische opbrengst. Verschillen in agrarische opbrengst zouden moeten optreden tussen de verschillende proefvakken.

Uit de proefrooiingen, aan de hand waarvan de agrarische productie is bepaald, kwam geen eenduidig beeld naar voren dat de maatregelen hebben geleid tot een hogere opbrengst. De opbrengst wordt in sterke mate bepaald door het vochtgehalte in het bovenste deel van de bodem. Bodemvocht in het bovenste deel van de bodem is sterk afhankelijk van neerslag, zoals uit de metingen ook blijkt. Geconstateerd is dat de maatregelen in het natte seizoen geen structureel effect op het bodemvocht hebben gehad. Verwacht wordt dat verschillen in de agrarische opbrengst als gevolg van de toegepaste maatregelen zich vooral zullen manifesteren in een droog groeiseizoen. Geconcludeerd wordt dat dit bovengemiddeld natte groeiseizoen niet tot heeft geleid tot een representatieve vergelijking van de effecten van maatregelen op de agrarische productie.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Algemeen

Het hoofddoel van de praktijkproef was om het effect van duurzaam agrarisch bodem- en waterbeheer op perceelschaal op het bodem- en (grond)watersysteem, agrarisch waterverbruik en de agrarische productie vast te stellen. Op het proefperceel in polder De Schermer zijn hiertoe twee waterbeheer maatregelen toegepast: ondergrondse drip-irrigatie (druppelbevloeiing) en een peilgestuurd drainage-infiltratiesysteem (DI-systeem). Om vergelijking van de effecten mogelijk te maken is op een deel van het proefperceel de ongewijzigde (referentie)situatie gehandhaafd.

Op het gehele proefperceel is integraal duurzaam bodembeheer toegepast. Evenals voorgaande jaren is dit toegepast in de vorm van niet-kerende grondbewerking en compostering en hergebruik van agrarische meststoffen. Een vergelijking met een referentiesituatie was hierbij niet mogelijk, aangezien het enkele seizoenen duurt voor de bodem om zich aan te passen aan gewijzigde omstandigheden.

Uit gegevens van het KNMI blijkt dat het groeiseizoen 2012 bovengemiddeld nat was. De toegepaste maatregelen zijn met name gericht op het reguleren van het bodemvocht. De verwachting is dat de belangrijkste meetbare effecten zullen optreden in droge perioden. Het groeiseizoen 2012 was derhalve niet representatief voor het vaststellen van de beoogde resultaten.

Maatregelen

Met drip-irrigatie kan een waterbesparing van 30-50% worden gerealiseerd ten opzichte van meer traditionele vormen van beregening. Daarnaast bestaat de optie op gedoseerd meststoffen aan te voeren (fertigatie) waar de plant het nodig heeft, waarmee minder meststoffen op het perceel worden gebracht (niet toegepast in deze proef). Het ondergronds aanbrengen heeft als bijkomend voordeel dat het systeem niet verwijderd hoeft te worden voorafgaand aan de oogst. Daarnaast wordt met ondergrondse toepassing de levensduur verhoogd van drie tot 20 jaar ten opzicht van drip-irrigatie aan het maaiveld (surface drip-irrigatie).

Door de natte omstandigheden tijdens de proef was irrigatie niet noodzakelijk. Om het irrigatiesysteem te testen zijn wel enkele proefgiften uitgevoerd. Tijdens de proefgiften bleek dat de aanvoer moeilijk te doseren was. Dit leidde tot een irrigatieverlies van circa 30%. Een herhalingstest met een meer gedoseerde aanvoer is niet toegepast, aangezien door de natte omstandigheden een extra aanvoer van water niet wenselijk was. Hierdoor kunnen geen conclusies worden getrokken met betrekking tot de effecten van drip-irrigatie op waterverbruik, het grondwatersysteem en de agrarische opbrengst. Daarnaast moet bij installatie van een ondergronds systeem met rekening worden gehouden met een herstelperiode van de bodem. Ondergrondse dip-irrigatie is afhankelijk van opwaartse beweging van bodemvocht door capillaire werking. Na aanleg duurt het één tot enkele jaren voordat de oorspronkelijke bodemstructuur hersteld is.

Met een peilgestuurd DI-systeem wordt de grondwaterstand gereguleerd op een door de gebruiker vastgesteld niveau. In natte perioden wordt water afgevoerd en in droge perioden wordt water geïnfiltreerd. Het verhogen van het instelniveau met 19 cm had, naast een stijging van de grondwaterstanden, tot gevolg dat tweemaal minder water werd afgevoerd dan van het referentie proefvak.

Daarnaast was de kwaliteit van het afgevoerde water aanzienlijk beter. Na afloop van de peilverhoging werd van het proefvak enkel zoet water afgevoerd. In het referentieproefvak was het drainagewater gedurende vrijwel de gehele meetperiode brak. Dit wordt verklaard doordat de verhoging van de grondwaterstanden resulteert in een verminderde aanvoer van brakke kwel.

Als gevolg van de hogere kwaliteit van het drainagewater is de zoutbelasting op het oppervlaktewater aanzienlijk minder. Infiltratie van zoet grondwater in natte perioden en een verhoogd drainageniveau leiden effectief tot de opslag van zoet water in de bodem.

De effecten van het verhogen van het instelniveau van het peilgestuurd DI-systeem zijn vergelijkbaar met de effecten van het opzetten van het oppervlaktewaterpeil langs percelen waar drainage aanwezig is. Indien de drainage onder water komt te staan is in natte perioden het ontwateringsniveau gelijk aan het slootpeil. In droge perioden wordt via de drains slootwater geïnfiltreerd. Een belangrijk aspect van infiltreren van oppervlaktewater is de kwaliteit van het geïnfiltreerde water. Voor behoud van de grondwaterkwaliteit moet de kwaliteit van het oppervlaktewater minimaal gelijk zijn aan de kwaliteit van het (ondiepe) grondwater.

Als gevolg van de bovengemiddeld natte omstandigheden gedurende het groeiseizoen 2012 kunnen geen conclusies worden getrokken met betrekking tot het effect van het peilgestuurde DI-systeem op het bodemvocht en de agrarische opbrengst.

Ondergrondse druppelbevloeiing is vooral geschikt voor een kleiige ondergrond, gezien de beperkte benodigde diepte van landbewerking (omploegen). Voor zowel het peilgestuurd DI-systeem als de druppelbevloeiing is het van belang dat voldoende zoet (oppervlakte)water beschikbaar is. De grondslag in polder de Schermer is representatief voor een groot deel van laag Nederland. Voor toepassing van de hier beschreven maatregelen in overige delen van Nederland dient rekening gehouden te worden met de diepte van grondbewerking en de nabijheid van zoet (oppervlakte)water voor infiltratie en irrigatie.

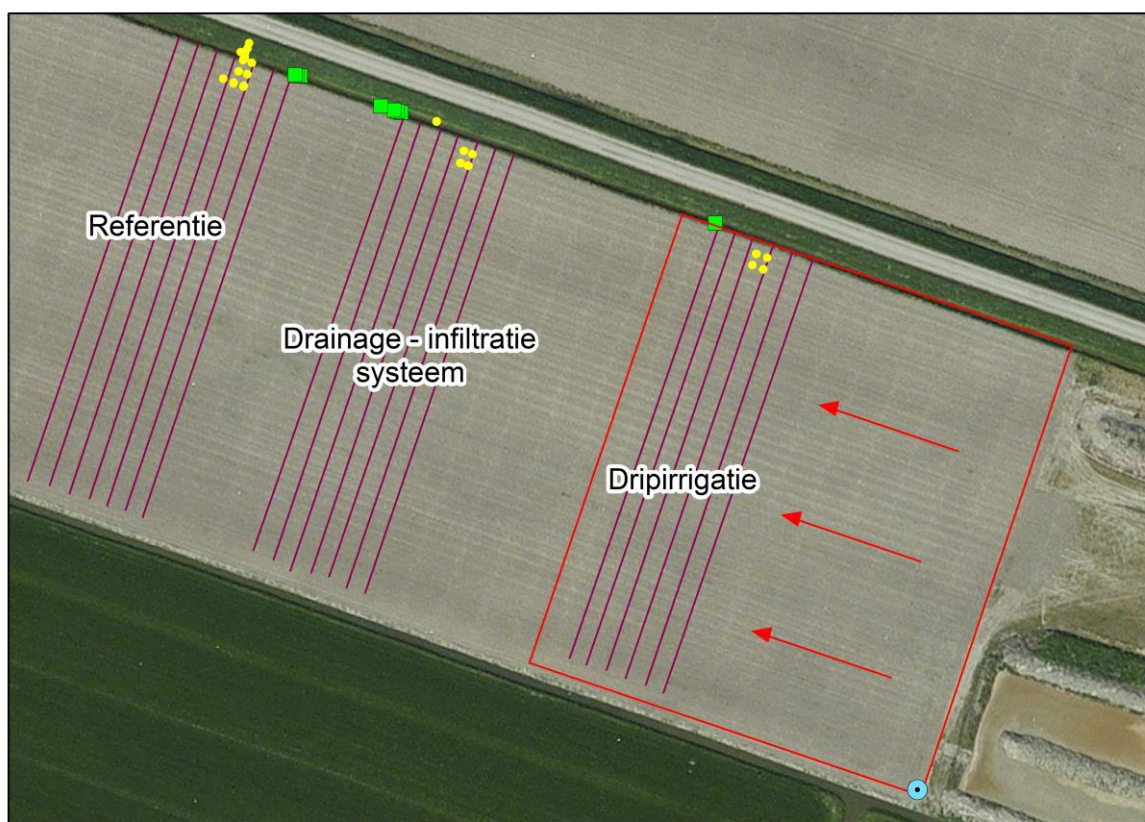
6.2 Aanbevelingen

Met het inrichten van het proefperceel is in 2012 een grote investering gedaan. Nu de basisinvestering achter de rug is, kunnen met de bestaande proefopstelling relatief eenvoudig en met een beperkte aanvullende investering vervolgprojecten worden uitgevoerd. Aangezien het effect van de maatregelen met name zichtbaar moet worden in droge perioden, wordt geadviseerd de proef met enkele seizoenen te verlengen. Hiermee wordt de mogelijkheid gecreëerd om de effecten ook in een droog seizoen te bepalen en een zinvolle vergelijking tussen verschillende groeiseizoenen mogelijk te maken.

Met betrekking tot het toepassen van periodieke (tijdelijke) peilverhoging in oppervlaktewater is het van belang de kwaliteit van het oppervlaktewater rondom gedraineerde percelen te kennen en te vergelijken met de ondiepe grondwaterkwaliteit in het perceel. Het infiltreren van oppervlaktewater van mindere kwaliteit kan hiermee voorkomen worden. Het verdient aanbeveling de kwaliteit(verschillen) systematisch in beeld te brengen voordat deze vorm van peilbeheer grootschalig wordt toegepast.

Zowel het toepassen van drip-irrigatie als het peilgestuurd DI-systeem beïnvloedt uitspoeling van nutriënten en de nutriëntenlast voor het oppervlaktewater. De proefopzet leent zich goed om een meetopstelling in te richten waarmee de invloed van de maatregelen op uitspoeling van nutriënten kan worden vastgesteld. Het verdient aanbeveling om bij verlenging van de praktijkproef de meetopstelling hiermee uit te breiden.

Bijlage 1 – Inrichting proefperceel



0 25 50 100
Meter

Legenda

- Drains aangesloten op verzameldrain
- Peilbuizen
- Containers
- Toepassingsgebied dripirrigatie en orientatie leidingen
- Pomp dripirrigatie

Bijlage 1 Inrichting proefvakken

Formaat: A4 Schaal: 1:1500 Datum: 28-01-2013



Bijlage 2 – Meetapparatuur

Bijlage 2 - Meetapparatuur

Neerslag en verdamping

Neerslag kent een sterke ruimtelijke variatie. Er is daarom in elke polder nabij de meetpercelen een regenmeter geplaatst. Er is gebruik gemaakt van de e+ RAIN datalogger met kunststof regenmeter van Eijkelkamp (zie figuur 1). Er is gemeten met een frequentie van 10 minuten waarbij de neerslagsom wordt opgeslagen.

De regenmeter werkt volgens de 'tipping bucket' methode die 1 puls geeft per 0.2 mm. De regenmeter heeft een oppervlak van 507 cm² en een hoogte van 34 cm. De regenmeter is op een standaard geplaatst, zodat de hoogte van de opening op ongeveer 1 meter boven maaiveld is.

Voor de verdamping is aangenomen dat de ruimtelijke variatie minder sterk is. Voor de verdampings-waarden is gebruik gemaakt van de metingen van nabij gelegen neerslagstations van het KNMI.



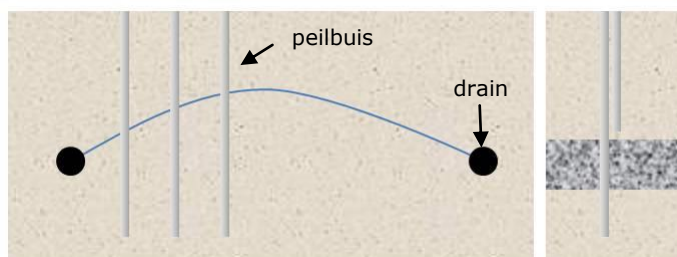
Figuur 1 Regenmeter (tipping-bucket)

Grondwaterstanden

De grondwaterstand geeft inzicht in bodemeigenschappen en de processen in de ondergrond. Van belang is de ruimtelijke variatie in de grondwaterstand (bijvoorbeeld opbolling tussen drains) en de temporele variatie (reactie op neerslag en verdamping).

Grondwaterstanden worden gemeten door het plaatsen van peilbuizen met een filter op de gewenste diepte. In deze peilbuizen kan vervolgens een Diver worden gehangen voor automatische metingen of er kan met regelmaat een handmeting worden uitgevoerd.

De variatie van de grondwaterstand tussen ontwateringsmiddelen wordt gemeten door de locaties van de peilbuizen op regelmatige afstanden tussen drains/greppels of vanaf een watergang te kiezen. Gegevens over stijghoogteverschillen tussen twee lagen worden verkregen door peilbuizen op verschillende diepten te plaatsen.



Figuur 2 Doorsnede meten grondwaterstand (links) en stijghoogteverschil (rechts).

Divers (automatische druk-, geleidbaarheid- en waterstandopnemers)

Voor de continue meting van (grond)waterstanden, EC waarden en temperatuur is gebruik gemaakt van Divers (Schlumberger). Deze divers meten met een bepaalde ingestelde frequentie en slaan dit op. Met behulp van een kabel en laptop kunnen de divers in het veld worden uitgelezen (figuur 3). Er zijn verschillende type divers toegepast.

Micro- of Mini-diver

De Micro – of Mini-diver meet (water)druk en temperatuur. Voor de luchtdruk is de nauwkeurigheid ongeveer 0.05% van de volle uitslag en de resolutie 0.2 cm H₂O. Voor de temperatuur is de nauwkeurigheid 0.1 °C en de resolutie 0.01 °C. Er is gemeten met een meetfrequentie van 5 en/of 10 minuten. De Micro – of Mini-diver is gebruikt om grondwaterstanden te meten.

Divers waarmee de grondwaterstanden worden geregistreerd meten de totale druk van de waterkolom boven de sensor en de atmosferische druk. Om de druk van de waterkolom te bepalen, moet de gemeten totale druk worden gecompenseerd voor de atmosferische druk. De atmosferische druk wordt gemeten met behulp van een Baro-Diver. De (gecompenseerde druk van de waterkolom wordt vervolgens omgerekend naar een grondwaterstand ten opzicht van een referentieniveau, bijvoorbeeld NAP.

Baro-Diver

De Baro-Diver meet (lucht)druk en temperatuur. Voor de luchtdruk is de nauwkeurigheid ongeveer 0.3% van de volle uitslag en de resolutie 0.1 cm H₂O. Voor de temperatuur is de nauwkeurigheid 0.1 °C en de resolutie 0.01 °C. Er is gemeten met een meetfrequentie van 5 en/of 10 minuten. De Baro-diver is gebruikt om de gemeten waterdruk te compenseren voor de luchtdruk. De Baro-Diver is geïnstalleerd op een droge plaats nabij de andere divers.



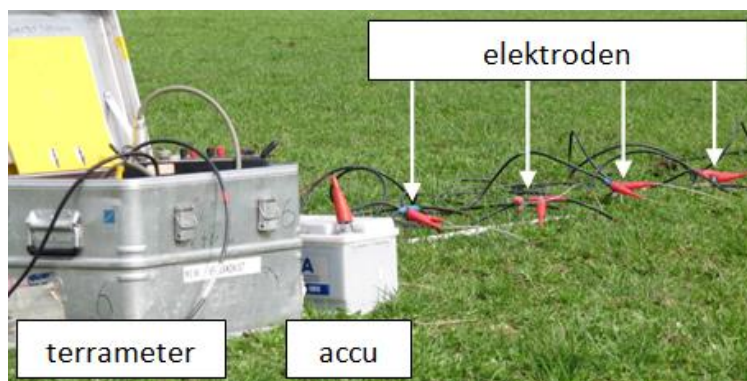
Figuur 3 Uitlezen Diver in het veld.

CTD-Diver

De CTD-Diver meet (water)druk, temperatuur en elektrische geleidbaarheid (EC). Voor de luchtdruk is de nauwkeurigheid ongeveer 0.1% van de volle uitslag en de resolutie 0.2 cm H₂O. Voor de temperatuur is de nauwkeurigheid 0.1°C en de resolutie 0.01°C. Voor de elektrische geleidbaarheid is de nauwkeurigheid 1% van de gemeten gegevens en de resolutie 0.1% van de gemeten gegevens. Er is gemeten met een meetfrequentie van 5 en/of 10 minuten. De CTD-Diver is voornamelijk gebruikt om de kwaliteit van af- en aangevoerd water te bepalen. Hiervoor is de CTD-Diver in de verzamelpunten van de afvoerdrains geplaatst.

CVES: Continuous Vertical Electrical Sounding

Een VES meting geeft een eendimensionaal beeld van de ondergrond. Voor een tweedimensionaal beeld van de ondergrond worden meerdere elektroden op rij geplaatst (figuur 4), een zogenaamde CVES meting (Continuous Vertical Electrical Sounding).



Figuur 4 Meetopstelling CVES

Metingen met de mogelijke elektrodencombinaties zijn uitgevoerd door een ABEM SAS4000 Terrameter. Hierdoor wordt de elektrische weerstand op meerdere diepten en locaties over de raai gemeten. De resolutie en penetratiediepte zijn afhankelijk van de gekozen profiellengte en de daarmee vastgelegde elektrodeafstand. Er kan gekozen worden voor verschillende configuraties. Gekozen is voor hoge resolutiemetingen met de zogenaamde de Schlumberger configuratie (ca. 750 metingen per profiel). Interpretatie door het softwarepakket RES2Dinv van GEOTOMO Software resulteert in een tweedimensionaal weerstandsbeeld van de ondergrond.

Debietregistratie

Het afvoerdebiet van drainage is per perceel geregistreerd met behulp van een Itron debietmeter. Daarnaast zijn de aanvoer van water voor infiltratie voor peilgestuurde drainage en drip-irrigatie gemeten. Het debiet is met behulp van de Itron Cyble Sensor omgezet naar een elektronisch en opgeslagen. De meetresultaten worden vervolgens online beschikbaar gesteld met behulp van telemetrie.



Figuur 5 Debietregistratie met behulp van debietmeter en Cyble Sensor

Vochtmeters

Het bodemvocht is op het proefperceel gemeten met behulp van de probes ontwikkeld door de Vrije Universiteit Amsterdam. De sensor is uitgerust met twee meetpennen die eenvoudig in de grond kunnen worden geprikt. De meetdata zijn opgeslagen met behulp van een datalogger. Het meetbereik is 0 tot 100%

Telemetrie

Actuele meetgegevens zijn door middel van telemetrie verstuurd en vervolgens op een website gepubliceerd (zie www.ecoboeren.com). De gegevens zijn gebruikt ter ondersteuning van beslissingen over het draineren of infiltreren van water via de drains en/of het inschakelen van ondergrondse druppelirrigatie.

Bijlage 3 – Regelunits

Bijlage 3 - Regelunits

Het proefperceel is ingericht met diverse meet- en regelunits, gericht op aan- en afvoerregistratie en beheersing. De inrichting en werking van de opstelling wordt in deze bijlage per proefvak besproken.

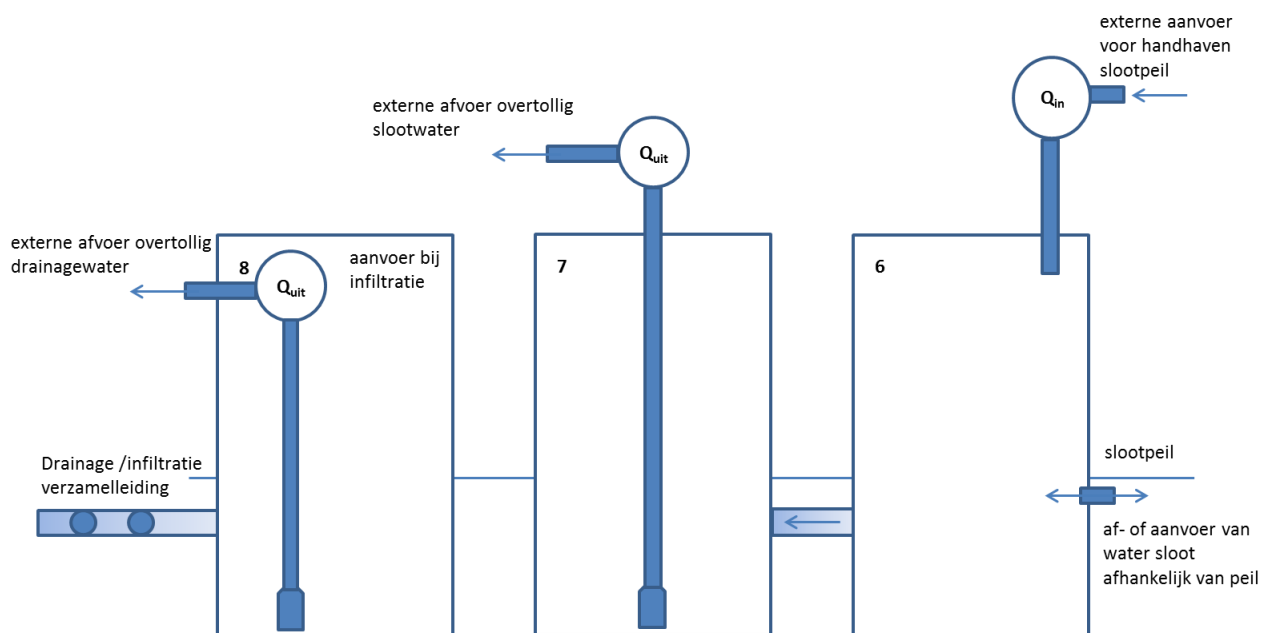
Referentie proefvak

In de sloot langs het referentieproefvak is een vast peil gehanteerd. Dit is gedaan om een goede referentiesituatie te krijgen en vergelijking mogelijk te maken met de effecten van peilgestuurde drainage en peilopzet in het naastgelegen proefvak. Hiertoe is het slootsegment langs het proefvak afgesloten (gecompartimenteerd) met schotten (rijplaten). Om afvoer van het bovenstroomse deel van de sloot mogelijk te maken is een kortsluiting tussen het bovenstroomse en benedenstroomse deel aangelegd met behulp van een blinde leiding.

In het afgesloten segment van de sloot wordt het peil continu geregistreerd. Bij peilverhoging (bijvoorbeeld als gevolg van neerslag) wordt water uit het afgesloten segment weggepompt. Bij peilverlaging (bijvoorbeeld in droge perioden) wordt water extern aangevoerd vanaf het centrale aanvoerpunt (container 5, zie hieronder). Daarnaast wordt de afvoer van drainagewater van dit proefvak geregistreerd. De aan en afvoer wordt geregistreerd met behulp van debietmeters. De opstelling van deze regelunit is schematisch weergegeven in figuur 1.

De functionaliteit van de containers is als volgt:

- Container 8: Verzamelpunt van via de verzameldrein afgevoerd drainagewater. Dit water wordt uit de container gepompt en afgevoerd naar het niet gecompartmenteerde deel van de sloot. Het debiet wordt geregistreerd.
- Container 6: Deze container staat via een pijp direct in verbinding met de sloot. In droge perioden wordt extern water aangevoerd naar deze container.
- Container 7: Water uit container 6 kan doorstromen naar container 7. Bij een hoog peil wordt water uit deze container afgevoerd naar een niet gecompartmenteerd deel van de sloot. Het debiet wordt geregistreerd.



Figuur 1. Meet- en regelunit referentie proefvak.



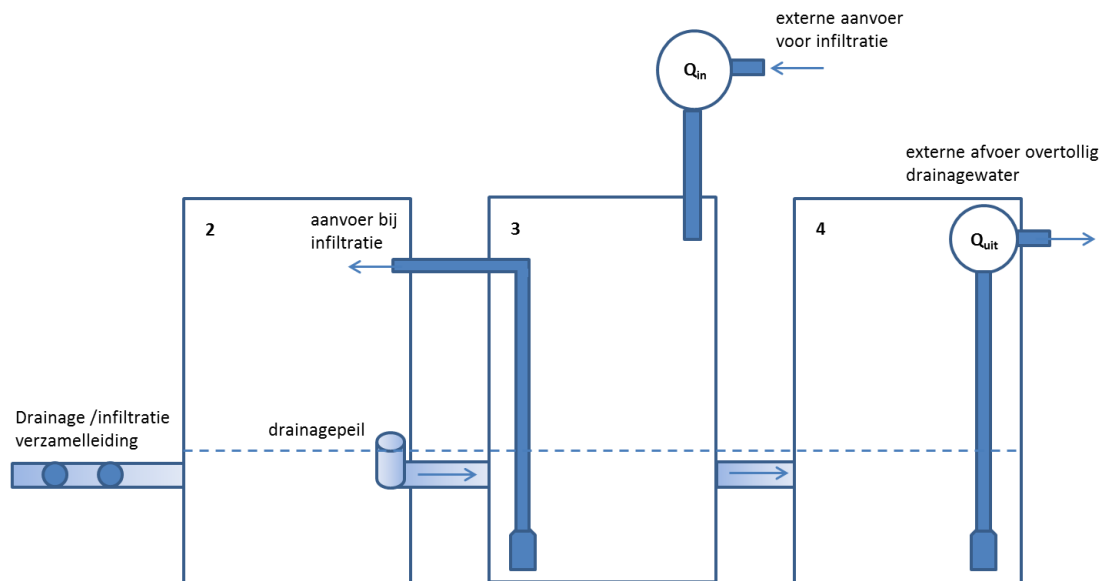
Figuur 2. De drains zijn aangesloten op een verzameldrain en de sloot is gecompartmenteerd ter plaatse van het referentie proefvak.

Peilgestuurd drainage-infiltratiesysteem

In het toegepaste DI-systeem vindt in natte perioden afvoer van grondwater plaats en in droge perioden aanvoer en infiltratie van extern aangevoerd water. Het instelniveau van het peilbestuurde DI-systeem kan door de gebruiker worden bepaald. In deze proef is voor het reguleren van het instelniveau gebruik gemaakt van een zogenaamd opzetstuk: een pvc knie, aangesloten op de afvoerleiding. Door de knie draaien wordt het drainage/infiltratieniveau aangepast. Zowel de door drainage afgevoerde hoeveelheid water als de aangevoerde hoeveelheid water is geregistreerd.

Om dit te bewerkstelligen zijn drie containers ingericht (figuur 3):

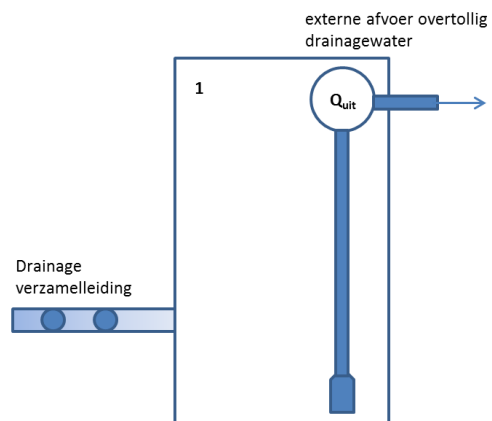
- Container 2: In deze container wordt het drainagewater in natte perioden verzameld. Het drainagewater wordt doorgevoerd naar container 3, waarbij het overloopniveau kan worden ingesteld (het instelniveau). Extern aangevoerd water vanuit container 3 wordt in droge perioden via de verzamelleiding het veld ingelaten.
- Container 3: In droge perioden wordt in deze container extern water aangevoerd, dat vervolgens naar container 2 wordt gepompt. Het aanvoerdebiet wordt geregistreerd. In natte perioden stroomt overtollig drainagewater naar container 4.
- Container 4: Aangevoerd drainagewater wordt uit deze container de sloot in gepompt. Het afvoerdebiet wordt geregistreerd.



Figuur 3 Meet- en regelunit proefvak peilgestuurd DI-systeem.

Afvoermeting drip-irrigatie

Voor het ondergrondse irrigatiesysteem is een aparte aanvoer gerealiseerd, welke in het hoofddocument is geïllustreerd. Het drainagewater van dit proefvak wordt via een verzamelleiding naar container 1 toe geleid. Het drainagewater wordt hiervandaan de sloot in gepompt. Het afvoerdebiet wordt geregistreerd.



Figuur 4 Meetlunit proefvak drip-irrigatie.

Bijlage 4 – Referenties

Bijlage 4 - Referenties

Acacia Water (2011). SKB Project-voorstel: Alternatieve vormen van duurzaam bodemgebruik en waterbeheer door en voor agrariërs, kenmerk: F20110365.

F. Loman (2010). De mogelijkheden van samengestelde peilgestuurde drainage, Akkermagazine: Nr.7 juli 2010.

Naudin-Ten Cate, R. ; Tjooitink, T. ,Wentink, M. (2000). Cultuurtechnisch Vademecum : handboek voor inrichting en beheer van land, water en milieu.

KNMI (2011) Neerslagstatistiek.

<http://www.knmi.nl/klimatologie/achtergrondinformatie/neerslagstatistiek.pdf>

STOWA (2012) Meer water met regelbare drainage?, STOWA 2012-33