



# Vergelijking tussen emissieloze teelt op steenwol en kokos

Watefficiënte Emissieloze Kas

Erik van Os<sup>1</sup>, Jim van Ruijven<sup>1</sup>, Jan Janse<sup>1</sup>, Ellen Beerling<sup>1</sup>, Marieke van der Staij<sup>1</sup>, Romain Leyh<sup>1</sup>, Chris Blok<sup>1</sup> en Ruud Kaarsemaker<sup>2</sup>

Rapport GTB-1416

1. Wageningen University & Research Business Unit Glastuinbouw, 2. Groen Agro Control

## Referaat

In het Platform Duurzame Glastuinbouw heeft de glastuinbouwsector met de landelijke overheid en andere partijen afgesproken toe te werken naar een (nagenoeg) nulmissie voor nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) in 2027. Voor een paprikateelt (Maranello) is een emissieloze teeltstrategie gedemonstreerd voor zowel een teelt op steenwol- als op kokossubstraat. Hiervoor is gebruik gemaakt van beschikbare technieken en strategieën, zoals ozonisatie voor ontsmetting van recirculatiewater en OpnameAnalyse voor sturing bemesting, en een nieuw ontwikkelde einde-teeltstrategie voor minimalisatie van afvoer van water, meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Op steenwol (28,1 kg/m<sup>2</sup>) werd een iets hogere productie gehaald dan op kokos (26,5 kg/m<sup>2</sup>), doordat vanaf de start de teelt op kokos niet generatief genoeg gestuurd is. De kwaliteit van de vruchten was op orde. Door een storing aan de apparatuur is tijdens de teelt water verloren gegaan (3,8% bij steenwol, 0,7% bij kokos), maar dit heeft niet significant bijgedragen aan het verlagen van de concentratie natrium in het recirculatiewater (belangrijkste reden in de praktijk om te lozen). Er zijn geen overige parameters in het water waargenomen die een negatieve invloed hebben gehad op de productiviteit.

## Abstract

The Dutch greenhouse horticultural sector has committed itself to reach a (practically) zero emission for nutrients and plant protection products at latest in 2027. A zero emission production strategy is demonstrated for the production of sweet pepper (Maranello) on either Rockwool and coco peat. Readily available technologies and strategies, like ozonation for disinfection of recirculation water and Uptake Analysis for control of nutrients, were combined to reach this goal, together with a newly developed strategy to minimise discharge of water, nutrients and plant protection products at the end-of-season crop change. Productivity on Rockwool substrate (28.1 kg/m<sup>2</sup>) was slightly higher than on coco peat (26.5 kg/m<sup>2</sup>), due to less generative steering on the coco peat substrate from the start of the cropping season. Quality of the fruits was good on both substrates. Technical failure of equipment caused overflow of drain tanks (3.8% on Rockwool, 0.7% on coco peat), but this did not significantly reduce the amount of sodium in the water (main reason for discharge). No other water quality parameters were observed that could have negatively influenced productivity.

## Rapportgegevens

Rapport GTB-1416

Projectnummer: 3742223400

DOI nummer: 10.18174/424122



## Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen University & Research BU Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

# Inhoud

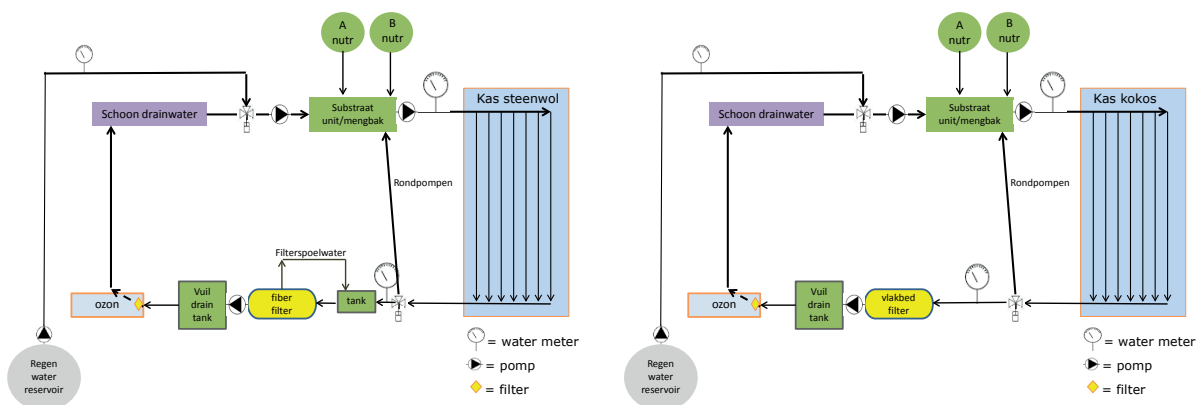
	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Aanleiding	7
	1.2 Doelen	7
	1.3 Onderzoeksvragen	8
	1.4 Betrokken bedrijven en financiers	8
	1.5 Begeleiding	8
<b>2</b>	<b>Teeltstrategie en proefopzet</b>	<b>9</b>
	2.1 Teeltstrategie	9
	2.1.1 Gietwater	10
	2.1.2 Irrigatiestrategie	10
	2.1.3 Bemestingsstrategie	11
	2.1.4 Filtratie	11
	2.1.5 Ontsmetting	11
	2.1.6 Gewasbescherming	12
	2.2 Proefopzet	12
	2.2.1 Plantmateriaal	13
	2.2.2 Substraat	13
	2.2.3 Klimaat, licht en CO <sub>2</sub>	14
	2.2.4 Sensoren EC, watergehalte en T in substraatmat	15
	2.2.5 Waarnemingen tijdens de teelt	15
	2.2.6 Strategie bij start teelt	15
	2.2.6.1 Steenwol	15
	2.2.6.2 Kokos	16
	2.2.7 Einde-teelt strategie	16
	2.2.7.1 Strategie	16
	2.2.7.2 Monstername	18
	2.2.7.3 Aanpassingen	18
	2.2.8 Opname-analyse	19
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>21</b>
	3.1 Productiemetingen	21
	3.2 Waterverbruik	22
	3.2.1 Waterverbruik tijdens de teelt	22
	3.2.2 EC, pH metingen	26
	3.2.3 Watergehaltemetingen met Grosens	27
	3.2.4 Transmissiewaarden drainwater	27
	3.2.5 Gewasbescherming	28
	3.3 Monitoren voedingsopname met Opname-analyse	29
	3.4 Einde-teeltstrategie	31
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>37</b>

<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>39</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>41</b>
	<b>Bijlage 1 Gewasbescherming</b>	<b>43</b>
	<b>Bijlage 2 Opname-analyse kokosafdeling</b>	<b>45</b>
	<b>Bijlage 3 Opname-analyse steenwolafdeling</b>	<b>47</b>
	<b>Bijlage 4 Bemonstering restant voedingsoplossing op gewasbeschermingsmiddelen</b>	<b>49</b>

# Samenvatting

In het Platform Duurzame Glastuinbouw heeft de glastuinbouwsector met de landelijke overheid en andere partijen afgesproken toe te werken naar een (nagenoeg) nulmissie voor nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) in 2027, om de kwaliteit van het oppervlaktewater in glastuinbouwgebieden te verbeteren. Voor veel gewassen zijn er in de praktijk nog grote stappen te zetten om dit doel te bereiken. In 2014-2015 is gestart met het project de Emissieloze Kas, waarin teeltstrategieën en technieken die nodig zijn om zonder lozingen te kunnen telen zijn getest en gedemonstreerd in een semi-praktijksituatie bij Wageningen University & Research in Bleiswijk, met teelt op steenwol. Er zijn in deze proeven geen negatieve gevolgen gevonden voor productie (kg, aantallen) en vruchtbaarheid als al het drainwater wordt hergebruikt (Van Os *et al.* 2016). Naast steenwol worden er in de praktijk ook andere substraten gebruikt voor het telen van vruchtgroente- en sierteeltgewassen, zoals kokos, veen, perliet of compost. Deze substraten kunnen andere knelpunten veroorzaken dan steenwol, doordat ze niet inert zijn en gedurende het teeltseizoen stoffen vastleggen of in het watersysteem brengen.

In teeltproeven in 2016 is voor paprika naast een nieuwe emissieloze teelt op steenwol ook een emissieloze teelt op kokossubstraat uitgevoerd. Hiervoor zijn praktijkrijpe (nieuwe) technieken en strategieën geïntegreerd toegepast, om lozingen te voorkomen, zowel tijdens de teelt als de teeltwisseling. De teelten zijn beoordeeld op productiviteit en waterverbruik. De strategie aan het einde van de teelt heeft extra aandacht gekregen, met als doel zo min mogelijk water, nutriënten en GBM de kas te laten verlaten met het afvoeren van het substraat en om zo min mogelijk water over te houden in de opslag om zo vers mogelijk een nieuwe teelt te kunnen starten. Door middel van een praktijknetwerk van telers is de opgedane kennis verspreid.



**Figuur S1** Overzicht van de waterstromen en gebruikte technieken bij teelt op steenwolsubstraat (links) en kokossubstraat (rechts).

Met de partners uit het project is een systeem opgebouwd waarin het water zo behandeld werd dat er geen water geloosd hoefde te worden. Vers water werd toegevoegd aan de substraatunit (Infa Techniek), waar meststoffen uit een kleine A- en B-bak werden toegevoegd, zodat de samenstelling snel gewisseld kon worden indien nodig. Het water werd met een ringleiding (Elektravon-Haket) rondgepompt om tot een gelijke samenstelling van de voeding te komen bij iedere druppelaar (Kameleon, 3 L/uur, Revaho) voordat de druk in de leiding werd verhoogd om water te geven. De paprikaplanten (Maranello, Enza Zaden; opgekweekt door Plantenkwekerij Van der Lugt) groeiden in steenwol (Grodan) en in kokossubstraat (Dutch Plantin). Het drainwater werd gefilterd met een 3 µm MT-IBA filter (Fiber Filtration; afdeling steenwol) of een 35 µm vlakbedfilter (Fiber Filtration, afdeling kokos), voordat het werd behandeld met een ozon-ontsmetter (Agrozone). Wekelijkse meststoffenanalyse van giet-, mat- en drainwater in combinatie met OpnameAnalyse (Groen Agro Control) hield de beschikbaarheid van meststoffen voor het gewas in de hand.

Het belangrijkste doel van dit project was om aan telers en adviseurs te laten zien dat emissieloos telen mogelijk is zonder verlies aan productie en kwaliteit. Het project toont aan dat vrijwel emissieloos telen zonder verlies van productie en productkwaliteit mogelijk is. De productie (28,1 kg/m<sup>2</sup> bij de steenwol en 26,5 kg/m<sup>2</sup> bij kokos) en kwaliteit waren goed en vergelijkbaar met de praktijk. Door technische storingen aan apparatuur moest enige emissie (overloop bassin, 3,8% van de gift op steenwol en 0,7% op kokos) worden toegelaten. Tijdens de teelt was het klimaat in beide substraatafdelingen nagenoeg gelijk. Het gewas op kokos groeide wat sneller en vegetatiever waardoor de productie iets lager was en het waterverbruik iets hoger was dan bij de teelt op steenwol.

Met de einde-teeltstrategie is de hoeveelheid restwater in de substraatmatten sterk verlaagd, naar een watergehalte van circa 20% en is bovendien de hoeveelheid stikstof verlaagd van 120 naar 40 mmol/m<sup>2</sup> en fosfor van 1,2 naar 0 mmol/m<sup>2</sup>. De hoeveelheid water in het irrigatiesysteem (dagvoorraad, substraatmatten, vuil draintank, schoon draintank) is verlaagd van 250 m<sup>3</sup>/ha naar 80 m<sup>3</sup>/ha. Hierdoor hoeft er bij de start van de nieuwe teelt minder drainwater uit de voorgaande teelt te worden bijgemengd. Indien lozing van het water noodzakelijk wordt geacht, wordt de hoeveelheid geloosde stikstof verlaagd van 36,8 kg N/ha/jaar, bij de teelt op steenwol, en naar 11,6 kg N/ha/jaar, bij de teelt op kokos, ten opzichte van een in de praktijk gebruikelijke einde-teeltstrategie.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het Platform Duurzame Glastuinbouw heeft de glastuinbouwsector met de landelijke overheid en andere partijen afgesproken toe te werken naar een (nagenoeg) nulmissie voor nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen in 2027. De waterkwaliteit in glastuinbouwgebieden is onvoldoende door overschrijdingen van de oppervlaktewaternormen voor stikstof, fosfaat en diverse gewasbeschermingsmiddelen. Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door lozingen door glastuinbouwbedrijven met substraatteelt. De mate waarin geloosd wordt varieert enorm: van nagenoeg nul tot duizenden m<sup>3</sup>/ha/jaar. Er is bijvoorbeeld een kennisachterstand bij potorchidee omdat daar nooit eerder is gerecirculeerd, terwijl recirculeren bij vruchtgroenten allang gebruikelijk is. Echter ook bij vruchtgroenten zien we grote verschillen tussen bedrijven die een zelfde type teeltsysteem en gewas hebben. Zo lozen de 20% van de komkommertelers met de hoogste emissie gemiddeld ruim 2000 m<sup>3</sup>/ha/jaar terwijl de 20% groep met de minste emissies gemiddeld op zo'n 130 m<sup>3</sup>/ha/jaar zitten. Bij andere gewassen zien we vergelijkbare verschillen (Beerling *et al.* 2014).

In 2014-2015 is gestart met het project de Emissieloze Kas, waarin teeltstrategieën en technieken die nodig zijn om zonder lozingen te kunnen telen zijn getest en gedemonstreerd in een semi-praktijksituatie bij Wageningen University & Research in Bleiswijk. Deze teelt werd vergeleken met een referentiateelt waarin binnen de huidige stikstofnormen is geloosd en het geloosde water werd gezuiverd. Gestart is met een herfstteelt komkommer, opgevolgd door een jaarronde teelt van paprika op steenwol. Er zijn in deze proeven geen negatieve gevolgen gevonden voor productie (kg, aantallen) en vruchtkwaliteit als al het drainwater wordt hergebruikt (Van Os *et al.* 2016). Er is geconcludeerd dat het door toepassen van slimme strategieën mogelijk is met beschikbare technieken een emissieloze teelt te bewerkstelligen, zonder verlies aan productie en kwaliteit.

Naast steenwol worden er in de praktijk ook andere substraten gebruikt voor het telen van vruchtgroente- en sierteeltgewassen, zoals kokos, veen, perliet of compost. Deze substraten kunnen andere knelpunten veroorzaken dan steenwol, doordat ze niet inert zijn en gedurende het teeltseizoen stoffen vastleggen of in het watersysteem brengen. Daarom is in 2016 een teeltproef uitgevoerd met paprika, waarin naast een herhaling van de emissieloze teelt op steenwol ook een emissieloze teelt op kokossubstraat is uitgevoerd.

## 1.2 Doelen

- Geïntegreerd toepassen, testen en demonstreren van (nieuwe) technieken en strategieën die een bijdrage leveren aan het volledig recirculeren in een emissieloze teelt op verschillende substraattypen, waarbij de teeltwisseling wordt meegenomen. Hierbij worden ook eventuele onbekende knelpunten bij het volledig recirculeren van de voedingsoplossing boven water gehaald.
- Vergelijken van de ontwikkelde strategieën voor de twee gekozen substraten (steenwol en kokos) en beoordelen op productiviteit en waterverbruik.
- Optimaliseren van de strategie aan het einde van de teelt, zodat zo min mogelijk water, nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen met het substraat de kas verlaten en de draintanks zo leeg mogelijk zijn voor de start van een nieuwe teelt.
- Demonstreren van de toegepaste technieken en strategieën aan telers, toeleveranciers, adviseurs, handhavers, beleidsmakers en anderen, en stimuleren van de discussie rond de mogelijkheden van volledig gesloten telen.

## 1.3 Onderzoeksvragen

Bovengenoemde doelen leiden tot de volgende onderzoeksvragen:

- Is het mogelijk om met gelijkblijvende productie en kwaliteit meerjarig paprika te telen als er inclusief de teeltwisseling tijdens de teelt niet geloosd wordt?
- Is het mogelijk om met gebufferd kokossubstraat met gelijkblijvende productie en kwaliteit paprika te telen als er tijdens de teelt niet geloosd wordt?
- Zijn er onbekende knelpunten die naar boven komen in de teelt bij volledig emissieloos telen?
- Hoe kan de teeltwisseling plaatsvinden zonder dat er water geloosd wordt, waarbij zo min mogelijk water en meststoffen via het substraat de kas verlaten?
- Hoeveel water en stikstof wordt er geloosd tijdens het bufferen van het kokossubstraat?
- Welke gevolgen heeft de keuze voor een kokossubstraat voor de uit te voeren strategie om emissieloos te kunnen telen?

## 1.4 Betrokken bedrijven en financiers

Het project is financieel mogelijk gemaakt dankzij bijdragen van Stowa (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, stimuleringsbudget emissiebeperking glastuinbouw), Stichting Hagelunie en van de volgende bedrijven:

- Grodan: Teeltkennis, irrigatiestrategie, levering steenwol en Grosens sensoren.
- Dutch Plantin: Teeltkennis, irrigatiestrategie, levering kokos.
- Agrozone: Tennis ontsmettingstechniek, levering ozon-installatie ontsmetting.
- Infa Techniek: Installatie kennis, levering bemestingsunits.
- Elektravon Haket: Installatie water- en elektrotechniek.
- Plntkwk. Van der Lugt: Opkweek plantmateriaal.
- Groen Agro Control: Teeltkennis, bemestingsstrategie met opname-analyse nutriënten.
- Fiber Filtration: Levering vlakbedfilter en microfilter.
- Brinkman: Toeleverancier.

## 1.5 Begeleiding

Het project is op drie verschillende niveaus begeleid:

- Technische commissie: bestaande uit Grodan, Dutch Plantin, Agrozone, Infa Techniek, Elektravon Haket, Groen Agro Control, Fiber Filtration. Rol: voorafgaande aan de proef de technische realisatie van beide teeltstrategieën bespreken en mogelijk maken en een eenmalige evaluatie tijdens de proef.
- BCO teeltbegeleiding: twee paprikatelers die telen op steenwol (H. van der Waal en S. Persoon) en een paprikateler die teelt op kokos (A. Klop), Groen Agro Control (R. Kaarsemaker), Grodan (E. Hempenius), Dutch Plantin (Wim Roosen) en de WUR teeltbegeleiders Johan van der Eijk en Jan Janse kwamen eerst iedere week (bij de start van de teelt), en vervolgens 1x per twee weken bij elkaar. De BCO had de taak ervoor te zorgen dat beide teelten (steenwol en kokos) optimaal verliepen, en eventuele knelpunten aan het gewas te signaleren en bij te sturen.
- Stuurgroep met alle betrokken bedrijven en financiers (zie 1.4) is drie keer bij elkaar gekomen gedurende het project. Rol was het gezamenlijk uitzetten van de aanpak van het project.

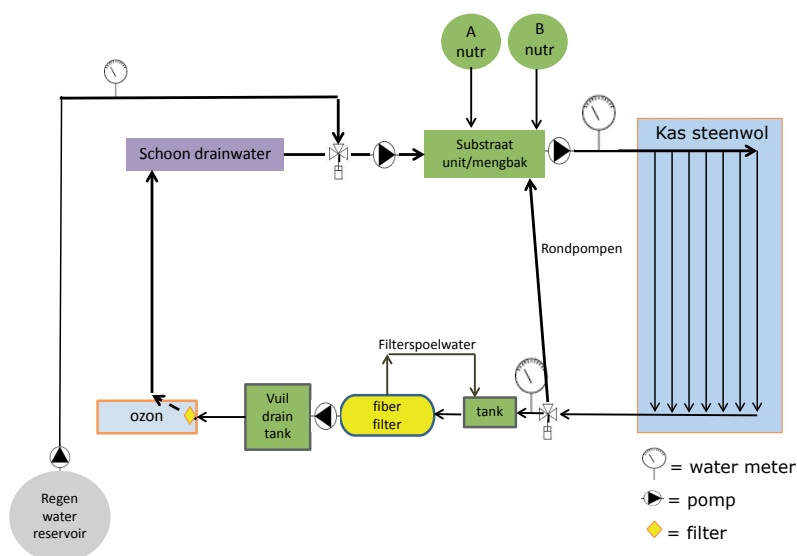


## 2 Teeltstrategie en proefopzet

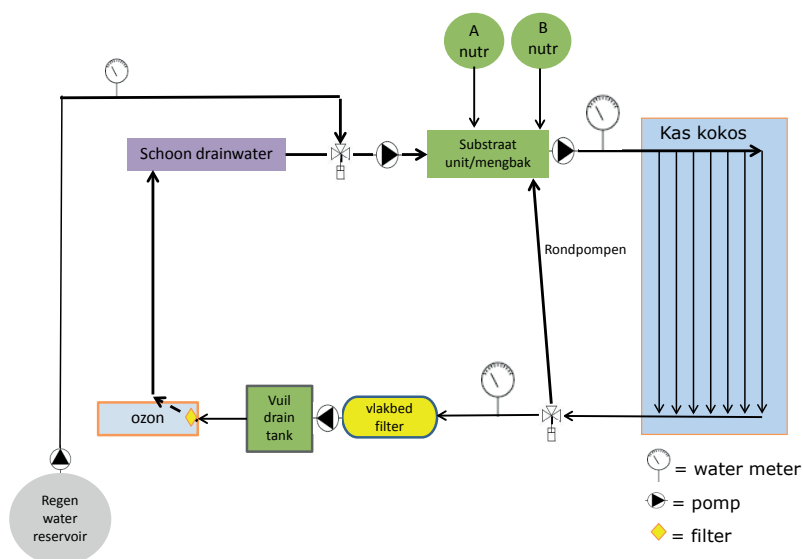
Voor de twee gekozen substraattypen (steenwol en kokos) is een andere strategie nodig om emissieloos te kunnen telen. De verschillen in strategie en de daarbij behorende verschillen in technische inrichting van het watersysteem worden hieronder toegelicht.

### 2.1 Teeltstrategie

In twee kasafdelingen zijn paprika's geteeld, waarbij in de ene kas op een kokossubstraat is geteeld en in de andere kas op steenwolsubstraat. Beide kassen hebben gescheiden waterstromen en worden apart gestuurd qua bemesting. Naast de verschillende teeltsubstraten, is het enige verschil tussen de twee systemen de filtratie van het drainwater. In de afdeling met steenwol wordt een fiber filter (Fiber Filtration) met een poriegrootte van 3  $\mu\text{m}$  gebruikt, waarbij het filterspoelwater wordt teruggevoerd naar het ongefilterde water om de grove delen daar te laten bezinken. In de afdeling met kokossubstraat wordt een vlakbedfilter met een poriegrootte van 30  $\mu\text{m}$  gebruikt. Het gefilterde materiaal wordt hier als steekvast afval afgevoerd en er is dus geen filterspoelwater. De verschillen in teeltstrategie worden in deze sectie besproken. De benodigde teeltstrategieën zijn in samenwerking met de partners (door)ontwikkeld. In beide teeltsystemen is gebruik gemaakt van voor de praktijk beschikbare technieken die voor een belangrijk deel geleverd zijn door de bij het onderzoek aangesloten bedrijven. Figuur 1 geeft een overzicht van de waterstromen en de technieken in het irrigatiesysteem van de teelt op steenwol; Figuur 2 voor de teelt op kokos.



**Figuur 1** Overzicht van de waterstromen en technieken teelt op steenwolsubstraat.



**Figuur 2** Overzicht van de waterstromen en technieken teelt op kokossubstraat.

In Tabel 1 zijn de belangrijkste verschillen weergegeven in de technische lay-out en strategie van de teelten.

**Tabel 1**

*Verschillen in techniek en strategie bij de teelten op steenwol en kokos.*

	Steenwolteelt	Kokosteelt	Paragraaf
Voorbehandeling substraat	Geen voorbehandeling	Bufferen en spoelen	2.2.6
Irrigatie	Meer kleine beurten per dag	Minder, grotere beurten per dag	2.1.1 en 2.1.2
Filtratie	Fiber filter 3 µm	Vlakbedfilter 35 µm	2.1.4
Einde teelt	Vanaf 6 weken voor einde teelt	--	2.2.7

### 2.1.1 Gietwater

Als gietwater is in beide systemen gebruik gemaakt van regenwater, aangevuld met bronwater behandeld met omgekeerde osmose (<0,1 mmol/L natrium). De ontsmetting die in het voorgaande teeltjaar op het verse gietwater is uitgevoerd is dit teeltjaar achterwege gelaten.

### 2.1.2 Irrigatiestrategie

In beide kasafdelingen is gebruik gemaakt van 16 mm Revaho druppelstrangen, in plaats van de gebruikelijke 25 mm. Dit beperkt de inhoud van het irrigatiesysteem, zodat rondpompen van de voedingsoplossing als voorbereiding op de volgende gietbeurt (van belang bij wisselingen in recept en toepassing van gewasbescherming via druppelmiddelen) sneller gaat en minder energie kost. Het rondpompen zorgt ervoor dat iedere plant op hetzelfde moment in de hele kas dezelfde voedingsoplossing krijgt toegediend. De druppelleidingen zijn als een ringleiding aangelegd (Elektravon Haket) om rondpompen mogelijk te maken. Water uit de dagvoorraad van de substraatunit wordt bij lage druk (<1,5 bar) rondgepompt door de drukgereguleerde druppelleidingen en komt via een retourleiding weer terug in de dagvoorraad. Als de voedingsoplossing een stabiele EC en pH van de gewenste waarde bereikt heeft, wordt de druk in de druppelleidingen verhoogd (1,8 bar) en gaan de druppelaars open voor een druppelbeurt.

Infa Techniek heeft voor deze proeven een aparte A- en B-bak doseerinstallatie gebouwd met mengbak (dagvoorraad), zodat beide afdelingen een apart recept kunnen krijgen afhankelijk van de staat van het gewas. Frequentie van druppelen gebeurde op basis van licht; hoeveelheid per beurt was na de opstartfase van de teelt, in overleg met de BCO, 100 - 150 ml per keer (2-3 minuten). Beide teelten hebben dagelijks dezelfde hoeveelheid water gekregen. De gietbeurten in de teelt op kokossubstraat waren over het algemeen langer maar minder frequent op een dag dan bij de teelt op steenwolsubstraat. Er wordt gestuurd op maximaal 30% drainwater ten opzichte van de totale gift. Dit verkleint het risico op overloop van draintanks.

Tijdens de teelt bestond het gietwater gemiddeld gezien uit 66% vers water en 33% drainwater (na ontsmetting). De nutriëntensamenstelling van deze mix is bijgesteld met een 100x geconcentreerde oplossing (A- en B-bak), de hoeveelheden zijn vastgesteld op basis van gemeten EC en een doel-EC voor de gift. Dit gietwater is op basis van instraling naar het gewas gestuurd, met een drempelwaarde van 80 J/cm<sup>2</sup> in de ochtend en 130 J/cm<sup>2</sup> in de middag. Iedere keer dat deze stralingssom werd gehaald, werd 0,3 L/m<sup>2</sup> naar het gewas gestuurd. Bij lage instraling werd het gewas in ieder geval iedere 45 minuten geïrrigeerd, met 90% van de normale hoeveelheid. Tijdens het teeltseizoen is iedere dag tussen 2 en 5,5 L/m<sup>2</sup> aan het gewas gegeven.

### 2.1.3 Bemestingsstrategie

Setpoint EC en pH van de voedingsoplossing werd ook in overleg met BCO bepaald. Streven was een gift van veelal 2,5 – 3,0 mS/cm. Uitgangspunt voor de bemesting was de voedingsstoffen optimaal en gericht op de plantbehoefte te geven om zo onbalans in de voedingsoplossing (en daarmee een reden tot lozen) te voorkomen. In beide teeltsystemen is gestreefd naar optimale omstandigheden om de hoogste productie te halen. De voedings- en drainsamenstelling van beide kassen is wekelijks gecontroleerd met drain- en druppelanalyses door Groen Agro Control. Op basis van deze analyses, de groeifase van het gewas en de biomassa-productie is door Groen Agro Control een Opname-analyse gemaakt en een advies gegeven voor eventuele aanpassing van de voedingsoplossing naar behoefte van het gewas (zie hoofdstuk 3.3). De A- en B-voedingsoplossingen zijn op basis daarvan aangepast indien nodig, rekening houdend met de overgebleven meststoffen van de week ervoor. Om snel te kunnen wisselen van voedingsamenstelling is gebruik gemaakt van kleine voorraadvat, die nooit meer dan 75% gevuld waren.

### 2.1.4 Filtratie

In de steenwolteelt is gebruik gemaakt van een fiber filter (3 µm; Fiber Filtration), waarvan het spoelwater werd teruggevoerd naar de ongefilterde waterbuffer. Daar konden de vaste delen bezinken, zodat het spoelwater weer hergebruikt kon worden in de teelt. Dit filter was veel fijner dan het eerder gebruikte vlakbedfilter in de proeven in 2015 (35 µm). Het terugspoelen gebeurde automatisch, op basis van drukverschil.

Het vlakbedfilter (Fiber Filtration) is verplaatst van de emissieloze steenwolteelt in 2015 naar de emissieloze kokosteelt in 2016. De verwachting was dat de vervuiling in het drainwater van de teelt op kokos veel grover zou zijn dan in de teelt op steenwol. Daarom is een filterdoek van 35 µm gebruikt op het vlakbedfilter. Met dit type filter is er geen filterspoelwater, wat een grote veroorzaker van emissies buiten spel zet.

### 2.1.5 Ontsmetting

Het drainwater van beide afdelingen is ontsmet met ozon (2,1 mg/L/minuut). De installatie werkt met een batchreactor, die gevuld werd uit één van beide vuil drainwater tanks. Een deelstroom werd rondgepompt, waaraan ozon werd gedoseerd met een Venturi-systeem. Het water werd ontsmet tot een redoxwaarde van 800 mV, met een minimale behandelingsduur van 2,5 minuten (2 minuten voorbehandelingsduur, 0,5 minuten nabehandelingsduur). De waterstromen uit beide kassen worden strikt gescheiden gehouden. Om besmetting van de ene naar de andere afdeling te voorkomen is de batchreactor na iedere serie van behandelingen uit één van de afdelingen gevuld met regenwater, en behandeld tot een redoxwaarde van 900 mV. Dit water is daarna geloosd en is niet meegerekend in het waterverbruik van de kasafdelingen. In een praktijksituatie is deze waterstroom niet aanwezig.

## 2.1.6 Gewasbescherming

Gedurende de teelt is wekelijks gescout op de aanwezigheid van ziekten en plagen. Bij de start van de teelt zijn de planten in beide afdelingen eenmalig gespoten met abamectin (Vertimec). Het advies vanuit de praktijk is deze bespuiting in totaal driemaal uit te voeren, maar om het opstarten van de biologische bestrijding beter te laten verlopen is ervoor gekozen de behandeling met abamectin niet te herhalen. Om dezelfde reden werd ook het verdampen van zwavel tegen meeldauw beperkt tot 1 uur/week.

Eind januari en begin februari zijn preventief de eerste roofmijten tegen trips uitgezet. Vanaf het moment dat volop bloemen in het gewas aanwezig waren, zijn ook roofwantsen tegen trips uitgezet. Zowel de populatie roofmijten als de populatie roofwantsen kan zich ook zonder trips ontwikkelen doordat beide biologische bestrijders kunnen leven van de pollen in de bloemen. Op de vangplaten (drie per afdeling) werden begin maart de eerste tripsen vastgesteld. Op dat moment werden volop roofmijten op de bladeren en roofwantsen in de bloemen gevonden (volgens het Standing Army principe). Verhoging van het verdampen van zwavel heeft een negatief effect gehad op de ontwikkeling van de populaties roofmijten en roofwantsen. Extra inzet van deze biologische bestrijders was daardoor noodzakelijk. Het heeft geen negatieve invloed gehad op de bestrijding van trips. De trips aantasting is tijdens de teelt op een zeer laag niveau en onder controle gebleven.

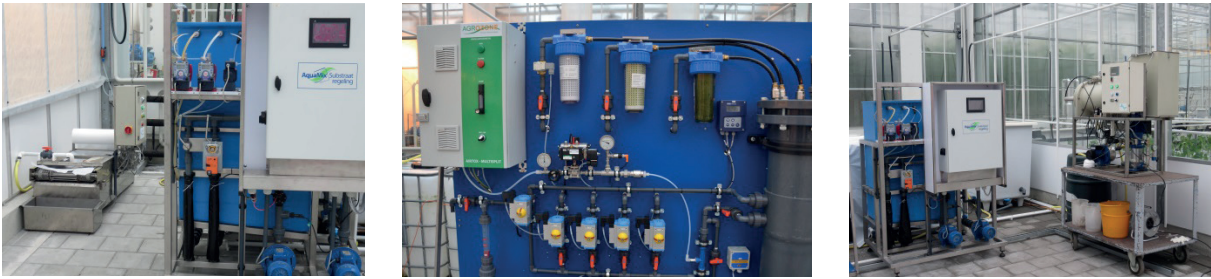
Vanaf begin mei zijn regelmatig galmuggen en sluipwespen tegen bladluizen uitgezet. Eerst min of meer preventief en daarna curatief. Later in het seizoen werd na een uitbraak van bladluizen eerst pymetrozine (Plenum) gedruppeld en vervolgens werden galmuggen en sluipwespen uitgezet. Ook werd in die tijd spint in het gewas gevonden en spontaan de roofmijt *Phytoseiulus persimilis*, de natuurlijke vijand van spint. De aantallen roofmijten waren echter te laag voor een goede bestrijding, daarom werd deze roofmijt extra uitgezet.

Ondanks het verdampen van zwavel begon de aantasting van de planten door meeldauw een probleem te worden. Eenmalig werd begin juli een bespuiting uitgevoerd met azoxystrobin (Ortiva). Ook werd het verdampen van zwavel verhoogd naar tweemaal per week 1,5 uur. Pas in september was het nogmaals nodig tegen meeldauw te behandelen met azoxystrobin (Ortiva). Tegen rupsen is vanaf half juli regelmatig gespoten met Bt-preparaat (Xentari). Mineervlieg (voedingstippen in het gewas) en wittevlug (een enkele op de vangplaten) hebben zich niet tot een plaag ontwikkeld.

In Bijlage 1 is een overzicht gegeven van de vastgestelde ziekten en plagen en zijn de gewasbeschermingsacties ingevuld.

## 2.2 Proefopzet

In het project zijn twee kasafdelingen met een netto teeltoppervlak van 120 m<sup>2</sup> gebruikt, en een afdeling van 144 m<sup>2</sup> waarin de benodigde technologie stond opgesteld (Figuur 1 en 2) en dat voor demonstratiedoeleinden (Figuur 3) is gebruikt. De waterstromen van de beide kassen zijn strikt gescheiden gehouden. Vanuit een kleine voorraad meststoffen in A en B bakken (maximaal 40 L, 100x geconcentreerd per bak) werd de voedingsoplossing klaargemaakt in de dagvoorraad van de substraatunit (geleverd door Infa Techniek). Vanuit deze voorraad werden de planten in de kas geïrrigeerd via een 16 mm druppelleiding met 3 L/h druppelaars (één per plant). Drainwater werd opgevangen in een drainput achterin de kas (10 L), waarvandaan het met een vlotterpomp naar het microfilter (steenwol, Figuur 1) of vlakbedfilter (kokos, Figuur 2) werd gepompt en na filtering naar de vuilwatertank. Na ontsmetting (ozon) ging het water naar de schoon-drainwatertank. Het ontsmette drainwater werd aangevuld met vers water en meststoffen in de dagvoorraad van de substraatunit en hergebruikt in de kas.



**Figuur 3** Techniek voor waterbehandeling in demonstratieruimte (v.l.n.r. vlakbedfilter, substraatunit, ozonontsmetting, substraatunit en microfilter).

### 2.2.1 Plantmateriaal

In beide kassen is het ras Maranello van Enza Zaden geplant, opgekweekt door Plantenkwekerij Van der Lugt (zaaidatum 17 november 2015, plantdatum 7 januari 2016). De planten voor de teelt op steenwol zijn opgekweekt op steenwol blokken (Plantop Delta). De planten voor de teelt op kokos zijn opgekweekt op kokos opkweekblokken, zie Figuur 4.



**Figuur 4** Jonge paprikaplanten op steenwol- (links) en kokossubstraat (rechts).

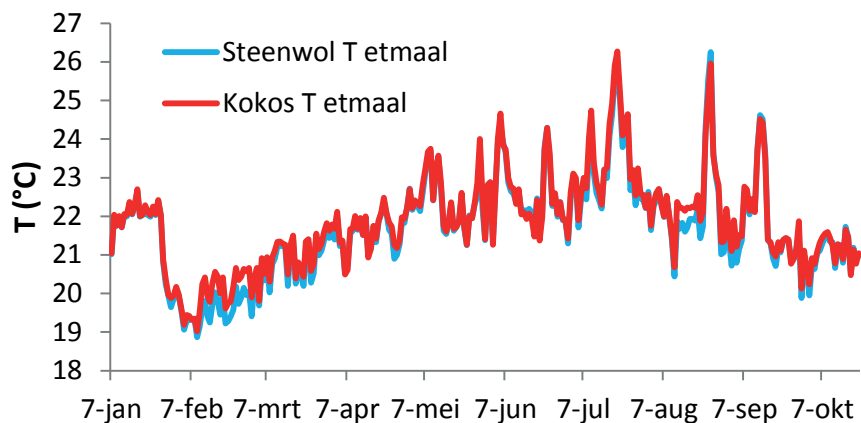
### 2.2.2 Substraat

Het gewas in de steenwolafdeling is geteeld op Grodan Grotop Expert substraatmatten, met drie planten op een mat. De plantdichtheid is 2,5 planten per vierkante meter.

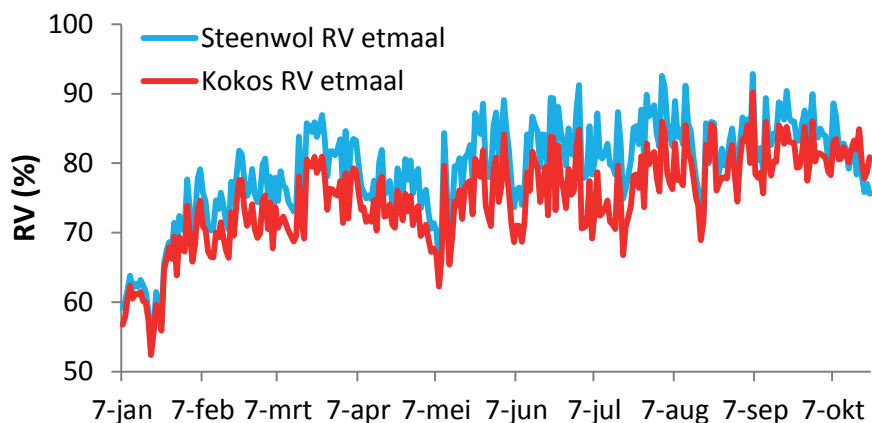
Het gewas in de kokosafdeling is geteeld op kokos substraatmatten, waarin gewerkt wordt met een gelaagd systeem: bovenin wordt gewerkt met fijn materiaal onderin de mat wordt gewerkt met grover materiaal. Hiermee wordt de verdeling van het vochtgehalte in de mat geoptimaliseerd. De matten hebben standaard acht draingaten, vier aan iedere kant van de mat. Ook hier staan drie planten op een mat, 2,5 planten per vierkante meter.

### 2.2.3 Klimaat, licht en CO<sub>2</sub>

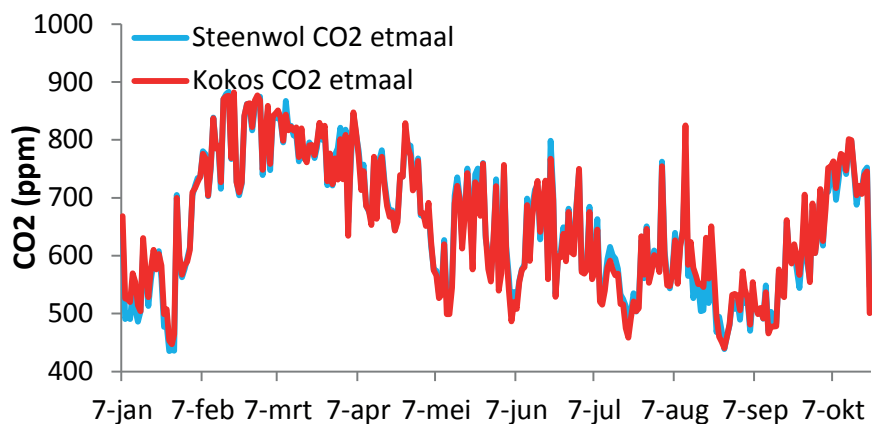
Het klimaat is in beide kassen zoveel mogelijk gelijk gehouden, om verschillen in productiviteit en kwaliteit van het product niet te laten beïnvloeden door andere parameters dan de samenstelling van het water. Wanneer het gewas echter andere eisen stelde n aan het klimaat in de kas, zijn hier wel aanpassingen aan gedaan. Klimaatinstellingen voor beide kasafdelingen zijn vastgesteld door Wageningen UR Glastuinbouw in overleg met de BCO teeltbegeleiding. In de Figuren 5-7 zijn de gerealiseerde waarden voor beide substraatafdelingen weergegeven.



**Figuur 5** Temperatuur (°C) in beide afdelingen gedurende het teeltseizoen.



**Figuur 6** Relatieve vochtigheid (%) in beide afdelingen gedurende het teeltseizoen.



**Figuur 7** Concentratie CO<sub>2</sub> (ppm) in beide afdelingen gedurende het teeltseizoen.

Omdat het project is uitgevoerd in relatief kleine kasafdelingen met daardoor veel gevel (weinig licht) is er vanaf start teelt tot 1 april belicht. Er is gestart met 70  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  van zonsopgang tot –ondergang en uitschakelen bij een instraling van 300 W. Naarmate de hoeveelheid buitenlicht toenam is de belichting afgebouwd.

#### 2.2.4 Sensoren EC, watergehalte en T in substraatmat

Voor het monitoren van de geleidbaarheid (EC), watergehalte (WC) en temperatuur (T) van het wortelmilieu, is gebruik gemaakt van Grosens sensoren (Grodan; drie per kasafdeling (Figuur 8) in de substraatmatten. Door de koppeling van deze sensoren met het netwerk van WUR Glastuinbouw, waren deze parameters real-time te volgen. Er is een verbeterde softwareversie gebruikt ten opzichte van de proef van 2015. Er is besloten niet te sturen op de binnenkomende gegevens, maar ze alleen indicatief te gebruiken in het bepalen van de irrigatiehoeveelheid. De sensoren zijn niet alleen in steenwol maar ook in kokos geplaatst. Hier geven de schommelingen een indicatieve waarde, de absolute waarden mogen niet worden vergeleken omdat de sensoren niet zijn gecalibreerd voor kokos. De calibratiecurves zijn ook niet beschikbaar, doordat de sensoren gemaakt worden door de leverancier van steenwol substraat.



**Figuur 8** Grosens sensor geplaatst in een steenwol substraatmat voor het bepalen van geleidbaarheid, watergehalte en temperatuur van de mat.

#### 2.2.5 Waarnemingen tijdens de teelt

Tijdens de teelt is de lengtegroei van het gewas gemonitord, om een vergelijking te kunnen maken tussen de twee teelten. Verder is tijdens de oogst uit twee carroussels van 20  $\text{m}^2$  per kas het aantal vruchten en het gewicht van de vruchten bepaald en is de kwaliteit beoordeeld.

#### 2.2.6 Strategie bij start teelt

##### 2.2.6.1 Steenwol

In de steenwolteelt is het normale stramien gevolgd voor de start van de teelt. De matten zijn vol gedruppeld met de startvoedingsoplossing voor een paprikateelt (EC:3,2; pH:5,2). De gevulde matten hebben de tijd gekregen om op de temperatuur van de kas te komen, voordat de matten zijn doorgestoken om te draineren. Het draineren is op een geleidelijke manier gedaan, om overlopen van de draingoten te voorkomen. De rijen in de kas zijn om en om doorgestoken, met een klein gaatje gemaakt door een gewasstokje. Nadat het draineren nagenoeg klaar was, is de mat open gesneden, zodat de matten tijdens de teelt goed kunnen draineren. Al het drainwater dat bij dit proces is opgevangen is hergebruikt in de teelt. De afmetingen van de vuil- en schoon drainwater tanks moet hiervoor voldoende groot zijn en bij voorkeur nagenoeg leeg op het moment van draineren. Hierna zijn de planten op het plantgat geplaatst, zijn de druppelaars bij de planten geplaatst en is een eerste gietbeurt gegeven om contact te maken tussen het steenwol blok en de steenwol mat.

### 2.2.6.2 Kokos

Een verschil tussen kokos- en steenwolsubstraat is dat kokos moet worden voorbehandeld voordat het bruikbaar is in de teelt. Kokos heeft een kationenuitwisselcomplex bestaande uit negatieve lading. Van nature zitten op deze ladingsplaatsen kalium en natrium gebonden. Kationen met een grotere positieve lading dan kalium en natrium (bijvoorbeeld calcium en magnesium) binden sterker aan dit complex en zullen in eerste instantie uitgeruild worden tegen K en Na. Bij de start van de teelt wordt een groot deel van de calcium uit de voedingsoplossing hierdoor vastgelegd in het complex, waardoor de verhouding K/Ca in de voedingsoplossing sterk naar de kant van kalium verschuift. Bovendien komt er daarnaast natrium vrij dat kan accumuleren in het systeem. Als gebufferd kokos wordt aangeschaft is deze omzetting al uitgevoerd en volstaat irrigatie met een normale startvoeding.

In de emissieloze teelt zijn we met ongebufferd kokos begonnen, om een goede inschatting te kunnen maken van de emissies van water en stikstof als gevolg van het bufferen. Voor aanvang van de teelt is een buffer- en spoelstap uitgevoerd:

- Vóór het planten worden de kokosplanken vol gezet met een  $\text{CaNO}_3$  oplossing met een EC van 3,5.
- Als het substraat in folie vol staat, wordt op een kokos monster een bariumchloride extractie uitgevoerd. Het resultaat geeft de binding van  $\text{Ca}^{2+}$  aan het kokoscomplex weer. Het natrium is na deze stap nog in het substraat aanwezig, als opgeloste ionen in de vloeistof.
- Vervolgens wordt het substraat doorgespoeld met schoon water om het natrium kwijt te raken. Het spoelwater bevatte 2,6 mmol/l natrium.
- Daarna worden de matten volgezet met de startvoeding.

Gekozen is om vóór de teelt dit spoelwater te lozen omdat daar een veel lager  $\text{NO}_3$ -gehalte in zit dan in de voedingsoplossing (12,9 tegenover ca. 22-26 mmol/L  $\text{NO}_3$ ). In totaal is er bij dit bufferproces 8 kg N per ha geloosd. In vervolgonderzoek wordt bekeken of met stabiele kokos met weinig natrium ook zonder bufferen gewerkt kan worden.

## 2.2.7 Einde-teelt strategie

### 2.2.7.1 Strategie

De strategie voor het einde van de teelt op een steenwol substraat was gebaseerd op het halen van streefwaarden voor watervolume, EC en concentraties nitraat en fosfaat in het drainwater. Tabel 2 geeft de streefwaarden weer voor deze parameters in de laatste 5 weken van de teelt, Tabel 3 geeft deze waarden voor het voedingswater.

Tabel 2

*Streefwaarden voor de concentraties nitraat en fosfaat, het watergehalte en de EC in de steenwolmat in de weken voorafgaand aan de teelt.*

		Weken vóór einde van de teelt			
		5	3	1	0
Nitraat	mmol/L	20	10	5	0
Fosfaat	mmol/L	0,1	0	0	0
EC	dS/m	3,5	4	4,5	-
Watergehalte	%v/v	70	60	30	25
	m <sup>3</sup> /ha	53	45	23	19



Tabel 3

Streefwaarden voor de hoeveelheid irrigatie en de concentraties nitraat, fosfaat, EC en ammonium in het voedingswater in de weken voorafgaand aan de teelt.

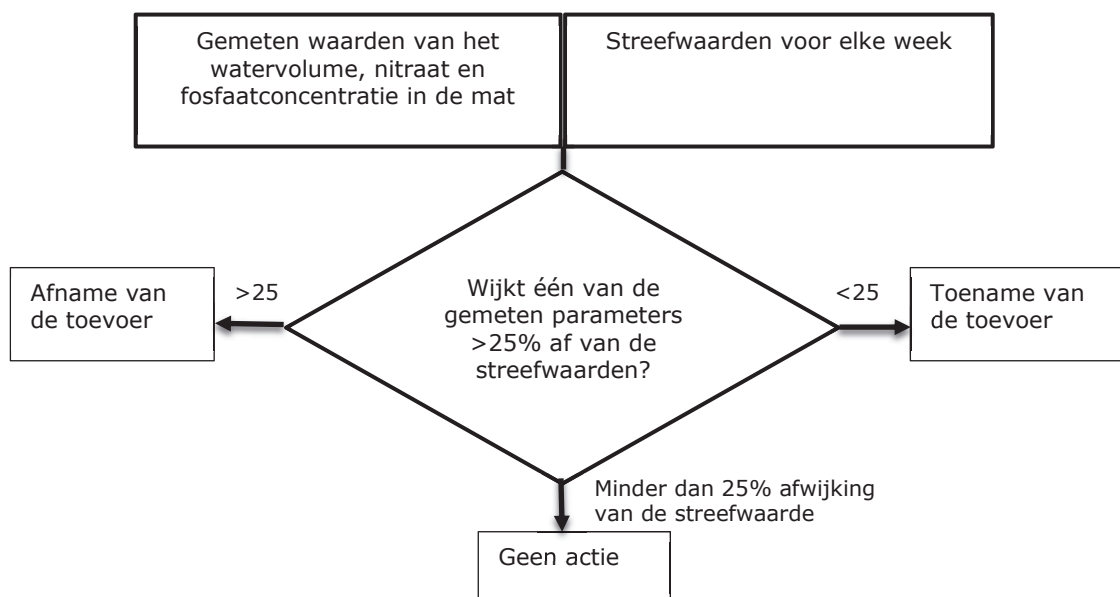
		Weken vóór einde van de teelt			
		5	3	1	0
Nitraat	mmol/L	10	5	5	0
Fosfaat	mmol/L	0,5	0,1	0	0
EC	mS/cm	1,8	1,8	1,5	-
Irrigatie	mL/J*	3,1-1,9	1,7-1,1	1,0-0,6	0
Ammonium	mmol/L	1,0	1,25	3,0	1,5
NH <sub>4</sub> -N : NO <sub>3</sub> -N	%	10	25	60	100

(\*mL/J is de irrigatiehoeveelheid per druppelaar per eenheid instraling per cm<sup>2</sup>. De druppelaars gaven 100 mL per 2 minuten, 2,5 druppelaars per m<sup>2</sup>.

Gebaseerd op deze streefwaarden zijn op basis van de drainanalyses (tweemaal per week) aanpassingen voorgesteld voor de samenstelling van de voedingsoplossing en de gedoseerde hoeveelheid, rekening houdend met de instraling. Ammonium is gebruikt als stuurparameter voor pH, maar ook als vervanger van nitraat voor snellere opname. Daarom is ook de verhouding tussen ammonium en nitraat in de voedingsoplossing in de gaten gehouden. De waardes waren gebaseerd op de volgende aannames:

- Totale voorraad van nitraat in het irrigatiesysteem bij de start van de einde-teelt strategie: 10 L/m<sup>2</sup> met 20 mmol/L nitraat. Met een geschatte opname van 20 mmol/m<sup>2</sup> nitraat per dag is de voorraad in tien dagen uitgeput.
- Het onderzoek uit 2015 heeft aangetoond dat volledig stopzetten van de irrigatie binnen een paar dagen zachte vruchten veroorzaakte. Daarom is besloten om de watergift proportioneel over de tijd langzaam te verminderen. Het eindvolume is vastgesteld op 25% V/V, omdat bij lagere watergehalten de capillaire werking van de mat verminderd wordt en het water niet meer naar de wortels toe stroomt.
- Nitraat concentraties zijn snel verlaagd tot 10 mmol/L (de aangenomen opname van het gewas). Daarna is een langzamere afname nagestreefd, om de plant pas in de laatste week de mat volledig leeg te laten maken.
- Fosfaat is ruim voldoende in het substraat aanwezig als neerslag. Daarom is de concentratie opgelost fosfaat in de mat in de eerste weken van de einde teelt strategie snel verlaagd. Het neergeslagen fosfaat kan weer beschikbaar gemaakt worden voor de plant door de pH te verlagen. Het neergeslagen fosfaat is met de huidige wateranalysemethode niet meer meetbaar.
- Hoeveelheid voedingswater en EC van het voedingswater zijn proportioneel verlaagd in de tijd, terwijl de aanvoer van ammonium constant werd gehouden. Hierdoor nam de verhouding ammonium:nitraat toe, zodat de pH in de mat verlaagd werd (van 5.5 – 6.0 naar 4.5 – 5.0) en daarmee de neergeslagen fosfaat en sporenelementen in de mat werden opgelost. Ook de vorming van calciumsulfaat neerslag in de mat werd hiermee voorkomen en calcium bleef beschikbaar voor opname door het gewas. Dit voorkwam fysiologische gebreken aan de vruchten in de laatste oogstweken.
- Reductie van de EC was geen doelstelling op zich van de strategie, maar de EC is gebruikt als streefwaarde omdat het een indicator is voor de beschikbare hoeveelheid nutriënten in de voedingsoplossing. De concentratie nutriënten in het gietwater werd hoog genoeg gehouden voor groei van het gewas (minimaal EC = 1.5 – 2 mS/cm<sup>2</sup>, waardoor de EC in de mat langzaam opliep. De EC in de mat werd onder de 4,5 mS/cm<sup>2</sup> gehouden vóór de laatste teeltweek, omdat een te hoge nutriëntenconcentratie de opname van water door het gewas limiteert.
- Chloride werd extra toegevoegd om te compenseren voor de verlaging van de nitraat concentratie. Hiermee werd de balans tussen kationen en anionen bewaard. Een verhoogde concentratie chloride geeft geen toxische effecten voor het gewas op de korte termijn.

Na bemonstering en analyse is bekeken hoe de gemeten waarden zich verhield tot de streefwaarden. Een marge van 25% rond de streefwaarden is aangehouden als grensgebied voor het ondernemen van actie in het wijzigen van de samenstelling van de voedingsoplossing (Figuur 9).



**Figuur 9** Beslisboom voor wijzigingen aan de voedingsoplossing.

### 2.2.7.2 Monstername

De samenstelling van de voedingsoplossing, matwater en drainwater is tweemaal per week (maandag en donderdag) gemonitord, waarbij de volgende vier parameters zijn gemeten:

- Water volume.
- EC.
- Nitraat concentratie.
- Fosfaat concentratie.

De voedingsoplossing is bemonsterd in de mengbakken van de substraatunits. Een sample van water uit de substraatmat is genomen uit drie matten, met behulp van een injectiespuit. De drainoplossing is bemonsterd uit een verzamelbak voor drainwater in de kas.

De gift per plant per dag is vastgesteld met een maatbeker onder een druppelaar. Het watergehalte van de mat is vastgesteld met een handmeter van Grodan (Frequency Domain meter) (zie Figuur 10). De hoeveelheid drainwater per dag per plant is vastgesteld door het drainwater van 1 mat apart op te vangen. De EC en pH van de samples zijn direct gemeten met een SC 72 EC meter en de pH met een pH 71 pH meter. De samples zijn net als de reguliere samples tijdens de teelt verwerkt door Groen Agro Control en opgenomen in hun OpnameAnalyse voor het gewas. De opname is gespecificeerd als de hoeveelheid van een element in de aanvoer naar de plant minus de afvoer via het drainwater, verrekend voor de groei van het gewas in de tussenliggende periode.

Naar aanleiding van de resultaten van de analyses zijn de dag na monstername (dinsdag en vrijdag) corrigerende acties toegepast op de voedingsoplossing, afhankelijk van de situatie ten opzichte van de streefwaarden.

### 2.2.7.3 Aanpassingen

De aanpassingen zijn gedaan om de systeemp parameters binnen 25% van de streefwaarden voor die week te houden. De afwijking werd gecorrigeerd door de gift percentueel te wijzigen (te laag ten opzichte van streefwaarde betekent extra toevoegen aan gift, en andersom). Deze aanpassingen kunnen bereikt worden door de waarden in het verse gietwater aan te passen, of door het bijmengen van verse voeding bij te stellen.

De correctie van de hoeveelheid voedingswater was gebaseerd op verschillende parameters. Voorkeursoptie was aanpassen van de stralingsom waarbij water werd gegeven. Een gietbeurt was gelimiteerd op een minimum van 0,25 L/m<sup>2</sup> vanwege de minimale irrigatiebeurt van 100 mL per beurt per druppelaar. Hierdoor was er weinig speelruimte op deze parameter. Alleen de eerste gietbeurt was verdubbeld naar 200 mL per gietbeurt per druppelaar bij de start van de einde teelt, om overtollige elementen uit de mat te spoelen naar het drainwater. Ook is een maximaal tijdsinterval tussen de gietbeurten ingesteld om ook op donkere dagen voldoende water te geven.

Als tweede optie, met een grotere impact, kon de dagelijkse irrigatieperiode (periode van eerste gift tot laatste gift) worden verlengd of verkort. Door de irrigatieperiode te verkorten, werd de periode waarover de plant na de laatste gietbeurt nog zonlicht kreeg langer zodat de verdamping toenam en erinterring in de mat plaatsvond.

Het veranderen van de nutriëntensamenstelling van de voedingsoplossing is uitgevoerd door de samenstelling van de geconcentreerde mestbakken eens per week aan te passen. Vaker aanpassen van de voedingssamenstelling heeft geen effect, omdat er tijd nodig is om de verandering in het gewas waar te kunnen nemen. Een aantal parameters zorgt ervoor dat deze wijzigingen niet sneller bij het gewas aankomen: volume van het irrigatiesysteem (1,3 L/m<sup>2</sup>), aangepast met 0,25 L/m<sup>2</sup> per gietbeurt; er wordt maar relatief weinig verse voedingsoplossing toegevoegd aan de mengbak. Deze twee redenen zorgen ervoor dat een wijziging aan de geconcentreerde voedingsoplossingen pas na een paar dagen zichtbaar wordt in het voedingswater, matwater en drainwater.



**Figuur 10** Monstername van water uit de mat (links) en meting van vochtgehalte, EC en temperatuur (rechts).

### 2.2.8 Opname-analyse

Een belangrijk onderdeel van de emissieloze teeltstrategie is het aanbieden van meststoffen waar het gewas op dat moment behoefte aan heeft. Door te controleren of de opname van alle voedingselementen door het gewas op peil is, is wekelijks een Opname-analyse uitgevoerd door Groen Agro Control. Wekelijks is de samenstelling van de gift, de drain en het water in de mat bemonsterd. De voedingsopname is het verschil tussen de aangeboden elementen in de gift en de elementen in het retourwater (drain). Op basis van de instraling, temperatuur, CO<sub>2</sub> en groeimetingen is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid droge stof die in die week is aangemaakt. Van het geteelde gewas is bekend hoeveel van ieder element er moet worden opgenomen per kilogram droge stof, zodat de daadwerkelijke opname vergeleken kan worden met de gewenste opname.



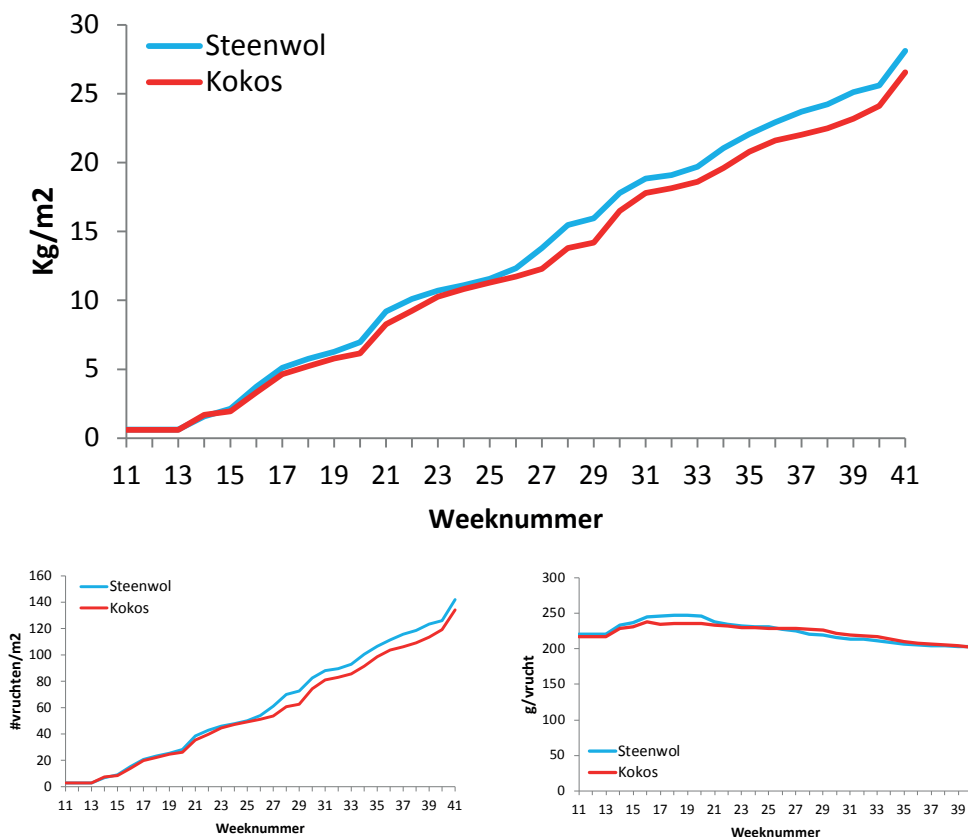
# 3 Resultaten

## 3.1 Productiemetingen

In Tabel 4 en Figuur 11 is de cumulatieve productiviteit (groene en rode vruchten bij elkaar) van beide teelten weergegeven. Er is een klein verschil te zien in productiviteit, die gedurende het teeltseizoen langzaam groter wordt, terwijl het gewas in de afdeling op kokossubstraat duidelijk groter/langer is. Het gemiddelde vruchtgewicht is hetzelfde, het verschil ontstaat door het aantal geoogste vruchten. Rond week 26 loopt het verschil in aantal vruchten sterk op, doordat de zetting op kokos minder is dan op steenwol. Het gewas in de kokosafdeling stond wat vegetatiever (grote bladeren), waarna rond week 26 meer generatief is gestuurd door een grotere DIF (verschil tussen dag en nacht temperatuur) aan te houden en een kopje uit het gewas te halen. In de teelt op kokos kan in een volgende teelt iets eerder generatief gestuurd worden, zodat daar geen gat in de productie valt en de totale productiviteit wordt verhoogd. Op steenwol of kokos moet iets verschillend worden gestuurd, nu is zoveel mogelijk gelijk gestuurd en dat lijkt iets ten koste te zijn gegaan van de kokos (vegetatiever, minder vruchten). In het berekenen van het gemiddeld vruchtgewicht is de laatste oogst bij het leegruimen van de kas niet meegenomen.

Tabel 4  
Overzicht van productiemetingen in beide afdelingen.

Kas	Aantal vruchten (#/m <sup>2</sup> )	Totaal gewicht (kg/m <sup>2</sup> )	Gemiddeld vruchtgewicht (g)
Steenwol	142,0	28,1	203
Kokos	134,2	26,5	202



**Figuur 11** Cumulatieve productie (rood en groen) in kg/m<sup>2</sup> (boven), aantal vruchten per m<sup>2</sup> (rood en groen, linksonder) en vruchtgewicht (rood en groen, rechtsonder).

## 3.2 Waterverbruik

### 3.2.1 Waterverbruik tijdens de teelt

Het totale waterverbruik tijdens de teelt is weergegeven in Tabel 5. De gesignaleerde spui zijn geen bewuste lozingen geweest, maar storingen op apparatuur die ertoe geleid hebben dat een deel van het water het systeem heeft verlaten (overloop bassin).

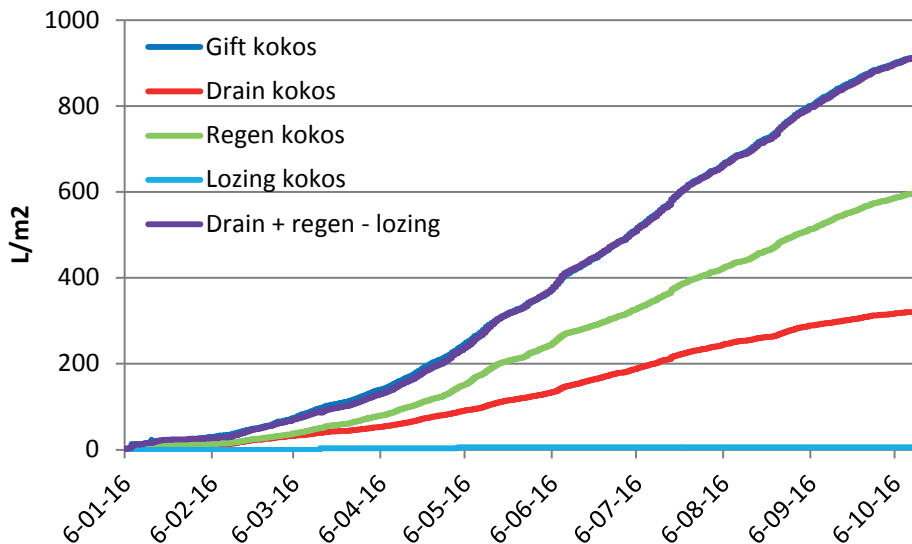
Tabel 5

*Overzicht van watergift en product water use (PWU, L/kg product) van beide substraattypen.*

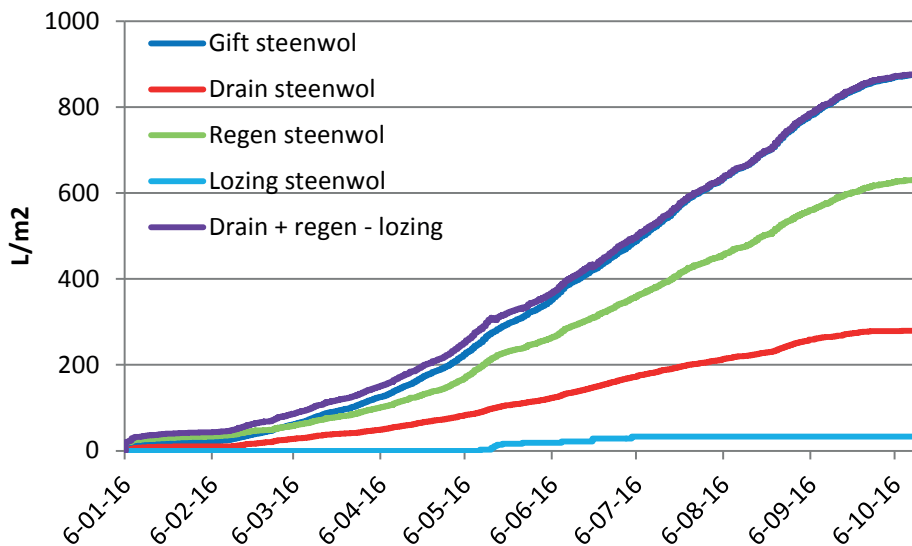
	Steenwol	Kokos
Gift totaal (l/m <sup>2</sup> )	876	911
Drain (l/m <sup>2</sup> )	279	320
Spui (l/m <sup>2</sup> ), totaal	33	6
Spui (% van gift)	3,8	0,7
Drain %	32%	35%
Aantal dagen teelt	283	283
Gift (mm/dag), incl. drain	3,1	3,2
Productie (kg/m <sup>2</sup> )	28,1	26,5
PWU (l/kg product)	22,4	22,5

In Figuur 12 is het cumulatieve waterverbruik in de teelt op kokos weergegeven, in Figuur 13 voor de teelt op steenwol. De verschillen in watergift zijn klein. Het gewas op steenwol heeft iets meer vers regenwater gebruikt, wat te verklaren is door de grotere hoeveelheid lozingswater in deze afdeling. De totale hoeveelheid drainwater in de steenwol afdeling is iets lager dan in de afdeling op kokos, omdat in deze laatste afdeling gedurende de hele teelt minder gietbeurten zijn gegeven, maar wel met een groter volume per beurt (totale hoeveelheid gelijk).

De parse lijn in de figuren is ter controle berekend uit de hoeveelheid drainwater, regenwater en lozingswater, om te vergelijken met de gift. Zoals te zien wijkt deze lijn nauwelijks af van de gift, indien er wel een afwijking zou zijn zou dat duiden op lekkage in het systeem in de kas.

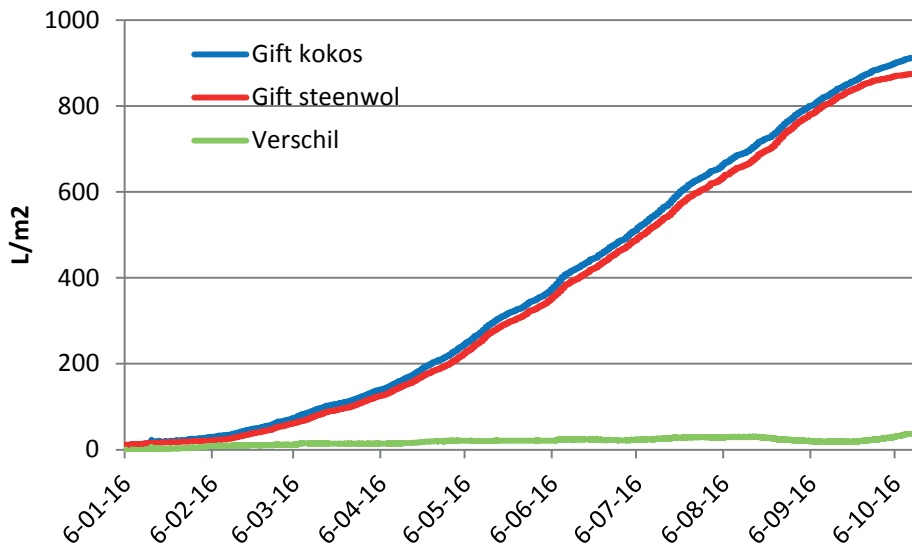


**Figuur 12** Cumulatieve gift, drain, regenwater en lozing in de teelt op kokos (gift (blauw) en paars (controle) liggen op elkaar hetgeen betekent dat lekkage nihil is).



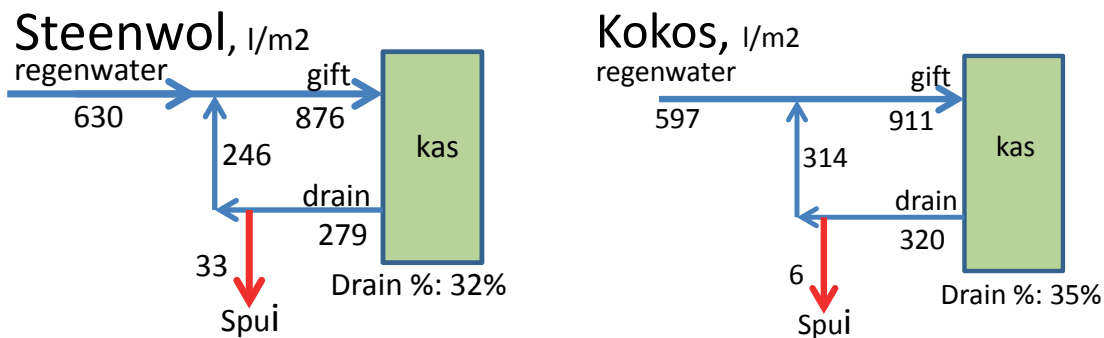
**Figuur 13** Cumulatieve gift, drain, regenwater en lozing in de teelt op steenwol.

In Figuur 14 is de cumulatieve gift van beide afdelingen en het cumulatieve verschil bij elkaar gezet. De gift in de afdeling op kokos is gedurende de hele teelt iets hoger geweest, waardoor het verschil gestaag oploopt. Aan het einde van de teelt is te zien dat de strategie in de steenwolafdeling effectiever is geweest in het verminderen van de watergift. Dit is mogelijk een punt ter optimalisatie in vervolgonderzoek voor de afdeling op kokos.



**Figuur 14** Cumulatieve watergift en het cumulatieve verschil in watergift bij steenwol en kokos.

Figuur 15 geeft een overzicht van de waterbalans in beide afdelingen.



**Figuur 15** Overzicht van de waterbalans bij steenwol en kokos.

De Figuren 12-15 laten zien dat een significante hoeveelheid water is geloosd gedurende de teelt (3,8% in steenwol en 0,7% in kokos) door storingen aan de ontsmettingsapparatuur waardoor draintanks zijn overgelopen. Dit zorgt voor een verlaging van de hoeveelheid natrium in de teeltsystemen, waar telers normaal gesproken met oplopende concentraties natrium te maken hebben en daarom bewust gaan lozen.

In Tabel 6 is de concentratie natrium weergegeven gedurende de teelt voor beide afdelingen en de hoeveelheid lozingswater. Wat hierbij opvalt, is dat de concentratie natrium in de kokosafdeling vanaf het begin van de teelt ongeveer 2-3x hoger is dan in de steenwolafdeling. Dit wordt veroorzaakt door het restant natrium dat in de kokos is achtergebleven na het bufferen en spoelen bij het begin van de teelt (zie 2.2.6.2). Het niveau is echter niet zo hoog dat er problemen in de teelt optreden. Doordat er gebruik wordt gemaakt van goed gietwater (<0,1 mmol/L natrium) en van natriumarme meststoffen, loopt de concentratie natrium in beide afdelingen ook niet op (in steenwol afdeling tot half juni; zie hierna).

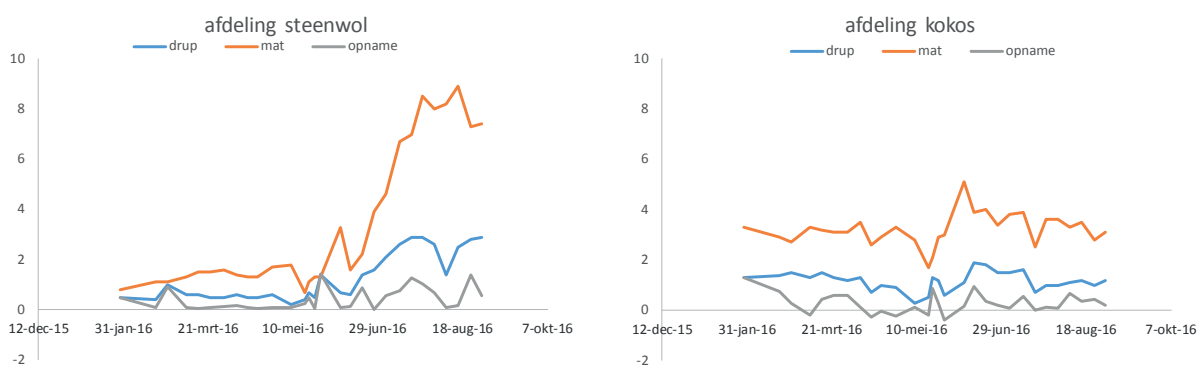


De storingen aan de ontsmettingsapparatuur, zoals die zich ook in de praktijk kunnen voordoen, kunnen gezien worden als een calamiteit waarvoor opvangreservoirs beschikbaar moeten zijn. In tabel 6 staan de hoeveelheden beschreven. Het is niet mogelijk aan te tonen of deze lozingen (positieve) gevolgen voor de teelten hebben gehad. Aan de natriumcijfers is te zien dat met de lozing een klein deel van het natrium uit het systeem verdwijnt. Dit komt doordat het geloosde water wordt vervangen door schoon gietwater met een lage concentratie natrium. In de steenwolafdeling is in totaal 33 L/m<sup>2</sup> (3,8% van de gift) geloosd (Tabel 6) tijdens de teelt en in de kokosafdeling 6 L/m<sup>2</sup> (0,7% van de gift). Echter, omdat de natriumconcentraties in beide afdelingen ruim onder de grenswaarde van 6 mmol/L lagen (Figuur 16) mag aangenomen worden dat deze vermindering in natriumconcentraties, bij gelijkblijvende EC, geen gevolgen voor de teelten hebben gehad.

Tabel 6

*Concentratie natrium in het drainwater en de lozingen (frequentie en hoeveelheid) als gevolg van storing voor zowel de steenwol als de kokosafdeling.*

Datum monstername	Kokosafdeling		Steenwolafdeling	
	conc. Na [mmol/L]	Lozingen [L/keer]	conc. Na [mmol/L]	Lozingen [L/keer]
19-feb	2,9		1,1	
26-feb	2,7		1,1	
8-mrt	3,3		1,3	
15-mrt	3,2	400 L	1,5	
22-mrt	3,1		1,5	
30-mrt	3,1		1,6	
7-apr	3,5		1,4	
13-apr	2,6		1,3	
19-apr	2,9		1,3	
28-apr	3,3		1,7	
9-mei	2,8	300 L	1,8	
17-mei	1,7		0,7	1368 L
19-mei	2,1		1,1	288 L
26-mei	3		1,3	300 L
7-jun	5,1		3,3	
13-jun	3,9		1,6	360 L
20-jun	4		2,2	850L
27-jun	3,4		3,9	
4-jul	3,8		4,6	450 L
12-jul	3,9		6,7	
19-jul	2,5		7	
25-jul	3,6		8,5	
1-aug	3,6		8	



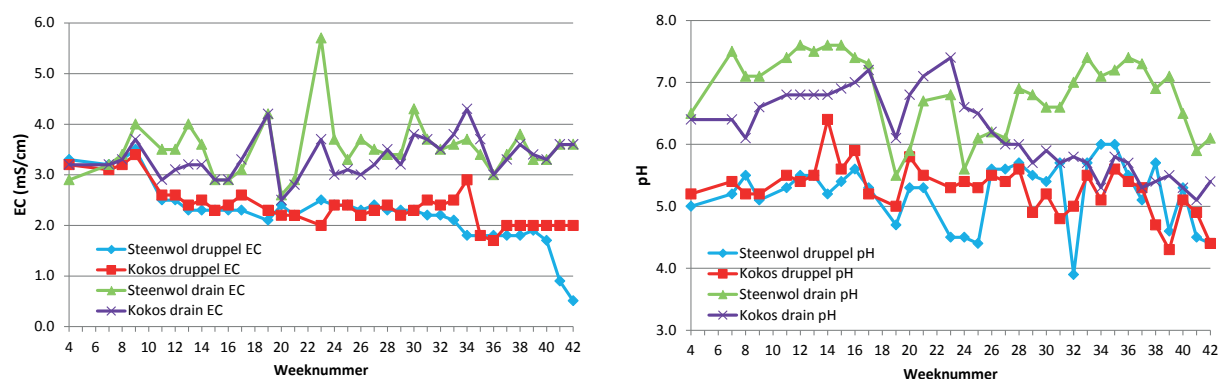
**Figuur 16** Verloop van de natrium concentratie in de beide substraatafdelingen.

In Tabel 6 en Figuur 16 is ook te zien dat in de steenwolafdeling de concentratie natrium vanaf half juni tot halverwege juli sterk oploopt. In de praktijk worden dit soort effecten waargenomen op het moment dat een teler moet overschakelen van regenwater als bron voor het gietwater naar kraan-, oppervlakte- of bronwater met een hogere concentratie natrium, onafhankelijk van het gebruikte type substraat. Ook het gebruiken van meststoffen waarin veel natrium zit kan dit effect veroorzaken, en dat was in deze proef het geval (foutieve meststof keuze). De concentratie natrium is hierdoor in de steenwolafdeling opgelopen tot 8 mmol/l en bleef vanaf half juli rond dat niveau schommelen, omdat vanaf dat moment weer een natrium-arme meststof is gebruikt. Aan het gewas was de verhoging in de concentratie natrium niet te zien, de productiviteit is niet afgenomen (zie Figuur 11). Hiermee laten we zien dat natriumconcentraties, hoger dan de door telers aangehouden grenswaarde van 6 mmol/l, in een paprikaproductie op steenwol geen negatieve gevolgen hoeft te hebben. Er was geen reden om over te gaan tot een bewuste lozing vond de begeleidingscommissie van het project.

De dosering van natrium-nitraat heeft alleen plaatsgevonden in de afdeling op steenwol. De sterke stijging van de natriumconcentratie is daarom ook niet terug te vinden bij de kokosafdeling. Tijdens de eerste maanden van de teelt was de concentratie natrium in de mat in de kokosteelt ( $\pm 3$  mmol/L) hoger dan in de steenwolteelt ( $\pm 1$  mmol/L). In de theoretische situatie dat de natriuminput vanuit een alternatieve waterbron (bij tekort aan regenwater) ook in de kokosteelt zou zijn toegepast zoals in de steenwolteelt, dan zou de concentratie natrium opgelopen zijn tot ruim 10 mmol/L. De grenzen voor de natriumconcentratie bij de huidige materialen en rassen zijn niet vastgesteld. Door de hogere concentratie natrium in het substraat is er bij een kokossubstraat minder marge voor extra input van natrium via aanvullend gietwater of meststoffen dan bij teelt op steenwol.

Door de storingen aan de apparatuur en de hierdoor ontstane lozingen is ook stikstof geloosd. De emissienorm voor stikstof voor paprika in 2016 is 133 kg/ha/jaar. Met de bovengenoemde lozingen zijn de emissienormen stikstof niet overschreden: 18,7 kg/ha/jaar voor de kokosafdeling en 100,6 kg/ha/jaar voor de steenwolafdeling.

### 3.2.2 EC, pH metingen

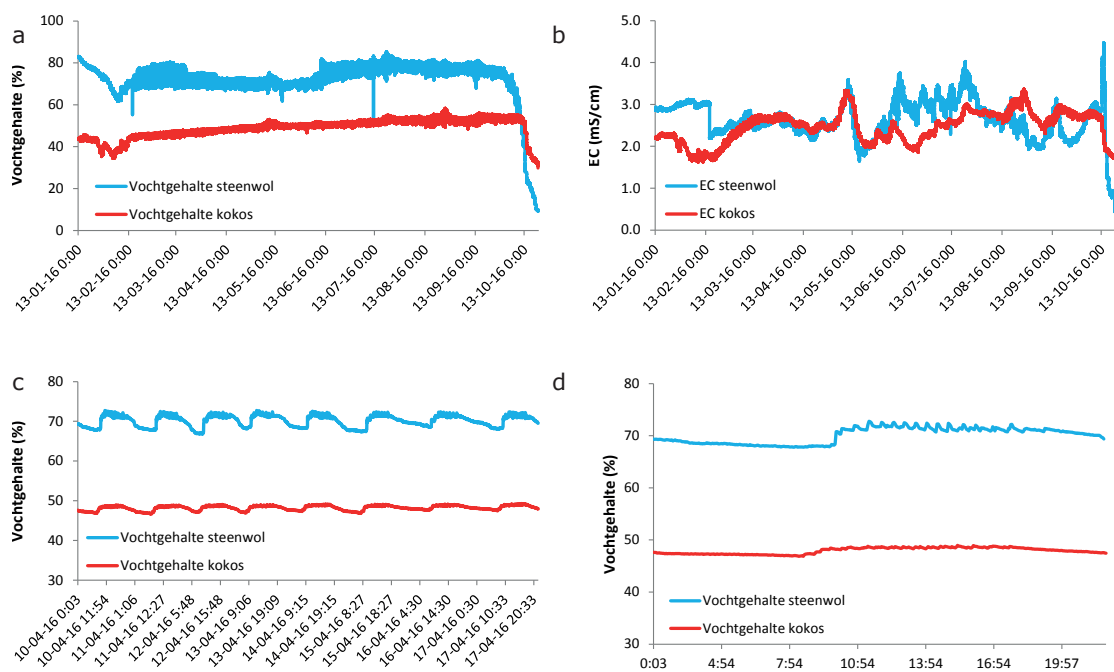


**Figuur 17** Overzicht van de gemeten EC (links) en pH (rechts) in steenwol en kokos.

In Figuur 17 is te zien dat er enig verschil zat in de EC en pH van het druppelwater van beide afdelingen. Het drainwater liet wel een duidelijk verschil in pH zien, waarbij het water in de afdeling op steenwol een duidelijk hogere pH had dan de afdeling op kokos. De pH is aan het einde van de teelt verlaagd om de neergeslagen elementen in de mat weer opgelost en beschikbaar voor het gewas te krijgen (zie hiervoor einde teelt strategie in Paragraaf 3.4).

### 3.2.3 Watergehaltemetingen met Grosens

Het watergehalte en de EC van de mat zijn tijdens de teelt gemonitord met behulp van Grosens sensoren. Op deze manier kon de intering op de mat per dag worden gevolgd en de watergift hierop worden aangepast als er niet voldoende intering plaatsvond. Ook de EC was een goede indicatie voor de omstandigheden in de mat. In Figuren 18 a-d zijn de resultaten van de metingen weergegeven. Wat hierin opvalt is dat de absolute waarde voor het vochtgehalte in de kokosmat veel lager was dan in de steenwolmat. Dit wordt veroorzaakt doordat de sensoren niet geijkt zijn op kokos, maar alleen op steenwol. De trend in de gegevens kon echter wel gebruikt worden om ook te sturen op het vochtgehalte in de kokosmat.



**Figuur 18** A. Vochtgehalte in de matten gedurende het hele teeltseizoen. B. EC in de matten. C. Vochtgehalte in de matten voor een week. D. Vochtgehalte gedurende een dag (10 april 2016).

De grafieken van een dag laten goed zien hoeveel gietbeurten er op een dag gegeven zijn en wat het effect is van een gietbeurt op het vochtgehalte in de mat. De balans van een week laat goed zien hoe groot de verschillen in vochtgehalte zijn tussen de dagen en hoe groot de intering in de mat is gedurende de nacht.

### 3.2.4 Transmissiewaarden drainwater

In Tabel 7 is een overzicht gegeven van enkele transmissiemetingen, een maat voor de helderheid van het water. Op hetzelfde moment is het drainwater zowel vóór de ontsmetting met ozon als ná de ontsmetting bemonsterd en gemeten.

Tabel 7

*Transmissiewaarden van onbehandeld en behandeld drainwater.*

Transmissiewaarden, T10				
Datum	Kokos		Steenwol	
	Voor	Na	Voor	Na
19 jan 2016	5,4	47,7	52,4	64
2 mei 2016	17,9		9,7	27,4
3 mei 2016	15,5	14,6		27,6
1 jun 2016		65,8		52,1
9 jun 2016	27,5	69,6	11,5	80,5
16 jun 2016	29	49,8	13,9	18,7

De januarimeting (2 weken na planten) geeft duidelijk aan dat het drainwater van de kokosafdeling nog troebel is, terwijl bij steenwol de drain wel helder is. Opvallend is de grote variatie tussen alle metingen. In mei en juni is het drainwater uit de steenwol afdeling vóór behandeling veel troebeler dan in de kokos afdeling. Ná behandeling heeft het water altijd een hogere T10 waarde dan vóór, maar de variatie blijft opmerkelijk.

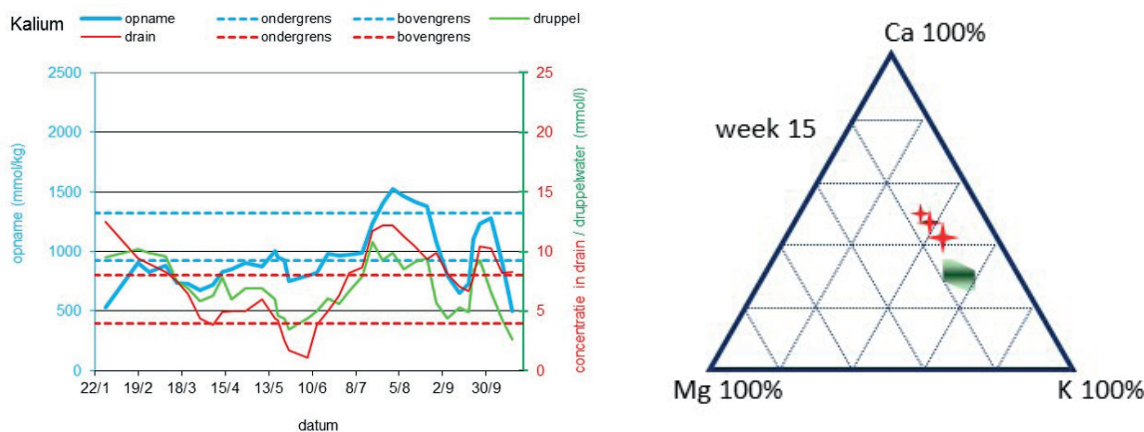
De behandelzeiten van de ozoninstallatie van batches water kunnen ook een indicatie geven van de vervuiling van het water. De batchtijd van de ozoninstallatie is afhankelijk van de redoxwaarde van het water. Na een voorbehandeltijd van een halve minuut wordt ozon gedoseerd totdat de ingestelde redoxwaarde (in dit geval 800 mV) gehaald wordt. Vervolgens houdt de installatie de redoxwaarde gedurende de nabehandeltijd boven deze waarde, om tot een goede ontsmetting te komen. Hoe langer de batchtijden, hoe meer het water vervuild is met organische moleculen. Tijdens de teelt is echter gebleken dat de redoxsensor behoorlijk gevoelig is voor vervuiling, waardoor deze wekelijks moest worden schoongemaakt. De batchtijden in deze test zijn daardoor geen maat voor de vervuiling van het water.

### 3.2.5 Gewasbescherming

In Bijlage 1 is een overzicht gegeven van de biologische en chemische bestrijding in beide substraatafdelingen. De acties waren nagenoeg gelijk. In Bijlage 4 is een overzicht gegeven van de bemonstering na afloop van de teelt (20 oktober) van het drainwater van de voedingsoplossing in beide kassen. Allereerst valt op dat van de vier toegepaste GBM er maar twee worden gemeten. Drie GBM zijn in het geheel niet gebruikt op het proefbedrijf, terwijl de overige middelen alleen in andere kascompartimenten zijn toegepast. De concentraties zijn laag tot zeer laag, op één middel na dat in september is gebruikt. De ozon haalt veel GBM er voor 100% uit, enkele voor ca. 80%. In de kokos worden iets meer stoffen aangetroffen als in de steenwol, hetgeen zou kunnen worden verklaard uit de hechting van GBM aan organische stof die eventueel later weer vrij komt.

### 3.3 Monitoren voedingsopname met Opname-analyse

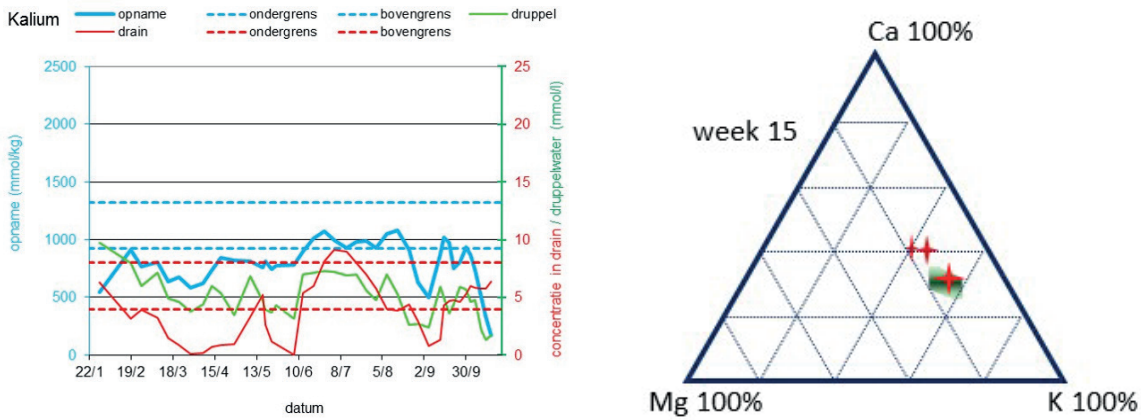
Voor een goede teelt is het niet alleen belangrijk dat de elementen in de juiste hoeveelheden aanwezig zijn bij de wortels van de plant, de plant moet de voedingselementen ook opnemen. Door middel van Opname-analyse is gedurende de teelt gemonitord of de opname van alle elementen voldoende is geweest en op basis van deze analyses is de druppelvoeding aangepast om een overschot of een tekort te corrigeren. In Figuur 19 (links) is de concentratie kalium in de druppelvoeding en in het drainwater weergegeven van de afdeling op kokos. De concentratie kalium in het drainwater moet voor voldoende beschikbaarheid voor de plant tussen de rode stippellijnen liggen. Met de concentratie in de druppelvoeding wordt hierop gestuurd: als de concentratie in het drainwater te laag is, wordt de concentratie in de voeding verhoogd en andersom. Voor de opname van kalium door het gewas wordt gestuurd tussen de blauwe stippellijnen. Halverwege mei is de concentratie kalium in de voeding verhoogd om het voldoende beschikbaar te houden voor het gewas. Bijsturen van de kationen in een kokossubstraat is lastiger dan in een steenwol substraat, doordat kokos niet inert is en er uitwisseling plaatsvindt van kationen met het adsorptiecomplex van de kokos. Hierdoor schommelt de lijn die de opname weergeeft. In Bijlage 2 is voor alle elementen de concentratie in voeding en drain en de opname weergegeven voor de teelt op kokos.



**Figuur 19** Links: concentratie kalium in voeding en drain en de opname van kalium door het gewas in de afdeling waar op kokos werd geteeld. Rechts: verhouding in de opname van de kationen in teeltweek 15 (9-15 april 2016).

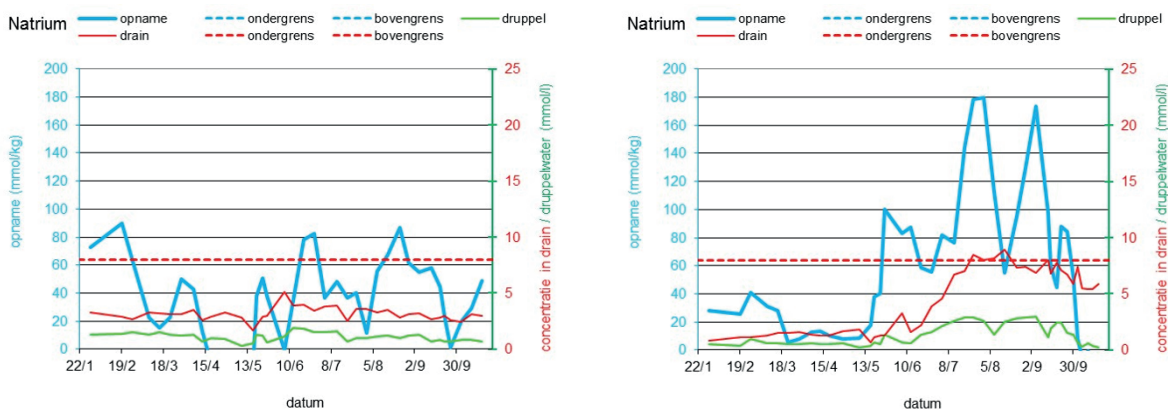
Naast de totale concentratie is ook de verhouding tussen de kationen en de anionen van belang. Figuur 19B geeft de verhouding voor de teelt op kokos weer in week 15 van de teelt (9-15 april 2016). Het totaal van deze drie kationen is op 100% gesteld (natrium wordt eerst van de EC afgetrokken), waarbij gestreefd wordt de verhouding in het groene vlakje te krijgen. De rode sterren geven aan welke verhouding de meest recente week (grootste ster) is gemeten, één week terug (middelste ster) en twee weken terug (kleinste ster). Hier is te zien dat door aanpassingen van de voedingsoplossing de opnameverhouding in de richting van de gewenste verhouding wordt bijgestuurd.

In de afdeling waar op steenwol is geteeld verloopt de opnamelijne minder grillig dan in de afdeling waar op kokos is geteeld, doordat het substraat inert is (Figuur 20A). De opname van kalium is gedurende de teelt wel aan de lage kant. Een correctie in de druppelvoeding begin juni verhoogde de concentratie in het drainwater en tegelijkertijd ook de opname door het gewas. De opname van de overige elementen is te vinden in Bijlage 3. De opnameverhouding van de kationen (Figuur 20B) is in week 15 (9-15 april 2016) mooi in balans.



**Figuur 20** Links: concentratie in voeding en drain en de opname van kalium door het gewas in de afdeling waar op steenwol werd geteeld. Rechts: verhouding in de opname van de kationen in teeltweek 15 (9-15 april 2016).

Voor natrium geldt er geen minimale waarde in het drainwater, alleen een maximale waarde. Ook voor de opname zijn geen minima en maxima opgenomen. In Figuur 21 is de concentratie natrium in voeding en drain weergegeven. De concentratie natrium in drainwater is altijd hoger dan de concentratie in de druppelvoeding. Er werd 30% drainwater bijgemengd in de druppelvoeding, het aanvullende water en de verse meststoffen bevatten nauwelijks natrium. In de teelt op kokos is de natrium-opname van het gewas in balans met de natrium die binnenkomt met de verse meststoffen en het aanvullende water. De concentratie liep daardoor ook niet op en er was geen reden om te lozen vanwege een te hoge concentratie natrium in de mat. In de teelt op steenwol is heel duidelijk het moment te zien dat er een verkeerde voeding is toegepast (natriumnitraat, zie 3.2.1, figuur 16), waardoor de concentratie in het drainwater sterk is opgelopen. Vóór dat moment liep ook hier de concentratie nauwelijks op en was deze lager dan in de afdeling op kokos.

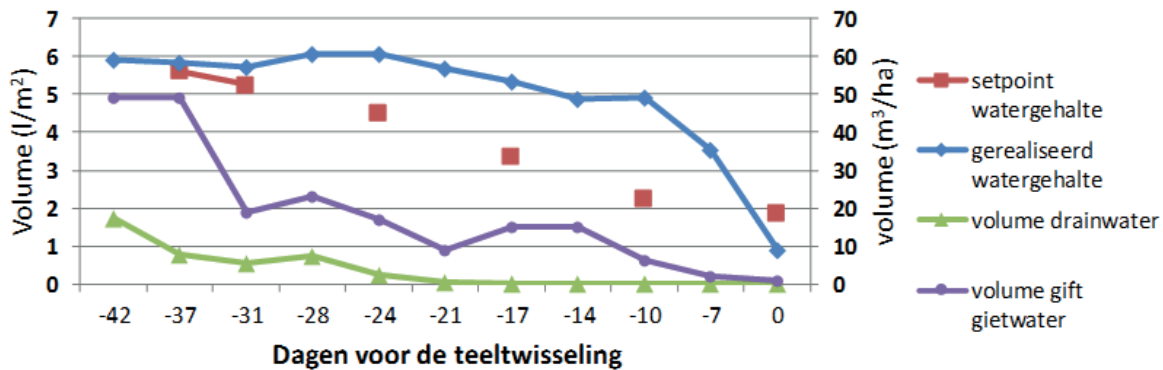


**Figuur 21** Opname van natrium en de concentratie in voeding en drain in, links, de kokosafdeling en, rechts, de steenwolafdeling.

Met gebruik van goed uitgangswater (met een lage concentratie natrium) en goede meststoffen is de concentratie natrium in de teelt goed laag te houden. Als de voorraad goed uitgangswater op is, wordt vaak overgeschakeld op een bron met daarin meer natrium (bijvoorbeeld kraanwater of oppervlaktewater), waardoor bovenstaande effect uit Figuur 21B kan optreden. Er wordt dan meer natrium in het systeem ingebracht dan het gewas kan opnemen, zodat de concentratie in het drainwater zal oplopen. De hoge natriumconcentratie is niet in groei en productie terug te zien. Met de BCO is hier speciaal op gelet.

### 3.4 Einde-teeltstrategie

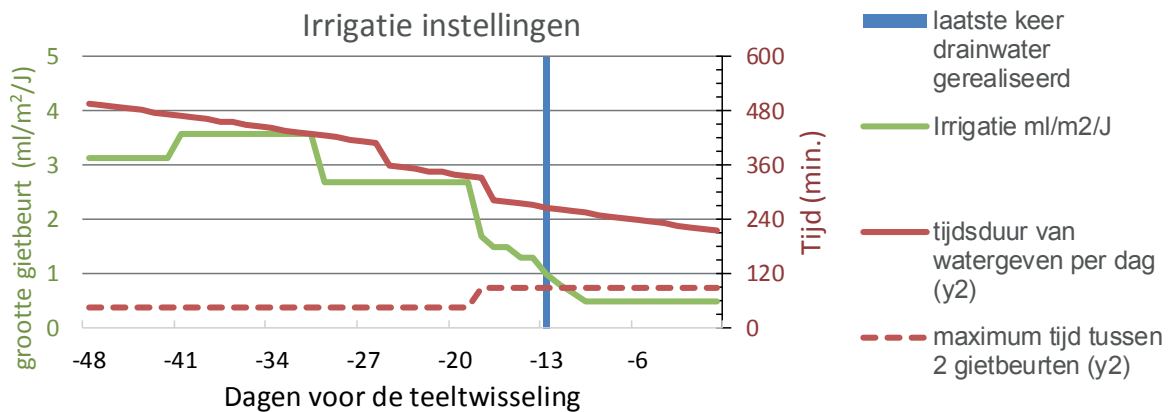
De einde-teeltstrategie is in detail beschreven in Blok *et al.* 2016. Deze paragraaf is een samenvatting van dat rapport. De einde-teeltstrategie is alleen toegepast in de steenwolafdeling en niet in de kokosafdeling. Het drainpercentage bij aanvang van de strategie, 6 weken voor het einde van de teelt, was 33% van de gift. De inhoud van de draintanks was ongeveer 10% van het totale volume, oftewel 1,7 L/m<sup>2</sup>. Vanaf dit punt is begonnen met het verminderen van de water- en nutriëntengift zoals aangegeven in 2.2.7. Figuur 22 laat zien dat het verminderen van de watergift direct de hoeveelheid drainwater en langzaam de voorraad water in de mat verminderde. Het watergehalte in de mat (steenwol) was hoger dan gewenst bij de start van de einde-teelt.



**Figuur 22** Weergave van het gewenste watervolume in de steenwol matten, het gemeten watervolume, de afgevoerde hoeveelheid drainwater en de aangevoerde voeding gedurende de laatste zes weken (42 dagen vóór de teeltwisseling) van de teelt.

De wisselende instraling in de laatste zes weken verklaart de grote spreiding in de watergift. Vanaf dag -33 is de gift progressief verminderd van 3,6 mL/J/m<sup>2</sup> naar 0,5 mL/J/m<sup>2</sup> (5 – 0,5 L/m<sup>2</sup>). Deze wijziging is terug te zien in het watergehalte van de matten en in de hoeveelheid drainwater.

De reductie in watergift was gebaseerd op verschillende parameters (Figuur 23). De instralingsdrempel voor watergift is tijdens de laatste weken omlaag gebracht volgens de in 2.2.7 beschreven strategie. Ten tweede is het volume van de druppelbeurten over de hele dag weer gelijk gemaakt (na de aanpassing aan het begin waardoor de eerste druppelbeurt dubbel zo groot was), na het uitblijven van drain na de woensdag in week 2. Ten derde is de irrigatieperiode verkort op donderdag in week 3 met 45 minuten voor zonsondergang en op donderdag in week 2 met 45 minuten na zonsopgang. Dit zorgde voor een reductie van 1,5 uur van de irrigatieperiode.



**Figuur 23** Tijdslijn voor gerealiseerde aanpassingen aan de watergift

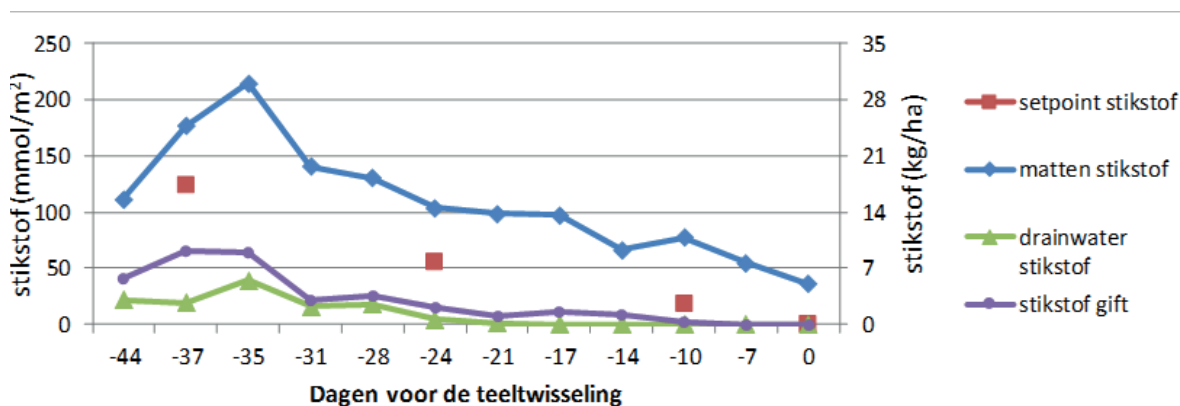
De hoeveelheid drainwater werd vanaf dag -28 snel minder. Vanaf dag -13, vier weken na de start van de einde-teelt strategie, was er geen drainwater meer. Tijdens de eerste drie weken werd op zonnige dagen nog 2 mL/J/m<sup>2</sup> water gegeven. Hierdoor werd de hoeveelheid drain op die dagen weer wat hoger. Dit laat zien dat deze hoeveelheid watergift aan het einde van de teelt nog voldoende is om de transpiratie op lichte dagen aan te vullen. Een kleine hoeveelheid drain werd aan het einde van de strategie geproduceerd, door de lage opnamecapaciteit van de bijna droge matten (Figuur 24).



**Figuur 24** Steenwolmatten op de laatste dag van de teelt.

Het watergehalte in de matten werd minder vanaf het moment dat de hoeveelheid drainwater onder 10% van de watergift kwam na dag -21. Toen het watergehalte 65%v/v werd vanaf dag -14, werd de ongelijkheid in de matten groter. Hierdoor werden de metingen minder accuraat. Na dag -7 varieerde het watergehalte tussen 2,3 en 5,3 L/m<sup>2</sup> (30 en 70 %v/v), afhankelijk van de locatie van de mat. In sommige matten was er dus nog nauwelijks water voor de planten, terwijl in andere matten nog een ruime hoeveelheid water beschikbaar was. In de droge matten verspreiden de meststoffen zich nauwelijks nog.

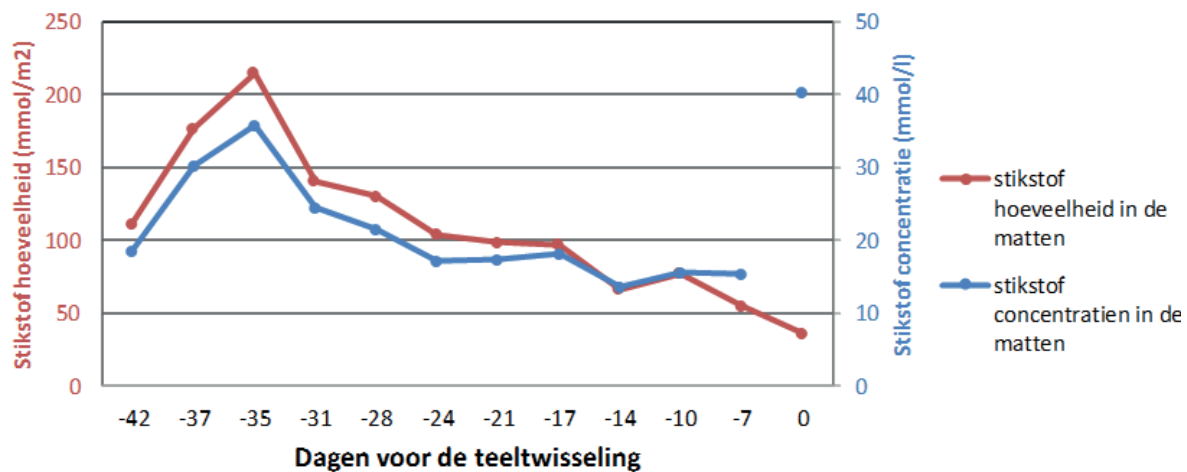
In Figuur 25 is te zien dat in het begin de stikstofdosering werd verhoogd om plantopname te stimuleren. Dit zorgde echter voor een grotere voorraad in de matten dan vooraf ingeschat, doordat de opname niet direct toenam, maar pas toen de concentratie in de mat een bepaalde waarde bereikte. Hierdoor is meer stikstof in de mat achtergebleven dan gewenst. De gewenste concentraties zijn de concentraties die vooraf zijn bepaald (zie 2.2.7), hier blijft de gemiddelde concentratie in de matten boven.



**Figuur 25** Hoeveelheid stikstof in de matten, de dagelijks gedoseerde en gedrainde hoeveelheid in mmol/m<sup>2</sup> (Y1-as) en in kg/ha (Y2-as).

Tijdens de eerste weken volgde de variatie in stikstofconcentratie in de mat de variatie in de gift. Figuur 26 laat zien dat de concentratie in de matten gelijk bleef terwijl de beschikbare voorraad in de mat afnam. De plant heeft hierdoor steeds voldoende mogelijkheid gehad om nitraat op te nemen. Aan het einde nam de concentratie in de mat toe, doordat er nauwelijks nog water aanwezig was. De meting werd hierdoor ook minder nauwkeurig, omdat ook een deel van de nitraat in de mat niet meer in oplossing was.



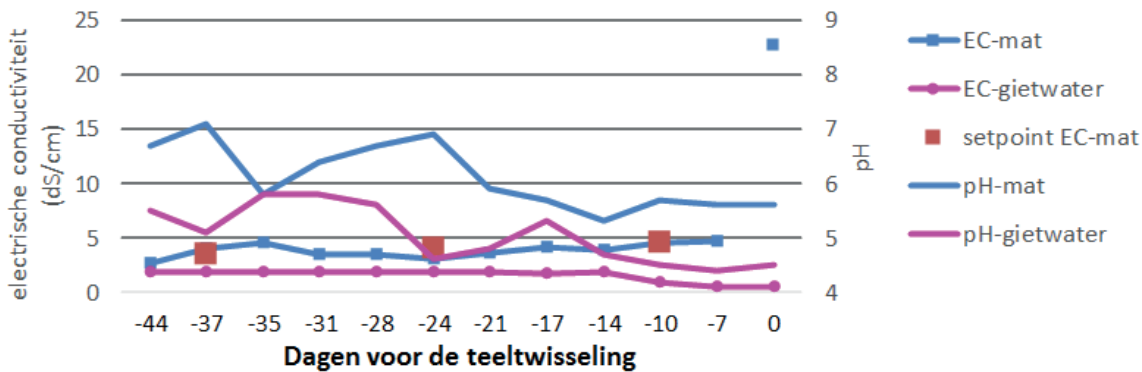


**Figuur 26** Vergelijking tussen de totale hoeveelheid stikstof (Y1-as) en de concentratie stikstof in de mat (Y2-as).

De hoeveelheid stikstof in de drain wordt beïnvloed door twee instellingen, het volume van de gift, en de hoeveelheid in de matten. Van week 6 tot 3 (van dag -42 tot dag -21) is stikstof in de afvoer verlaagd van 19 naar 1 mmol/m<sup>2</sup>, met een piek op 39 mmol/m<sup>2</sup> aan het einde van week 5 (dag -35). Vanaf dag -21 (week 3) was er geen drain meer dus werd ook geen stikstof meer afgevoerd met het drainwater.

In de laatste week was al het drainwater opgebruikt en werd de voedingsoplossing alleen gemaakt met verse voeding. Daar ontbrak het echter aan een alternatief voor ammoniumnitraat voor de toevoeging van ammonium aan de voedingsoplossing, zodat zelfs daar nog nitraat aan de voeding moest worden toegevoegd, reden waarom de concentratie niet tot nul kon dalen. Tijdens de laatste tien dagen werd de voedingsoplossing vervangen met een oplossing van KCl met sporenelementen, zodat de opname van nitraat en fosfaat door het gewas uit de matten werd gemaximaliseerd. Deze periode werd de voedingsoplossing in het volume van het leidingsysteem (160 L) echter maar drie keer verdund met KCl-oplossing, zodat zelfs in de laatste dagen nog nitraat werd gegeven. De aanpassingen aan de voedingsoplossing door verdunning met verse meststoffen ging erg langzaam (zie voor uitleg 2.2.7). Aan het begin van het einde van de teelt werd gemiddeld 5 L/m<sup>2</sup> gegeven, waardoor het maar een paar uur duurde voordat de oude voedingsoplossing (1,3 L/m<sup>2</sup>) werd verminderd tot 20% van de nieuwe oplossing. Toevoegen van 33%v/v drainwater aan de nieuwe voedingsoplossing was verantwoordelijk voor meer dan 33%mmol/mmol van de nutriënten in de voedingsoplossing, doordat de toevoeging van verse meststoffen werd aangestuurd op basis van EC. Bij het einde van het experiment werd de geconcentreerde voedingsoplossing verdund met water om te komen tot een EC van 0,5 mS/cm. Maar omdat er maar 0,5 L/m<sup>2</sup>/dag werd gegeven duurde het zes dagen voordat de nieuwe oplossing 80% van de gegeven voedingsoplossing uitmaakte.

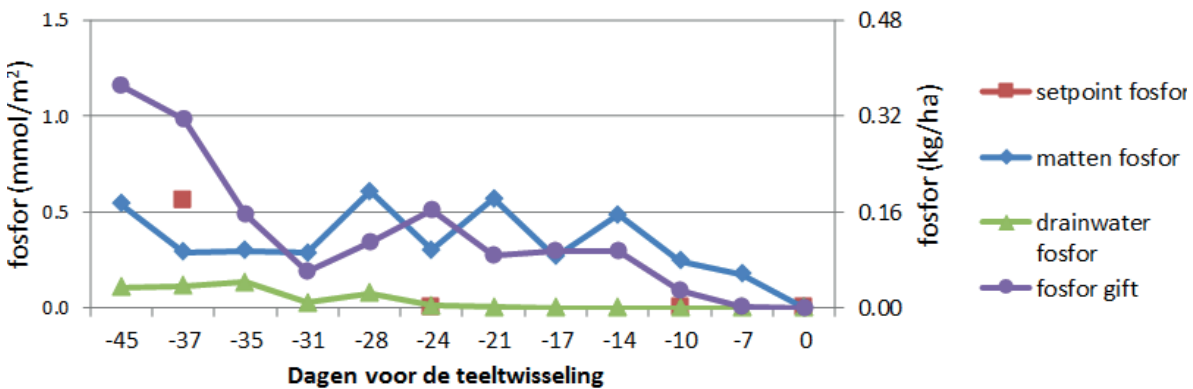
Figuur 27 laat zien dat de EC van het gietwater goed was geregeld, maar de hoeveelheid gietwater veroorzaakte een EC stijging in de matten tussen dag -44 en -30.



**Figuur 27** Verandering van de EC en pH in het gietwater en in de steenwolmatten.

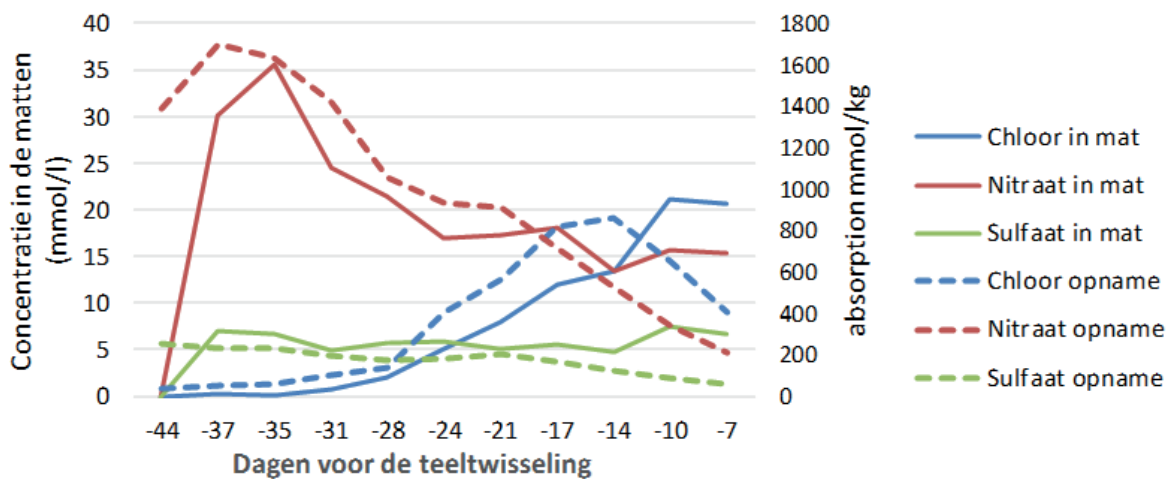
Figuur 28 toont het verloop van de fosfor hoeveelheid in de matten en de aanvoer naar en de afvoer uit de matten. De hoeveelheid fosfor in het gietwater werd vanaf het begin van de proef verminderd terwijl de plantopname nog steeds hoog was. Vervolgens werd de aanvoer van fosfaat van dag -28 tot -14 hetzelfde gehouden om aan de plantopname te voldoen. Dit was tegen het oorspronkelijke plan, maar nodig vanwege de hoge plantopname en de lage beschikbaarheid van fosfaat in de mat.

De verlaging van de pH in het gietwater begon pas na dag -17 zichtbaar te worden (Figuur 27). Hierdoor kwamen neergeslagen fosfaat en sporenelementen weer vrij en beschikbaar voor de planten. Vanaf dag -7 was de hoeveelheid fosfaat beneden de detectiegrens van de analyses, en werd de detectiegrens als de "gemeten" concentratie gebruikt.



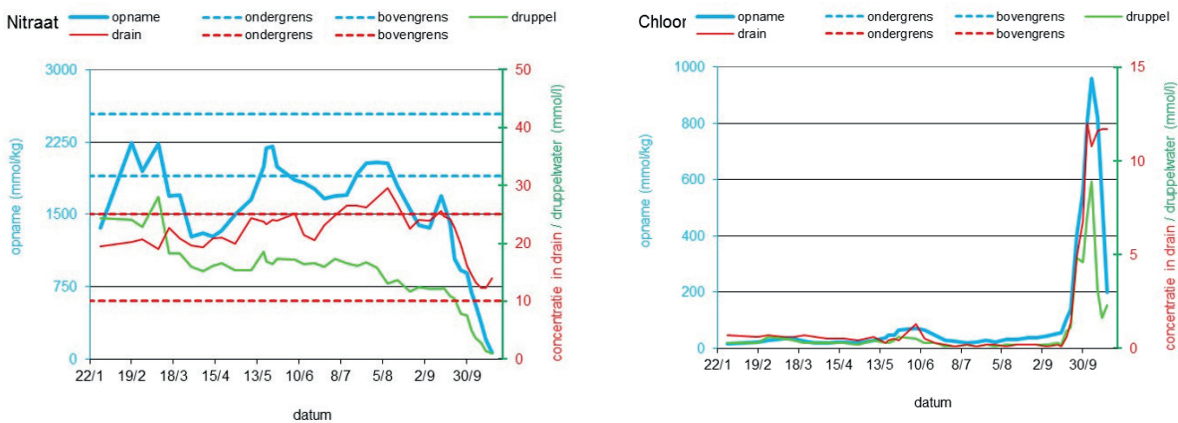
**Figuur 28** Hoeveelheid fosfor in de matten, voeding en drain.

Figuur 29 toont dat de opname van nitraat en chloride met elkaar waren gecorreleerd, een afnemende benutting van nitraat werd gecompenseerd door een toenemende opname van chloride, zodat het evenwicht tussen de kationen en anionen gelijk bleef. De concentratie  $Cl^-$  in de matten beïnvloedde nauwelijks de opname van chloride, die werd veel meer beïnvloed door de totale kationenopname. Het risico van sulfaataccumulatie en daardoor het niet opnemen van andere anionen werd niet geconstateerd. De laatste week, verminderde de opname ook door het lage watergehalte. Bij watergehalte <25% waren de watestromen in de mat beperkt en nam ook daardoor de elementenopname af.



**Figuur 29** Verloop van de concentraties van de belangrijkste anionen in de matten en hun relatieve opname door het gewas.

Ook in de opname-analyses (Figuur 30, vanaf 2/9) is goed waar te nemen dat de plant naar het eind van de teelt minder nitraat heeft opgenomen en meer chloride. Voor de overige elementen is duidelijk een afname in de opname te zien, doordat er minder is gedoseerd. De voorraad aan meststoffen in de steenwol mat is hierdoor verlaagd.



**Figuur 30** Verloop van opname van nitraat (links) en chloride (rechts) aan het einde van de teelt op steenwol.

Met de gekozen strategie kon tot het einde van de teelt een normale productie worden gerealiseerd. Watertekort had de laatste vruchten, geproduceerd in week 1 zacht gemaakt. Deze vruchten waren echter nog te jong om te worden geoogst. Deze observatie toont aan dat de strategie tot op de laatste dag de kwaliteit van de oogst kan beïnvloeden (Figuur 31).



**Figuur 31** Vrucht in week 0 (teeltwisseling).

Door toepassen van de hierboven beschreven einde-teeltstrategie, wordt het vochtgehalte in de matten vermindert van 80% gedurende de teelt tot circa 25% bij het verwijderen van het gewas en de concentratie aan stikstof in de mat naar van 25 naar 15 mmol/L. Voor water is dit een afname van 75%, van 60 m<sup>3</sup>/ha tot 15 m<sup>3</sup>/ha in de substraatmatten, voor stikstofvrucht een afname van 85%, van 21 kg N/ha naar 3,15 kg N/ha. Dit is een flinke verlaging van de emissie via de substraatmatten tijdens de teeltwisseling. In Tabel 8 is een overzicht gegeven van de volumina in het totale teeltsysteem per hectare, gebaseerd op gemiddelden van berekeningen en opgaven door telers in het 'Praktijknetwerk emissieloos telen'. Deze volumes verschillen per gewas en per teler, daarom is een gemiddelde genomen (1<sup>e</sup> kolom in Tabel 8). Aan het einde van de teelt trekt de teler al zijn matten al leeg en misschien ook al een deel van de vuilwatertank (2<sup>e</sup> kolom in Tabel 8). Op basis van de ervaringen met de einde-teeltstrategie is een 3<sup>e</sup> kolom toegevoegd waarin het volume geminimaliseerd is.

In de huidige praktijk wordt het totale watervolume in circulatie dus al gemiddeld met 35% vermindert aan het einde van de teelt. Door met een einde-teeltstrategie nauwkeurig op volumes in recirculatie te letten, kan dit volume verlaagd worden met 64% ten opzichte van de situatie tijdens de teelt. De hoeveelheid te lozen of te zuiveren water aan het einde van de teelt met nutriënten (vuilwatertank, dagvoorraadtank en schoonwatertank) en gewasbeschermingsmiddelen wordt dan vermindert van 105 m<sup>3</sup>/ha naar 55 m<sup>3</sup>/ha met daarin geen 25 mmol/l NO<sub>3</sub>, maar 15 mmol/l NO<sub>3</sub>. Omgerekend naar vrucht betekent dit een reductie in N lozing van 36,8 kg stikstof per ha naar 11,6 kg stikstof per ha. Het toegestane maximum is 133 kg/ha/jaar in 2017

**Tabel 8**

*Gemiddelde watervolumes per onderdeel in m<sup>3</sup>/ha.*

	Praktijk, tijdens teelt	Praktijk, einde teelt	Berekening na einde-teeltstrategie
Mengbak/dagvoorraad	50	50	25
Teeltsysteem (matten, druppelleiding)	70	40	25
Vuilwatertank	35	15	10
Schoonwatertank	70	40	20
Totaal	225	145	80

## 4 Discussie

### Voorbehandelen kokossubstraat

Kokossubstraat wordt voorbehandeld voordat het wordt gebruikt in de teelt. Het voorbehandelen (bufferen en spoelen) van het kokossubstraat wordt gedaan om aan kokos gebonden natrium te kunnen afvoeren en daarmee niet in de teelt in te brengen. In het proces wordt de gebonden natrium vervangen door calcium. Het bufferen en spoelen wordt gedaan vóór aanvang van de teelt, op de teeltlocatie of op de productielocatie van het kokos. Tijdens dit bufferproces komt stikstof (8 kg N/ha/jaar) vrij, wat bij buffering van kokos op de productielocatie niet wordt toegeschreven aan de teelt (emissionormen stikstof), omdat niet inzichtelijk is hoeveel stikstof wordt geloosd. Bij voorbehandeling op het bedrijf telt deze lozing wel op bij de stikstoflozing van het bedrijf en zorgt voor een verlaging van de hoeveelheid stikstof die in de teelt nog geloosd mag worden.

De concentratie nitraat in het spoelwater is echter lager dan in het teeltwater (12,9 t.o.v. 20-25 mmol/L). Als het kokossubstraat niet gebufferd en gespoeld wordt, wordt deze hoeveelheid stikstof nog niet geloosd. Er zal dan meer natrium in het systeem aanwezig zijn vanuit het substraat, waardoor mogelijk grotere hoeveelheden water met meer stikstof en ook fosfaat erin geloosd moeten worden. Een alternatieve strategie (plan voor 2017) is om niet te bufferen en te spoelen en pas te lozen gedurende de teelt bij een te hoge natriumconcentratie. Praktijkconform zal dit bij 6 mmol/l Na zijn.

### Filtratie

In de steenwol afdeling is gebruik gemaakt van een 3 µm automatisch filter, welke bij een te groot drukverschil gespoeld is met gefilterd drainwater. Er is niet gemeten of het filter veel vervuiling uit het water heeft gehaald, voordat het water door de ozon-ontsmetter behandeld moest worden. Over het algemeen is er niet veel vervuiling te verwachten uit een steenwol teelt. In de kokos afdeling is gebruik gemaakt van een vlakbed filter vóór de vuil draintank met een doek met een poriegrootte van 30 µm. Bij de start van de teelt was het drainwater uit deze kas behoorlijk bruin. Op het oog had het filter geen effect in het verwijderen van deze vervuiling. De vraag is daarom dan ook of er een fijner filter gebruikt had moeten worden. Het filterdoek is alleen doorgedraaid nadat het dichtgegroeid is met algen (vochtig, veel licht en voedingsstoffen).

### Opname-analyse

Met OpnameAnalyse is de bemestingsstrategie in deze emissieloze teelten bepaald, door de groei van het gewas en daarmee de benodigde opname (theoretisch) te vergelijken met de daadwerkelijke opname door het gewas (gemeten). Het bemonsteren is van grote invloed op de kwaliteit van de OpnameAnalyse. Het drainwater moet worden bemonsterd vanuit de schoon drainwatertank, zodat fluctuaties in de samenstelling geen invloed hebben op de OpnameAnalyse. Het gietwater moet worden bemonsterd in de dagvoorraad (indien aanwezig), mengbak, of uit de aanvoerleiding naar de kas, op het moment dat een representatieve hoeveelheid drainwater is bijgemengd. Als dit laatste niet het geval is en alleen verse voedingsoplossing wordt bemonsterd, dan kan opname van elementen worden over- of onderschat. Bij een goede monsternamen kan de OpnameAnalyse een waardevol instrument zijn om te bepalen of het gewas voldoende van alle elementen opneemt.

### Teeltwisseling

Zoals in het voorliggende onderzoek is aangetoond, is het goed mogelijk om aan het einde van de teelt de matten en de silo's zoveel mogelijk leeg te maken. Op deze manier worden met het afvoeren van de substraatmatten zo min mogelijk meststoffen weggegooid. Tegelijkertijd zijn de drainwaterbuffers zo leeg mogelijk, waardoor het mogelijk wordt om zonder problemen dit restant bij te mengen in de nieuwe teelt. Het resterende water aan het einde van de teelt hoeft dan niet meer te worden weggegooid.

Bij het schoonmaken en ontsmetten van het teeltsysteem tijdens de teeltwisseling kunnen ook nog waterstromen vrijkomen, die pathogenen en kleine hoeveelheden meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen kunnen bevatten. Dit spoelwater moet, als het geloosd wordt, gezuiverd worden van gewasbeschermingsmiddelen. Om ervoor te zorgen dat het restant water in de vuil- en schoonwater buffer niet vervuild wordt met dit spoelwater, moet het spoelwater apart opgevangen worden als het niet hergebruikt kan worden. Dit voorkomt onnodig lozing van drainwater dat nog prima te gebruiken is in de nieuwe teelt.

## **Lozingen**

Doel van het project was om paprika's te telen zonder emissie van drainwater, filterspoelwater, etc, zoals in 2015 reeds is aangetoond met een paprikateelt op steenwol (Van Os *et al.* 2016). Problemen met de ontsmettingsapparatuur, waarbij door storingen in de software water automatisch naar het riool werd gepompt of silo's overliepen, hebben ervoor gezorgd dat deze doelstelling niet gehaald is. De emissienorm voor stikstof voor paprika in 2017 is 133 kg/ha. In de steenwolafdeling hebben we alleen vanwege calamiteiten geloosd (100,2 kg stikstof per ha per jaar). In de kokosafdeling is vanwege calamiteiten 18,7 kg stikstof per ha per jaar geloosd. Hier komt bij de 8 kg/ha/jr die bij het bufferen is geloosd, in totaal 26,7 kg stikstof per ha per jaar. Deze geringe hoeveelheid is aanleiding geweest om in 2017 te proberen emissieloos te telen zonder het bufferwater te lozen. De vraag is of het bevoegd gezag bovengenoemde lozingen inderdaad als calamiteit ziet en dus toelaat. Het laat wel duidelijk zien dat als er een calamiteit is er opslagcapaciteit moet zijn voor dit water zodat het niet onmiddellijk hoeft te worden geloosd. Het laat ook zien dat de stikstof emissiegrenzen met gering volume toch snel worden bereikt.

Uit eerder onderzoek (programma Glastuinbouw Waterproof 2011-2016; Van Os *et al.* 2012) is bekend wat de belangrijkste factoren zijn die een rol spelen om te gaan lozen (natrium, pathogenen, groeiremmende stoffen, suboptimale bemesting en daardoor onbalans in voedingsstoffen), en is ook bekend hoe problemen hiermee zijn te voorkomen. Deze oplossingen worden in dit onderzoek toegepast. Er is niet uit te sluiten dat er nog andere (onbekende) factoren meespelen en dit zou dan met name bij kokos een rol kunnen spelen. Bij paprika op steenwol is in 2015 aangetoond dat emissieloos telen heel goed kan.

## **Emissieloos telen in praktijksituatie**

De mogelijkheid tot het emissieloos telen in een praktijksituatie is allereerst afhankelijk van de kwaliteit van het beschikbare gietwater. Vaak is er onvoldoende opslagcapaciteit om de gehele teelt regenwater te kunnen gebruiken. In uitzonderlijke gevallen is regenwater niet van voldoende kwaliteit om direct te gebruiken in de teelt, bijvoorbeeld vlak achter de duinen (natrium). Bij een tekort aan regenwater wordt een andere gietwaterbron gebruikt, zoals grondwater, al dan niet na behandeling met omgekeerde osmose. Deze gietwatersoorten bevatten vaak meer natrium en zijn bovendien duurder. Het is over het algemeen makkelijker (en goedkoper) om ervoor te zorgen dat natrium het teeltsysteem niet bereikt dan om het selectief uit drainwater te verwijderen. Een goede toepassing van ontzoutingstechniek kan er dus voor zorgen dat er gemakkelijker emissieloos geteeld kan worden.

Meststoffen worden vaak aangewezen als boosdoener voor ophoping van natrium in het systeem, maar uit een screening van beschikbare meststoffen in 2012 van WUR Glastuinbouw blijkt de hoeveelheid natrium in meststoffen mee te vallen (ca. 0,1 mmol/l; Onder Glas, 2013). Logischer is het dat de ophoping van natrium ontstaat door gietwater met een relatief hoge concentratie natrium of ontsmettingsmiddelen met daarin natrium (bijvoorbeeld natriumhypochloriet).

## 5 Conclusies

In twee kasafdelingen met steenwol en kokos is tussen januari en oktober 2016 paprika geteeld. Strategieën zijn toegepast om op beide substraten emissieloos te telen en om aan het einde van de teelt zo weinig mogelijk water met nutriënten over te houden.

Het belangrijkste doel van dit project was om aan telers en adviseurs te laten zien dat emissieloos telen mogelijk is zonder verlies aan productie en kwaliteit. Dat is ten dele gelukt. De productie (28,1 kg/m<sup>2</sup> bij de steenwol en 26,5 kg/m<sup>2</sup> bij kokos) en kwaliteit waren goed en vergelijkbaar met de praktijk. Door technische storingen moest enige emissie (3,8% van de gift bij de steenwol en 0,7% bij de kokos) worden toegelaten. Tijdens de teelt was het klimaat in beide substraatafdelingen nagenoeg gelijk. Het gewas op kokos groeide wat sneller en vegetatiever waardoor een iets lagere productie werd veroorzaakt terwijl het waterverbruik hoger was. In 2015 is eerder aangetoond dat volledig emissieloos telen met beschikbare technieken en strategieën op steenwol mogelijk is.

Het bufferen van de kokos leidde tot een lozing vóór het planten van 44 m<sup>3</sup>/ha met daarin omgerekend 8 kg stikstof per ha (12,9 mmol/l NO<sub>3</sub>). Als dit water niet was geloosd, dan was 2,6 mmol/L natrium in het systeem ingebracht door het substraat. De marge voor natrium uit andere bronnen (bijvoorbeeld gietwater, meststoffen) is hierdoor lager dan bij teelt op een inert substraat dat geen natrium bevat. Lozen van water tijdens de teelt (gemiddeld 26 mmol/L NO<sub>3</sub>) heeft een hogere emissie van stikstof tot gevolg dan lozing van het spoelwater van het bufferen van het kokossubstraat. Als de marges voor natrium in de situatie van de teler krap zijn, dan kan er met het oog op de emissienormen voor stikstof beter voor gekozen worden om het spoelwater van het substraat bij de start van de teelt te lozen, dan tijdens de teelt door te hoge concentraties natrium te moeten lozen.

De natrium concentratie was in kokos na het bufferen gemiddeld 3 mmol/l terwijl op steenwol de natriumconcentratie minder dan 1,5 mmol/l was. Deze verschillen hadden geen zichtbare invloed op het gewas. In de nazomer is op steenwol meer natrium gegeven met een oplopende concentratie tot 8 mmol/l. In de gewasgroei was dit niet zichtbaar en dus voor de teeltbegeleidingsgroep geen reden om tot lozing over te gaan. EC en pH waren in het druppelwater nagenoeg gelijk op beide substraten, in het drainwater waren er kleine verschillen.

De OpnameAnalyse met wekelijkse analyses van druppel- en drainwater stelde de teeltbegeleiders in staat om adequaat te reageren op afwijkingen in het ionen opnamepatroon. Bijsturen in de receptuur was pas nodig als de opname buiten per element bepaalde minimum- en maximumwaarden kwam. Hierdoor kon adequater worden bijgestuurd en werd een onbalans in de samenstelling van de voedingsoplossing voorkomen. Dit leidde tot het voorkomen van lozingen.

De einde-teeltstrategie had als doel om de hoeveelheid restwater en de concentraties stikstof en fosfor na de teelt fors te verminderen,. Hiervoor werd 6 weken vóór het einde van de teelt een regime ingezet met minder watergeven bij een lagere pH (om via extra ammonium het neergeslagen fosfaat op te lossen en voor de plant beschikbaar te maken) en met vervanging van nitraat door chloor. Dit heeft geresulteerd in een verlaging van de nitraatvoorraad van 120 naar 40 mmol/m<sup>2</sup> en de fosfaatvoorraad van 1,2 naar 0 mmol/m<sup>2</sup>. Door deze strategie toe te passen is het watergehalte in de substraatmatten verlaagd naar circa 20% en is de hoeveelheid water die in het irrigatiesysteem aanwezig is verlaagd van 250 m<sup>3</sup>/ha tijdens de teelt naar 80 m<sup>3</sup>/ha bij het einde van de teelt. De hoeveelheid te zuiveren water bij eventuele lozing wordt hierdoor veel lager en ook de emissie van stikstof wordt hierdoor verlaagd naar slechts 11,6 kg/ha/jaar. Overigens kan dit water na ontsmetten prima worden hergebruikt in de volgende teelt. Een praktisch advies om de nutriëntensamenstelling in de laatste weken van de teelt aan te passen wordt gegeven in Tabel 8.

Tabel 9

Advies voor de aanbevolen concentraties in het gietwater bij een einde-teeltstrategie.

		Week -5	Week -3	Week -1	Week 0
Nitraat	mmol/l	10	5	5	1,0
Fosfaat*	pHmat<6,5	0,1	0,1	0	0
	pHmat>6,5	1	0,5	0	0
EC	dS/m	2,0	2,0	1,0	0,5
Gietwater	ml/J**	2,5	1,5	0,5	0,5**
Ammonium	mmol/l	1,5	1,0	1,0	1,0
NH <sub>4</sub> -N/NO <sub>3</sub> -N	%	10	20	20	100

\* De fosfaatconcentratie moet aangepast worden aan het pH niveau. Bij pH boven 6,5 slaat fosfaat in de mat neer en moet de fosfaatgift verhoogd worden.

\*\* Tot het einde is water gegeven om de nutriënten in de mat in oplossing en beschikbaar te houden. Als het watergehalte onder 30% v/v daalt kunnen de nutriënten niet meer naar de wortels stromen of diffunderen en kan de aanwezige voorraad niet worden opgenomen.



# Literatuur

Beerling, E.A.M.; C. Blok, A.A. van der Maas; E.A. van Os, 2014.

Closing the water and nutrient cycles in soilless cultivation systems. *Acta Hort.* 1034, 49-56.

Blok, C.; R. Leyh, M. Bustamante, 2016.

Emissieloze tuinbouw: teeltwissel strategie. Wageningen University & Research, Business Unit Glastuinbouw, Rapport GTB-1429.

Onder Glas, 2013.

Niet kunstmest, maar water is belangrijkste bron van natrium. Via <http://digimagazine.ouderglas.nl/2013/5/magazine.php?spread=53>

Sonneveld & vd Burg, 1991.

Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *J. Agr. Sci.* 39, 115-112.

Van Os, E.A.; J. van Ruijven; J. Janse; E. Beerling; M. van der Staaij; R. Kaarsemaker, 2016.

Vergelijking tussen gangbaar en emissieloos teeltsysteem : waterefficiënte Emissieloze Kas. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB 1406 - 62 p.

Van Os, E.A.; R. Jurgens; W. Appelman; N. Enthoven; M.A. Bruins; R. Creusen; L. Feenstra; D. Santos Cardoso; B. Meeuwsen; E.A.M. Beerling, 2012.

Technische en economische mogelijkheden voor het zuiveren van spuiwater. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB 1205 - 32 p.

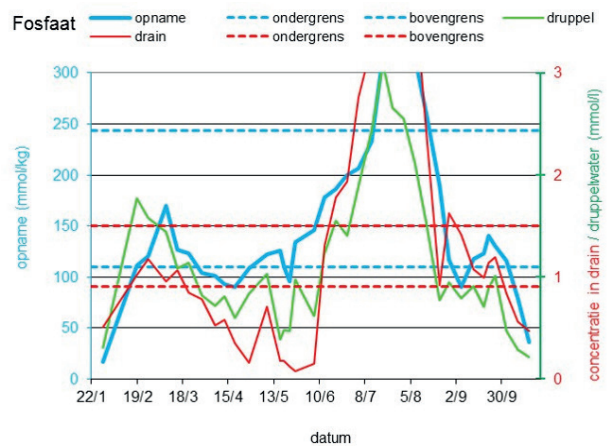
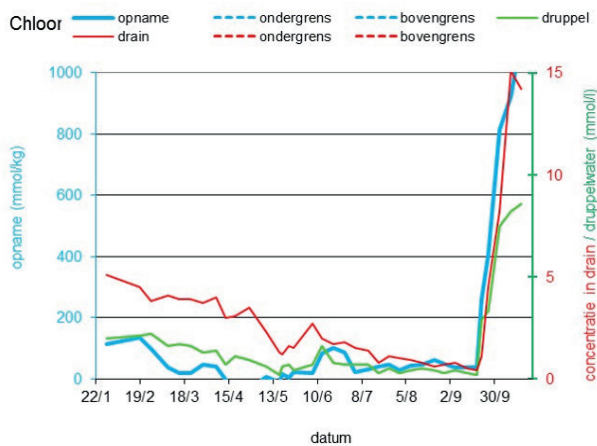
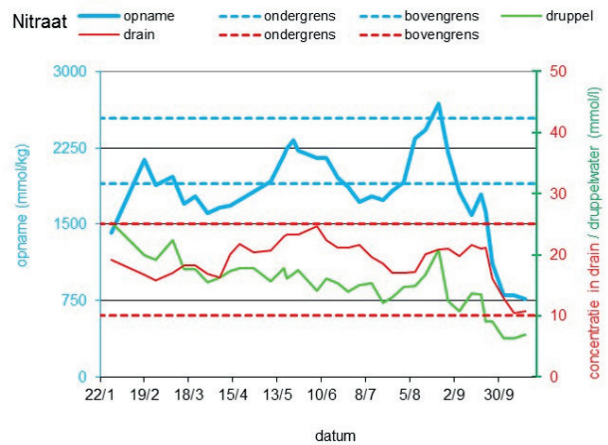
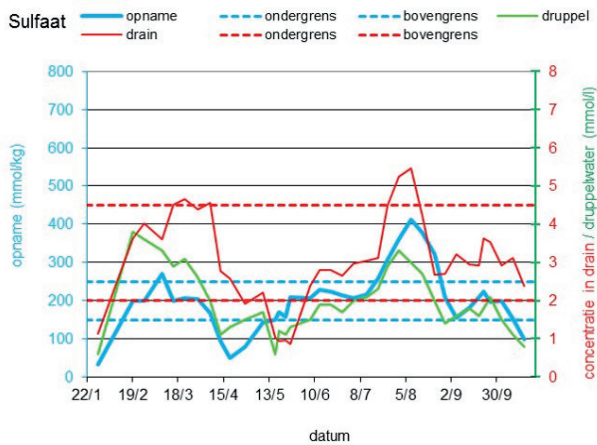
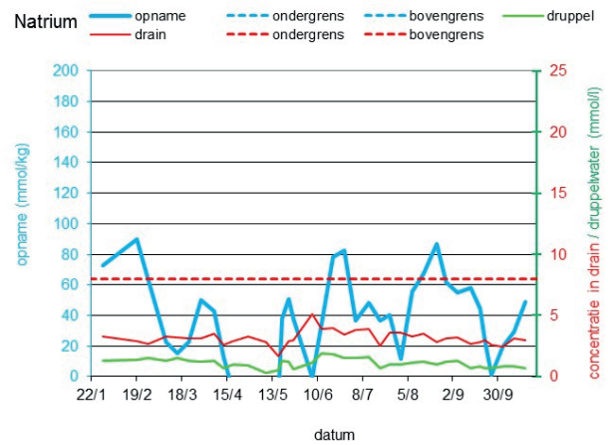
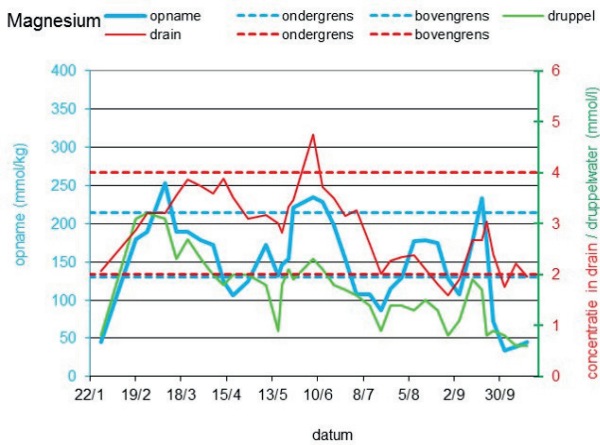
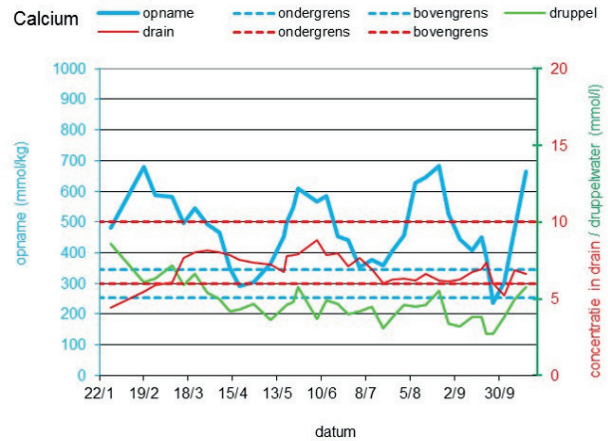
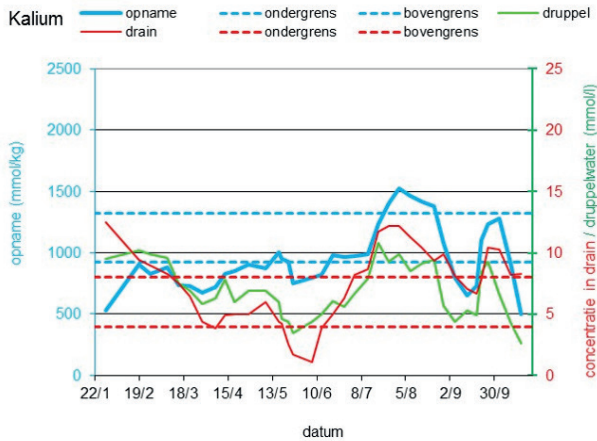


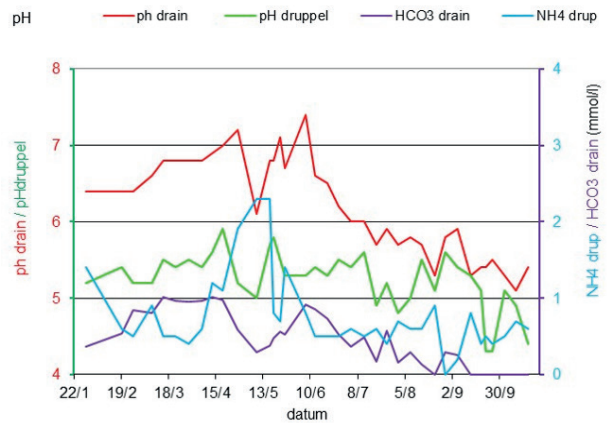
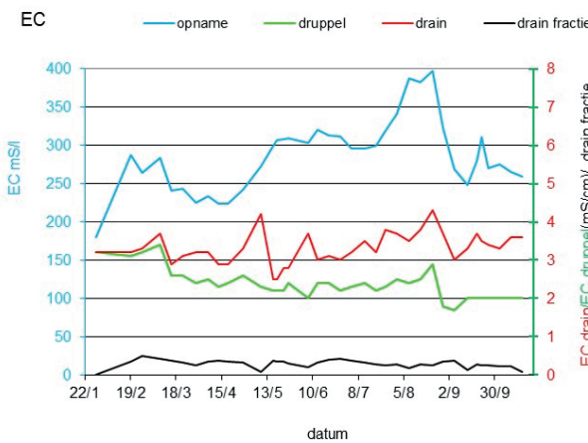
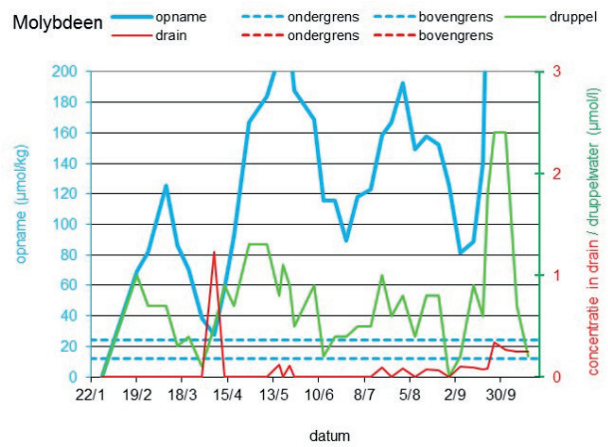
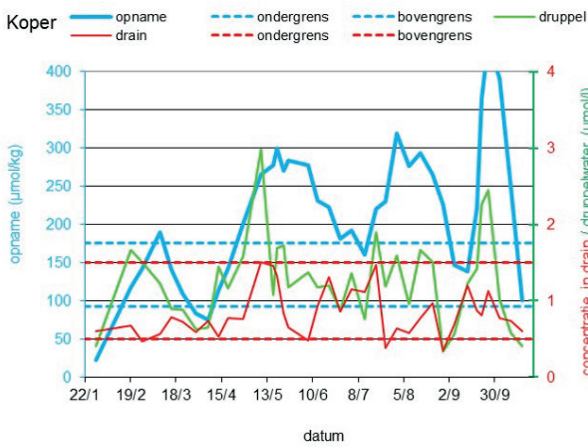
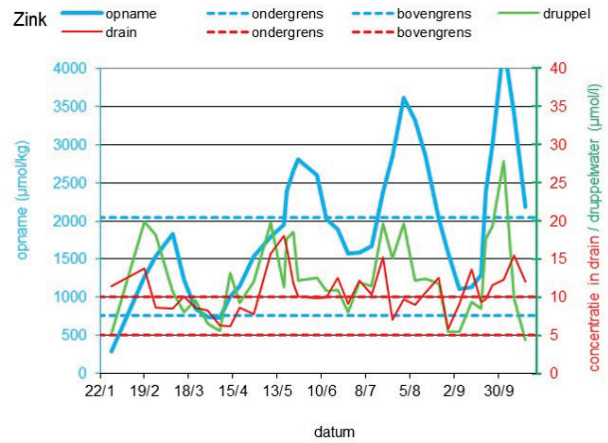
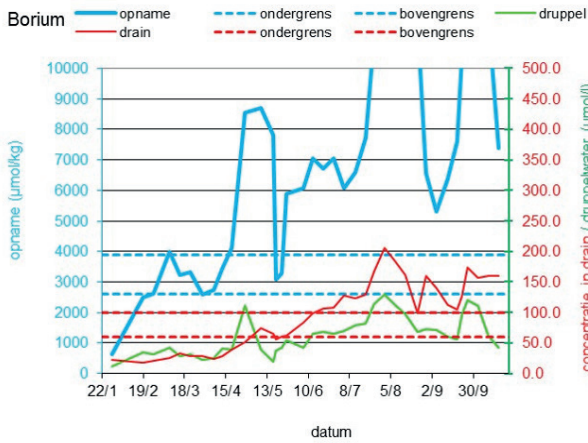
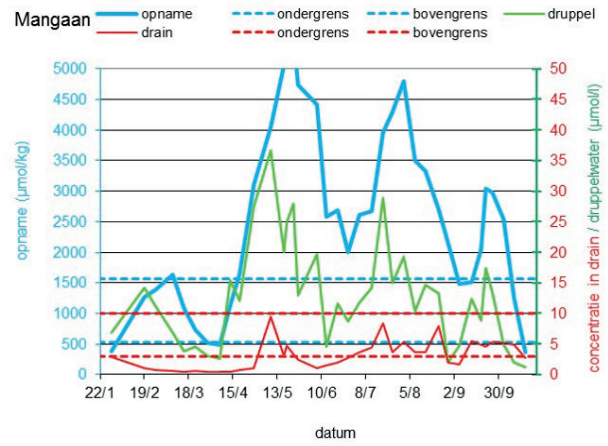
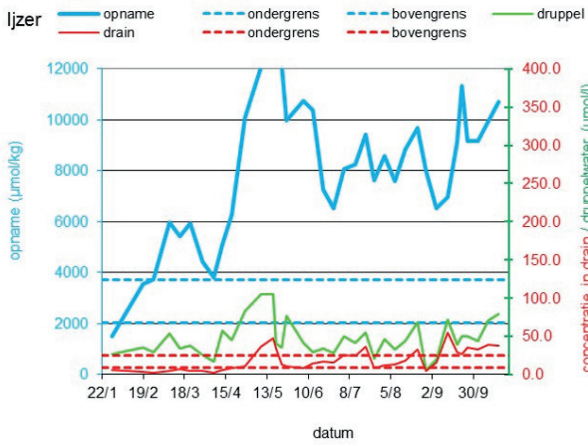
# Bijlage 1 Gewasbescherming

Datum	Constatering	Actie	Afdeling
12 jan	Ziekte en plaag vrij	Zwavelen 1 uur/week	Beide
14 jan	Ziekte en plaag vrij	Gespoten met abamectine (Vertimec)	Beide
26 jan	Ziekte en plaag vrij	100 zakjes Amblyseius swirskii (Swirskii-mite) uitgehangen	Beide
9 feb	Ziekte en plaag vrij	100 zakjes Amblyseius swirskii (Swirskii-mite) uitgehangen	Beide
		Zwavelen 2 uur/nacht 4 dagen/week	Beide
25 feb	Ziekte en plaag vrij	Orius laevigatus (Thripor-L) uitgezet	Beide
3 mrt	Trips op vangplaten, roofmijten in bloemen neemt af		Beide
7 mrt	Trips op vangplaten neemt toe	Zwavelen verminderd tot 1 uur/week	Beide
16 mrt	Trips op vangplaten neemt toe, roofmijten neemt toe, roofwantsen blijven achter	Orius laevigatus (Thripor-L) uitgezet	Beide
24 mrt	Tripsen neemt toe, roofmijten en roofwantsen ook		Beide
4 apr	Biologische bestrijding trips in teelt steenwol verloopt niet goed		
7 apr		Roofmijten en roofwantsen uitgezet	Steenwol
28 apr	Bezetting bloemen en bladeren met roofmijten en roofwantsen is erg goed		Beide
2 mei		Aphidoletes aphidimyza (Aphidend) en Aphidius colemani (Ahipar) uitgezet (preventief)	Beide
18 mei	Eerste luizen geconstateerd (Boterbloemluiz) en spint met spontaan Phytoseiulus persimilis	Aphidoletes aphidimyza (Aphidend) en Aphidius colemani (Ahipar) uitgezet (preventief)	Beide
19 mei		Aphidius ervi (Ervipar) uitgezet	Beide
23 mei		Aphidius ervi (Ervipar) uitgezet	Beide
24 mei		Phytoseiulus persimilis (Spidex) uitgezet	Beide
31 mei		Druppelproef met imidacloprid (Admire) en pymetrozine (Plenum)	Steenwol
1 jun	Bladluis geconstateerd in kokos	imidacloprid (Admire) en pymetrozine (Plenum) gedruppeld	Kokos
9 jun	Bladluis onder controle, spint neemt toe		
14 jun		Phytoseiulus persimilis, Aphidius colemani en Aphidius ervi uitgezet	Beide
27 jun	Geen bladluizen en niet of nauwelijks trips gevonden. Het aantal roofwantsen (Orius laevigatus) en roofmijten (A. swirskii) is afgenomen. De spint aantasting is op een enkele plant ernstig, maar de roofmijten (P. persimilis) beginnen de zaak onder controle te krijgen. In de bloemen komen steeds meer springstaarten voor.	Extra uitzetten van roofmijten (Spidex - P. persimilis) in beide afdelingen op de eerste planten van elke rij.	

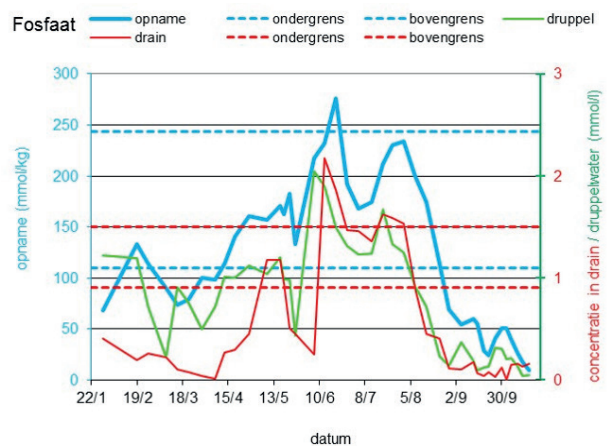
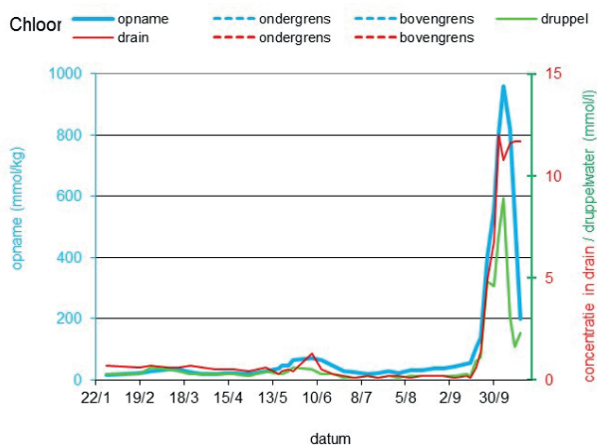
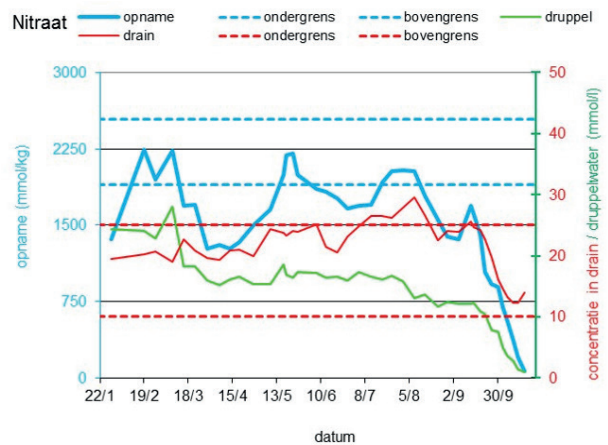
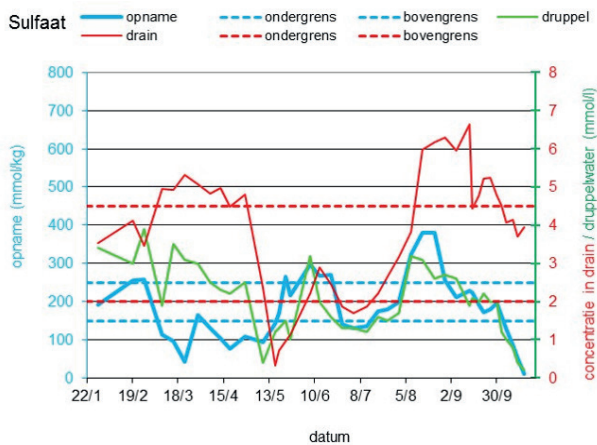
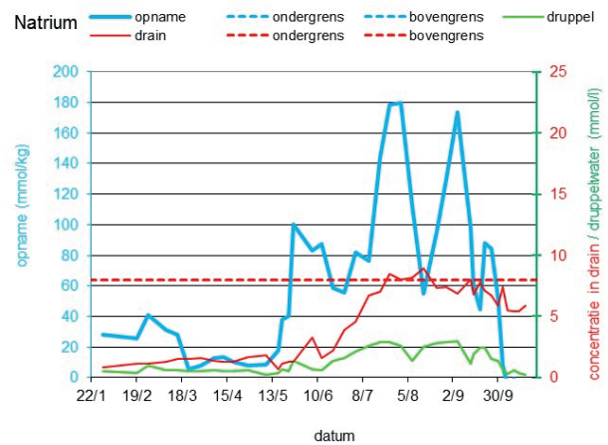
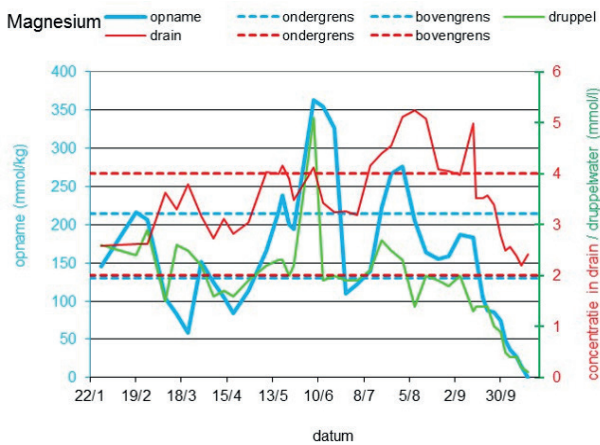
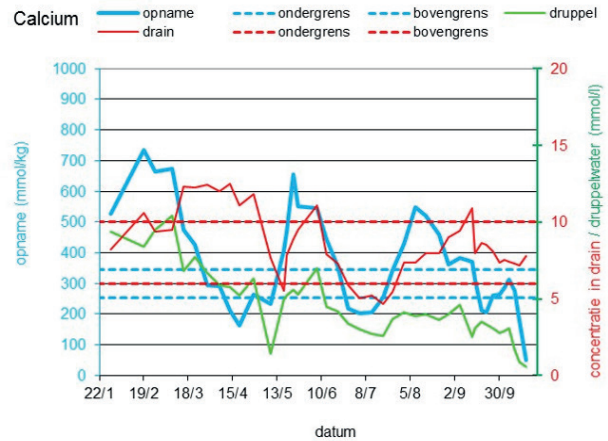
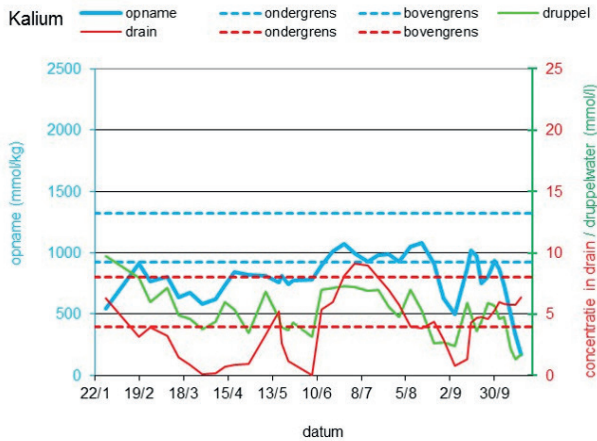
Datum	Constatering	Actie	Afdeling	
7 jul	Meeldauw	Zwavelen verhogen naar tweemaal/week 1,5 uur	Beide	
		Gespoten met azoxystrobin (Ortiva)	Beide	
19 jul	Rupsen geconstateerd, iets meer trips in bloemen	Bacillus thuringiensis gespoten tegen rups en roofwantsen en roofmijten uitgezet tegen trips	Beide	
27 jul	Mineervlieg, spint en rupsen gevonden in zeer lage dichtheden	Nog geen actie nodig	Beide	
19 aug	Rode luis in 1 plant in steenwol teelt in hoge dichtheid	pymetrozine gedruppeld (Plenum)	Steenwol	
29 aug	Vooraf in steenwol veel rupsenvraat, ook in kokos	Bacillus thuringiensis gespoten	Beide	
30 aug	Ondanks de behandeling met pymetrozine is boterbloemluis niet onder controle.	Aphidoletes aphidimyza (Aphidend) en Aphidius ervi (Ervipar) uitgezet.	Beide	
		Veel voedingsstippen van mineervlieg geconstateerd.	Nog geen actie nodig	Beide
		Volwassen wittevlies gevonden in beide afdelingen, maar ook vastgesteld dat er veel roofmijten op de bladeren te vinden zijn.	Nog geen actie nodig	Beide
6 sep	Meeldauw is een snel opkomend probleem. Ook zijn er hier en daar nog rupsen aanwezig.	azoxystrobin (Ortiva) gespoten	Beide	
		Zwavelen verhoogd naar driemaal/week	Beide	
		Bacillus thuringiensis gespoten	Beide	

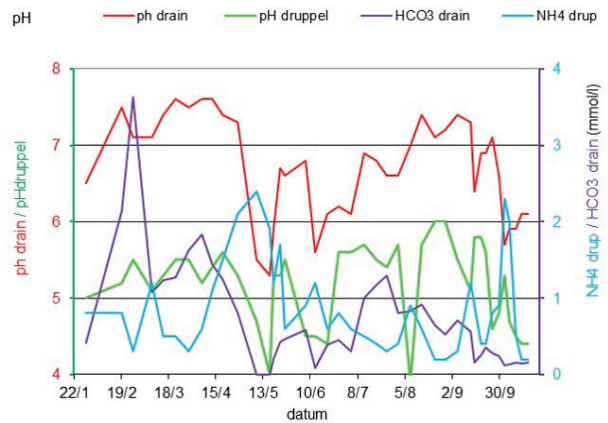
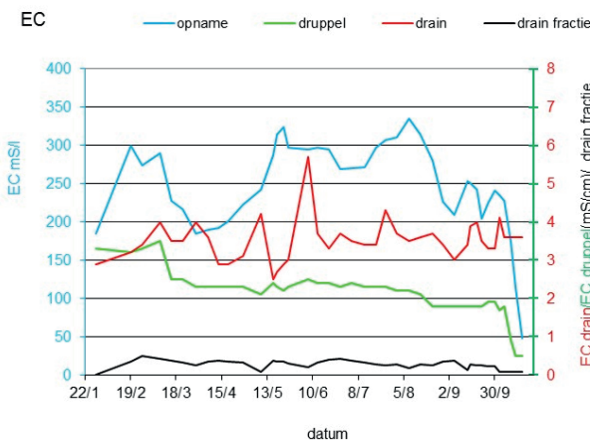
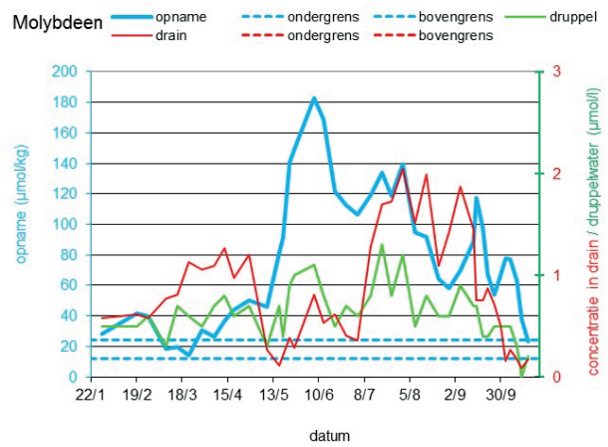
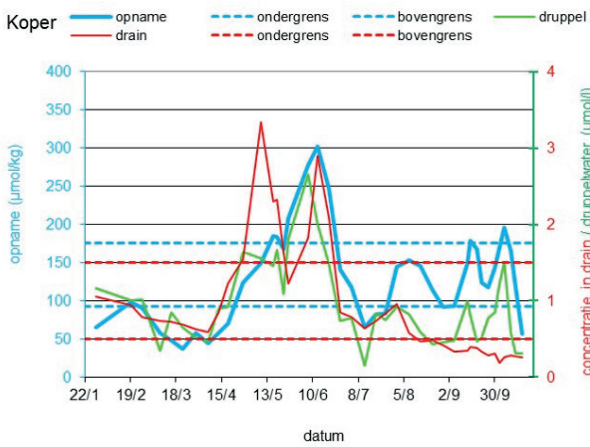
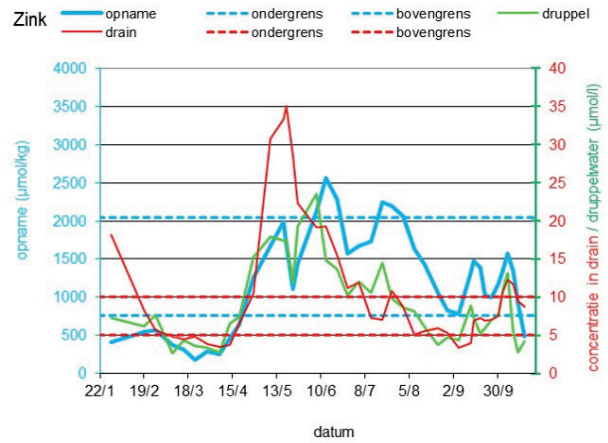
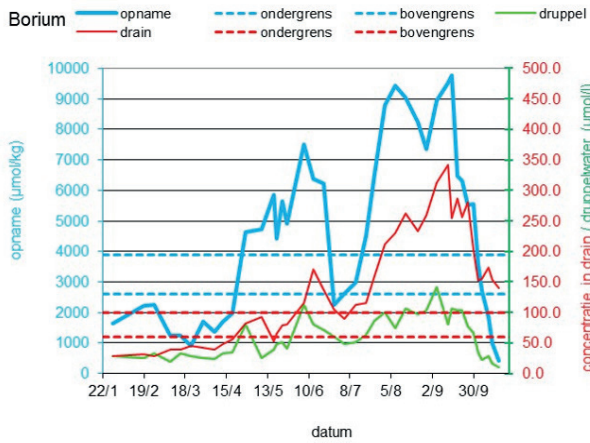
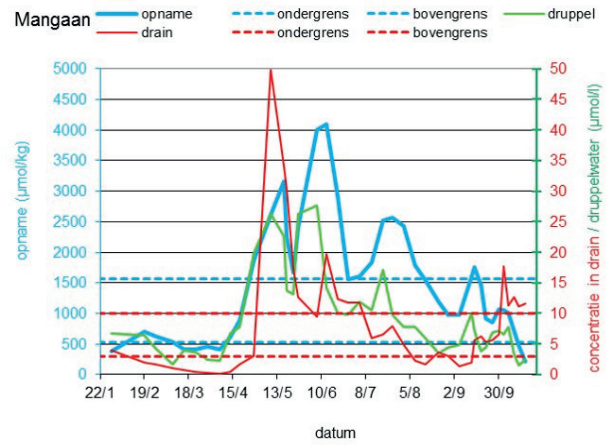
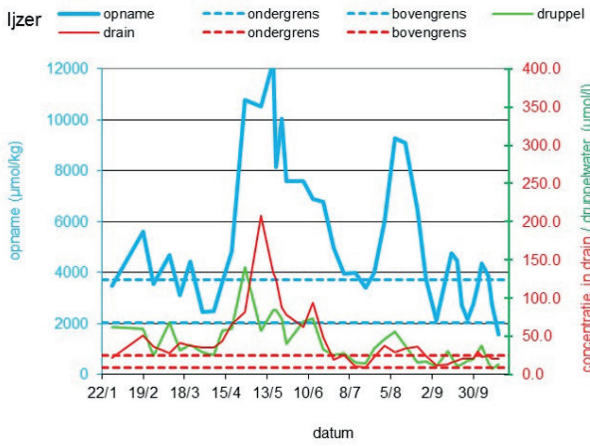
# Bijlage 2 Opname-analyse kokosafdeling





# Bijlage 3 Opname-analyse steenwolafdeling







# Bijlage 4 Bemonstering restant voedingsoplossing op gewasbeschermingsmiddelen

Datum monsternamen: 20 oktober 2016

Analyses (ug/l)	20-10-2016	Kokos					Steenwol					6.12-Vgem	6.12-Sgem	Verschil kokos/steenwol 6.12V/6.10V	Restant percentage na ozon	
		6.10-V1	6.10-V2	6.10-S1	6.10-S2	6.12-V1	6.12-V2	6.12-S1	6.12-S2	6.10-Vgem	6.10-Sgem					6.12-Vgem
azoxytrobine	laatste toediening	1.1	1.100	0.02	0.024	6.8	6.4			1.1	0.022	6.6		6.00	2%	
boscalid	elders op proefbedrijf	0.044	0.046	0.01	0.014		0.032	0.014	0.034	0.045	0.012	0.016	0.024	0.36	27%	150%
dimethomorf	niet toegepast	0.1	0.100							0.1						
flubendiamide	elders op proefbedrijf	0.032	0.036			0.036	0.036		0.034	0.034	0.036			1.06		
fluopyram	elders op proefbedrijf	0.14	0.140	0.034	0.04	0.032	0.034	0.01	0.01	0.14	0.037	0.033	0.01	0.24	26%	30%
imidacloprid	1 juni/31 mei	0.74	0.780	0.17	0.15	0.068	0.066	0.01	0.01	0.76	0.16	0.067	0.01	0.09	21%	15%
pirimicarb	elders op proefbedrijf	0.028	0.030			0.012	0.012			0.029	0.012	0.014		0.41		
pirimicarb-desmethyl	elders op proefbedrijf	0.028	0.028			0.014	0.014			0.028	0.014	0.014		0.50		
pirimicarb total	elders op proefbedrijf	0.056	0.058			0.026	0.026			0.057	0.026	0.026		0.46		
triflumizool FM-6-1	elders op proefbedrijf	0.038	0.040							0.039						
triflumizool total	elders op proefbedrijf	0.038	0.040							0.039						
iprodion	niet toegepast	0.034	0.030		0.02	0.012	0.01	0.012		0.032	0.01	0.011	0.006	0.34	31%	55%
metrafenon	elders op proefbedrijf	0.01	0.010							0.01						
procymidon	niet toegepast	0.18	0.016							0.098						
teflubenzuron	elders op proefbedrijf					0.062	0.032					0.047				
pymetrozine	1 juni en 19-8-2017															
abamectine	14 jan.															
	elders op proefbedrijf: betekent toepassing in andere kasafdelingen															
	niet toegepast: betekent in 2016 niet toegepast op proefbedrijf															
		aantal stoffen:														
		V		S												<0.015 niet meegewogen in analyse
		14		5												i.v.m. rapportagegrens laboratorium
		10		4												





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1416

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort WUR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.