



Technische en economische mogelijkheden voor het zuiveren van spuiwater

Erik van Os¹, René Jurgens², Wilfred Appelman², Nico Enthoven³, Margreet Bruins¹, Raymond Creusen², Lourens Feenstra², Daniel Santos Cardoso⁴, Björn Meeuwse⁵, Ellen Beerling¹

¹ Wageningen UR Glastuinbouw ² TNO ³ Priva ⁴ Bruine de Bruin ⁵ Hellebrekers Technieken



Referaat

Om de waterkringloop op subststraatteeltbedrijven te sluiten is onderzoek gedaan naar de technische en economische mogelijkheden om spuiwater te zuiveren. Geavanceerde oxidatie met een hogere dosering om gewasbeschermingsmiddelen af te breken, omgekeerde osmose (RO), membraandestillatie (MD) en nanofiltratie (NF) als voorbehandeling op RO of MD bleken perspectiefvol. Voor roos en tomaat op twee bedrijfsgrootten (5 en 30 ha) en voor drie spuihoeveelheden (250, 500 en 1250 m³/ha/jr) is berekend wat de kosten zijn van een verschillende wijze van inzet van deze technieken (zuiveringsstrategieën) en hoe dit leidt tot andere kosten en kwaliteit van het restproduct dat elders afgezet moet worden. Tussen de twee gewassen ontstaan weinig verschillen in zuiveringskosten. Kosten van zuiveringsapparatuur in euro per ha per jaar worden snel minder als de hoeveelheid spui vermindert van 1250 naar 500 of 250 m³/ha/jr. Op grote bedrijven ontstaat een schaalvoordeel waardoor de kosten per ha op een 30 ha bedrijf minder zijn als op een 5 ha bedrijf. Voor de korte termijn kunnen geavanceerde oxidatie (alleen verwijdering van GBM met ca. 80%) en RO ingezet worden met kosten van minder dan € 2000,-/ha/jr bij een spui van minder dan 500 m³/ha/jr op een 5 ha bedrijf en minder dan € 1000,-/ha/jr op een 30 ha bedrijf. Voor de langere termijn bieden nanofiltratie en membraandestillatie perspectief.

Abstract

Companies with soilless culture systems need to close the water cycle. Research has been executed to determine the technical and economic prospects to purify discharge water. Advanced oxidation with a higher dosage to break down plant protection products, reverse osmosis, membrane distillation and nano-filtration as pre-treatment for RO or MD appeared to have prospects. For rose and tomato at two sizes of companies (5 and 30 ha) and three amounts of discharge (250, 500 en 1250 m³/ha/yr) estimations were made of costs and effects on the quality of the concentrated product to be marketed elsewhere.

Between the two crops are only little differences in costs of purification. Costs decrease rapidly if there is less discharge. For large companies there is a scale advantage. For the short term advanced oxidation (only reduction of plant protection products by about 80%) and reverse osmosis can be used economical. For the long term nano-filtration and membrane distillation have prospects.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Overige financiers / partners:



Overige uitvoerenden:



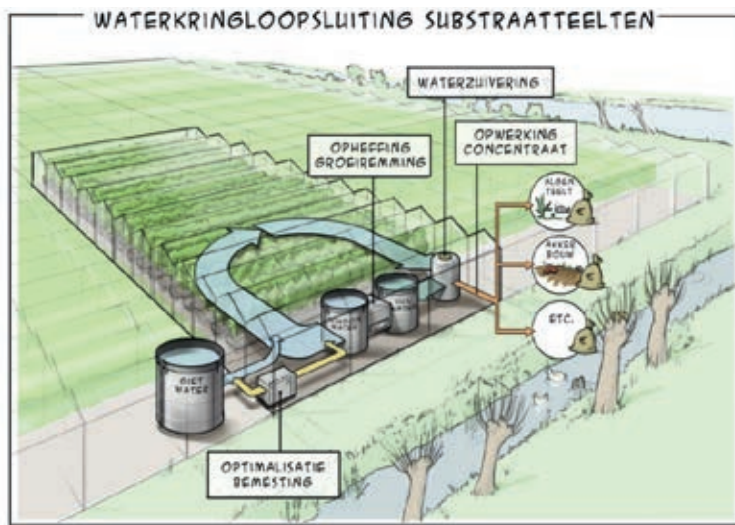
Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

| | | |
|---|---|----|
| | Voorwoord | 5 |
| | Samenvatting | 7 |
| 1 | Aanleiding en doel | 9 |
| 2 | Technische beschrijving bedrijfssituaties | 11 |
| | 2.1 Gewassen en bedrijfsgrootte | 11 |
| | 2.2 Spuistromen | 11 |
| | 2.3 Bedrijfstypering en spuihoeveelheden | 12 |
| 3 | Zuivering spuiwater | 15 |
| | 3.1 Waterstromen | 15 |
| | 3.2 Zuiveringstechnieken | 15 |
| | 3.3 Zuiveringsstrategieën | 17 |
| 4 | Economische berekeningen | 23 |
| | 4.1 Kosten zuiveringsstrategieën | 23 |
| | 4.2 Gevoeligheidsanalyse | 26 |
| 5 | Discussie | 27 |
| 6 | Conclusies | 29 |

Voorwoord



De partners in het project Glastuinbouw Waterproof Substraat hebben in de periode mei 2010 - oktober 2012 oplossingen (door)ontwikkeld voor het voorkomen van emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater of riool. Dit heeft zijn beslag gekregen in 6 werkpakketten rond de thema's: maximaliseren van het hergebruik door opheffen van groeiremming (WP 1 en 2) en de optimalisatie van bemesting (WP 3 en 4), het zuiveren en valoriseren van het restant te lozen water (WP 5 en 6). Communicatie van resultaten naar de sector liep als rode draad door alle werkpakketten heen.

De resultaten zijn weergegeven in de volgende rapporten:

- Maas, B van der; Os, E van; Blok, C; Beerling, E & Enthoven, N (2012). Zuivering recirculatiewater in de rozenteelt, duurproef. Werkpakket 1. Wageningen UR Rapport GTB-1198
- Maas, B van der; Raaphorst, M & Beerling, E (2012). Monitoren bedrijven met toepassing van geavanceerde oxidatie als waterzuiveringsmethode. Werkpakket 1. Wageningen UR Rapport GTB-1199
- Maas, B van der; Meijer, R; Driever, S; Warmenhoven, M; Boer, P de; Blok, C; Marrewijk, I; Holtman W; Oppedijk B (2012). Opsporen en meten van groeiremming vanuit het recirculatiewater. Werkpakket 2. Wageningen UR Rapport GTB-1200
- Gieling, T; Blok, C; Maas, B van der; Os, E van & Lagas, P (2012). Literatuurstudie ion-specifieke meetmethoden. Werkpakket 3. Wageningen UR Rapport GTB-1195
- Boer-Tersteeg, P de; Winkel, A van; Steenhuizen, J; IJdo, M; Eveleens, B & Blok, C (2012). Een blauwdruk voor optimaal hergebruik van drainwater getoetst op 5 bedrijven. Werkpakket 4. Wageningen UR Rapport GTB-1196
- Jurgens, R; Appelman, W; Kuipers, N; Feenstra, L; Creusen, R; Os, E van; Bruins, M & Balendonck, J (2010). Haalbaarheidsstudie zuiveringstechnieken restant-water substraatteelt. Werkpakket 5. TNO rapport TNO-034-UT-2010-02389
- Jurgens, R; Appelman, A; Zijlstra, M; Creusen, R; Os, E. van (2012). Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt - WP5-onderzoek fase 2 (laboratorium onderzoek). TNO Rapport
- Appelman, A; Creusen, R; Jurgens, R; Medevoort, J van; Zijlstra, M; Os, E. van (2012). Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt - WP5-onderzoek fase 3 (pilotonderzoek membraandestillatie). TNO Rapport
- Feenstra, L; Balendonck, J & Kuipers, N (2011). Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen. Fase 1 - Desktop studie "Scenario's". Werkpakket 6. Wageningen UR Rapport GTB-1203
- Feenstra, L; Nijhuis, M; Bisselink, R; Kuipers, N; Jurgens, R (2012). Valorisatie van concentraatstromen. Fase 2 - Laboratoriumonderzoek. TNO-rapport | TNO-060-UT-2012-01396
- Balendonck, J; Feenstra, L.; Os, E van; Lans D van der (2012). Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen. Fase 2 - Desktop studie afzetmogelijkheden van concentraat als meststof voor andere teelten. Werkpakket 6. Wageningen UR Rapport GTB-1204

- Os, E van; Jurgens, R; Appelman, W; Enthoven, N; Bruins, M; Creusen, R; Feenstra, L; Santos Cardoso, D; Meeuwse, B & Beerling, E. (2012). Technische en economische mogelijkheden voor het zuiveren van spuiwater. Wageningen UR Rapport GTB-1205

Samenvatting

De waterkringloop op substraatbedrijven moet verder gesloten worden. De resultaten van de diverse deelprojecten van het onderzoeksproject Glastuinbouw Waterproof-substraatteelt leiden tot mogelijkheden om de hoeveelheid spui (aantal m³) naar sloot of riool te verminderen en tot apparatuur om de kwaliteit van de resterende te lozen hoeveelheid spuiwater te verbeteren (minder gewasbeschermingsmiddelen (GBM), stikstof en fosfaat). In deze rapportage wordt verslag gedaan van de technische en economische mogelijkheden van zuiveringsapparatuur om telers en beleidsmakers een (globaal) advies te kunnen geven. De belangrijkste redenen voor spui zijn ophoping van natrium, het aanwezig zijn van groeiremmende stoffen, het overlopen van opslagtanks, onbalans in de voedingsoplossing, de angst voor ziekten, weg laten lopen van de eerste drain bij de start van een teelt of gewoon de wens te willen verversen. Binnen de gewassen varieert de hoeveelheid spui sterk, van nagenoeg nul tot meer dan 1250 m³/ha/jaar.

Het project heeft opgeleverd dat de hoeveelheid spui kan worden verminderd door:

- Geavanceerde oxidatie (AOX) breekt groeiremmende stoffen af waardoor langer gerecirculeerd kan worden;
- Dimensionering van silo's passend bij de bedrijfsgrootte en werken met een dynamische-EC regeling;
- Frequent een labanalyse van de voedingsoplossing laten maken in combinatie met goede doseerapparatuur vermindert het optreden van een onbalans in de voedingsoplossing;
- Filterspoelwater kan worden verminderd door niet met drainwater te spoelen maar met bassinwater en hergebruik door terugpompen in voorraadbassins;
- Vermindering van lekwater door continu alert zijn tijdens de teelt.

Spui kan verder worden verminderd door het toepassen van zuiveringstechnieken. De volgende technieken zijn eerder binnen dit project als perspectiefvol bestempeld: geavanceerde oxidatie met een hogere dosering om GBM af te breken, omgekeerde osmose (RO), membraandestillatie (MD) en nanofiltratie (NF) als voorbehandeling op RO of MD.

Voor twee gewassen (roos en tomaat) bij twee bedrijfsgrootten (5 en 30 ha) en drie spuihoeveelheden (250, 500 en 1250 m³/ha/jr) is berekend wat de kosten zijn van een verschillende wijze van inzet van deze technieken (zuiveringsstrategieën) en hoe dit leidt tot andere kosten en kwaliteit van het restproduct. Het blijkt dat tussen de verschillende zuiveringsstrategieën weinig verschil in kosten tussen de gewassen bestaat. Kosten van zuiveringsapparatuur in euro per ha per jaar worden snel minder als de hoeveelheid spui vermindert van 1250 naar 500 of 250 m³/ha/jr. Op grote bedrijven ontstaat een schaalvoordeel waardoor de kosten per ha op een 30 ha bedrijf veel minder zijn als op een 5 ha bedrijf.

Voor de korte termijn kunnen geavanceerde oxidatie (alleen verwijdering tot ca. 80% van GBM) en RO ingezet worden met kosten van minder dan € 2000,-/ha/jr bij een spui van minder dan 500 m³/ha/jr op een 5 ha bedrijf en minder dan € 1000,-/ha/jr op een 30 ha bedrijf. Voor de langere termijn bieden nanofiltratie en membraandestillatie perspectief. Bij NF liggen bij grotere spuistromen mogelijkheden tot terugwinning van veel nutriënten. MD heeft nog verdere markt- en schaalontwikkeling nodig waardoor de hoge initiële kosten kunnen dalen, terwijl de variabele kosten nu al lager zijn dan van RO. Toepassing van AOX op het concentraat geeft technische problemen en leidt nauwelijks tot lagere kosten. Een mobiele installatie om met RO of MD spuiwater te reinigen lijkt perspectief te bieden, maar nadere beschouwing leert dat extra kosten ontstaan door logistiek en het voorkomen van verspreiding van pathogenen. In de berekeningen is er van uitgegaan dat het concentraat zonder kosten voor de teler en met transportkosten voor de ontvanger kan worden afgezet bij derden (meststof voor gewassen, algen). Indien hiervoor kosten ontstaan voor de teler dan is afzet economisch onaantrekkelijk, terwijl als er inkomsten kunnen worden gecreëerd dit direct loont.

1 Aanleiding en doel

De noodzaak tot het sluiten van de waterkringloop op glastuinbouwbedrijven vindt zijn basis in de Kaderrichtlijn Water (KRW; EU, 2000) en is geconcretiseerd voor de sector door het Platform Duurzame Glastuinbouw met de afspraak tot om tot een nagenoeg nul emissie te komen in 2027. Het overtollig gietwater (spuiwater), dat traditioneel werd geloosd in de sloot en de laatste jaren meer en meer via het riool wordt afgevoerd, moet worden geminimaliseerd. De samenstelling van het spuiwater wordt voor het milieu als negatief beoordeeld vanwege de concentraties nutriënten (met name N en P) en gewasbeschermingsmiddelen (GBM). Directe lozing op de sloot zal worden verboden, terwijl lozing via het riool ongewenst is (te weinig organische stof voor goede werking in de RWZI en GBM niet of nauwelijks worden verwijderd).

De resultaten van de diverse deelprojecten van het project Glastuinbouw Waterproof substraat leiden tot mogelijkheden om de hoeveelheid spui (aantal m³) te verminderen en de kwaliteit van de te lozen hoeveelheid te verbeteren (minder GBM, minder N en P). In de werkpakketten WP1 en WP2 wordt aangetoond dat groeiremming kan worden opgeheven door gebruik te maken van geavanceerde oxidatie (H₂O₂ met UV) waardoor er minder gespuid hoeft te worden. Tevens komt naar voren dat (een aanzienlijk deel van de) gewasbeschermingsmiddelen met deze techniek met hogere doses kunnen worden afgebroken. In de werkpakketten WP 3 en WP4 wordt de bemestingsregeling geoptimaliseerd waardoor bemesting-technisch mogelijk is om maximaal te recirculeren, wat in de praktijk tot gevolg heeft dat er minder gespuid hoeft te worden. In werkpakket WP5 wordt apparatuur (omgekeerde osmose en membraandestillatie) toegepast om het spuiwater te zuiveren zodat ca. 80-90% goed gietwater wordt teruggewonnen. In werkpakket 6 worden mogelijkheden voor het valoriseren van het ontstane concentraat verkend; welke toepassing kan voor de concentraatstroom gevonden worden en welke eisen stelt de gebruiker hieraan.

De genoemde apparatuur en methodieken is in de verschillende werkpakketten alleen technisch beoordeeld op de werkzaamheid als separaat apparaat of methodiek, nog niet ingebouwd op het tuinbouwbedrijf noch in een keten van andere apparatuur. In deze rapportage wordt verslag gedaan van de technische plaatsing van zuiveringsapparatuur in de waterketen van het tuinbouwbedrijf en wordt een kosten-baten berekening uitgevoerd om inzicht in de kosten en opbrengsten van de verschillende componenten te krijgen om hiermee een globaal advies aan telers te kunnen geven.

2 Technische beschrijving bedrijfssituaties

2.1 Gewassen en bedrijfs grootte

De glastuinbouw is voor twee derde overgeschakeld op een of andere vorm van substraatteelt. De cijfers (KWIN 2012, in druk) geven ca. 10.000 ha glastuinbouw waarvan 5.000 ha groenten, 3.000 ha bloemen en 2.000 ha perk- en potplanten. Binnen de groenteteelt staan paprika, tomaat, komkommer, aubergine en aardbei vrijwel volledig op substraat (ca. 4.000 ha). In de bloemeteelt staan roos, gerbera, orchidee, anthurium vrijwel volledig op substraat (ca. 1.000 ha). De perk- en potplantenteelt is per definitie al een substraatteelt (2.000 ha).

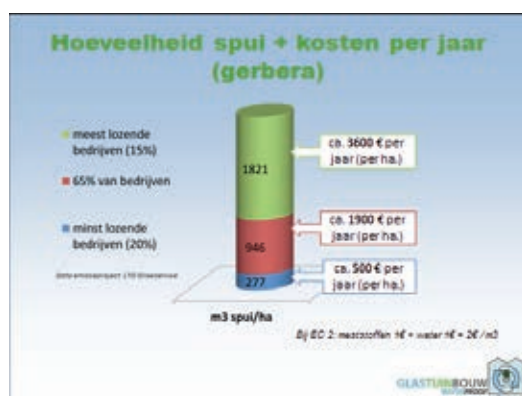
Om binnen de grote verscheidenheid aan gewassen op substraat toch een grootste gemene deler te kunnen vinden om als pilot in de berekeningen te kunnen gebruiken is gezocht naar een representatief groente- en een bloemengewas. Argumenten waarom is gekozen voor:

- Tomaat: grootste areaal, hoge zouttolerantie, relatief weinig spui, hoge EC in spui, spui bij jaarlijkse teeltwisseling, spui van eerste drainwater en gedurende de eerste maanden van de teelt;
- Roos: groot areaal, lage zouttolerantie, (angst voor) groeiremming leidt tot regelmatige spui, hoog drainpercentage, hoge stikstof emissienorm.

Bij de kostenberekening is rekening gehouden met twee bedrijfsgrootten: 5 en 30 ha per bedrijf. 5 ha is voor een modern bedrijf, zowel bloemen als groenten, al vaak voorkomend. Een 30 ha bedrijf komt in de groenteteelt al regelmatig voor, maar is in de rozenteelt nog zeldzaam in Nederland. Bij de aanschaf van apparatuur treedt meestal een schaafeffect op, op een klein bedrijf is de investering per ha meestal hoger dan op een groot bedrijf.

2.2 Spuistromen

Planten krijgen altijd water met nutriënten (de voedingsoplossing), er wordt altijd teveel gegeven (20-50%) afhankelijk van gewas, uniformiteit van plantmateriaal, druppelaars en kasklimaat. Het overtollige gietwater wordt, na ontsmetting, hergebruikt. Soms of geregeld (afhankelijk van gewas en teler) wordt hiervan een deel gespuid (naar sloot of riool). Door telers worden verschillende motieven genoemd die hen noodzaken om (een deel van) de voedingsoplossing op gezette tijden te spuien.



Figuur 1. Kosten spui.

De kosten van de voedingsoplossing zijn slechts ten dele een argument voor minder spui. Elke m³ voedingsoplossing vertegenwoordigt een waarde: water ca. € 1,-/m³ en nutriënten ca. € 0,5/m³ per EC-punt.

In het voorbeeld voor gerbera (Figuur 1.) wordt door spui ca. € 2,-/m³ ofwel € 500,- - 3600,-/ha/jr “weggegooid”. Dit maakt dat men kritisch naar spui wil kijken, maar dit zal nooit zo ver gaan dat er echte of vermeende risico’s met de kwaliteit van het gietwater worden geaccepteerd in relatie tot de gewasgroei en productie.

Oorzaken voor spui zijn:

- Het oplopen van natrium in de voedingsoplossing tot de grenswaarde die gewasspecifiek is. Bijvoorbeeld 4 mmol/l voor roos en 8 mmol/l voor tomaat. De meeste andere gewassen hebben grenswaarden tussen de 4 en 8 mmol/l. Natrium wordt niet of nauwelijks door het gewas opgenomen waardoor bij recirculeren de natriumconcentratie toeneemt.
- Groeiremming; door het verversen van de voedingsoplossing treedt minder of geen groeiremming op, is de gedachte. In WP1 (van der Maas *et al.* 2012) komt naar voren dat de noodzaak tot verversen veel minder groot is dan algemeen wordt aangenomen met als gevolg dat de spui gereduceerd kan worden. Installatie van geavanceerde oxidatie (AOX) geeft meer zekerheid dat er langer kan worden gerecirculeerd en lost in een aantal gevallen daadwerkelijk groeiproblemen op.
- Overloop opslagreservoirs: deze zijn soms te klein voor het aanbod aan drainwater in combinatie met het hergebruik in de nieuw aan te maken voedingsoplossing. Vaak wordt een vaste drain-EC bijgemengd in de nieuwe oplossing waardoor niet altijd het totale volume drainwater kan worden hergebruikt en het reservoir of de tank gaat overlopen. Na uitbreiding van een bedrijf komt het ook voor dat de opvangsilo's niet zijn uitgebreid en dat regelmatige overloop optreedt. Dimensionering van silo's passend bij de bedrijfsgrootte en een dynamische-EC regeling (de Boer *et al.* WP 4) lossen dit probleem op.
- Onbalans in de voedingsoplossing; een verschijnsel dat door verkeerde gift in relatie tot de plantopname de verhouding tussen de elementen onderling verstoord is. Om opnieuw een juiste oplossing te verkrijgen wordt de oorspronkelijke oplossing gespuid. Frequent een laboratoriumanalyse laten maken en goede doseerapparatuur voorkomt het optreden van een onbalans.
- Verversen, gewoonte: veelal wordt de voedingsoplossing vervangen om weer "fris" te starten. De gewoonte om te verversen is meer een overtuiging, een gevoel, dan dat via technische metingen een oorzaak kan worden aangegeven.
- Start teelt; het drainwater dat na het creëren van het draingat uit de matten loopt wordt geloosd, evenals de drain in de eerste weken tot maanden na het planten. Het risico op groeistagnatie vindt de teler te groot.
- (Angst voor) ziektes; op bepaalde momenten is er onvoldoende vertrouwen in de aanwezige ontsmettingsapparatuur waarna telers gaan spuien om de ziektedruk te verlagen, of om het risico op verspreiding van ziekteverwekkers via het water tegen te gaan.
- Filterspoelwater is niet direct spui, maar is wel afvalwater dat het bedrijf verlaat en daarmee een verkapt vorm van spui. Met een gewoon zandfilter is al gauw één spoelbeurt per dag nodig waarvoor 1-1,5 m³ water nodig is. Alternatief is een automatisch spoelend filter (b.v. SAF) waarvoor minder spoelwater nodig is. Als spoelwater wordt vaak drainwater gebruikt dat vervolgens wordt geloosd. Hierdoor ontstaat een extra spuistroom. Gebruik van bassinwater als spoelwater (alleen bij zandfilter) of het terugstorten van het spoelwater in de vuilwatertank (al dan niet via een bezinktank) zijn oplossingen om de emissie van N, P en GBM via het filterspoelwater te voorkomen. Lekwater is een ongecontroleerde spuistroom. Hiermee wordt de voedingsoplossing bedoeld dat door scheve stand van druppelaars, lekkende goten of leidingen wegsijpelt in de grond. Slechts door controle door medewerkers is de lek te verminderen, maar het kan een aanzienlijke verliespost aan voedingsoplossing opleveren als er niets aan gedaan wordt.

2.3 Bedrijfstypering en spuihoeveelheden

Uit LTO onderzoek (project emissie management, zie ook Figuur 1.) blijkt dat de spreiding tussen telers binnen één gewas dermate groot is dat nauwelijks van een gemiddelde spui kan worden gesproken. Er zijn daarom 3 categorieën gemaakt: weinig, gemiddeld en veel spui. De mate waarin de emissie beperkende maatregelen (inclusief die in WP 1-4 zijn ontwikkeld) worden toegepast, bepaalt mede de omvang van de spuistromen.

Met het model Waterstromen (Voogt *et al.* 2012) zijn de waterstromen van het bedrijf en de hoeveel spui per ha uitgerekend. Hiervoor zijn een aantal inputparameters noodzakelijk die zijn weergegeven in Figuur 2. Gewasopname en watergift zijn uitkomsten van het model evenals de hoeveelheid spui.

Spuistrategie

| | | |
|--|-------|-----------------------|
| • Roos | | m ³ /ha/jr |
| – Dagelijks 3 m ³ (groeiremming) | 1250 | |
| – Tweewekelijks (mrt-okt) drainvoorraad | 500 | |
| – Zuinig, nagenoeg nul | < 250 | |
| • Tomaat | | |
| – 1e drain uit mat + 1e mnd na start + 1m ³ /dg | 500 | |
| – Tweewekelijks verversen | 250 | |
| – Zuinig, nagenoeg nul | < 100 | |

Figuur 2. Spuistrategie.

De spui in de categorie ‘zuinig’ ontstaat doordat natrium zich ophoopt en dat vanaf een bepaalde grenswaarde overtollig gietwater (spui) mag worden geloosd. Op basis van natriumophoping in een rozenteelt en met gegeven inputparameters (Figuur 3.) zal in een nat weerjaar ca. 200 m³/ha/jr worden geloosd.

Bedrijfstypering

- Regenwaterbassin: 1500 m³/ha, 0,1 mmol/l [Na]
- Aanvullend: osmose, 0,1 mmol/l [Na], 25 m³/ha/dg
- [Na] in meststoffen; 0,1 mmol/l
- Weerjaar 1997; 644 mm
- Drainpercentage: T = 25%; R = 50%
- EC gift: T = 2.1; R = 1.3
- EC drain: T = 4.8; R = 2.9
- Gewasopname: T = 9348 R = 10031
- Watergift: T = 12464 R = 20062

Figuur 3. Bedrijfstypering.

Een ‘gemiddelde’ hoeveelheid spui ontstaat door een droger weerjaar (meer natriumophoping) of een rozenteelt zonder belichting. Angst voor groeiremming is één van de factoren waarom telers de voedingsoplossing willen verversen en regelmatig spuien, ook hier veel variatie tussen telers (mede afhankelijk van een cultivarkeuze). Een andere spuistrategie kan zijn om in het groeiseizoen elke twee weken de drainvoorraad te verversen, op jaarbasis ontstaat zo een spui van 500 m³/ha/jr.

Arbitrair (een politieke keuze) is de keuze om beneden de 250 m³/ha/jr te zeggen dat het zuinig is en dat dan geen zuiveringsapparatuur nodig is. Dit geeft de teler enige ruimte om in geval van calamiteiten te kunnen lozen.

Bij tomaat is op basis van de genoemde inputparameters nauwelijks spui nodig om reden van natriumophoping (= weinig spui). Hier wordt vaak de 1e drain uit de mat niet gerecirculeerd en ook niet het, geringe, drainwater gedurende de eerste maanden van de teelt. Daarbij opgeteld een dagelijkse drain van 1 m³/ha ontstaat een spui van 500 m³/ha/jr. Tweewekelijks spuien van de draintank komt uit op 250 m³/ha/jr. De variant zuinig is hier minder spui dan 100 m³/ha/jr, aangezien groeiremming bij tomaat nauwelijks een item lijkt te zijn, is een kleinere hoeveelheid spui mogelijk dan bij roos, mede gezien de geringere natriumgevoeligheid van tomaat.

3 Zuivering spuiwater

Als inleiding op de beschrijving van de zuiveringsstrategieën wordt een beeld geschetst van de waterstromen op een bedrijf.

3.1 Waterstromen



Figuur 4. Waterstromen.

Voedingsoplossing dat naar de planten gaat wordt met een bepaald percentage uitgedraineerd, opgevangen en gebufferd in een vuilwatersilo (Figuur 4.). Vanuit deze silo wordt de voedingsoplossing ontsmet met UV of verhitting of een andere methode, waarna de oplossing wordt opgeslagen in een schoonwater silo. Per gietbeurt wordt een bepaald deel van het water uit deze schoonwatersilo bijgemengd met vers water en nieuwe nutriënten in de mengbak. Soms wordt een grote batch voedingsoplossing aangemaakt en opgeslagen in de dagvoorraadtank. Hierna wordt het via druppelleidingen bij de planten gedoseerd naar behoefte van de planten. Spui is drainwater dat uit de vuilwatertank wordt geloosd op sloot of riool, de laatste meestal via een rioolbuffer vanwege de beperkte afvoercapaciteit (0,5 m³/uur) van het riool.

Zuivering van spuiwater met technieken zoals uitgebreid beschreven in de rapportage van WP5 (Creusen *et al.* 2012), volgens drie concepten:

- Concept 1 (C1): ontzouten van het aangevoerde, aanvullende, gietwater. Dit wordt al frequent toegepast, is hier is geen onderzoek naar gedaan. Het is wel een belangrijke methode om de hoeveelheid spui te verminderen (geen natrium ophoping).
- Concept 2 (C2): waterterugwinning; door ontwatering van het spuivolume wordt het schone water hergebruikt en het concentraat (de ingedikte nutriëntenstroom) wordt van het bedrijf verwijderd (WP5). Het is de bedoeling dat het concentraat elders nuttig gebruikt kan worden met een bepaald financiële waarde (WP6, Balendonck & Feenstra, 2012).
- Concept 3 (C3): nutriëntenterugwinning; het te zuiveren spuiwater wordt via nanofiltratie gescheiden in een stroom met eenwaardige (o.a. natrium, nitraat, kalium) en tweewaardige (calcium, magnesium, sulfaat) ionen. De eenwaardige ionen worden verder ingedikt en verwijderd in het zuiveringsproces (C2), terwijl de tweewaardige ionen worden hergebruikt. De eenwaardige ionen worden afgezet/afgevoerd naar derden, bijvoorbeeld als meststof voor de landbouw of voor algenproductie (WP6, Balendonck & Feenstra, 2012).

3.2 Zuiveringstechnieken

Gedurende de looptijd van WP5 zijn een aantal zuiveringstechnieken geselecteerd (fase 1), vervolgens op laboratoriumniveau geoptimaliseerd (fase 2) en in een pilot (fase 3) op semi-praktijkschaal uitgetest. De geselecteerde technieken zijn:

- Geavanceerde oxidatie (AOX; Figuur 5.): combinatie van waterstofperoxide (H_2O_2) met UV licht van 254 nm. Bewezen geschiktheid om groeiremming te voorkomen en om in een hogere dosering een groot gedeelte van de gewasbeschermings-middelen af te breken (WP1) . Andere vormen van geavanceerde oxidatie (via ozon of andere OH radicaalvorming) en andere technieken waarmee GBM te verwijderen zijn, worden hier buiten beschouwing gelaten (wordt in project Evaluatie Zuiveringstechnieken onderzocht). Tegen groeiremming wordt de voedingsoplossing continu behandeld met 15 mg/l H_2O_2 en 100 mJ/cm² UV licht. Voor afbraak van GBM wordt 25 mg/l H_2O_2 en 500 mJ/cm² UV licht gedoseerd. Het UV gedeelte is vaak aanwezig op de bedrijven ten behoeve van ontsmetting, daarom is een extra investering alleen nodig in de dosering van H_2O_2 .



Figuur 5. Geavanceerde oxidatie.

- Omgekeerde osmose (RO; Figuur 6.): bekende techniek waarbij via een drukverschil ionen uit water worden gehaald. In tuinbouw in gebruik om grondwater te ontzouten tot een zeer goede gietwaterbron. Reinigen van de spuisroom vereist een voorbehandeling met ultrafiltratie (UF), deze wordt in alle situaties met RO toegepast, om grovere delen uit het water te halen en verstopping van de RO membranen te voorkomen.



Figuur 6. Omgekeerde osmose (RO).

- Membraandistillatie (MD, Figuur 7.): waterreinigings-techniek waarbij (rest)warmte ingezet wordt om via verdamping door een membraan water te onttrekken aan het spuiwater. Door warmteterugwinning wordt een hoge energie-efficiëntie behaald. Het verdampte water wordt gecondenseerd aan de andere zijde van het membraan om zo puur water te verkrijgen.



Figuur 7. Membraandestillatie (MD).

- Nanofiltratie: filtratietechniek tussen ultrafiltratie en omgekeerde osmose en moet in staat zijn om een- en tweewaardige ionen te scheiden.

In Tabel 1. zijn de ontwerpcondities weergegeven op basis waarvan de pilot heeft gedraaid en in deze rapportage de kosten zijn berekend.

Tabel 1. Condities en uitgangspunten voor RO, MD en NF berekeningen.

| | (UF)-RO | MD | NF |
|--------------------|---|------------------------------|---------------|
| Temperatuur | 20-25 °C | Feed in: 60 °C | 20-25 °C |
| Werkdruk | 25 bar (**) | 1 bar | 20 bar |
| Gebruik restwarmte | Nvt | 72 kWh/m ³ | Nvt |
| Energieverbruik | 1,36 -5,47 kWh/m ³ (afh van schaalgrootte) | Ca. 2 kWh/m ³ (*) | Gelijk aan RO |
| Membraanprijzen | Opgave Bruine de Bruin | Opgave membraanleverancier | 80% RO prijs |

(*) inschatting Hellebrekers, naar verwachting ligt deze waarde in de praktijk lager

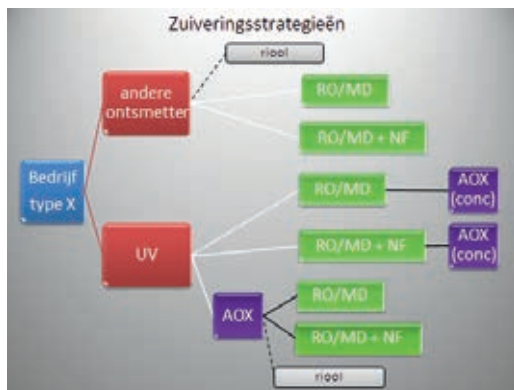
(**) opgave Bruine de Bruin

Alles exclusief buffering.

Bij MD zijn de kosten voor verwarmings- en koelingsapparatuur niet meegenomen (situatie-specifiek)

3.3 Zuiveringsstrategieën

Er is vanuit gegaan dat elk bedrijf of UV als ontsmetter heeft of een andere techniek (Figuur 8.). Indien UV dan is ook geavanceerde oxidatie (AOX) mogelijk, wat gevolgen heeft voor de kwaliteit van het spuiwater of concentraat (afbraak GBM). Indien er een andere ontsmetter is, ligt een investering in een extra ontsmetter (UV) voor opheffen groeiremming of afbraak GBM niet voor de hand gezien de hoge kosten. Met of zonder AOX wordt het spuiwater met omgekeerde osmose of membraandestillatie behandeld en wordt het schone water hergebruikt en het concentraat afgevoerd.



Figuur 8. Zuiveringsstrategieën.

Er is overwogen om het concentraat (ipv spui) te behandelen met AOX, technisch is dit moeilijk omdat door de geconcentreerde vorm van de nutriënten de lichtdoorlatendheid van de oplossing dermate laag is dat UV licht deze oplossing niet goed kan behandelen. De optie is nog wel in de berekeningen meegenomen. Behalve de optie dat de zuiveringsapparatuur op het eigen bedrijf aanwezig is, wordt de variant meegenomen van een mobiele installatie waarbij een vrachtauto op afroep langs de bedrijven rijdt de spuioplossing reinigt en alleen het concentraat meeneemt. Genoemde technieken worden vergeleken met lozing op sloot of riool waar een fictieve kostprijs aan gehangen is van €5/m³ zonder AOX en €2/m³ met AOX (geen GBM in het spuiwater).

1 Huidige situatie

Drainwater wordt vanuit de vuilwatertank geloosd op de sloot of het riool (Figuur 9.).

Kwaliteit: natrium, groeiremmende stoffen, pathogenen, nutriënten en GBM kunnen in de oplossing zitten. Met name de vrachten GBM en natrium zijn afhankelijk van het bedrijf (gietwater met of zonder natrium), het moment van spuien (kortere of langere tijd na GBM toediening) en spuistrategie (de noodzaak tot verversen ingeschat door de teler)

Uitgaande van de afspraak van (nagenoeg) nulmissie in 2027 gaat deze huidige situatie verboden worden. Om toch een vergelijk mogelijk te maken is er voor gekozen dat lozing op riool en centrale zuivering (kostprijs €5/m³) een alternatief is voor zuivering op het bedrijf zelf.

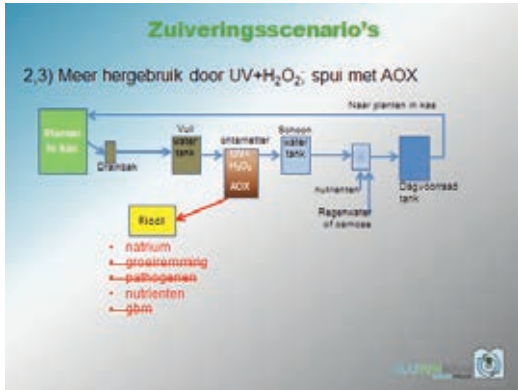


Figuur 9. Huidige situatie.

2.3 Geavanceerde oxidatie (AOX) tegen groeiremming en spui

Geavanceerde oxidatie wordt toegepast tegen groeiremming (bij recirculatie) en vervolgens in een verhoogde dosis bij spui tegen GBM (Figuur 10.). Het behandelde water wordt geloosd op het riool. In variant 2 wordt AOX toegepast in combinatie met een kostprijs voor lozing van €2,-/m³. In variant 3 worden alleen de kosten van AOX in rekening gebracht.

Kwaliteit: in het te lozen water kunnen natrium en nutriënten aanwezig zijn. Gewasbeschermingsmiddelen zijn voor ca. 80% verwijderd.



Figuur 10. Meer hergebruik door AOX.

4 Geavanceerde oxidatie (AOX) met RO/MD

Als groeiremming een probleem is en UV als ontsmetter wordt gebruikt kan AOX worden ingezet om groeiremming kwijt te raken en langer te blijven recirculeren (Figuur 11.). In geval van spui worden de doseringen van H₂O₂ en UV verhoogd en wordt er geloosd ná de UV-ontsmetter. Het spuiwater wordt vervolgens behandeld door RO of MD (zie situatie 2).

Kwaliteit: in het schone water maximaal 1% van de oorspronkelijke stoffen. In het concentraat kunnen natrium (indien in gietwater) en nutriënten aanwezig zijn. Gewasbeschermingsmiddelen zijn door de verhoogde dosis AOX voor ca. 80% afgebroken (zie WP1), groeiremmende stoffen zijn niet meer aanwezig.

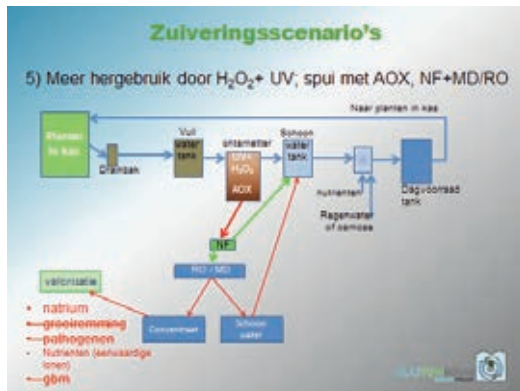


Figuur 11. AOX met RO of MD.

5 Geavanceerde oxidatie (AOX) en NF met RO/MD

Als groeiremming een probleem is en UV als ontsmetter wordt gebruikt kan AOX worden ingezet om groeiremming kwijt te raken en langer te blijven recirculeren (Figuur 12.). In geval van spui worden de doseringen van H_2O_2 en UV verhoogd en wordt geloosd ná de UV-ontsmetter. Het spuiwater wordt vervolgens behandeld via NF en vervolgens door RO of MD (zie situatie 3).

Kwaliteit: in het schone water maximaal 1% van de oorspronkelijke stoffen. Tweewaardige ionen worden hergebruikt. Het concentraat bevat vooral eenwaardige ionen (natrium en nutriënten; eenwaardige ionen) en wordt afgevoerd.

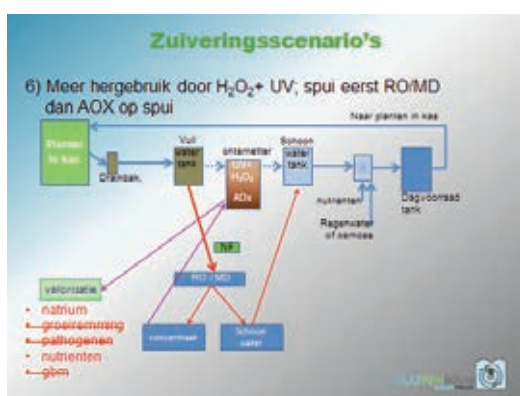


Figuur 12. AOX met NF en RO of MD.

6 Geavanceerde oxidatie (AOX) met RO/MD en AOX op concentraat

Vergelijkbaar met variant 2 waarbij spuiwater wordt behandeld met RO of MD, maar nu wordt het concentraat behandeld met een verhoogde dosis AOX (Figuur 13.). Eventueel kan hier ook nog NF worden tussengeplaatst. Voordeel zou moeten zijn dat minder oplossing hoeft te worden behandeld met een verhoogde dosis AOX. Als nadeel wordt genoemd de troebelheid van de geconcentreerde oplossing waardoor UV licht niet goed kan doordringen in de waterlaag en het effect dus vermindert.

Kwaliteit: in het schone water maximaal 1% van de oorspronkelijke stoffen. In het concentraat kunnen natrium en nutriënten aanwezig zijn.



Figuur 13. AOX op concentraat.

7 Spuiwater behandelen met RO of MD

Drainwater wordt vanuit de vuilwatertank door een RO of een MD installatie geleid (Figuur 14.). Het schone water (80% van het volume) wordt teruggevoerd naar de schoonwatertank. De ingedikte oplossing (het concentraat, 20%) wordt afgevoerd en hergebruikt (valorisatie). Voor beide technieken is dezelfde indikking aangehouden. Doordat tomaat een hogere EC en dus ook calcium en sulfaat concentratie heeft zal de indikking hier wat minder zijn als bij roos. Met MD kan het concentraat waarschijnlijk nog iets verder worden ingedikt.

Kwaliteit: in het schone water maximaal 1% van de oorspronkelijke stoffen. In het concentraat kunnen natrium, groeiremming, pathogenen, nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen aanwezig zijn.



Figuur 14. Spuiwater behandelen met RO/MD.

8 Spuiwater eerst behandelen met NF, daarna RO of MD

Drainwater wordt vanuit de vuilwatertank door een NF installatie geleid, het concentraat (met tweewaardige ionen) gaat naar de ontsmetter en wordt hergebruikt (Figuur 15.), het permeaat (met natrium en andere eenwaardige ionen) wordt behandeld in een RO of een MD installatie. Hieruit komt schoon water (80-90% van het volume) dat wordt teruggevoerd naar de schoonwatertank en een concentraat dat wordt afgevoerd en elders hergebruikt (valorisatie).

Kwaliteit: in het schone water maximaal 1% van de oorspronkelijke stoffen. In het concentraat kunnen natrium, groeiremming, pathogenen, nutriënten (eenwaardige ionen) en gewasbeschermingsmiddelen aanwezig zijn.



Figuur 15. Spuiwater behandelen met NF en RO of MD.

9 Mobiele RO/MD installatie

In voorgaande varianten is uitgegaan van een installatie op het bedrijf. Nu wordt gerekend met een mobiele installatie die de spuioplossing behandelt met RO of MD al of niet in combinatie met NF nadat het alleen is voorbehandeld met AOX tegen groeiremming en GBM (Figuur 16.). De mobiele installatie op een vrachtwagen komt op afroep en verzamelt spuioplossingen van een aantal bedrijven en brengt het concentraat op een centrale plaats voor valorisatie.

Kwaliteit: schoon water wordt hergebruikt. In het concentraat zijn alleen natrium en nutriënten aanwezig.



Figuur 16. mobiele installatie voor RO/MD.

Uitgangspunt bij de bepaling van de kosten van de zuiveringsstrategieën is geweest dat het concentraat (de ingedikte voedingsoplossing) kan worden afgezet zonder extra kosten. Als dat niet het geval is ontstaan er voor de teler óf extra kosten, die elke techniek snel onrendabel maken, óf extra opbrengsten, die extra opbrengsten genereren. De verwachting is dat gemiddeld genomen een stabiel evenwicht zal ontstaan waarbij kosten en opbrengsten elkaar in evenwicht houden.

4 Economische berekeningen

4.1 Kosten zuiveringsstrategieën

Op basis van de technische uitgangspunten zoals hierboven beschreven zijn voor de verschillende scenario's, gewassen, bedrijfsgroottes en spuistromen de kosten berekend. De cijfers in de eerste kolom verwijzen naar de technische beschrijvingen in hoofdstuk 3.3.

Tabel 2. Kosten zuiveringsstrategieën voor verschillende spuihoeveelheden bij 5 ha roos in euro/ha/jr.

| Roos, 5 ha bedrijf, kosten in euro/ha/jr | | | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|-----------|------|------|--------|------|------|--|
| | met UV | | | zonder UV | | | mobiel | | | |
| | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 | |
| 1 Spui €5/m ³ | 1250 | 2500 | 6250 | 1250 | 2500 | 6250 | | | | |
| 2 AOX spui, €2/m ³ | 700 | 1400 | 3500 | | | | | | | |
| 3 AOX grrem+spui | 200 | 400 | 1000 | | | | | | | |
| 4 AOX + RO | 1500 | 1700 | 3400 | | | | | | | |
| 4 AOX + MD | 3800 | 4300 | 5300 | | | | | | | |
| 5 AOX + NF + RO | 2500 | 2800 | 3600 | | | | | | | |
| 5 AOX + NF + MD | 4900 | 5600 | 8700 | | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+RO | 1800 | 2300 | 4900 | | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+MD | 4100 | 5000 | 6800 | | | | | | | |
| 7 RO | | | | 1300 | 1300 | 2400 | | | | |
| 7 MD | | | | 3600 | 3900 | 4300 | | | | |
| 8 NF + RO | | | | 2200 | 2200 | 2400 | | | | |
| 8 NF + MD | | | | 4600 | 5000 | 7500 | | | | |
| 9 mobiel RO | | | | | | | 1300 | 1600 | 2400 | |
| 9 mobiel MD | | | | | | | 1600 | 2200 | 3800 | |
| * bedragen afgerond op €50 (<€1000) en €100 | | | | | | | | | | |

Tabel 3. Kosten zuiveringsstrategieën voor verschillende spuihoeveelheden bij 5 ha tomaat in euro/ha/jr.

| Tomaat, 5 ha bedrijf, kosten in euro/ha/jr | | | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|-----------|------|------|--------|------|------|--|
| | met UV | | | zonder UV | | | mobiel | | | |
| | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 | |
| 1 Spui €5/m ³ | 1250 | 2500 | 6250 | 1250 | 2500 | 6250 | | | | |
| 2 AOX spui €2/m ³ | 800 | 1600 | 3900 | | | | | | | |
| 3 AOX grrem+spui | 300 | 550 | 1400 | | | | | | | |
| 4 AOX + RO | 1600 | 1900 | 3800 | | | | | | | |
| 4 AOX + MD | 3800 | 4500 | 5700 | | | | | | | |
| 5 AOX + NF + RO | 2600 | 3000 | 4200 | | | | | | | |
| 5 AOX + NF + MD | 5000 | 5900 | 9300 | | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+RO | 1900 | 2500 | 5300 | | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+MD | 4100 | 5100 | 7200 | | | | | | | |
| 7 RO | | | | 1300 | 1300 | 2400 | | | | |
| 7 MD | | | | 3600 | 3900 | 4300 | | | | |
| 8 NF + RO | | | | 2200 | 2200 | 2400 | | | | |
| 8 NF + MD | | | | 4600 | 5100 | 7500 | | | | |
| 9 mobiel RO | | | | | | | 1400 | 1900 | 2900 | |
| 9 mobiel MD | | | | | | | 1700 | 2400 | 4300 | |
| * bedragen afgerond op €50 (<€1000) en €100 | | | | | | | | | | |

Tabel 4. Kosten zuiveringsstrategieën voor verschillende spuihoeveelheden bij 30 ha roos in euro/ha/jr.

| Roos, 30 ha bedrijf, kosten in euro/ha/jr | | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|-----------|------|------|--------|------|------|
| | met UV | | | zonder UV | | | mobiel | | |
| | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 |
| 1 Spui €5/m ³ | 1250 | 2500 | 6250 | 1250 | 2500 | 6250 | | | |
| 2 AOX spui €2/m ³ | 700 | 1600 | 3700 | | | | | | |
| 3 AOX grrem+spui | 200 | 600 | 1200 | | | | | | |
| 4 AOX + RO | 450 | 850 | 1600 | | | | | | |
| 4 AOX + MD | 1200 | 2000 | 2900 | | | | | | |
| 5 AOX + NF + RO | 550 | 750 | 1000 | | | | | | |
| 5 AOX + NF + MD | 1400 | 2300 | 2400 | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+RO | 750 | 1200 | 3000 | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+MD | 1500 | 2400 | 4200 | | | | | | |
| 7 RO | | | | 250 | 200 | 500 | | | |
| 7 MD | | | | 1000 | 1400 | 1700 | | | |
| 8 NF + RO | | | | 250 | 0 | -550 | | | |
| 8 NF + MD | | | | 1200 | 1600 | 850 | | | |
| 9 mobiel RO | | | | | | | 400 | 800 | 1300 |
| 9 mobiel MD | | | | | | | 700 | 1400 | 2700 |
| * bedragen afgerond op €50 (<€1000) en €100 | | | | | | | | | |

Tabel 5. Kosten zuiveringsstrategieën voor verschillende spuihoeveelheden bij 30 ha tomaat in euro/ha/jr.

| Tomaat, 30 ha bedrijf, kosten in euro/ha/jr | | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|-----------|------|------|--------|------|------|
| | met UV | | | zonder UV | | | mobiel | | |
| | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 | 250 | 500 | 1250 |
| 1 Spui €5/m ³ | 1250 | 2500 | 6250 | 1250 | 2500 | 6250 | | | |
| 2 AOX spui €2/m ³ | 700 | 1400 | 3800 | | | | | | |
| 3 AOX grrem+spui | 200 | 400 | 1300 | | | | | | |
| 4 AOX + RO | 550 | 650 | 1800 | | | | | | |
| 4 AOX + MD | 1200 | 1800 | 3000 | | | | | | |
| 5 AOX + NF + RO | 650 | 600 | 1300 | | | | | | |
| 5 AOX + NF + MD | 1500 | 2100 | 2700 | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+RO | 750 | 1200 | 3000 | | | | | | |
| 6 AOXconc+NF+MD | 1500 | 2400 | 4200 | | | | | | |
| 7 RO | | | | 250 | 200 | 500 | | | |
| 7 MD | | | | 1000 | 1400 | 1700 | | | |
| 8 NF + RO | | | | 250 | 0 | -500 | | | |
| 8 NF + MD | | | | 1200 | 1600 | 900 | | | |
| 9 mobiel RO | | | | | | | 450 | 650 | 1600 |
| 9 mobiel MD | | | | | | | 700 | 1200 | 3000 |
| * bedragen afgerond op €50 (<€1000) en €100 | | | | | | | | | |

Interpretatie van de resultaten:

- Een kleinere spuistroom (bijvoorbeeld door toepassen adviezen WP1-4, of door andere omstandigheden) levert in bijna alle gevallen aanzienlijk minder kosten op, vooral met de zuiveringsstrategieën met AOX. Er is bij een kleine spuistroom slechts weinig extra capaciteit nodig die de bestaande installatie in de meeste gevallen kan leveren. Bij een grote spuistroom zijn grotere installaties nodig waarbij de bestaande capaciteit onvoldoende is.
- Zuiveringsstrategieën 1 en 2 geven de huidige situatie weer waarbij spuiwater wordt geloosd op de sloot of het riool, maar waarvoor dan wel een hogere prijs per m³ wordt berekend. In principe wordt deze methodiek verboden (want emissienormen per bedrijf). Bij 5 ha bedrijven zijn de meeste zuiveringsstrategieën goedkoper dan spuien (Tabel 2. en 3.) tegen de genoemde kosten. Bij veel spui (30 ha, 1250 m³/ha/jr) zijn alle zuiveringsstrategieën goedkoper dan spuien.

- Voor strategie 3 zijn de kosten nog op te splitsen in een deel voor groeiremming (zeer groot aantal m³: afhankelijk van het percentage drain, bij roos 50% en bij tomaat 25% van de gift (Figuur 3.) en een deel voor spui (weinig m³ met een hogere dosering en dus kosten). De kosten voor spuibehandeling zijn relatief gering binnen dit kader: 10000 m³ bij roos (Figuur 3.) tegen groeiremming en 500-1250 m³ om met een hogere dosis GBM te verwijderen op het moment dat de installatie niet draait.
- Kosten bij tomaat zijn bij de scenario's met AOX (scenario's 2 t/m 6) wat hoger (<15%) dan bij roos (5 ha bedrijf). Het aandeel vaste kosten van de AOX apparatuur zijn bij tomaat wat hoger. De installatie wordt bij roos iets efficiënter gebruikt (meer m³ door dezelfde installatie). Bij de 30 ha bedrijven vervalt dit verschil en is de inzet van meerdere installaties belangrijk (4 stuks bij 30 ha, 1250 m³ bij roos en bij tomaat 2 installaties). De hoeveelheid drain is echter bij roos 3-3,5x zo groot (drainpercentage bij roos van 50%, bij tomaat 25%); dus hogere vaste kosten door meer installaties en lagere variabele kosten door een efficiënter gebruik door meer m³ per installatie.
- Alleen zuiveren van de spuistroom door het verwijderen van GBM met AOX (nr 3) is wel de goedkoopste methode, maar er blijft een nutriëntenstroom over richting sloot of riool en draagt voor de lange termijn niet bij aan een volledige waterkringloopsluiting. Voor de kortere termijn is de GBM stroom geminimaliseerd tegen geringe kosten.
- Toepassing van AOX op het concentraat (nr 6) heeft op 5 ha bedrijven economisch voordelen t.o.v. variant nr 5 (alle spui behandelen met AOX). Op de 30 ha bedrijven komt dit voordeel er niet uit door de noodzaak van meer installaties die minder efficiënt worden benut. Echter, technisch zijn de problemen waarschijnlijk groter omdat de oplossing na indikking veel troebeler is geworden waardoor UV licht niet meer door de oplossing kan penetreren en er waarschijnlijk onvoldoende capaciteit is om de UV dosis verder te verhogen. Het resultaat is dus minder dan verwacht. Deze strategie moet voorlopig worden afgekeurd.
- Strategie 7 en 8 is voor telers die geen UV ontsmetter hebben of geen AOX voor bestrijding van groeiremming nodig hebben. Als op het bedrijf al een andere ontsmetter aanwezig is, zijn de investeringskosten voor een extra ontsmetter (UV) te hoog. RO is bij kleine hoeveelheden spui altijd voordeliger dan MD, maar bij grote hoeveelheden worden de verschillen snel kleiner.
- Met NF is bij grote spuistromen veel geld te besparen. Er is dan wel uitgegaan dat het concentraat om niet kan worden afgezet. De kosten zijn gelijk voor roos en tomaat. De waarde van de spuistroom bedraagt €1,75/m³ spui op basis van € 0,50/m³/EC bij een EC van 3,5. Hiervan wordt als gevolg van NF behandeling maximaal 50% concentraat en wordt 50% teruggeleid voor hergebruik in de teelt. Dit leidt tot een maximale prijs van €0,875 euro/m³ concentraat. Baten van waterterugwinning zijn gesteld op € 0,5/m³. Bij 80% recovery is dit 40 cent per m³ destillaat. Bij 30 ha, 500 m³ wordt verwacht dat de combinatie van NF en RO de financiële baten van nutriëntenterugwinning (612,5 €/ha voor 500m³/ha spui) en waterterugwinning (280 €/ha voor 500 m³/ha spui) in zeer grote mate zullen opwegen tegen de totale investeringen in de NF (405 €/ha) en RO (488 €/ha). Netto resultaat is -0,5 €/ha. Bij 30 ha, 1250 m³ wordt verwacht dat de combinatie van NF en RO de financiële baten van nutriëntenterugwinning (1531 €/ha voor 1250 m³/ha spui) en waterterugwinning (700 €/ha voor 1250 m³/ha spui) zullen opwegen tegen de totale investeringen in de NF (644 €/ha) en RO (1054 €/ha). Netto resultaat is -532 €/ha. NF is technisch nog niet volledig ontwikkeld voor dit doel op het tuinbouwbedrijf. Misschien is er nog een noodzaak tot voorfiltratie die dan bij de kosten moet worden opgeteld. Daarnaast worden veel stoffen in het water weer hergebruikt. Resteert de vraag wat de noodzaak voor spui was?
- Mobiele installaties voor RO of MD lijken redelijk voordelig te zijn. Een aantal aspecten zijn niet meegenomen in de overwegingen. Spui vindt overwegend plaats in een periode van 4-5 maanden waardoor er dus meer auto's nodig zijn dan bij een gelijkmatige verdeling over het jaar. Een vrachtauto kan ca. 30 m³ vervoeren, maar moet ook ruimte voor de apparatuur hebben waardoor de netto capaciteit omlaag gaat en het aantal auto's vergroot moet worden. Bij een spui van 500m³ moet er ongeveer 1-2 per week in het hoogseizoen een vrachtauto op het bedrijf komen om de spuistroom te reinigen. Een andere belangrijke factor is het overbrengen van ziekten van bedrijf naar bedrijf. Hiervoor is nog geen oplossing, die echter ongetwijfeld geld kost, of een zodanige belemmering vormt waar de lagere kosten niet tegen opwegen.

4.2 Gevoeligheidsanalyse

Op basis van de uitgangspunten voor bovenstaande berekeningen is een gevoeligheidsberekening uitgevoerd voor het gewas roos met een spui van 250 m³/ha/jr op 5 ha. Dit is gedaan door alle parameters op 100% te stellen en vervolgens één parameter te veranderen met b.v. 50 of 100% naar boven of naar beneden. Voor zes zuiveringsstrategieën (nrs 4 t/m 9 in tabellen 2 t/m 5) zijn de volgende factoren onderzocht bij gebruik van RO of MD:

- Afzetprijs concentraat: 100% is het om niet (geen kosten voor de teler; transportkosten voor ontvanger) afzetten van het concentraat. Ontstaan er kosten voor de teler dan heeft dat direct invloed op de kostprijs van de apparatuur: €125 of €250 per ha afzetkosten doet de jaarkosten stijgen met 4 of 7%. Andersom is er ook winst als er €125 per ha kan worden ontvangen daalt de kostprijs met ca. 4%.
- Indikkingsfactor concentraat van 1 op 5 (80%) naar 1 op 10 of 1 op 20 heeft weinig invloed op de kosten van RO of MD
- Hoeveelheid spui: 14 of 21% minder spui heeft bij MD en RO weinig invloed op de kosten, bijgebruik van NF is de invloed lineair: 14% minder spui geeft 15% minder kosten.
- Nutriëntenhergebruik: NF heeft hier de verwachte impact, een 40% hogere opbrengst voor de hergebruikte nutriënten verlaagt de kosten met ca. 6%; een 40% lagere opbrengst verhoogt de kosten met ca. 6%.
- Waterhergebruik: bij alle zuiveringsstrategieën geeft een 50% hogere opbrengst voor het hergebruikte water een 3% lagere kostprijs; bij RO zijn de besparingen wat groter als bij MD omdat bij MD op de bekeken schaal (vrij klein) de vaste kosten zwaarder op de kostprijs drukken.
- Warmteprijs; heeft bij RO nauwelijks invloed. Bij MD is de invloed groot; bij een 3x zo hoge warmteprijs stijgen de kosten per m³ met 4%.
- Elektriteitsprijs: heeft bij MD vrijwel geen invloed (zeer beperkte pompenergie) maar is erg sterk bij RO (hoge druk pompenergie)
- De prijs per m³ spui voor de mobiele installatie voor RO wordt met name beïnvloed door de hoeveelheid spui, de opbrengsten voor nutriëntenhergebruik en de afzetprijs voor het concentraat. Bij MD is het alleen de hoeveelheid spui die de kostprijs sterk beïnvloedt. Hiernaast dragen de afzetprijs voor het concentraat, de warmtekosten en de opbrengsten voor nutriënten hergebruik bij.

5 Discussie

- Gekozen is voor twee representatieve gewassen op substraat. Het is niet de verwachting dat andere gewassen een ander beeld in de kostenontwikkeling zullen laten zien. Wel is bij een flink aantal gewassen de spuistroom veel geringer, de kosten voor deze gewassen zullen dan ook begroot moeten worden bij een spuistroom van ca. 250 - 500 m³/ha/jr. Die gewassen die nu nog geen recirculatiesysteem hebben (phalaenopsis, sommige potplanten) zullen eerst hierin moeten investeren om de waterkringloop te kunnen sluiten. Deze kosten zijn hier niet meegenomen.
- De afzet van het concentraat is ingeschat als kostenneutraal. Dit betekent dat er voor de teler geen kosten zijn en voor voor de ontvangende partij alleen transportkosten. Is dit niet het geval en zijn er voor de teler meer kosten dan opbrengsten (b.v. doordat de transportkosten bij de teler komen te liggen), dan is afzet erg duur en onaantrekkelijk. Focus zou dan nog meer moeten liggen op het verminderen van de spuistroom. Indien er een goede afzetmarkt kan worden gevonden dan levert dit direct winst op.
- Het minimaliseren van de spuistroom zou op de korte termijn de meeste aandacht moeten krijgen omdat hier de meest winst te behalen is. Vanuit duurzaamheidsoogpunt is dit ook de meest wenselijke keuze. Natrium hoeft in de meeste gevallen geen probleem te zijn, velen hebben al een hoge regenwaterbenutting in combinatie met omgekeerde osmose op het gietwater. Overloop van opslagreservoirs kan redelijk goedkoop worden aangepast, terwijl ook het filterspoelwater goed kan worden hergebruikt. Angst voor ziektes zou er eigenlijk niet hoeven te zijn, de bestaande apparatuur is in staat tot adequate reducties in pathogenen aantallen, mits goed onderhouden en voldoende gedimensioneerd. Wat resteert is het 'gevoel' van de teler dat een regelmatige verversing van de voedingsoplossing nodig is. Het is zeker niet uit te sluiten dat dit gevoel terecht is. Wat nodig is zijn goede, betaalbare monitoringsystemen en kennis (grenswaarden) op grond waarvan de teler kan bepalen wanneer hij kan recirculeren zonder gevaar op groeiremming. Onbalans in de voedingsoplossing lijkt te tackelen te zijn door frequenter analyseren (bij voorkeur op termijn met directe terugkoppeling via ion-specifieke meters) in combinatie met een dynamische voor-EC regeling waardoor de overloop voorkomen wordt. Enige ruimte zal er moeten blijven voor calamiteiten, bijvoorbeeld door een storing in de ontsmetter. Deels kan dit opgevangen worden door grotere silo's, maar enige spui zal nodig blijven. Daarom is in deze studie ene grens gelegd bij 250 m³/ha/jr bij roos en 100 m³/ha/jr bij tomaat. De grootte van deze spuistroom is echter een politieke keuze (wat is nagenoeg nul?).
- Omgekeerde osmose is veel meer dan membraandestillatie een bekende techniek die op de korte termijn al kan worden toegepast. In tegenstelling tot RO op het grondwater is wel een voorbehandeling met ultrafiltratie (UF) nodig om vooral de grotere organische moleculen te verwijderen en verstopping van de membranen te voorkomen. Bij MD zitten met name onzekerheden bij de warmtevraag. Hoe hoger de temperatuur van beschikbaar restwarmte, hoe lager de kosten van MD worden. Bestaande overschotten kunnen direct door de MD worden gebruikt waardoor kosten lager uitvallen. In de pilot is voor het eerst een MD installatie geplaatst bij een tuinbouwbedrijf waardoor te verwachten is dat de apparatuur technisch nog niet optimaal functioneert en nog niet alle kinderziekten zijn opgelost. Het is aannemelijk dat in de komende jaren de investering en jaarkosten omlaag kunnen door schaalvergroting in de membraanproductie en optimalisatie van de prestatie van de membranen (d.i. meer opbrengst per m² membraan).

6 Conclusies

Het sluiten van de waterkringloop op substraatteeltbedrijven kan het meest economisch door het hergebruik te maximaliseren en daarmee de spuistroom te minimaliseren. Het blijkt dat tussen de verschillende zuiveringsstrategieën weinig verschil in kosten tussen de beide gewassen bestaat. Kosten van zuiveringsapparatuur in euro per ha per jaar worden snel minder als de hoeveelheid spui vermindert van 1250 naar 500 of 250 m³/ha/jr. Op grote bedrijven ontstaat een schaalvoordeel waardoor de kosten per ha op een 30 ha bedrijf minder zijn als op een 5 ha bedrijf.

In de verschillende werkpakketten van Glastuinbouw Waterproof- Substraatteelt zijn de volgende opties naar voren gekomen om de hoeveelheid spui te minimaliseren:

- Geavanceerde oxidatie (AOX) breekt groeiremmende stoffen af waardoor langer gerecirculeerd kan worden;
- Dimensionering van silo's en ontsmetters passend bij de bedrijfsgrootte en werken met een dynamische-EC regeling tegen overloop;
- Frequent een laboratoriumanalyse van de voedingsoplossing laten maken in combinatie met goede doseerapparatuur vermindert het optreden van een onbalans in de voedingsoplossing;
- Filterspoelwater kan worden hergebruikt (al dan niet via een bezinktank) of eventueel niet met drainwater te spoelen maar met bassinwater, waardoor er geen of nauwelijks emissie van nutriënten en GBM optreedt. Vermindering van lekwater door continu alert zijn tijdens de teelt.

Na toepassing van bovenstaande maatregelen kan het water dat toch nog moet worden gespuid worden gezuiverd om de waterkringloop op een tuinbouwbedrijf te sluiten. Voor twee gewassen (roos en tomaat) bij twee bedrijfsgrootten (5 en 30 ha) en drie spuihoeveelheden (250, 500 en 1250 m³/ha/jr) is berekend wat de kosten zijn van zuiveringstechnieken die eerder binnen dit project als perspectiefvol bestempeld waren:

- geavanceerde oxidatie met een hogere dosering om GBM af te breken (25 mg/l H₂O₂ en 500 mJ/cm² UV licht);
- omgekeerde osmose (RO);
- membraandestillatie (MD);
- nanofiltratie (NF) als voorbehandeling op RO of MD.

Voor de korte termijn kunnen geavanceerde oxidatie (alleen verwijdering tot ca. 80% van GBM) samen met RO ingezet worden met kosten van minder dan € 2000,-/ha/jr bij een spui van minder dan 500 m³/ha/jr op een 5 ha bedrijf en minder dan € 1000,-/ha/jr op een 30 ha bedrijf. Voor de langere termijn bieden nanofiltratie en membraandestillatie perspectief. NF leidt bij grotere spuistromen tot terugwinning van veel nutriënten maar moet voor toepassing op het tuinbouwbedrijf nog verder uitgetest worden. De scheiding van een- en tweewaardige ionen is niet 100% zodat vervuiling van beide stromen optreedt. De gevolgen hiervan, ook in financiële zin, zijn vooralsnog onduidelijk. Ook MD heeft nog verdere marktkundige en schaalontwikkeling nodig waardoor de hoge initiële kosten kunnen dalen, terwijl de variabele kosten nu al lager zijn dan van RO. Toepassing van AOX op het concentraat geeft technische problemen en leidt nauwelijks tot lagere kosten. Het zou wel leiden tot een concentraatstroom die vrijwel vrij is van GBM en dus beter te vermarkten is. Een mobiele installatie lijkt perspectief te bieden, maar nadere beschouwing leert dat extra kosten ontstaan door logistiek en hygiëne-eisen. In de berekeningen is er van uitgegaan dat het concentraat zonder kosten voor de teler kan worden afgezet bij derden (meststof voor gewassen, algen). Indien voor de teler kosten ontstaan dan is afzet economisch onaantrekkelijk, terwijl als er inkomsten kunnen worden gecreëerd dit direct loont.

