



Monitoren bedrijven met toepassing van geavanceerde oxidatie als waterzuiveringsmethode

Werkpakket 1 : groeiremming voorkomen

Bram van der Maas¹, Marcel Raaphorst¹, Nico Enthoven², Chris Blok¹, Ellen Beerling¹, Erik van Os¹

¹ Wageningen UR glastuinbouw ² Priva



Referaat

Twaalf bedrijven met geavanceerde oxidatie (H₂O₂ - UV) voor het zuiveren van drainwater zijn gemonitord. Nagegaan is of AOX groeiremming voorkwam en waterlozing reduceerde. De geteelde gewassen waren gerbera, roos, paprika, komkommer en tomaat. De omvang van de water- en emissiestromen op de bedrijven zijn in kaart gebracht. De cijfers zijn vergeleken tussen de jaren 2010 en 2011 en tussen de bedrijven onderling. Ook is een vergelijking gemaakt met de berekende waarden van een waterstroommodel. Toepassing van geavanceerde oxidatie (AOX) gaf de telers meer vertrouwen in de waterkwaliteit. Op één bedrijf zijn de problemen met gewasgroei daadwerkelijk opgelost. Projectdeelname zorgde voor een grotere bewustwording van het watermanagement, een stimulans om van elkaar te leren en voor acties om dingen uit te proberen. In navolging hierop waren de wateremissiecijfers in 2011 lager dan in 2010. Het effect is gemeten van verschillende doseringen waterstofperoxide en UV op het opheffen van groeiremming en op de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen. Effectieve doseringen voor het voorkomen van groeiremming zijn 15-25 mg/l H₂O₂ en 100-250 mJ/cm² UV. AOX breekt gewasbeschermingsmiddelen af in het drainwater. De vracht bij lozing kan aanzienlijk worden verminderd, maar er blijft altijd een kleine aantal persistente middelen over. Effectieve doseringen zijn vastgesteld.

Abstract

Twelve companies with advanced oxidation (H₂O₂ - UV) for the purification of drainage water have been monitored. It has been determined whether AOX eliminated growth inhibition and has reduced the discharge of water. The crops were gerbera, rose, pepper, cucumber and tomato. The volume of the water and emission flows in the companies have been measured. The data have been compared between the years 2010 and 2011 and between the companies. The data have also been compared with the calculated values of a water flow model. Application of advanced oxidation (AOX) gave growers more confidence in the water quality. At one company the problems with crop growth have actually been solved. Project participation led to a greater awareness of the water, an incentive to learn from each other and for action to try things out. This resulted in a reduction of water emission in 2011 compared to 2010. The effect has been measured of different doses of hydrogen peroxide and UV on reducing the growth inhibition and on the degradation of pesticides. Effective dosages for the prevention of growth inhibition are 15-25 mg / l H₂O₂ and 100-250 mJ/cm² UV. AOX breaks down the pesticides in drain water. The freight by water discharges can be significantly reduced, but a small number of persistent pesticides always remains. Effective dosages for degradation have been determined.

© 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	Introductie	9
1.1	Doelstelling	10
2	Plan van aanpak	10
3	Resultaten	11
3.1	Screening en selectie gewassen	11
3.2	Werving bedrijven	14
3.3	Monitoring bedrijven	14
3.4	Waterstromen	16
3.5	Geavanceerde oxidatie voor opheffen groeiremming	21
3.6	Overige metingen groeiremming	24
3.7	Workshop	26
3.8	Geavanceerde oxidatie voor afbraak gewasbeschermingsmiddelen	27
4	Conclusies en aanbevelingen	33
	Literatuur	35
Bijlage I	Toelichting biotoets (Fytotoxkit)	37
Bijlage II	Overzicht uitgevoerde biotoetsen bij gemonitorde bedrijven.	39
Bijlage III	Invulformulier bedrijfsgegevens en waterstromen	41
Bijlage IV	Invulformulier waterstromen bedrijf	43
Bijlage V	Resultaten biotoets meetdag LD-UV, 8 juni 2011; statistische analyse	45
Bijlage VI	Resultaten biotoets drainwater behandeld met verhitter; statistische analyse	47
Bijlage VII	Basisdata metingen gewasbeschermingsmiddelen in drainwater na verschillende doseringen H ₂ O ₂ en UV op drie meetdagen in µg/l.	49
Bijlage VIII	Effect van wisselende H ₂ O ₂ en UV dosering t.o.v. onbehandeld drainwater op 3 meetdagen	51
Bijlage IX	Statistische analyse afbraak gewasbeschermingsmiddelen	55
Bijlage X	Monsternamen regenwaterbassin	59
Bijlage XI	Weergave van de stoffen in onbehandeld drainwater met een waarde van meer dan 1x MTR	61

Voorwoord

Het onderzoek beschreven in dit verslag is onderdeel van het drie jarige project Glastuinbouw Waterproof - Substraten (Beerling, 2010; Klap & Beerling, 2010). De algehele projectleiding lag bij Joke Klap (PT) en Ellen Beerling (WUR). Zij maakten daarbij gebruik van een kernteam met specialisten van WUR, TNO en LTO. De vele projectpartners en de financiers kwamen bijeen in half jaarlijkse klankbord bijeenkomsten. Het project was opgedeeld in 7 werkpakketten met elk een eigen technisch leider met team. Er waren 3 Begeleiding Commissies Onderzoek (BCO) aangesteld voor verschillende combinaties van werkpakketten. Het in dit rapport beschreven onderzoek valt onder werkpakket 1. Doel van dit werkpakket is het voorkomen van groeiremming door zuivering van drainwater met geavanceerde oxidatie.

De toepassing van de zuiveringsconcept (waterstofperoxide in combinatie met UV) is gemonitord op 12 teeltbedrijven met de gewassen gerbera, roos, paprika, komkommer en tomaat. Bij deze willen wij de telers die geparticipeerd hebben in het project bedanken voor de prettige samenwerking.

De BCO bestond uit:

T. Cuijpers, Hoogheemraadschap Schieland & Krimpenerwaard; J. Mulder;
B.R. den Houter, gerberateler; G.W. van Ruijven, rozenteler; D. Grootsholten, paprikateler; N. Enthoven, Priva; W. Holtman, Fyttagoras; K. Haas, Technisch Bureau Bruine de Bruin B.V.; M. Schoenmakers, LTO Groeiservice; E.A.M. Beerling, R.J.M. Meijer, en A.A. van der Maas, Wageningen UR Glastuinbouw.

Bram van der Maas



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

In het onderzoek zijn 12 bedrijven gemonitord die geavanceerde oxidatie (H_2O_2 - UV) toepassen voor het zuiveren van drainwater. De vraagstelling was of dit leidde tot het voorkomen van groeiremming en tot het verminderen van waterlozing. De gewassen op de teeltbedrijven waren gerbera, roos, paprika, komkommer en tomaat.

De water- en emissiestromen op de bedrijven zijn kwantitatief vastgelegd. De cijfers zijn vergeleken en bediscussieerd tussen de jaren 2010 en 2011 en tussen de bedrijven en vergeleken en met de berekende waarden van een waterstroommodel. Toepassing van geavanceerde oxidatie (AOX) leidde tot meer vertrouwen van de telers in de waterkwaliteit en op een enkel bedrijf tot het daadwerkelijk oplossen van gewasgroei problemen. Projectdeelname zorgde voor een grotere bewustwording van het watermanagement, een stimulans om van elkaar te leren en voor acties om dingen uit te proberen. Mede hierdoor waren de wateremissiecijfers in 2011 lager dan in 2010.

In verschillende meetdagen is het effect van doseringsreeksen voor waterstofperoxide en UV op het opheffen van groeiremming en op de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen gemeten. Effectieve doseringen voor het voorkomen van groeiremming zijn 15-25 mg/l H_2O_2 en 100-250 mJ/cm² UV. Toepassing van AOX geeft mogelijkheden om gewasbeschermingsmiddelen af te breken. De vracht kan aanzienlijk worden verminderd, maar er blijft altijd een kleine resthoeveelheid aan persistente middelen over. Een maximaal effect voor de afbraak van middelen tot beneden de MTR (=maximaal toelaatbaar risico) wordt verkregen met de dosering 25 mg/l H_2O_2 en 500 mJ/cm² UV.

1 Introductie

Met het project 'Glastuinbouw Waterproof substraat' wordt een waterkringloopsluiting voor substraatteelten nagestreefd. Onderdeel van dit project is het werkpakket 'Groeiremming voorkomen'. Het werkpakket zet in op het door ontwikkelen van geavanceerde oxidatie (AOX) (combinatie van H_2O_2 en UV) als waterzuiveringsmethode, die moet leiden tot langer recirculeren van drainwater en daarmee tot een afname van emissie.

De doelstellingen van het Kaderrichtlijn Water zijn door het Platform Duurzame Glastuinbouw verder ingevuld met voorstellen voor emissienormen (Tabel 1.). Onderliggend onderzoek draagt bij aan het voldoen aan deze normen en aan de steeds verdergaande eisen van de markt en maatschappij voor een veilig en duurzaam product en productiewijze.

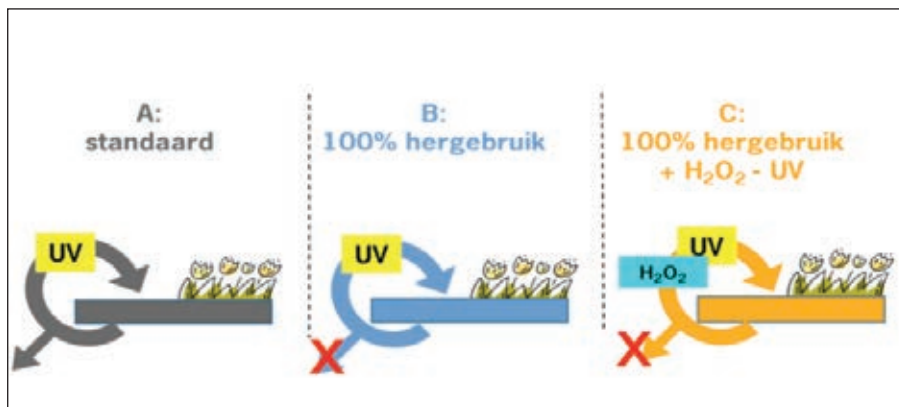
Tabel 1. Emissienormen voor substraatteelten (in kilo N per ha per jaar) op grond van de Kaderrichtlijn Water. De getallen zijn onder voorbehoud, omdat de overheid nog een definitief besluit moet nemen. Naar verwachting worden de normen januari 2013 van kracht.

Categorie	2012 t/m 2014	2015 t/m 2017	Vanaf 2018	Voorlopige indeling substraatgewassen
1	25	25	25	Overig groenten
2	50	33	25	Anthurium, Kuipplanten, Perkplanten
3	75	50	38	Orchidee (Cymbidium)
4	100	67	50	Tulp, Eenjarige zomerbloeiërs
5	125	83	67	Tomaat, Kruiden
6	150	100	75	Komkommer, Potplant, Uitgangsmateriaal Sierteelt, Overig Sierteelt
7	200	133	100	Aardbei, Aubergine, Paprika
8	250	167	125	Roos, Gerbera, Uitgangsmateriaal groenten
9	300	200	150	Phalaenopsis, overige potplantorchideeën

In 2009 en 2010 zijn kleinschalig de eerste ervaringen opgedaan met de toepassing van AOX (H_2O_2 -UV) als methode om drainwater te zuiveren. Met een biotoets (kieming van tuinkers en mosterdzaad) is het effect gemeten op de groei. Bijlage 1 geeft verdere toelichting op deze biotoets.

De resultaten waren veelbelovend (Van der Maas et.al., 2010). Vervolgens zijn in een duurproef op een rozenbedrijf verschillende behandelingen aangelegd (zie Figuur 1.) en is het bedrijf gedurende 15 maanden intensief gevolgd.

Er zijn o.a. dagelijks productiemetingen en regelmatig biotoetsen uitgevoerd. Deze proef heeft veel ervaringen en inzichten opgeleverd, zowel voor het project als voor de betreffende ondernemers. De resultaten van deze duurproef zijn in een apart verslag gerapporteerd.



Figuur 1. Zuiveringsbehandelingen duurproef roos

Een tweede activiteit binnen dit werkpakket naast de duurproef, is het monitoren van ca. 16 bedrijven verdeeld over verschillende gewassen, die de zuiveringstechniek en maximale recirculatie toepassen. Deze verbredingsstap is bedoeld om meer ervaringen op te doen met de zuiveringstechniek en na te gaan wat de invloed van toepassing is op de besluitvorming van de ondernemers voor het watermanagement en de emissie.

Eerst is een selectie gemaakt van de gewassen die in aanmerking komen om te monitoren. Dit is gedaan aan de hand van signalen over groeiremming uit de praktijk en de resultaten van uitgevoerd biotoetsen met drainwater van bedrijven. Een aantal van de uiteindelijk geselecteerde bedrijven werkten al met H₂O₂ en UV. Bij de andere bedrijven is een H₂O₂-doseerunit geïnstalleerd. Er zijn geen aparte zuiveringsbehandelingen toegepast zoals in de duurproef, maar de bedrijven hebben met een vooraf vastgestelde optimale dosering gewerkt. De bedrijven zijn 1,5 jaar gevolgd.

1.1 Doelstelling

Het doel van de bedrijfsmonitoring is het door ontwikkelen van AOX (H₂O₂-UV) voor toepassing in diverse gewassen dat moet leiden tot het langer recirculeren van drainwater, en het onderzoeken of toepassing van AOX leidt tot minder emissie.

2 Plan van aanpak

Screening gewassen

Voor de keuze van de gewassen zijn gesprekken gevoerd met gewasdeskundigen over de hoeveelheid drainwater dat wordt gespuid tijdens de teelt en het mogelijk optreden van groeiremming. Bij een aantal bedrijven met een UV-ontsmetter zijn drainmonsters genomen die met de biotoets (Fytotoxkit) zijn getest op groeiremming. Deze resultaten, overige contacten met de praktijk en het areaal van de gewassen zijn bepalende geweest voor de keuze van de gewassen die zijn gemonitord.

Werving bedrijven

Vanuit het eigen netwerk, gewasdeskundigen, telers en andere bronnen is een lijst bedrijven samengesteld. In overleg met de BCO is een lijst met selectiecriteria opgesteld voor deelname aan de toetsing van AOX (zie Bijlage 2). De bedrijven zijn benaderd en een intakegesprek is uitgevoerd. De waterstromen en omvang voor 2010 zijn vastgelegd. De intakelijst staat in Bijlage 3. Bij het intakegesprek zijn watermonsters meegenomen of ingepland voor een biotoets.

Monitoring bedrijven

Gepland is om met regelmaat contact te hebben met de telers (gemiddeld 1x 3 maanden). Het uitvoeren van een biotoets is in overleg vastgesteld. De teler neemt contact op wanneer gepland is om te spuien en een afspraak wordt gemaakt over het uitvoeren van een biotoets.

Begin 2012 zijn de watergegevens voor 2011 opgevraagd (formulier zie Bijlage 4). De bedrijfsgegevens zijn ingevoerd in het waterstroommodel en de waterverbruiken en emissies zijn door het model berekend. Vervolgens is een vergelijking gemaakt tussen de gerealiseerde waterstromen en verbruiken en de berekende verbruiken. In augustus 2012 zijn de watergegevens van de bedrijven over het eerste half jaar verzameld en verwerkt.

Meetdag

In de duurproef roos is met een HD-UV-ontsmetter gewerkt. Gedurende die proef zijn drie meetdagen uitgevoerd, waarbij het effect van verschillende doseringen UV en H_2O_2 is nagegaan op het opheffen van de groeiremming. Tegelijkertijd is ook gekeken naar de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen.

Er zijn nog weinig data beschikbaar over de werking van LD-UV samen met waterstofperoxide op het voorkomen van groeiremming en de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen. Tijdens het monitoringtraject is m.m.v. de leverancier INFA Techniek een meetdag uitgevoerd op een gerberabedrijf met LD-UV/ H_2O_2 . In aanvulling op de genoemde meetdagen met HD-UV heeft Priva met korte meetreeksen voor H_2O_2 en UV in juli 2012 extra data over de afbraak van verschillende gewasbeschermingsmiddelen verzameld. De monsters zijn genomen op een paprika-, komkommer en een gerberabedrijf uit het monitoringproject.

Overige metingen

De start van een teelt is een moment waar telers vaak terughoudend zijn om drainwater, voor zover aanwezig, op te vangen. Op een paprikabedrijf en op drie gerberabedrijven zijn biotoetsen uitgevoerd met drainwater uit de startperiode.

De amaryllisteelt is niet in het monitoringproject meegenomen. Enkele telers op substraat hergebruiken slechts voor een deel van het drainwater. Oriënterend zijn biotoetsen uitgevoerd aan het drainwater van twee bedrijven. Het eerste bedrijf betreft dit vuil drainwater en schoon drainwater na ontsmetting met UV. Op het tweede bedrijf is drainwater van gewassen met een verschillende leeftijd bemonsterd.

Een andere gangbare ontsmettingstechniek in de praktijk is verhitting. Met het budget van een Greenport-campus onderzoekvoucher en Horticoop als indiener is in juni 2011 met watermonsters van 3 teeltbedrijven het effect van verhitting op groeiremming en middelenafbraak gemeten.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de resultaten van alle uitgevoerde metingen naar de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen, die in de periode 2010-2012 zijn uitgevoerd mede op budget van ELI (project 'Puntemissies').

Workshop

Begin 2012 is een workshop georganiseerd waarin de resultaten van de monitoring en de watergegevens met de deelnemende bedrijven is besproken. Belangrijk punt is tot welke effecten het gebruik van AOX heeft geleid.

Communicatie

De resultaten zijn uitgedragen via presentaties, nieuwsbrief en artikelen in vakbladen.

3 Resultaten

3.1 Screening en selectie gewassen

Het onderzoek naar groeiremming en geavanceerde oxidatie is gestart met het gewas roos. Het regelmatig spuien en het optreden van groeiremming bij langdurig recirculeren waren hier de aanleiding voor. De eerste groeiremmingstesten (Fytotoxtoets) en de kleinschalige proeven met AOX zijn uitgevoerd met drainwater van diverse rozenbedrijven. Dit heeft uiteindelijk geleid tot een duurproef op het rozenbedrijf, die heeft gelopen van maart 2010 tot juli 2011 (vd Maas *et al.* 2010). Vanaf medio 2010 was meer bekendheid over het onderzoek is ook meer aandacht gekomen voor de problematiek van groeiremming en waterspui in andere gewassen. Vanuit een groep gerberatelers is het verzoek gekomen om drainmonsters te nemen voor een groeiremmingstest. Najaar 2010 zijn de resultaten gepresenteerd in de landelijke gerbera-commissie. Ook vanuit andere gewassen zijn vragen om een fytotoxtoets ontvangen. Tweede helft 2010 zijn gericht bedrijven benaderd voor wateranalyse om tot een selectie te komen van gewassen en bedrijven voor de monitoring van geavanceerde oxidatie.

Tabel 2. geeft een overzicht van de resultaten van de groeitesten. Wanneer de wortellengtes van de gekiemde zaden meer dan 20% korter zijn dan de zaden die zijn gekiemd op een standaard komkommer voedingsoplossing kan met zekerheid worden gezegd dat het water groeiremmende stoffen bevat. Bij lagere percentages spreken we van een tendens. Tuinkers en mosterd zijn gevoelige gewassen, die speciaal voor de fytotoxtoets worden gebruikt. De resultaten kunnen niet één op één worden doorvertaald naar het gewas. Voorzichtig kan wel worden gesteld, dat wanneer drainwater structureel groeiremming laat zien in de biotoetsen, het gewas ook niet optimaal zal groeien.

In de tabel is te zien dat verschillende malen groeiremming is gevonden in het bemonsterde drainwater. Bij roos en gerbera was in eerdere monsters al groeiremming aangetoond. Bij paprika waren signalen dat het gewas niet altijd optimaal groeide. De testen laten in een aantal gevallen een groeistagnatie zien. Eén komkommerteler was heel duidelijk over het optreden van groeiremming en was vanwege de vele problemen teruggeslagen naar kortere perioden met recirculatie en veelvuldig lozen.

Op basis van de verkregen inzichten zijn de gewassen roos, gerbera, paprika, tomaat en komkommer geselecteerd voor de bedrijfsmonitoring. In de phalaenopsisteelt is hergebruik van drainwater zeker nog niet gangbaar, maar vanwege de vele lozingen van drainwater wel een aandachtspunt voor de nabije toekomst. Voor dit gewas zal eerst duidelijker in kaart moeten worden gebracht wat de belemmeringen bij recirculatie zijn. Ook voor de orchideeënteelt gelden lozingseisen in het licht van de Kaderrichtlijn, zoals in Tabel 1. is aangegeven. Er is contact geweest met een recirculerend bedrijf met UV-ontsmetting. De uitslag van de biotoets was goed (geen groeiremming geconstateerd). Het installeren van een waterstofperoxide doseerunit was echter nog een stap te ver. Voor de pot- en perkplanten waren geen voorbeelden van groeiremming bekend. Aubergine en aardbei zijn wel genoemd als mogelijke gewassen die lozen vanwege groeiremming, maar op dat moment konden er geen geschikte bedrijven gevonden worden. Figuur 2. geeft een kort overzicht van de uitgevoerde selectie.

Tabel 2. Overzicht van de groeitesten bij verschillende gewassen. De resultaten bij tuinkers en mosterd zijn de relatieve wortellengtes van de kiemplantjes t.o.v. de standaard voedingsoplossing. De gearceerde cijfers duiden op een groeiremming ($\leq -20\%$).

Gewas	Cultivar	Methode	Monster	Datum	Tuinkers	Mosterd
roos 1	F-red	H2O2+HD-UV	vuil drain	10-9-2010	28	-12
roos 1		H2O2+HD-UV	vuil drain	18-2-2011	-19	0
roos 2	Vendela	UV	vuil drain	10-10-2008	-16	-10
roos 2		UV	vuil drain	25-2-2011	-12	3
roos 3	Grand Prix	HD-UV	vuil drain	19-11-2010	0	-5
roos 4	Avalanche	geen	vuil drain	5-2-2010	-11	-25
roos 4		geen	vuil drain	19-11-2010	-14	-9
roos 5	Avalanche	geen	vuil drain	14-10-2011	-12	-11
roos 5		H2O2+UV (40+100)	schoon drain	14-10-2011	12	-4
gerbera 1	divers	HD-UV	vuil drain	20-7-2009	-4	-26
gerbera 1	divers	HD-UV	vuil drain	11-9-2009	5	-9
gerbera 1	divers	HD-UV	vuil drain	1-10-2010	7	-15
gerbera 2	divers	HD-UV	vuil drain	27-8-2010	-7	-8
gerbera 3	divers	HD-UV	vuil drain	4-2-2011	-11	-9
gerbera 4	divers	HD-UV	vuil drain	4-2-2001	-22	-16
gerbera 5	divers	geen	vuil drain	25-2-2011	-6%	13%
gerbera 5	divers	H2O2	handmatig	25-2-2011	18%	23%
gerbera 5	divers	H2O2+UV	schoon drain	25-2-2011	6%	15%
gerbera 6	divers	H2O2+UV	vuil drain	25-3-2011	-10	-11
gerbera 6	divers	H2O2+UV	schoon drain	25-3-2011	-23	-3
paprika 1A	Morraine (De	HD-UV	vuil drain	20-8-2010	-7	13
paprika 1B	Spider (Enza	HD-UV	vuil drain	20-8-2010	-17	12
paprika 1B		HD-UV	vuil drain	4-2-2011	-20	-16
paprika 1C	Spider	HD-UV	vuil drain	20-8-2010	-15	-1
paprika 1D	Spider	HD-UV	vuil drain	20-8-2010	-17	2
paprika 2		LD-UV	vuil drain	20-8-2010	-32	4
paprika 3	Spider	LD-UV	vuil drain	10-9-2010	-11	-6
paprika 4	Spider (rood)	geen	vuil drain	10-9-2010	-6	-21
paprika 4		geen	vuil drain	11-3-2011	-56	-48
paprika 5		HD-UV	vuil drain	18-2-2011	-20	-21
paprika 6		HD-UV	drain oude tee	7-1-2011	0	0
paprika 6		HD-UV	drain nieuw	7-1-2011	-9	-13
tomaat 1a	Komeett	HD-UV	vuil drain	27-8-2010	-18	-13
tomaat 1b	Komeett	HD-UV	vuil drain	27-8-2010	-10	-1
tomaat 2	Komeett	HD-UV	vuil drain	27-8-2010	-28	-46
tomaat 3		LD-UV	vuil drain	27-8-2010	-11	-20
tomaat 3		geen	vuil drain	1-10-2010	-7	-6
tomaat 3		LD-UV (100)		1-10-2010	7	-15
tomaat 3		H2O2+UV (15+100)	schoon drain	1-10-2010	14	1
tomaat 3		geen	vuil drain	29-10-2010	-14	-16
tomaat 3		LD-UV (100)		29-10-2010	23	-10
tomaat 3		H2O2+UV (15+100)	schoon drain	29-10-2010	12	2
komkommer 1	Venice RZ, ..	HD-UV	vuil drain	10-9-2010	-15	-8
komkommer 2		HD-UV (+ H2O2)?	vuil drain	14-1-2011	-11	-11
komkommer 3		HD-UV	vuil drain	11-3-2011	-12	-8
phalaenopsis		LD-UV	vuil drain	14-2-2011	3	4

Selectie gewassen voor monitoring				
Screening 10 gewassen op groeiremming				
Selectie				
signalen van groeiremming / biotoets / areaal				
Groenten		Bloemen		Pot- / perkplanten
tomaat	x	roos	x	bloeiend
paprika	x	gerbera	x	bladplant
komkommer	x	orchidee (x)		perkplant
aubergine				
aardbei				

Figuur 2. Samenvatting van de geselecteerde gewassen voor de monitoring van geavanceerde oxidatie.

3.2 Werving bedrijven

Voor de werving van de bedrijven zijn in de meeste gevallen de bedrijven benaderd waar een biotoets is uitgevoerd en de eerste gesprekken zijn gevoerd. Enkele geïnteresseerde paprikabedrijven zijn niet geselecteerd, omdat de relatie spui en groeiremming onvoldoende duidelijk werd. Twee rozenbedrijven hebben afgezien van deelname. Uiteindelijk zijn 11 bedrijven geselecteerd voor het monitoringtraject: 1 roos, 5 gerbera, 3 paprika, 1 tomaat en 1 komkommerbedrijf. In de eerste kolom van Tabel 2. zijn de deelnemende bedrijven geel of groen gearceerd. Omdat gedurende de duurproef roos besloten is om deze nog 3 maanden te verlengen is om budgettaire reden het aantal te monitoren bedrijven minder geworden dan de oorspronkelijke geplande 16. Na het beëindigen van de duurproef in juni 2011 is het betreffende rozenbedrijf als 12^e bedrijf opgenomen in het monitoring project.

3.3 Monitoring bedrijven

Op de deelnemende bedrijven is, voor zover nog niet aanwezig, een H₂O₂-doseerunit geïnstalleerd. Tijdens de intakegesprekken met de ondernemers is het watermanagement op de bedrijven aan de orde gesteld en zijn de waterstromen voor 2010 in kaart gebracht. Ook is besproken op welke onderdelen de telers nog verbetermogelijkheden zagen om een afname van de emissie te bereiken. Doelstelling van het monitoringproject was om het effect van AOX als zuiveringstechniek op het voorkomen en opheffen van groeiremming na te gaan en om als deelnemende bedrijven praktijkkennis uit te wisselen over de mogelijkheden voor vermindering van emissie. Ter ondersteuning van de toepassing van geavanceerde oxidatie zijn ook controlerende metingen aan het water uitgevoerd met de biotoetsen en bepalingen van T10 (transmissiewaarde), EC, pH en voedingselementen. Gemiddeld is over de periode van monitoring 5x contact geweest met de bedrijven en is 3x een biotoets uitgevoerd.

In Tabel 3. staat in hoofdlijnen de stand van zaken tijdens het intakegesprek voor wat betreft het watermanagement op de bedrijven en in de tweede kolom de ervaringen en uitgevoerde handelingen in 2011. Drie bedrijven hebben gedurende het jaar gespuid vanwege een te hoog opgelopen Na-gehalte. Eenmaal is er gespuid vanwege een technische fout met de UV-ontsmetter. Een vermeende groeiremming was op één bedrijf reden om te spuien. Begin januari 2012 is op een gerberabedrijf gespuid vanwege een groeistagnatie in de teelt. Op de meeste bedrijven is in 2011 minder gespuid dan het jaar ervoor (zie Figuur 5.).

Tabel 3. Werkwijze t.a.v. waterstromen in 2010 en in 2011 na installatie H₂O₂ - doseerunit en monitoring van de waterstromen.

Intakegesprek (winter/voorjaar 2011)	December 2011
Spui ca. 3x per jaar bij stugge groei. Filterspoelwater naar riool. 3 weken spui bij nieuwe teelt.	Voorjaar/zomer enige toename Na-gehalte vanwege 100% osmose. Sterke stijging Na na gebruik leidingwater. Gespuid. Geen groeiproblemen.
Regelmatig spui op gevoel. Fusarium, pythium, phytophthora. Stugge groei, bladverkleuring. Direct recirculeren bij start teelt. Overloop drainsilo.	Ontsmetter werkt goed. Is voorzichtig met doseren van H ₂ O ₂ Druppelwater max. 2 ppm
Spui 3-5 x per jaar. Donkere wortels. Zwak gewas, chlorose en klein blad. Vooral najaar. Filterspoelwater naar rioolbuffer, in zomer terugpompen naar vuil water silo.	Begin aug. H ₂ O ₂ -pomp. Positief over gewas, nog niet gespuid. Hergebruik water uit rioolbuffer. In najaar zwak gewas, twijfelt maar wil niet lozen.
In verleden wel groeiproblemen gehad. Recent niet. Gebruikt waterstofperoxide.	Ruime beschikking regenwater, geen osmose. Enig leidingwater bijgemengd. Spui via overloop vuil drain. Stuur waterniveau handmatig met voorregel EC. Is tevreden over zuiveringsconcept.
	Teeltwisseling volgens gangbare aanpak voor wat betreft reinigen kas en watersysteem. Krachtige planten, snelle start recirculatie. EC-regeling om drainwater dagelijks op te maken.
4x per jaar spuien. Als gewasproblemen: geel worden van blad en griffelhout. Bij start teelt eerste spuien, na 5 weken recirculeren. Amiad filter, water naar riool. Condenswater naar bassin.	Spui door technische fout met UV-ontsmetter. Gewas groeit goed. Stuur waterniveau drainsilo handmatig met voorregel EC. Relatief hoge waarden H ₂ O ₂ . In november gespuid vanwege vermeende groeiremming en hoge zoutcijfers.
Continu/wekelijks spuien vanwege groeiremming. Gele nerven, korte vruchten, vruchtafstoting. Condenswater (tijdelijk) naar sloot. Overloop vuil drainsilo naar riool. Start teelt 75 dagen spui.	Positief over zuivering. Veel minder spui dan vorig jaar. Bij teeltwisseling lozing vanwege schoonmaakmiddelen.
In 2010 4x gespuid vanwege te hoog Na-gehalte. Filterspoelwater naar de sloot.	Niet gespuid. Eind september gewas gebrek aan groeikracht. Kop eruit gehaald. Geinvesteerd in RO-installaties. Spoelwater leidingen naar vuil-drain silo.
Spui tot eind maart, daarna via lozing filterspoelwater. Kleinere vruchten bij hergebruik begin teelt. Geen direct hergebruik condenswater, naar vuil drainsilo, in de winter overloop.	In januari problemen met weggroei gewas. Gewas staat er goed bij. Geen problemen met Na-concentratie. Er is niet gespuid. Rioolbuffer wordt geplaatst. Drainwater wordt volledig gerecirculeerd, excl. filterspoelwater.
Bruine wortelpunten, onvoldoende vegetatieve groei in zomer	In juli gewasgroei niet optimaal. Oplopend Na-gehalte. Eind juli gespuid. Gewasgroei eind september nog steeds moeizaam.
Filterspoelwater naar vuil drainsilo. Hoe omgaan met compostthee en recirculatie?	Ontsmetting gaat goed, geen groeiremming. Gespuid vanwege oplopend Na-gehalte. Werkt actief met voorregel EC om alle drainwater te hergebruiken.
	Behandelingen A, B en C gaan gewoon door. Gewas groeit naar wens. Ook in vak A (bedrijf) maximaal recirculeren.

In Bijlage 2 zijn de resultaten van de uitgevoerde bio-toetsen op de bedrijven beschreven. De cijfers betreffen de relatieve wortellengte van de kiemplantjes met drainwater t.o.v. een standaard voedingsoplossing. Meestal zijn vuil drainwater en schoon drainwater, gezuiverd met H₂O₂ /UV, op een bedrijf bemonsterd. Soms alleen het vuile drainwater. Wanneer de wortellengte -20% of meer is t.o.v. de referentieoplossing, kan met zekerheid worden gesteld dat er groeiremming in het water zit.

De bio-toetsen zijn ingezet als een vinger aan de pols om het oordeel van de teler over zijn gewas bevestigd of ontkracht te zien. Anderzijds is gericht bemonsterd op verzoek van de teler wanneer er problemen waren of wanneer hij van plan was te spuien. Bijvoorbeeld op het bedrijf gerbera 3 werden groeiproblemen in een teeltvak ook teruggevonden in de bio-toets. Een aantal keren is vanwege de bio-toets uitslag niet geloozd, terwijl de teler dat onder andere omstandigheden wel had gedaan.

Indien er gespuid moest worden vanwege een te hoog Na-gehalte, werd geen groeiremming in de biotoets aangetoond. Verschillende malen is groeiremming aangetoond die in het gewas niet goed aanwijsbaar was (dit is ook bij de duurproef roos voorgekomen; zie vd Maas *et al.* 2012). Op het bedrijf gerbera 5 was het gewas eind 2011 zwak en had problemen met suikerrot. De uitgevoerde groeitest liet geen groeiremming zien. De ondernemer heeft het aangedurfd om niet te spuien en te wachten op een krachtiger gewas bij de dagverlenging. Het bleek een goede beslissing te zijn.

3.4 Waterstromen

Om een goed beeld te krijgen van het hergebruik van het drainwater en de emissies op een bedrijf zijn alle waterstromen benoemd en de omvang van de stromen in kaart gebracht. Figuur 3. geeft een overzicht van de waterstromen voor een rozenbedrijf. De dagelijkse watergiften worden opgenomen door het gewas en het overschot wordt uit gedraineerd en opgevangen in een drainwatersilo. Het opgenomen water blijft voor een klein deel achter in het gewas, de rest verdampt naar de buitenlucht of wordt weer opgevangen in de vorm van condenswater. Drainwater en condenswater worden, na zuivering gemengd met vers water en benodigde voedingsstoffen worden toegediend. Op deze manier wordt weer gietwater klaargemaakt. Het vers water kan uit verschillende bronnen komen. Belangrijk is de kwaliteit van het uitgangswater. Het gietwater moet vrij

zijn van ziekten en plagen en natriumarm. Gangbaar is het gebruik van hemelwater als 1^e waterbron. In slechts weinig gevallen kan hier altijd mee worden volstaan, zodat een tweede waterbron noodzakelijk is. Deze bron kan zijn grondwater dat ontzout wordt met een omgekeerde osmose installatie, leidingwater of uit nood oppervlaktewater. In het oosten en zuiden van het land is vaak kwalitatief goed bronwater beschikbaar. Tot zover lijkt de interne waterkringloop gesloten. Wanneer de Na-concentratie in het water te hoog oploopt of wanneer het gewas niet goed groeit kan dit een reden zijn om water te lozen. Ook een onvoldoende stabiele voedingssituatie (bijv. wisselende pH of te hoge EC) kan een reden zijn om te spuien. Vanwege het houden van een stabiele nutriëntenbalans wordt niet altijd alle drainwater hergebruikt. Dit kan leiden tot een overloop van de vuil drain silo.

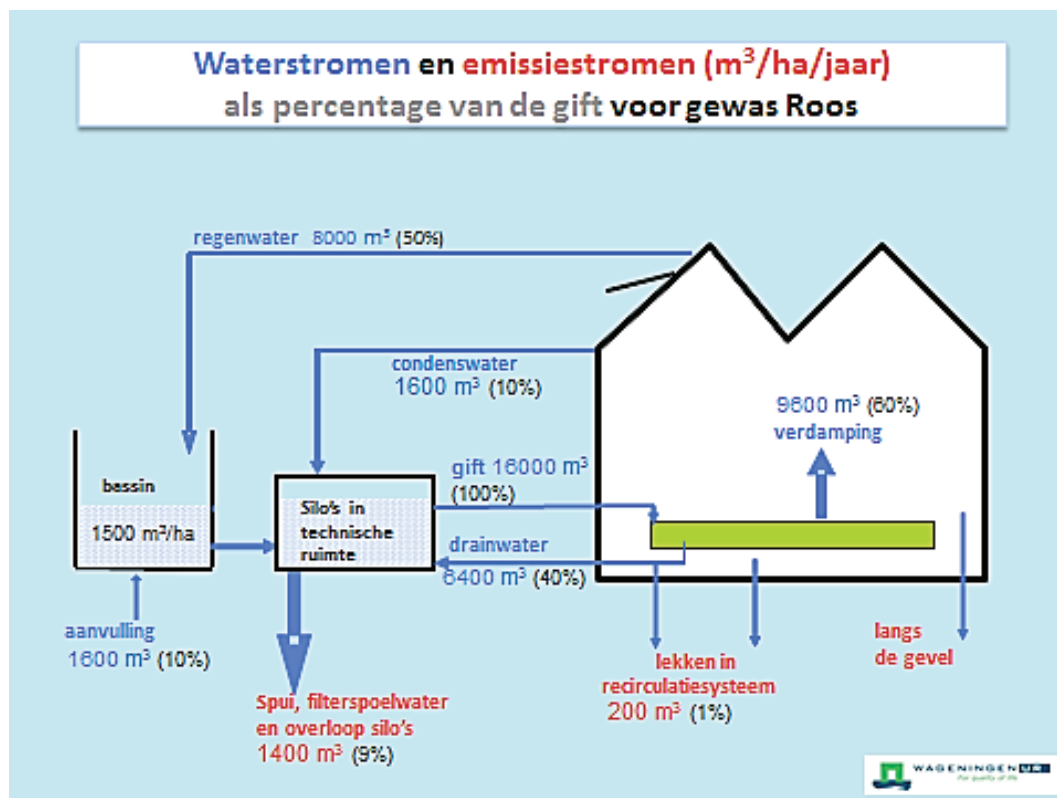
Het water dat wordt hergebruikt wordt op verschillende plaatsen gezuiverd met een filter. De filters moeten met regelmaat schoongespoeld worden. Hiervoor kan drainwater, bassinwater of gietwater worden gebruikt. Indien gietwater wordt gebruikt en het spoelwater wordt geloosd, moet dit bij de spui opgeteld worden. Daarnaast kunnen lekkages in het watersysteem voorkomen en condenswater dat langs de gevels wegloopt.

Bij het kwantificeren van de waterstromen op een bedrijf wordt de volgende waterbalans gebruikt:

$$\text{Hemelwater} + \text{osmosewater} + \text{condenswater} + \text{leidingwater} = \text{gewasopname (incl verdamping)} + \text{filterspoelwater (geloosd bemest water)} + \text{spui} + \text{lekkage}$$

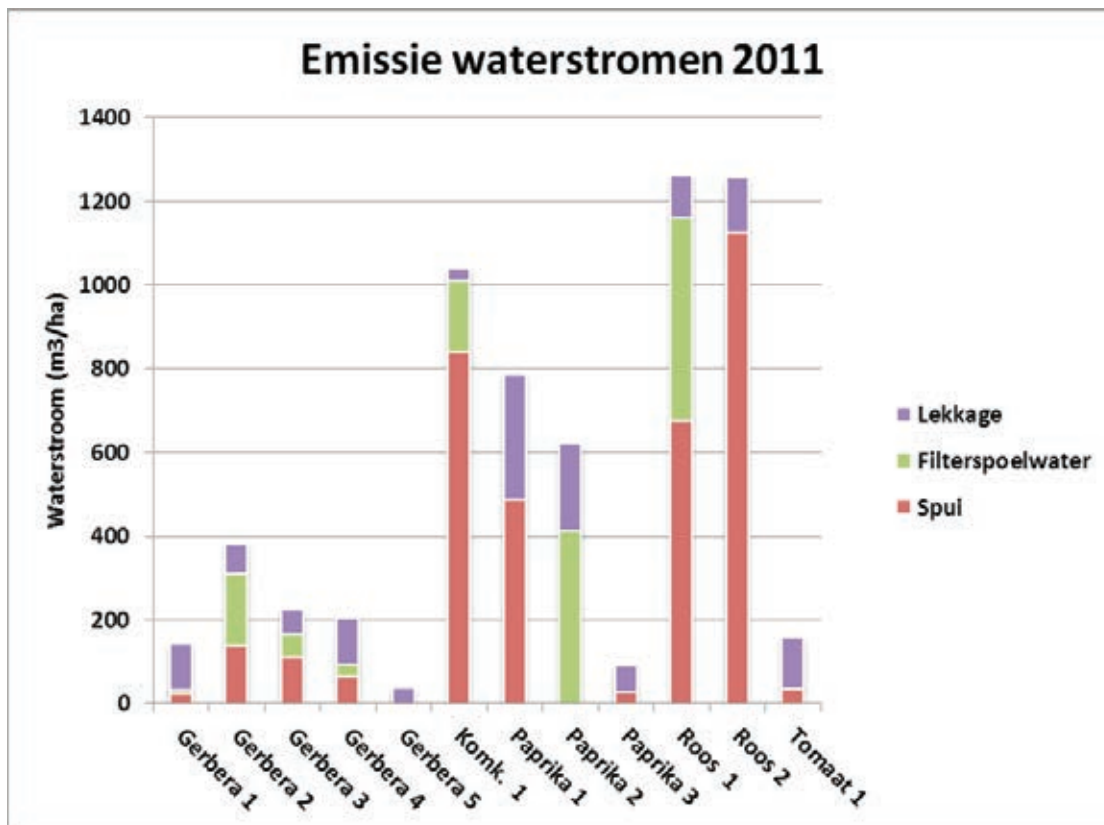
Daarnaast is

$$\text{Watergift} = \text{gewasopname} + \text{drainwater}$$



Figuur 3. Overzicht van de waterstromen op een glastuinbouwbedrijf met voorbeeldmatig praktijkgegevens over de omvang van de stromen voor roos.

In Figuur 4. staan de emissiestromen van de bedrijven voor 2011. De gebruikte formulieren zijn opgenomen in Bijlage 2. Duidelijk is dat er grote verschillen tussen de bedrijven zijn, variërend van minder dan 100 tot meer dan 1200 m^3/ha . Dat wordt soms veroorzaakt doordat het filterspoelwater wordt geloosd, soms door veel directe spui. Het komkommerbedrijf heeft veel gewasproblemen gehad en was in 2011 op de weg terug met meer recirculeren van drainwater met gebruik van AOX. Het bedrijf Roos 1 is in de loop van 2011 verder teruggeslagen met spuien via overstort door het drainwater zoveel mogelijk te hergebruiken. In 2012 zou dit effect nog duidelijker moeten worden. Bedrijf Roos 2 loost op basis van gewaswaarnemingen, maar ook vanuit een bepaalde risicoperceptie en heeft ervaren dat minder spui geen directe gevolgen voor het gewas heeft.



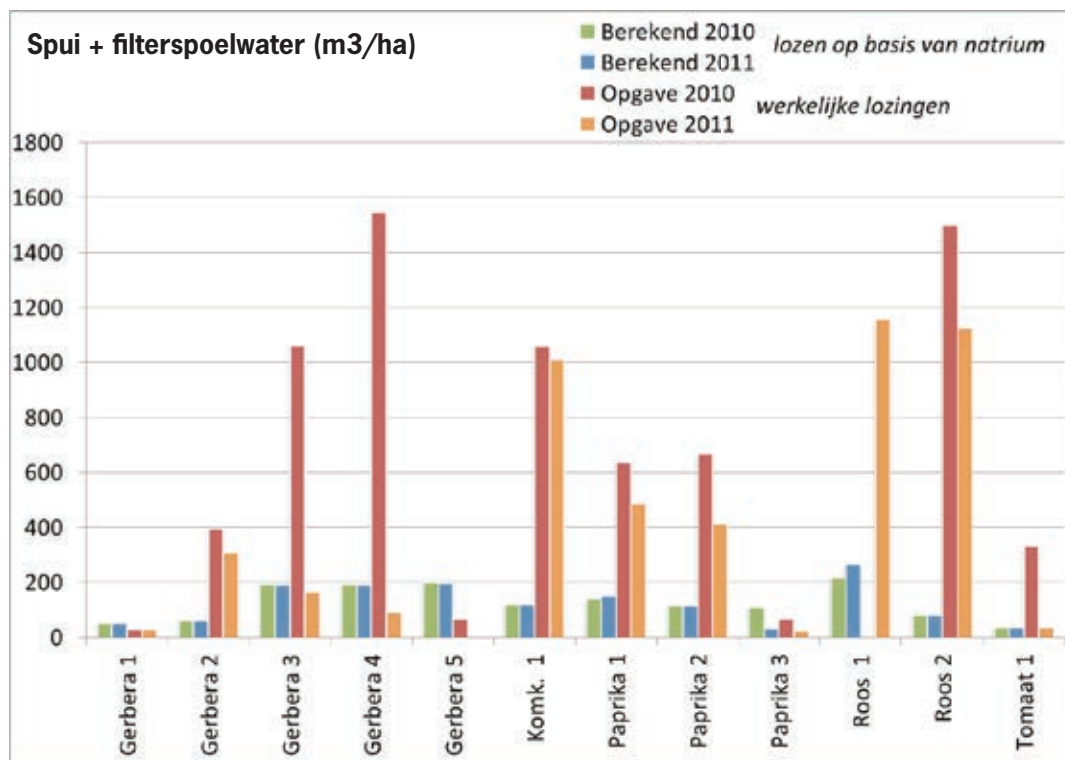
Figuur 4. Emissie via de verschillende waterstromen in 2011 (m^3/ha per jaar).

De waterstromen van de bedrijven zijn voor 2010 en 2011 in kaart gebracht. Ten opzichte van 2010 is in 2011 minder water geloosd op de bedrijven (zie Figuur 5.). Door de selectie van de bedrijven voor het project was er een groep telers die geïnteresseerd is in het watermanagement en mogelijkheden voor verbetering. Dit gegeven en de toepassing van AOX hebben zeker bijgedragen aan de verminderde emissie. In paragraaf 3.7 waarin de gehouden workshop met de deelnemers wordt besproken wordt dieper ingegaan op de motieven en ervaringen van de telers.

Waterstroommodel

Met het waterstroommodel zijn de waterstromen van de bedrijven berekend. Het model gaat uit van het geteelde gewas en de gebruikte watertypen door het bedrijf en de aanwezige omvang van de wateropslag. Daarnaast wordt gerekend met de weersgegevens van het betreffende jaar. Het model bepaalt alleen maar spui wanneer de natrium-concentratie boven de geldende gewasnorm uitkomt. In Figuur 5. zijn naast de gerealiseerde waterstromen voor 2010 en 2011 ook de berekende waarden weergegeven. Het blijkt dat in de praktijk meer is geloosd dan door het model berekend.

Hieruit kan worden opgemaakt, dat op de bedrijven meer wordt geloosd dan noodzakelijk is op basis van natriumophoping. Het model kan geen rekening houden met de overwegingen van de ondernemers hoe het watermanagement in te vullen, maar het gaat wel om de signaalfunctie of er nog mogelijkheden voor verbetering zijn. De berekende waarden voor 2010 en 2011 vertonen weinig verschil. Dit houdt in dat de weersinvloeden tussen de twee jaren klein zijn. De afname van de lozing kan dan ook worden toegerekend aan de handelingen op de bedrijven zelf.

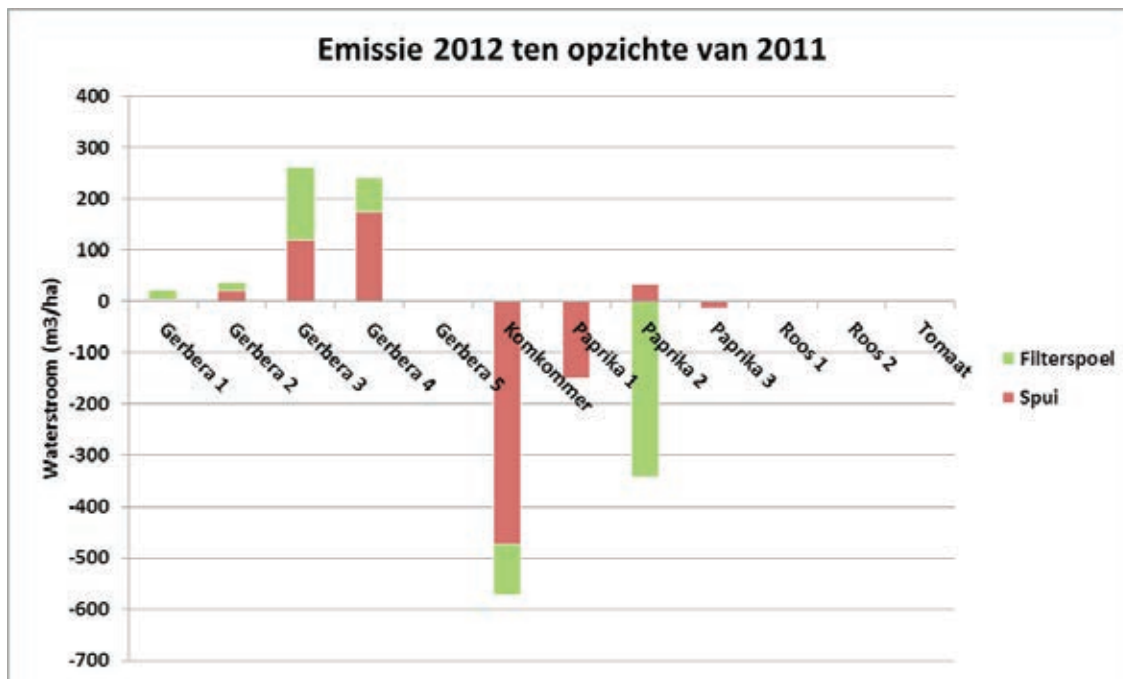


Figuur 5. Berekende en gerealiseerde water-emissiestormen van de gemonitorde bedrijven voor 2010 en 2011.

Voor het eerste half jaar van 2012 zijn de watergegevens opgevraagd bij de bedrijven en is een vergelijking gemaakt met de wateremissie van 2011. De spui en filterspoeling van het eerste half jaar van 2012 zijn vergeleken met het hele jaar van 2011. De getallen zijn gewogen naar gewasopname volgens de formule:

$$spui_{2012} - spui_{2011} * \frac{gewasopname_{2012}}{gewasopname_{2011}}$$

De resultaten zijn weergegeven in Figuur 6. Op het komkommerbedrijf is meer gerecicleerd en op het bedrijf paprika 2 is het filterspoelwater hergebruikt. De waterlozing op de andere bedrijven was gelijk of iets meer. Van het bedrijf gerbera 3 is bekend dat er begin 2012 groeiproblemen waren in een teeltvak. Dit heeft geleid tot enige spui en een korte periode niet recirculeren. Begin 2013 worden de watergegevens 2012 nogmaals vergeleken met 2011. Dit zal een beter beeld geven van de verschillen tussen beide jaren.

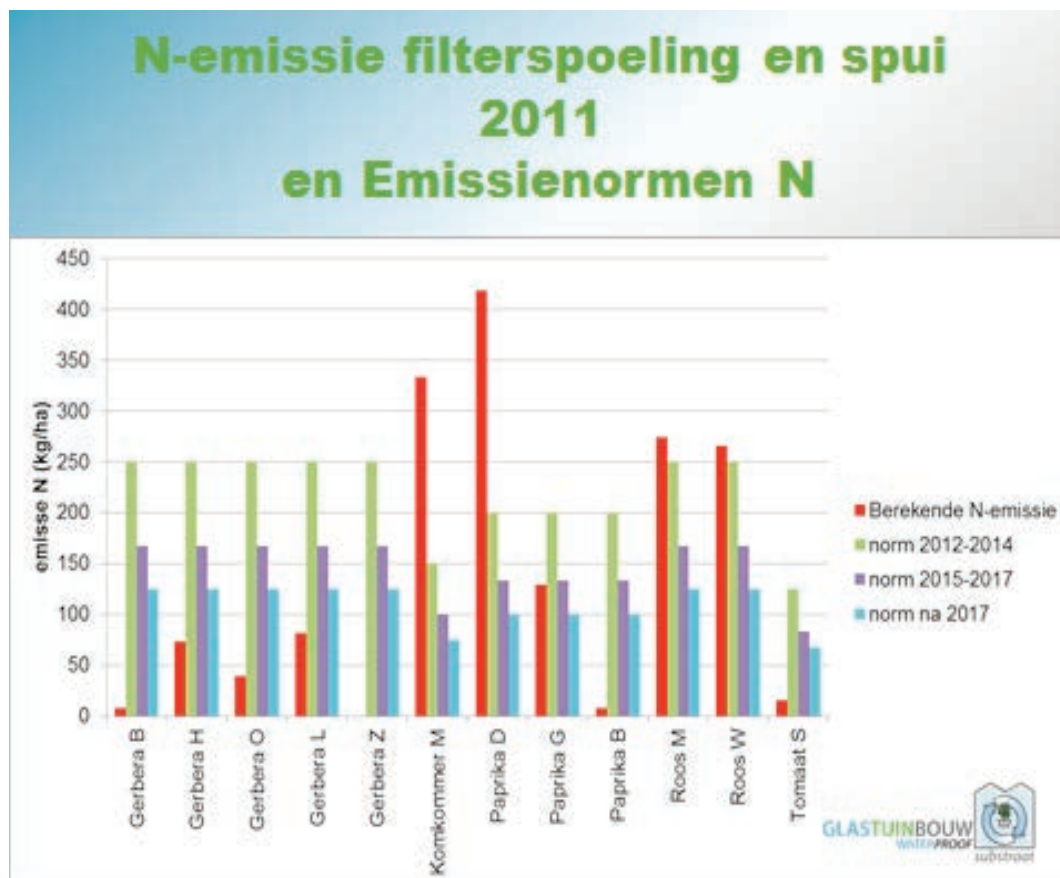


Figuur 6. Vergelijking van de wateremissie op de bedrijven tussen 2011 en eerste half jaar 2012.

N-emissie

In verslaglegging tot nu toe is gesproken over de waterstromen en de wateremissie. Vanuit de emissieproblematiek geredeneerd gaat het niet om de emissie van water, maar om de daarin opgeloste meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Om hiervan een eerste beeld te krijgen is de gerealiseerde wateremissie van de bedrijven voor 2011 omgerekend naar een stikstofemissie (N). Per gewas is voor de berekening uitgegaan van een standaard N-concentratie, die in het water geloosde water aanwezig is. De berekende N-emissie is vergeleken met de voorgestelde stikstofnormen, zoals in Tabel 1. zijn opgenomen. De resultaten van deze berekeningen staan in Figuur 7. Zoals is te zien voldoen 8 bedrijven aan de voorgestelde normen tot aan 2017 en 6 bedrijven zouden ook aan de criteria voor na 2017 voldoen. Voor vier bedrijven zijn nog aanpassingen nodig om aan de normen te voldoen. Formeel hebben deze berekeningen nog geen waarde, maar indicatief is het nuttig om een beeld te hebben van de stand van zaken.

Voor wat betreft de gewasbeschermingsmiddelen wordt er vanuit gegaan dat de emissie hiervan afneemt met het verminderen van spui. Er zijn echter andere factoren die een minstens zo belangrijke rol spelen bij de omvang van deze emissie, zoals het toedieningsmoment van het middel in relatie tot het spui moment, toedieningswijze, etc. In 3.8 wordt het effect van AOX op gewasbeschermingsmiddelen beschreven, en ook wat dit betekent voor de oppervlaktewaterkwaliteit.

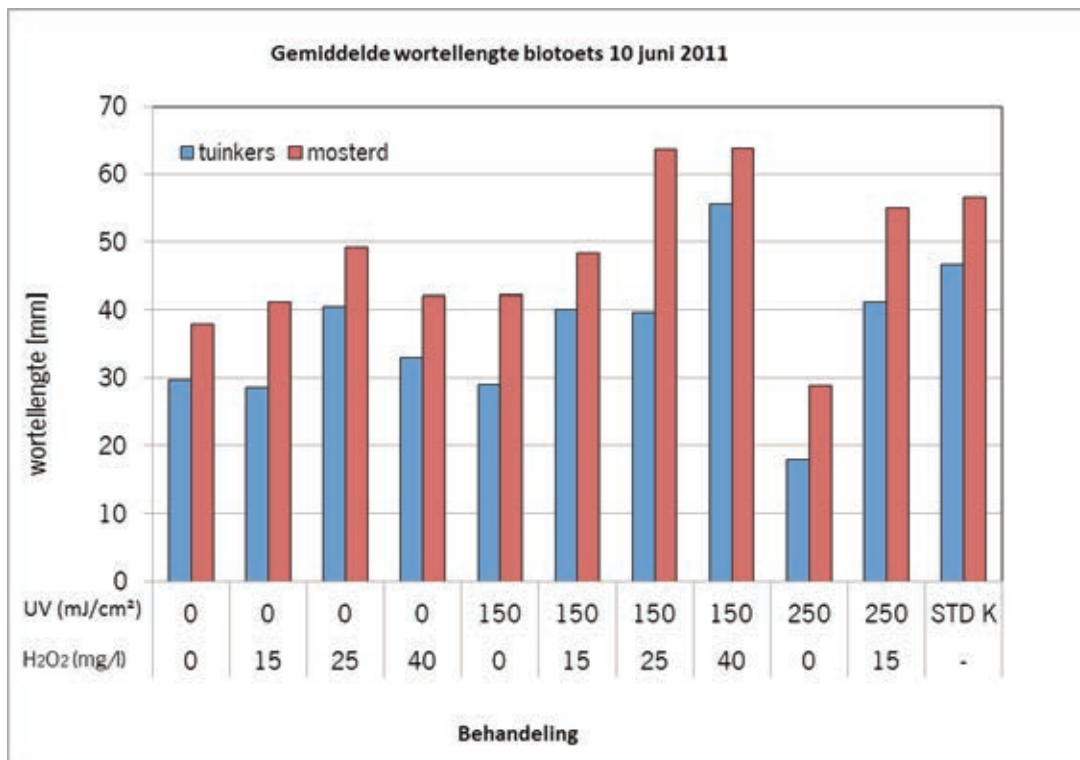


Figuur 7. Vergelijking van de gerealiseerde N-emissie van de bedrijven in 2011 met de voorgestelde emissienormen voor stikstof.

3.5 Geavanceerde oxidatie voor opheffen groeiremming

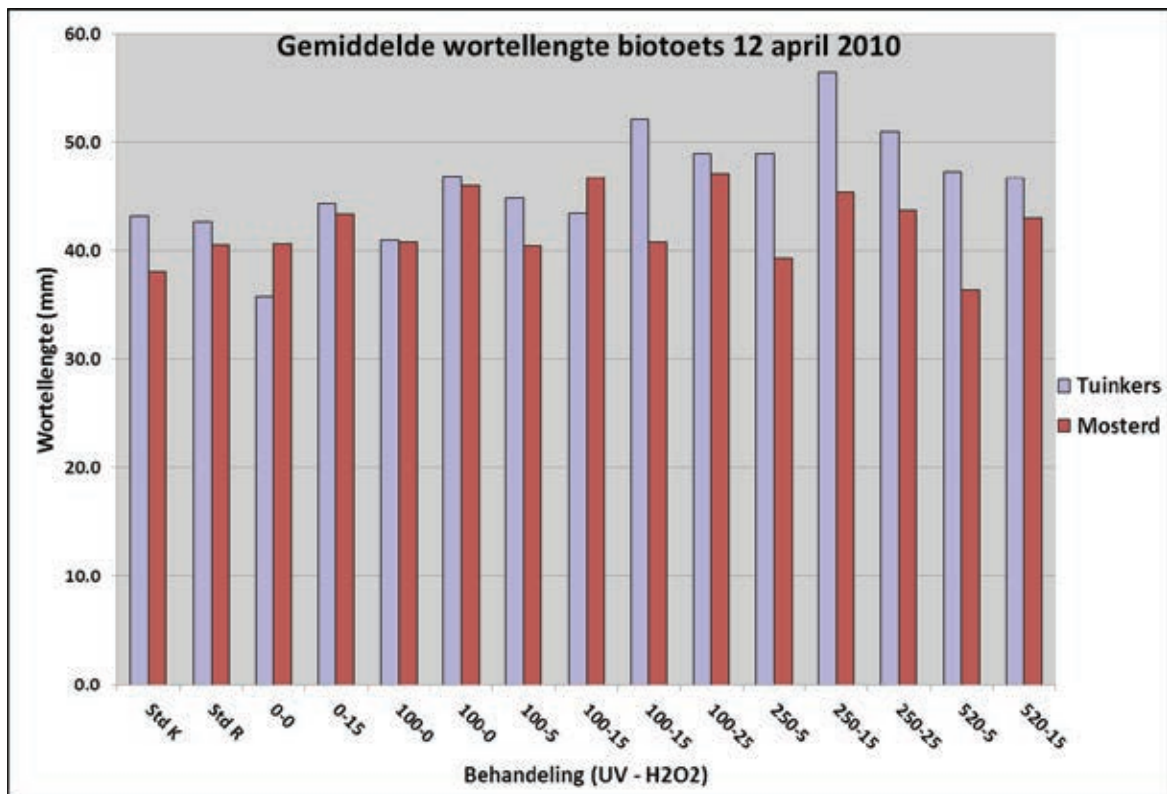
Uit eerder onderzoek is gebleken dat de combinatie H_2O_2 /UV, als AOX een effectieve methode is om het drainwater te zuiveren van voor de plant belastende stoffen. De vervolgvraag is wat de optimale doseringen zijn. De benodigde UV-dosering voor een 100% bestrijding van bepaalde ziekten is bekend (Runia en Boonstra, 2001, 2002 en 2004). Afhankelijk van de ziekten die bij een gewas kunnen voorkomen bestaan er adviesdoseringen. Er is minder kennis over de afbraak van toxische stoffen, waaronder groeiremmende componenten.

Tijdens de duurproef op het rozenbedrijf zijn 3 meetdagen uitgevoerd met de aanwezige HD-UV ontsmetter en de waterstofperoxide doseerunit. Met een meetreeks is het effect van verschillende doseringen op de groei in een biotoets bepaald. Op een van de gerberabedrijven in het monitoringproject is met een LD-UV ontsmetter en een waterstofperoxide-unit een vergelijkbare meetreeks van doseringen beproefd op groeiremming. In Figuur 8. staan de resultaten van deze metingen. In Bijlage 5 staan de resultaten van de uitgevoerde statistische analyse. Zonder waterstofperoxide behandeling had UV dosering geen positief effect. Opvallend was dat de wortels zeer slecht gegroeid waren bij de hoogste UV concentratie van 250 mJ/cm^2 zonder waterstofperoxide. Dit was een negatieve uitschieter die niet goed te verklaren was. Er was een positief effect op de groei met een combinatie van waterstofperoxide en UV. Bij tuinkers was de behandeling met $40 \text{ mg/l } H_2O_2$ en 150 mJ/cm^2 UV significant onderscheidend. Bij mosterd lieten de behandelingen 25-150 en 40-150 een significant positief effect zien.

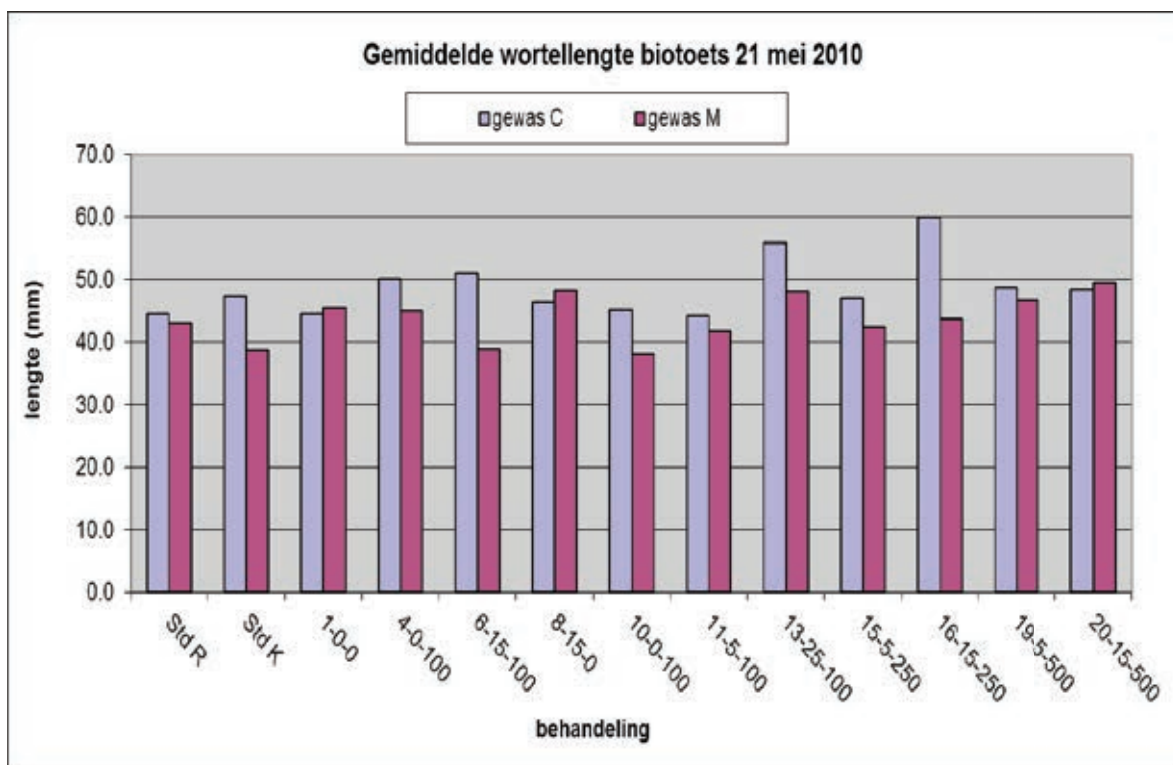


Figuur 8. Resultaten biotoets van meetdag met LD-UV / H₂O₂ op 7 juni 2011.

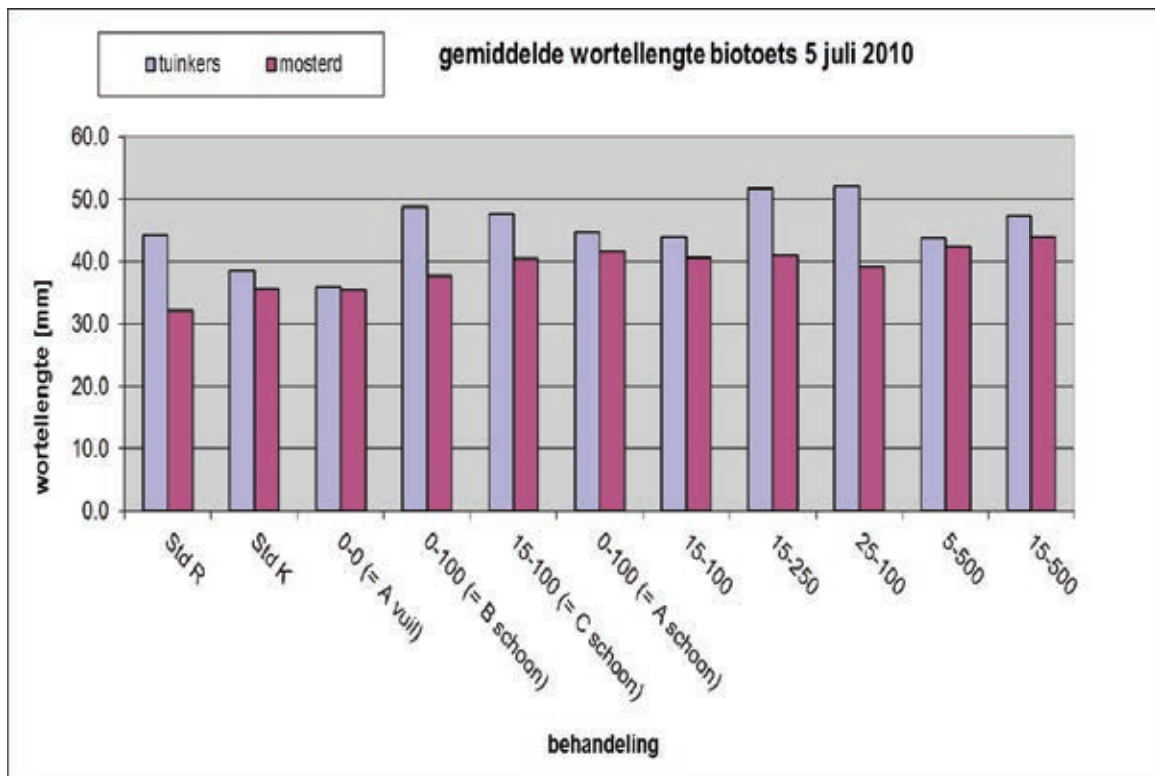
De navolgende drie figuren 9 t/m 11 laten de bio-toets resultaten zien van de metingen op het rozenbedrijf in 2010 met waterstofperoxide en HD-UV. Waterstofperoxide wordt uitgedrukt in mg/l en UV in mJ/cm². Tuinkers laat meestal de meest duidelijke effecten zien. In de biotoets van 12 april zijn bij tuinkers de behandelingen 25-250, 15-100 en 15-250 statistisch onderscheidend. Op 21 mei komen de behandelingen 25-100 en 15-250 als beste uit de bus. De meetdag van 5 juli geeft een minder uitgesproken beeld. Wel zijn statistisch gezien alle behandelingen met UV en waterstofperoxide/UV beter dan onbehandeld (= vuil drain water). Overall blijkt uit de metingen dat een combinatie van H₂O₂ en UV betere groeieresultaten laat zien dan de afzonderlijke zuiveringsmethoden. De werking van AOX wordt hiermee bevestigd. Voor waterstof peroxide voldoet de bandbreedte 15-25 mg/l, met een positieve uitschieter van 40 mg/l bij de metingen met LD-UV. Voor de UV-dosering geeft de range 100-250 mJ/cm² goede resultaten. Opvallend is dat een hogere dosering (500 mJ/cm²) in de biotoets een mindere groei laat zien.



Figuur 9. Resultaten biotoets van meetdag met UV (in mJ/cm²) en H₂O₂ (in mg/l) op 7 april 2010.



Figuur 10. Resultaten biotoets van meetdag met H₂O₂/HD-UV op 17 mei 2010.



Figuur 11. Resultaten biotoets van meetdag met H2O2 /HD-UV op 30 juni 2010.

3.6 Overige metingen groeiremming

Bemonstering nieuwe teelten op groeiremming

Tijdens het monitoring traject is op vier bedrijven gericht drainwater bemonsterd van nieuw opgezette teelten. Telers zijn om diverse reden vaak terughoudend om drainwater in het begin van de teelt op te vangen en te hergebruiken. Op één paprikabedrijf en drie gerberabedrijven zijn biotoetsen (fytotoxkit) uitgevoerd met het eerste drainwater. In Tabel 4. staan de resultaten van de testen. Op het paprikabedrijf vertoonden de monsters nauwelijks afwijkingen in lengtegroei van de wortels t.o.v. een standaard komkommervloeding. Op bedrijf gerbera 1 was een eerste planting gerbera's ingezet op een overgenomen bedrijf. Op het moment van monsternamen werd nog niet gerecirculeerd. Er waren geen significante verschillen tussen de referentiebehandeling met standaard komkommervoeding en die met vuil drainwater wat betreft de wortellengte van de testgewassen tuinkers en mosterd. In het vuil drainwatermonster van Gerbera 1 is dus geen groeiremming aangetoond.

Op bedrijf gerbera 2 waren de wortels van mosterd significant korter bij het vuile drainwater uit de goot met de nieuwe planten dan bij de referentie (standaard komkommervoeding) en bij schoon drainwater. Het verschil met de referentie bedroeg 21%. Een afwijking van meer dan 20% wordt geclassificeerd als het met zekerheid optreden van groeiremming. De planten zijn opgekweekt in kokos. De transmissiewaarde (T10) van het water was met 2% erg laag. Op het bedrijf is ca. 1/3 deel van de planten vervangen. In het watersysteem komen de drainwaterstromen bijeen. De T10 van het water uit de drainput heeft een acceptabele waarde van 17% voor een goede werking van de UV-ontsmetter. Verder zijn er geen significante verschillen tussen de monsters gevonden.

Bij gerbera 3 is 2/3 van de planten vervangen. In juni zijn monsters genomen van het drainwater in het oude gewas. Na de nieuwe planting in juli zijn opnieuw monsters genomen. Op dat moment waren wat problemen met de UV-ontsmetter, zodat geen monster van schoon drain voorhanden was. Zowel in het oude gewas als bij de nieuwe planten is geen groeiremming geconstateerd.

Bemonstering amaryllisteelt

In de amaryllisteelt wordt nog weinig gerecicleerd. Enkele telers op substraat hergebruiken voor een deel het drainwater. Oriënterend zijn biotoetsen uitgevoerd aan het drainwater van twee bedrijven. Het eerste bedrijf betreft vuil drainwater en schoon drainwater na ontsmetting met UV. Er is geen groeiremming geconstateerd. Op het tweede bedrijf is drainwater van gewassen met een verschillende leeftijd bemonsterd. De teler voegt volgens eigen inzicht vuil drainwater toe aan het gietwater. Er is geen ophoping van remmende stoffen bij recirculatie of bij een ouder gewas geconstateerd.

Tabel 4. Resultaten van aanvullende biotoetsen bij opgestarte teelten en bij amaryllisteelt op substraat.

Datum	Bedrijf	Plaats monster	Tuinkers	Mosterd	Opmerkingen
16/12/11	Paprika 1	Kas A: vuil mat Kas B: vuil drain	2% 5%	-3% 1%	Matmonster
11/5/12	Gerbera 1	Vuil drain	-15%	-13%	Nog geen recirculatie
11/5/12	Gerbera 2 (kokos)	Vuil goot Vuil put Schoon drain	-10% -7% -8%	-21% -11% 0%	Nieuwe planten Bedrijf
12/6/12	Gerbera 3	Vuil put Schoon drain	-7% 10%	4% 5%	Oud gewas
5/7/12	Gerbera 3	Vuil goot Vuil put	3% -2%	-15% -16%	Nieuwe planten Bedrijf
22/4/12	Amaryllis 1	Vuil drain Schoon drain	-13% -1%	-16% 5%	
22/4/12	Amaryllis 2	Vuil drain Vuil drain	3% -10%	-7% -11%	Planting 2006 Planting 2011

Verhitting en opheffen groeiremming

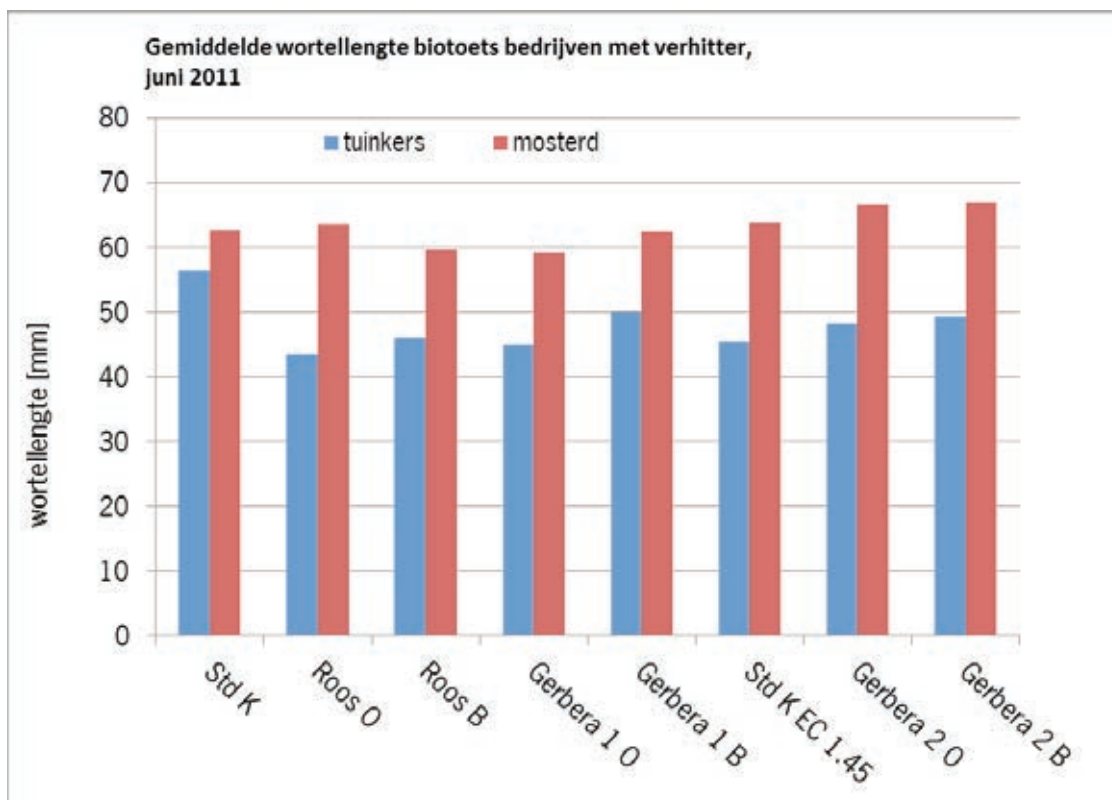
Naast een UV-behandeling van het drainwater is verhitting ook een gangbare en betrouwbare ontsmettingsmethode op teeltbedrijven.

De vraag is hoe een behandeling met een verhitter zich verhoudt tot de toepassing van AOX voor het opheffen van groeiremming?

Hiertoe zijn drainmonsters genomen op één rozenbedrijf en twee gerberabedrijven met een verhitter. Deze aanvullende analyses zijn gefinancierd vanuit een Greenport Campus onderzoekvoucher met Horticoop als aanvrager.

In Figuur 12. zijn de resultaten van de uitgevoerde biotoetsen weergegeven.

Bij onbehandeld drainwater van het rozenbedrijf en gerbera 1 waren de wortels van tuinkers significant korter dan bij standaard komkommervoeding met een EC van 2.0 mS/cm. Het verschil bedroeg 23% bij roos en 20% bij gerbera. Er was geen significant verschil in wortellengte bij tuinkers tussen onbehandeld drainwater van het bedrijf gerbera 2 en de standaard komkommervoeding met een EC van 1.45 mS/cm. Bij geen van de bedrijven was er een significant verschil met standaard komkommervoeding wat betreft de wortellengte van mosterd. De ontsmetting van drainwater door verhitting resulteerde bij geen van de bedrijven tot een significant langere wortellengte (zie Bijlage 6). Dit betekent dat de gevonden groeiremming in het drainwater op twee bedrijven niet werd opgeheven door een behandeling met verhitting.



Figuur 12. Resultaten biotoets van bedrijven met een verhitter. Std K=standaard komkommeroplossing, O=onbehandeld, B=behandeld.

3.7 Workshop

In een gezamenlijke bijeenkomst met de deelnemende bedrijven, WUR glastuinbouw als onderzoekspartner en Priva en Infa Techniek als leveranciers van UV-ontsmetters zijn de ervaringen met AOX besproken.

In het project zijn de bedrijfssituaties met de ondernemers besproken en in kaart gebracht. Contact over de gang van zaken, de installatie van AOX, het uitvoeren van groeitesten en het verzamelen en verwerken van gegevens over de waterstromen op de bedrijven, waren de middelen om de telers te ondersteunen bij het verminderen van de emissie, zonder inbreuk te doen op de gewasgroei en productie. De ervaringen met AOX varieerden van gematigd positief tot erg enthousiast. De komkommerteler had de afgelopen jaren veel problemen gehad met de gewasgroei. Na de installatie van AOX zijn de problemen opgelost en is hij weer meer gaan recirculeren. Een andere telers zag AOX als een extra vangnet voor het voorkomen van problemen. Zonder harde bewijzen toch gevoelsmatig een positief effect. Genoemd is ook de praktische manier van toedienen van waterstofperoxide met de installatie van een doseerunit. Overall stonden alle telers positief tegenover AO, maar ze wilden nog geen zekerheden toekennen aan de combinatie AO en biotoetsen. De juiste en maximale doseringen van H_2O_2 en UV zijn besproken. De gehanteerde concentraties in de praktijk toonden verschillen. Duidelijk is dat de concentratie H_2O_2 in het druppelwater niet hoger dan enkele ppm's mag zijn. Veel aandacht is besteed aan de waterstromen. De presentatie van de emissiestromen van de bedrijven, zoals in paragraaf 3.4 is beschreven gaf een goed inzicht en was aanleiding voor discussie. Condenswater wordt niet door iedereen opgevangen en hergebruikt. Een aantal bedrijven heeft in het verleden gewasproblemen gehad en daarna het condenswater niet meer gebruikt. Een analyse van condenswater in het verleden met veel pythiumsporen en onvoldoende opslagcapaciteit binnen de gestelde regels was voor een andere teler reden om dit water niet op te vangen. Over het hergebruik van filterspoelwater waren de meningen verdeeld. Relevant is wel of wordt gespoeld met gietwater, drainwater of met bassinwater. In het laatste geval is er relatief weinig emissie. Enkele bedrijven hebben gedurende de teelt in 2011 enkele malen gespuid vanwege een oplopende Na-concentratie. Gebruik van leidingwater, onvoldoende onderhoud van het omgekeerde osmose apparaat en het gebruik van onvoldoende zuivere meststoffen waren mogelijke oorzaken.

De emissienormen voor N en P, zoals die in het activiteitenbesluit zullen worden opgenomen riepen vragen op over hoe dit zou worden gehandhaafd. De telers waren van mening dat in geval van problemen met het gewas er uitzonderingen mogelijk moeten zijn om te kunnen spuien. Voorzieningen om de afvalstromen te zuiveren zouden hieraan tegemoet kunnen komen.

Samenvattend gaven de deelnemers aan dat bewustwording de belangrijkste factor is om stappen te zetten in vermindering van de hoeveelheid spui. De vervolgstap is durven en uitproberen. Het kennisniveau zowel op de bedrijven als in de sector gaat hiermee omhoog.

3.8 Geavanceerde oxidatie voor afbraak gewasbeschermingsmiddelen

Doel

Het doel van de proeven was om te onderzoeken in hoeverre gewasbeschermingsmiddelen worden afgebroken door een bepaalde dosis van H_2O_2 (in mg/l) en UV (in mJ/cm^2) en welke dosis /combinatie kan worden geadviseerd voor de praktijk.

Proefopzet

In de duurproef roos is 3 maal (7 april, 17 mei, 30 juni 2010) onderzocht in hoeverre gewasbeschermingsmiddelen (GBM) door de combinatie van H_2O_2 en UV licht worden afgebroken.

Hiervoor is de dosering H_2O_2 en UV gevarieerd volgens het schema in Tabel 5.

Tabel 5. Overzicht van behandelingen in 1 (7 april), 2 (17 mei) en 3 (30 juni)

UV H_2O_2 :	0	5	15	25	40	50
0	1,2,3	1,2	2,3	2		
100	1,2	1,2	1,2,3	1,2,3		
250	1,2	1,2	1,2,3	1,2		
500	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2,3		
750				3	3	3
1000					3	3

- UV is weergegeven in mJ/cm^2 , ingestelde dosis (actuele waarde 5-10% hoger)
- H_2O_2 is weergegeven in mg/l

De resultaten van 7 april en 17 mei gaven aanleiding om op 30 juni een hogere dosis H_2O_2 en UV uit te proberen.

Monsters zijn verzameld in 1 literflessen en na elke monsterdag koel bewaard en de volgende dag opgehaald door de koerier van het chemisch laboratorium "Zeeuws-Vlaanderen" waar de monsters zijn zeker gesteld en vervolgens geanalyseerd met LC-MS op een groot pakket aan GBM.

Aanvullend zijn de volgende analyses uitgevoerd:

- hoofd en sporen elementen (lab)
- pH en EC (lab en on-site)
- troebelings, nitriet (on-site)
- transmissie T10 (lab)
- O_2 , NO_2 , H_2O_2 (flow en pulsen/min, strookjes on-site en na 4dg in lab), temperatuur (on-site)
- TOC (lab)
- Plantpathogenen (lab)
- Biotoetsen (lab)

Resultaten

In Bijlage 7 zijn alle analyses van de GBM op de drie data weergegeven.

Vrachtreductie

Het effect van de behandeling (dosering H_2O_2 en UV) is vergeleken met een monster onbehandeld drainwater (0 H_2O_2 , 0 UV). Per stof is gekeken naar de afname in vracht (in $\mu g/l$). In Bijlage 7 zijn de data weergegeven, in Bijlage 8 per middel t.o.v. het onbehandelde monster (in %). In Bijlage 9 is een samenvatting van de statistische analyse weergegeven zoals die door Ing. Jacques Withagen (WUR-PR) is uitgevoerd. Het aantal aangetroffen middelen was ca. 25 op al de drie datums. Het aantal en de soort stof zijn geen indicatie voor het gebruik van de middelen.

Bij een bemonstering op 30 juni van het regenwater zijn ca. 21 middelen in het regenwaterbassin aangetroffen (bijlage 10) en kunnen daar zowel via afvalwaterstromen als via atmosferische depositie zijn terechtgekomen (dus weggewaaid bij toediening elders en op het dek neergeslagen bij wind en/of regen en afgestroomd naar het bassin of direct neergeslagen in het bassin). 7 van de 21 stoffen waren boven de MTR waarde, alle concentraties waren laag.

Uit bijlagen 8 en 9 blijkt dat de afbraak van middelen soms sterker wordt beïnvloed door H_2O_2 , soms meer door UV en soms door beide, terwijl het ook mogelijk is dat een middel helemaal niet reageert op de behandeling:

door vooral H_2O_2 : Boscalid, Cypronidil, Dimethomorph, Mepanipyrim, Penconazool

door vooral UV: Bupirimaat, Imidacloprid

door combinatie H_2O_2 en UV: Bitertanol, Cypronidil, Imidacloprid, Kresoxim-methyl, Lufenuron, Methiocarb-sulfoxide, (Penconazool), Thiametoxam

Geen afbraak: Dodemorph, Spiroxamine, (Lufenuron)

(Middelen tussen haakjes hebben een beperkte afbraak.)

Op basis van de afname van de vracht in het water na behandeling zou een doseerrecept voor geavanceerde oxidatie (H_2O_2 + UV) kunnen worden opgesteld. De vrachtreductie is weergegeven in een aantal klassen:

0-50% reductie t.o.v. onbehandeld (drainwater)

51-75% reductie

76-90% reductie

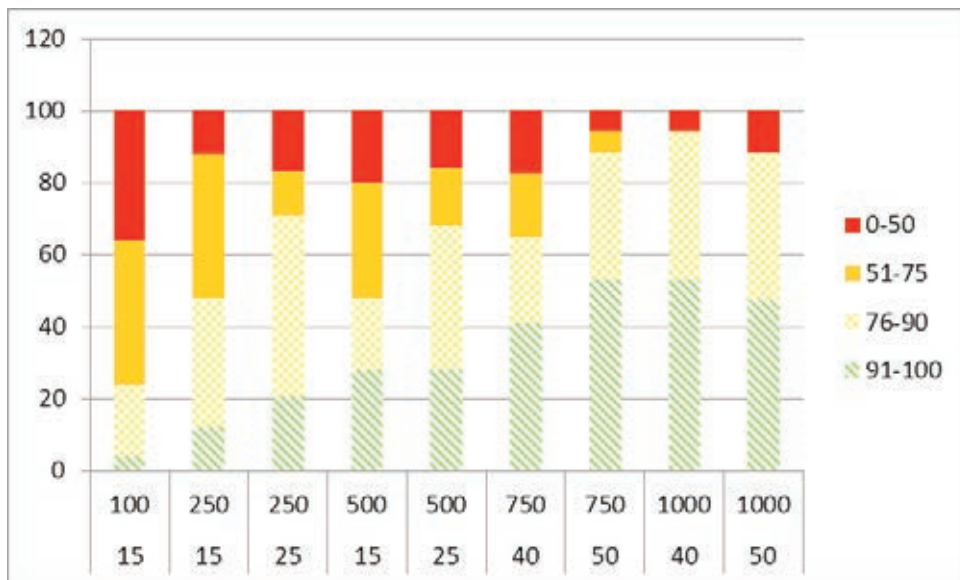
91-100% reductie

In Tabel 6. is een overzicht gegeven van het reductiepercentage dat wordt bereikt na een bepaalde dosering met H_2O_2 + UV. In Figuur 13. is dit grafisch weergegeven.

Tabel 6. Bereikt reductiepercentage van het aantal middelen na dosering met H_2O_2 en UV t.o.v. onbehandeld drainwater.

	H_2O_2	15	15	25	15	25	40	50	40	50
	UV dosis	100	250	250	500	500	750	750	1000	1000
reductie %	91-100	4	12	21	28	28	41	53	53	47
	76-90	20	36	50	20	40	24	35	41	41
	51-75	40	40	13	32	16	18	6	0	0
	0-50	36	12	17	20	16	18	6	6	12

Hoe de tabel te lezen: bij een dosering van 15 mg/l H_2O_2 en 500 mJ/cm^2 UV licht (15/500) wordt 20% van de middelen voor minder dan 50% verwijderd; 32% van de middelen tussen 51 en 75%; 20% van de middelen voor 76-90% en 28% van de middelen voor meer dan 91%, tezamen 100%.



Figuur 13. Procentuele verdeling van de afbraak van middelen in klassen bij variërende dosering H₂O₂ en UV.

Toelichting en conclusies :

- Omdat bij (zeer) lage concentraties is gewerkt kunnen relatief grote meetfouten optreden. Het absolute getal zou daarom wat kunnen variëren. De trend is daarom belangrijker.
- Verschillende laboratoria hebben verschillende rapportagegrenzen per stof die tot een factor 10 kunnen verschillen.
- Standaard is de pH van het drainwater op 30 juni 6-6,5 geweest. Aanvullend zijn metingen verricht bij een lagere pH 5-5,5 en 4-4,5. Een lagere pH geeft iets meer afbraak, vooral bij hogere doseringen H₂O₂ en UV.
- Ten opzichte van niet doseren helpt ook een lage dosering (15/100) om de vracht aan GBM te verlagen. Bij ruim 70% van de middelen vermindert de vracht met 0-75%. Andersom (slechts) 25% van de middelen wordt voor meer dan 75% verwijderd.
- Bij hogere doseringen neemt het percentage afbraak van 91-100% toe van 4% tot boven de 50% bij 40-50 H₂O₂ en 750-1000 UV.
- Tot 88% van de middelen wordt voor 76-100% afgebroken bij een dosering van 50/1000. Bij een dosering van 25/500 wordt tot 65% van de middelen voor 76-100% afgebroken.
- Geen van de doseringen leidt tot een 100% afname van alle stoffen.

Verwijdering stoffen op basis van MTR waarde

De reductie in vracht is één manier om het effect van de behandeling uit te drukken. Een andere manier is om te toetsen aan de MTR-waarde (Maximaal Toelaatbare Risico) omdat hierin de giftigheid van het middel voor (water)organismen in verdisconteerd zit. In de Bestrijdingsmiddelenatlas (www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl) wordt de MTR als volgt gedefinieerd: "Per meetpunt is het aantal stoffen dat de norm overschrijdt gedeeld door het aantal stoffen waaraan een meting is verricht. Een stof wordt norm overschrijdend beschouwd als de 90-percentielwaarde van de maandgemiddelden boven de norm ligt". Deze definitie is voor de metingen met AOX als volgt vertaald: Alle waarnemingen van een H₂O₂-UV dosering zijn gewaardeerd t.o.v. de stof specifieke MTR-waarde. Per meting van een middel is bepaald in welke MTR klasse de concentratie valt. De in de Bestrijdingsmiddelenatlas genoemde MTR klassen zijn:

- meer dan 5 keer de MTR waarde
- tussen 2-5 keer de MTR waarde
- tussen 1-2 keer de MTR waarde en
- onder de 1 MTR waarde

De meetresultaten zijn weergegeven in Tabel 7. volgens bovenstaande indeling, de basisdata staan in Bijlage 7.

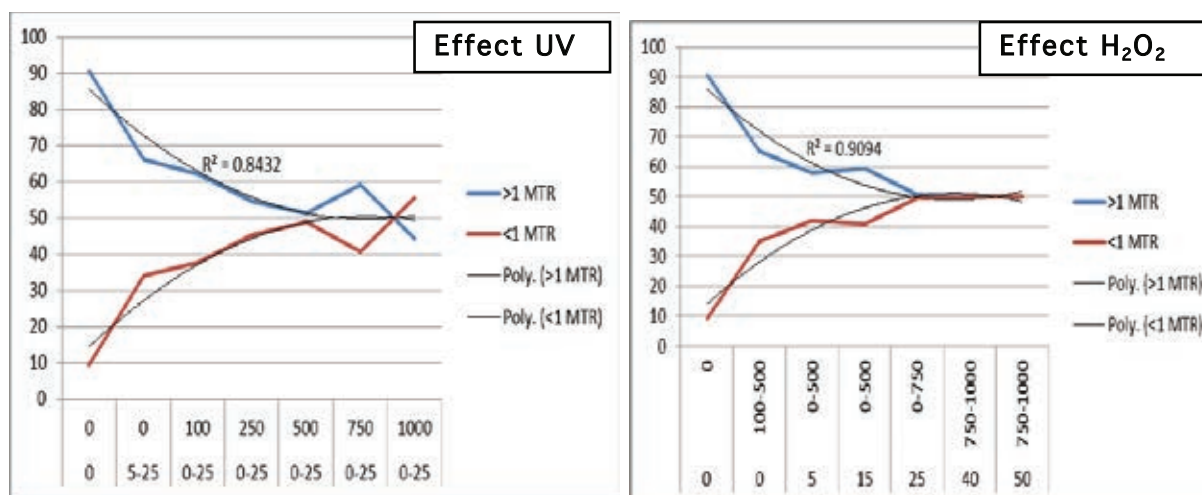
Tabel 7. Aantal middelen boven en onder MTR waarde na behandeling met AOX.

H2O2 mg/l	UV mJ/cm	aantal waarnemingen	> 5x MTR	2-5x MTR	1-2x MTR	<1x MTR	% waarnemingen <1x MTR
0	0	70	15	8	6	41	59
5	0	48	9	2	3	34	71
15	0	40	11	4	0	25	63
25	0	9	3	0	1	5	56
0	100	47	9	2	4	32	68
5	100	47	9	1	3	34	72
15	100	70	12	5	4	49	70
25	100	70	12	4	1	53	76
0	250	47	7	3	4	33	70
5	250	47	6	3	1	37	79
15	250	70	11	4	3	52	74
25	250	47	6	1	3	37	79
0	500	47	6	1	5	35	74
5	500	69	11	1	6	51	74
15	500	69	11	2	3	53	77
25	500	69	11	1	2	55	80
25	750	17	4	2	0	11	65
40	750	17	4	0	1	12	71
50	750	17	3	1	1	12	71
40	1000	17	4	0	0	13	76
50	1000	17	3	1	0	13	76

*) % waarnemingen <1x MTR is t.o.v. totaal aantal waarnemingen bij betreffende dosering

In de basisdata (Bijlage 7.) zijn 25 stoffen gemeten. 13 stoffen waren in het onbehandelde drainwater altijd onder de MTR waarde (59%). In Bijlage 5 zijn de stoffen die één of meer waarnemingen boven de MTR waarde hadden weergegeven (12 van de 25 stoffen, 41% van de waarnemingen). Hiervan is het effect van een AOX behandeling uitgezocht. De stoffen beneden 1x MTR vertonen ook afbraak (in vracht) maar zijn hierboven al besproken.

Er is geprobeerd de effecten van UV dosering en H₂O₂ dosering te scheiden, door de percentages vracht vermindering te middelen per ingestelde UV dosering (Figuur 2., links) en per ingestelde H₂O₂ dosering (Figuur 2, rechts).



Figuur 14. Effect van dosering van H₂O₂ en UV op het aantal waarnemingen >1x MTR. Links: effect van UV; rechts effect van H₂O₂.

In Figuur 14 (links) is te zien dat een dosering hoger dan 500 mJ/cm² geen effect meer heeft op de afname van een stof tot onder de MTR waarde, terwijl een dosering hoger dan 250 mJ/cm² slechts een gering effect heeft. Het is toeval dat de eindwaarden precies op 50% uitkomen, met een andere mix van middelen is een andere uitkomst mogelijk. In Figuur 2 (rechts) is te zien dat geen effect meer wordt bereikt bij een dosering boven 25 mg/l en slechts een gering effect bij 15 mg/l. Het effect op de MTR is dus iets verschillend van het effect op vrucht waar de afbraak nog wel doorzet bij hogere doseringen.

Specifiek per stof:

- 13 stoffen blijven altijd onder de MTR waarde (bupirimaat, carbendazim, clothianidin, dimethomorph, dodemorph, ethirimol, fenamidone, fludioxonil, furalaxyl, mepanipyrim, methicarb-sulfoxide, penconazool, thiamethoxam);
- 4 stoffen blijven altijd een waarde boven de MTR houden (spiroxamine, lufenuron, acephate, fipronil);
- 4 stoffen worden duidelijk afgebroken en komen daardoor onder de MTR waarde (abamectine, boscalid, imidacloprid, cyprodinil);
- 4 stoffen geven een variabel beeld: soms wel afbraak tot onder de MTR waarde, soms niet (bitertanol, kresoxim-methyl, aldicarb-sulfone, aldicarb).
- Optimaal effect om de MTR te verlagen wordt verkregen bij een dosering van 25/500. Deze dosering lijkt ook in de praktijk haalbaar met de huidige installaties.

In Tabel 8. is een overzicht per middel weergegeven op het effect van dosering van H₂O₂ en UV op de afbraak, gewaardeerd naar vermindering van vrucht en al of niet onder de MTR-waarde.

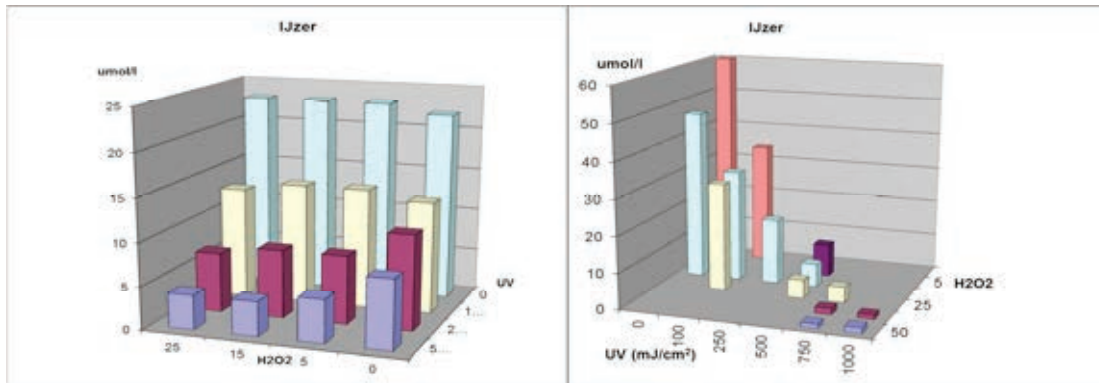
Tabel 8. Overzicht per middel of door behandeling afname in vrucht of < 1 MTR-waarde wordt bereikt.

Actieve stof	merknaam	MTR	rapportage grens	afname vrucht	MTR-waarde				
		µg/l	µg/l						
Abamectine	vertimec	0.1	0.005	??		vrucht:			
Acephate	Othene/Ypsilon	0.01	0.500			H2O2	- vooral H ₂ O ₂		
Aldicarb	Temik	0.1	0.010	??		UV	- vooral UV		
Aldicarb-sulfone		0.25	0.300			H2O2+UV	- combinatie H ₂ O ₂ en UV		
Bitertanol	Baycor Flow	0.31	0.010	H2O2+UV			- Geen afbraak		
Boscalid	Collis	0.55	0.005	H2O2		??	- afbraak bij elke dosering		
Bupirimate	Nimrod	30	0.005	UV					
Carbendazim	Benlate Topsis M	0.5	0.005	??		MTR:			
Clothianidin	Poncho	14	0.005	UV		- altijd < 1 MTR waarde			
Cyprodinil	Switch	0.1	0.005	H2O2		- altijd boven 1 MTR			
Dimethomorph	Paraat	10	0.005	H2O2		- duidelijk afbraak tot < 1 MTR			
Dodemorph	Meltatox	33	0.005			- soms wel afbraak tot < 1 MTR, soms niet			
Ethirimol	Milcurb	8.83	0.010	H2O2					
Fenamidone	Fenomena	1.25	0.005	H2O2+UV					
Fipronil	Violin	0.000	0.020	H2O2+UV					
Fludioxonil	BeretGold Maxim	0.980	0.010	H2O2+UV					
Furalaxyl	Fongarid	87.000	0.010	H2O2+UV					
Imidacloprid	Admire	0.013	0.007	UV					
Kresoxim-methyl	Ortiva	0.015	0.005	H2O2+UV					
Lufenuron	Match	0.000	0.010	H2O2+UV					
Mepanipyrim	Frupica	1.45	0.005	H2O2					
Methiocarb-sulfoxide		0.1	0.010	H2O2+UV					
Penconazool	Topaz	1.700	0.005	H2O2					
Spiroxamine	Impulse/Prosper	0.002	0.010						
Thiamethoxam	Actara	1	0.010	H2O2+UV					

Opgemerkt dient te worden dat bovenstaand overzicht geen representatief beeld van alle in de glastuinbouw toegelaten middelen geeft. Min of meer toevallig zijn deze stoffen gemeten. Op andere bedrijven met andere teelten zullen andere middelen worden aangetroffen.

Overige waarnemingen

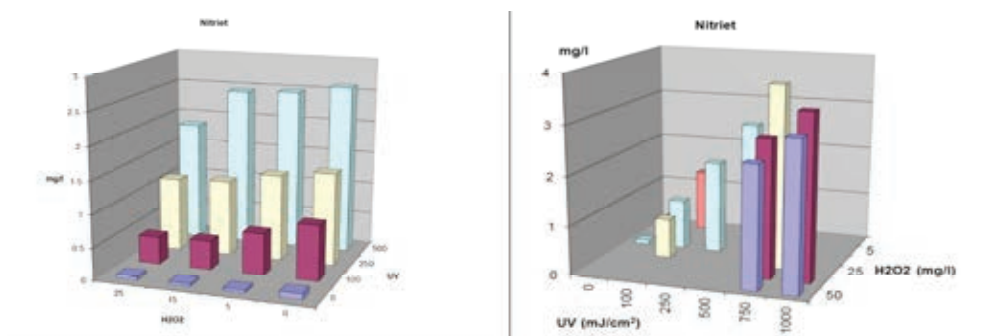
Door de behandeling met H_2O_2 en UV is geen invloed waargenomen op de EC, pH en de hoofdelementen. Bij de sporenelementen is alleen afbraak geconstateerd bij ijzerchelaat, hetgeen logisch is gezien het organische molecuul dat chelaat is (Figuur 15.).



Figuur 15. Afbraak ijzerchelaat door combinatie van H_2O_2 en UV; links 17 mei (UV dosering 0, 100, 250, 500 mJ/cm^2), rechts 30 juni.

De afbraak wordt met name veroorzaakt door de hogere doseringen UV. Rond de 50% afname bij 100-250 mJ/cm^2 en tot 80-90% bij 500 mJ/cm^2 . Als deze doseringen op spuiwater worden toegepast dan zijn er geen problemen. Bij de dosering van 100-250 mJ/cm^2 wordt ontsmet voor recirculatie en dan moet wel extra ijzerchelaat worden toegediend.

Op het moment van monstername is ter plekke het nitrietgehalte gemeten (Figuur 16.). Door met name verhoging van de UV dosering wordt een toename tot ca. 3 mg/l bereikt. Dit ligt onder de schadegrens van 10 mg/l die in onderzoek is vastgesteld (Voogt, 2008).



Figuur 16. Ophoping nitriet door toepassing H_2O_2 + UV; links 7 april, rechts 30 juni.

De transmissie van het drainwater voor UV licht neemt toe bij hogere doseringen. Het TOC gehalte (total organic carbon) blijft gelijk tussen 6 en 10 mg/l . Het zuurstofgehalte neemt heel licht af, vooral omdat de temperatuur hoger wordt en de verzadigingsgraad daardoor afneemt. Plantpathogenen zijn niet aangetroffen na behandeling.

Samenvatting resultaten

Toepassing van AOX (H_2O_2 + UV) geeft mogelijkheden om gewasbeschermingsmiddelen af te breken. De vrucht kan aanzienlijk worden verminderd, bij lage doseringen (15/100) wordt 4% van de middelen voor 91-100 % afgebroken, terwijl bij een dosering van 50/1000 ruim 50% van de middelen voor 91-100% wordt afgebroken. Er blijft (dus) altijd een resthoeveelheid aan middelen, deels middelen die zijn afgebroken en in een veel lagere concentratie voorkomen en deels een aantal specifieke middelen die nauwelijks op de behandeling(de dosering) reageren. In het drainwater worden veel stoffen aangetroffen, veelal stoffen die niet zijn gebruikt. 13 van de 25 stoffen zitten voor en na behandeling altijd onder de MTR-waarde. Van de overige 12 stoffen zijn er 4 persistent en komen bij geen enkele dosering onder de MTR-waarde. 4 stoffen worden afgebroken en komen daardoor onder de MTR, terwijl de overige stoffen soms wel en soms niet tot onder de MTR-waarde worden afgebroken. Maximaal effect van AOX om onder de MTR-waarde te komen wordt verkregen bij een dosering van 25 mg/l H_2O_2 en 500 mJ/cm^2 UV licht. AOX bij hogere doseringen (op spuiwater) heeft verder effect op een

sterkere ijzerchelaatafbraak dan bij alleen UV ontsmetting en een opbouw van nitriet (niet leidend tot schadelijke waarden voor de plant). In beide gevallen is een hogere UV-dosering hier debet aan. Geen invloed is er op het nutriëntengehalte, EC en pH. Het zuurstofgehalte neemt licht af door o.a. een kleine temperatuurstijging.

4 Conclusies en aanbevelingen

Met het uitvoeren van biotoetsen en gesprekken op bedrijven zijn gewassen en bedrijven gescreend op het optreden van groeiremming en als gevolg daarvan het lozen van drainwater. Dit heeft 12 bedrijven opgeleverd die zijn voorzien van een waterstofperoxide doseerinstallatie, die in combinatie met een reeds aanwezige UV-ontsmetter leidt tot AOX als waterzuiveringsmethode. De bedrijven zijn 1-1.5 jaar gemonitord. De gewassen waren gerbera, roos, paprika, komkommer en tomaat.

Op alle bedrijven zijn de waterstromen en de omvang daarvan in kaart gebracht. De waterstromen tussen de jaren 2010 en 2011 zijn vergeleken. Ook zijn de cijfers onderling vergeleken en vergeleken met de berekende emissiestromen van een waterstroommodel.

Het project heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- De onderlinge discussie over de emissiestromen en de werkwijze op de bedrijven was een stimulans om verbeteringen aan te pakken op de eigen bedrijven.
- De emissiestromen in 2011 waren in de meeste gevallen lager dan in 2010.
- De AOX gaf extra vertrouwen in de kwaliteit van het recirculatiewater. De mate waarin hierop werd vertrouwd scheelde sterk per bedrijf.
- Aanvullende groeitesten bij nieuw opgestarte teelten bij gerbera en paprika hebben geen groeiremming in het drainwater laten zien.
- Meetdagen met Hd-UV met doseringsreeksen voor waterstofperoxide en UV hebben geleid tot de volgende effectieve doseringen voor het voorkomen van groeiremming: 15-25 mg/l H_2O_2 en 100-250 mJ/cm². HDUV. Bij de groeiremmingstoetsen met LD-UV waren de effectieve doseringen 15-40 mg/l H_2O_2 en 150-250 mJ/cm².
- Geavanceerde oxidatie bewerkstelligt een versnelde afbraak van gewasbeschermingsmiddelen. Het effect is per werkzame stof verschillend. Hogere doseringen leiden veelal tot een grotere afbraak. Enkele middelen reageren nauwelijks.
- De vracht kan aanzienlijk worden verminderd, maar er blijft altijd een resthoeveelheid aan middelen over. Een maximaal effect voor de afbraak van middelen tot beneden de MTR (=maximaal toelaatbaar risico) wordt verkregen met de dosering 25 mg/l H_2O_2 en 500 mJ/cm² UV.
- Het verkregen inzicht in de afbraak van de gewasbeschermingsmiddelen is bruikbaar voor de teeltbedrijven en tevens ondersteunend aan beleidsdiscussies over emissienormen.

Waterstromen meten en vergelijken, bewustwording, dingen uitproberen en kennis verkrijgen zijn kernwoorden voor aanpassingen in het watermanagement op bedrijven en om te komen tot een maximaal hergebruik van drainwater. Geavanceerde oxidatie kan een belangrijke rol spelen in het voorkomen van risico's. Inpassing in de bedrijfsvoering en het vinden van de juiste doseringen vraagt om een periode van meten en ervaring opdoen.

Literatuur

Maas, B. van der, et.al., 2010.

Zuivering recirculatiewater in de rozenteelt. Wageningen UR, Rapport GTB-1010.

Runia, W.T. and Boonstra, S., 2001.

Disinfection of Pythium-infested recirculation water by UV-oxidation technology. Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biol Wet. 2001;66(2a):73-82.

Runia, W.T. and Boonstra, S., 2002.

Efficacy of UV-oxidation technology against tomato mosaic virus in recirculation water. 2nd International conference on the alternative control methods against plant pests and diseases, Lille, March 2002.

Runia, W.T. and Boonstra, S., 2004.

UV-Oxidation Technology for Disinfection of Recirculation Water in Protected Cultivation. ISHS Acta Hort 644: 549-555.

Voogt, W. e.a., 2008.

Evaluatie risico's UV ontsmetting - Verkenning van de nitrietvorming en toxiciteit van nitriet, Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, oktober 2008

Bijlage I Toelichting biotoets (Fytotoxkit)

In het onderzoek is gebruik gemaakt van de Fytotoxkit kiemtoets om groeiremming in recirculatiewater van de rozenteelt aan te tonen.

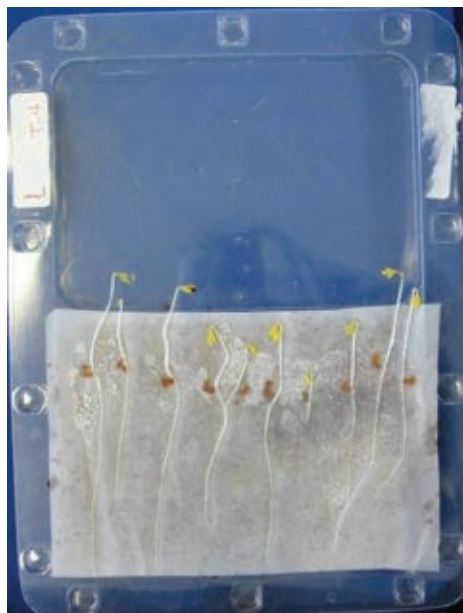
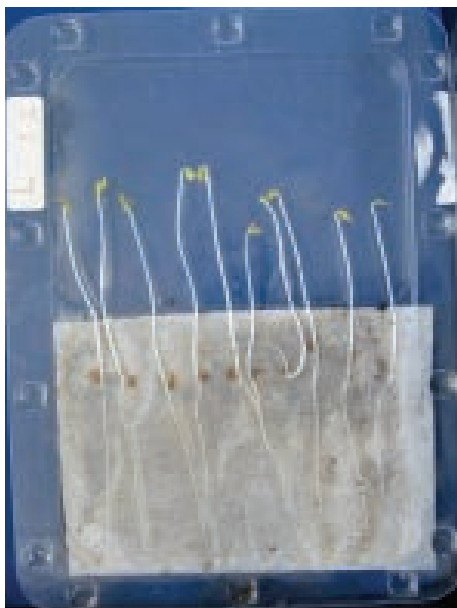
In deze toets worden zaden gekiemd op filtreerpapier in een plastic cassette (zie afbeelding). Het filtreerpapier is geplaatst op een substraat van steenwol die wordt bevochtigd met het te testen water. Er worden 10 zaden gezaaid per oplossing per cassette. De volledige toets wordt uitgevoerd met 3 testplanten; de monocotyl *Sorghum saccharatum* (Sorgho), en de dicotylen *Lepidium sativum* (tuinkers) en *Sinapis alba* (mosterd). Van elk zaad worden 4 herhalingen gezaaid (dus $3 \times 4 = 12$ cassettes per oplossing).

De testcontainers worden rechtop geïncubeerd om normale zaailingen te vormen. Na de incubatieperiode worden kieming en de lengte van scheuten en wortels opgemeten.

De uitkomsten worden vergeleken met de lengte van zaailingen van een bekend niet toxisch referentie voedingsoplossing (standaard komkommervoedingsoplossing met een EC van 1.75 dS.m⁻¹).

Vanwege een mindere relevantie van de resultaten van het sorghumzaad (monocotyle plant) is dit zaad niet meegenomen in de testen tijdens de duurproef roos. Ook de scheutlengte is om praktische reden niet gemeten. De lengte van de wortels is met een korte incubatieperiode een meer onderscheidende meting dan de scheutlengte.

Begin 2010 is een kort onderzoek uitgevoerd om de fytotoxtoets verder te optimaliseren. Gekeken is naar het effect van vochthoeveelheid op de kieming, de afkomst en grootte van de zaden en het effect van de vuldruk van de setjes op de zaadkieming. De methode voor statistische analyse is gewijzigd. Hiermee kan beter worden ingespeeld op het niet kiemen van een aantal zaden.



Fytotoxkit kiemtest.

Bijlage II Overzicht uitgevoerde biotoetsen bij gemonitorde bedrijven.

Datum	Bedrijf	Monster	Resultaat tuinkers	Resultaat mosterd	H ₂ O ₂ ppm	T10	Geloosd?	Stand gewas
19-aug-10	Paprika 2	A	-7	13				
19-aug-10	Paprika 2	B	-17	12				
19-aug-10	Paprika 2	C	-15	-1				
19-aug-10	Paprika 2	D	-17	2				
25-jan-11	Paprika 2	A	-20	-8				
25-jan-11	Paprika 2	B	-20	-16				
15-sep-11	Paprika 2	vuil schoon	-22 8	-5 5			nee	
15-dec-11	Paprika 2	vuil kas A	2	-3				nieuwe aanplant
15-dec-11	Paprika 2	vuil kas B	5	1				nieuwe aanplant
1-feb-12	Paprika 2	vuil kas A	-6	0				
1-feb-12	Paprika 2	vuil kas B	-14	-15				
1-feb-12	Paprika 2	druppel B	-9	-5				
24-mrt-11	Gerbera 1	schoon	-23	-3	4,3	22,5%		
24-mrt-11	Gerbera 1	vuil	-10	-11	2,3	28,7%		
14-okt-11	Gerbera 1	vuil	-15	-7	0	20,6%		
14-okt-11	Gerbera 1	schoon	2	0	9,8	28,3%		
12-jun-12	Gerbera 1	vuil	-7	4				
12-jun-12	Gerbera 1	schoon	10	5				
5-jul-12	Gerbera 1	vuil goot (nieuw)	3	-15				nieuwe planting
5-jul-12	Gerbera 1	vuil	-2	-16				
1-feb-11	Paprika 1		-20	-21				
13-apr-11	Paprika 1	schoon	7	10				
13-apr-11	Paprika 1	vuil	-8	-2				
24-feb-11	Gerbera 2	schoon	6	15				
24-feb-11	Gerbera 2	vuil	-6	13				
24-feb-11	Gerbera 2	vuil+H ₂ O ₂	18	23				
8-jun-11	Gerbera 2							meetdag
13-jan-11	Komkommer	drain	-11	-11				
12-jul-11	Komkommer	schoon	-8	9			nee	goed
12-jul-11	Komkommer	vuil	-8	8				
22-aug-11	Gerbera 3		-17%				ja, te hoge Na-conc	goed
12-jan-12	Gerbera 3	vuil schoon	-18 15	-20 (23)	0 3,8	26% 66%	ja	groeistagnatie
10-mei-12	Gerbera 3	vuil	-15	-13				
26-aug-10	Tomaat		-11	-20				
4-okt-10	Tomaat	H2O2/UV	14	1				
4-okt-10	Tomaat	UV	7	-15				
4-okt-10	Tomaat	vuil	-7	-6				
29-okt-10	Tomaat	H2O2/UV	12	2				
29-okt-10	Tomaat	UV	23	-10				
29-okt-10	Tomaat	vuil	-14	-16				
4-aug-11	Tomaat	vuil schoon	-23% -2%	-8% 8%				

Datum	Bedrijf	Monster	Resultaat tuinkers	Resultaat mosterd	H ₂ O ₂ ppm	T10	Geloosd?	Stand gewas
9-sep-10	Paprika 3		-6	-21				
8-mrt-11	Paprika 3		-56	-48				
22-jul-11	Paprika 3	schoon	20%	1%			Ja, te hoge Na-conc	
22-jul-11	Paprika 3	vuil	-5%	-2%				
4-feb-11	Gerbera 4		-22	-16				
14-okt-11	Gerbera 4	vuil	-17	-4	0,07	36%		
14-okt-11	Gerbera 4	schoon	-23	1	0,54	55%		
14-okt-11	Gerbera 4	voor vialux			1,13	48%		
14-okt-11	Gerbera 4	na vialux			0,44	56%		
14-okt-11	Roos 2	vuil	-12	-11	2,9	21,2%		
14-okt-11	Roos 2	schoon	12	-4	40,8	23,6%		
4-feb-11	Gerbera 5		-11	-9				
15-sep-11	Gerbera 5	vuil schoon	-6 0	3 3	0 0,15	12,4% 27,6%	nee	
6-dec-11	Gerbera 5	voor vialux			7,7	18,6%		
6-dec-11	Gerbera 5	na vialux			0,62	22,1%		
6-dec-11	Gerbera 5	gietwater			0,18	19,8%		
15-dec-11	Gerbera 5	vuil schoon	3 7	6 9			nee	
7-mei-12	Gerbera 5	vuil goot (nieuw)	-10%	-21%	0	2,0%		nieuwe planting, kokos substraat
7-mei-12	Gerbera 5	vuil put	-7%	-11%	0	17,4%		
7-mei-12	Gerbera 5	schoon	-8%	0%	6.2	24,9%		

Bijlage III Invulformulier bedrijfsgegevens en waterstromen

Benodigde parameters voor modelberekening (WATERSTROMEN)						
INVULLEN VOOR KAS(COMPARTIMENT) WAAR GEAVANCEERDE OXIDATIE ZAL WORDEN GEINSTALLEERD						
gewas				<i>voorbeeld</i>		specificatie/opmerking
belichting			lux	<i>15000</i>		
stoken				<i>zwaar/licht/normaal/koud</i>		
	wkk					
bassinggrootte			m3/ha	<i>500</i>		
	per bassin/silo					
kasoppervlakte			ha	<i>1</i>		
startniveau bassin			m3	<i>vol</i>		
				<i>leeg</i>		
Na-cijfer regenwater			mmol/l	<i>0.1</i>		
systeeminhoud 10 l/m2			m3	<i>100</i>		
Na-cijfer in aanvullend water:						
	leidingwater		mmol/l	<i>1.8</i>		
	slootwater		mmol/l			
	osmosewater		mmol/l	<i>0.1</i>		
	bronwater		mmol/l			
gebruik condenswater?	JA/NEE					
lekkage tov netto waterverbruik			fractie	<i>1.50%</i>		
drain fractie			%	<i>25</i>		
Startverbruik voor vullen			m3/ha	<i>150</i>		
Filterspoelwater			m3/ha	<i>1.63</i>		
	per filter					
filterspoeling bij x			m3/ha		<i>van gift</i>	
osmosewater	capaciteit		m3/hr			
Schatting waterverbruik op basis van computerregistratie					2010	2011
jaartal						
Gewasopname			m3/ha			
watergift			m3/ha			
drain			m3/ha			
condens water			m3/ha			
spui			m3/ha			
filterspoelwater			m3/ha			
lekkage			m3/ha	of % van watergift		
bassin water			m3/ha			
osmose water			m3/ha			
leidingwater			m3/ha			
EC gift			mS/cm			
EC drain			mS/cm			
Balans: regenwater + condenswater + leidingwater + osmosewater = waterverbruik gewas + spui + filterspoelwater + lekkage						

Bijlage IV Invulformulier waterstromen bedrijf

Benodigde parameters voor modelberekening (WATERSTROMEN)					
INVULLEN VOOR KAS(COMPARTIMENT) WAAR GEAVANCEERDE OXIDATIE ZAL WORDEN GEINSTALLEERD					
gewas			Voor-beeld		specificatie/opmerking
belichting		lux	15000		
stoken		zwaar/licht/normaal/koud			
	wkk				
bassinggrootte		m3/ha	500		
	per bassin/silo				
kasoppervlakte		ha	1		
startniveau bassin		%	Vol 100%		
			Leeg 10%		
Na-cijfer regenwater		mmol/l	0.1		
systeeminhoud 10 l /m2		m3	100		
Na-cijfer in aanvullend water:					
	leiding	mmol/l	1.8		
	sloot	mmol/l			
	osmose	mmol/l	0.1		
	bronwater	mmol/l			
gebruik condenswater?		Ja/nee			
lekkage tov netto waterverbruik		fractie	1.50%		
drain fractie		%	25		
Startverbruik voor vullen		m3/ha	150		
Filterspoelwater	Per filter	m3/keer	1.63		
osmosewater	capaciteit	m3/hr			

Schatting waterverbruik op basis van computerregistratie					2010	2011
Gewasopname		m3/ha				
watergift		m3/ha				
drain		m3/ha				
condens water		m3/ha				
spui		m3/ha				
filterspoelwater		m3/ha				
lekkage		m3/ha	of % van watergift			
bassin water		m3/ha				
osmose water		m3/ha				
leidingwater		m3/ha				
EC gift		mS/cm				
EC drain		mS/cm				
Balans: regenwater + condens + leidingwater + osmosewater = waterverbruik gewas + spui + filterspoelwater + lekkage						

Bijlage V Resultaten biotoets meetdag LD-UV, 8 juni 2011; statistische analyse

De behandelingen met een gelijke letter zijn onderling statistisch niet verschillend.

Gerangschikt naar resultaat.

Resultaten biotoets LD-UV			8-jun-11					
Behandeling			Tuinkers					
H2O2 (mg/l)	UV (mJ cm ²)	lengte wortel (mm)						
0	250	18	a					
15	0	29		b				
0	150	29		b				
0	0	30		b				
40	0	33		b	c			
15	150	40			c	d		
25	150	40			c	d		
25	0	41			c	d		
15	250	41				d		
std kk		47				d		
40	150	56					e	
Behandeling			Mosterd					
H2O2 (mg/l)	UV (mJ cm ²)	lengte wortel (mm)						
0	250	29	a					
0	0	38		b				
15	0	41		b	c			
40	0	42		b	c			
0	150	42		b	c			
15	150	48			c	d		
25	0	49			c	d	e	
15	250	55				d	e	
std kk		57					e	f
25	150	64						f
40	150	64						f

Gerangschikt naar behandelingsreeks.

Behandeling		Tuinkers		Mosterd	
H ₂ O ₂ (mg/l)	UV (mJ/ cm ²)	lengte wortel (mm)		lengte wortel	
(mm)					
0	0	30	b	38	b
15	0	29	b	41	bc
25	0	41	cd	49	cde
40	0	33	bc	42	bc
0	150	29	b	42	bc
15	150	40	cd	48	cd
25	150	40	cd	64	f
40	150	56	e	64	f
0	250	18	a	29	a
15	250	41	d	55	de
Std k.k.		47	d	57	ef

Bijlage VI Resultaten biotoets drainwater behandeld met verhitter; statistische analyse

Tabel. De gemiddelde wortellengte (in mm).

O=onbehandeld, B=behandeld (met verhitter)

Behandeling	tuinkers		mosterd	
Std K 2.0	56	b	63	a
Roos O	43	a	64	a
Roos B	46	a	60	a
Gerbera 1 O	45	a	59	a
Gerbera 1 B	50	ab	62	a
Std K 1.4	45	a	64	a
Gerbera 2 O	48	a	67	a
Gerbera 2 B	49	ab	67	a

Data (tussen de behandelingen) gevolgd met dezelfde letter verschillen niet significant (LSD 5%).

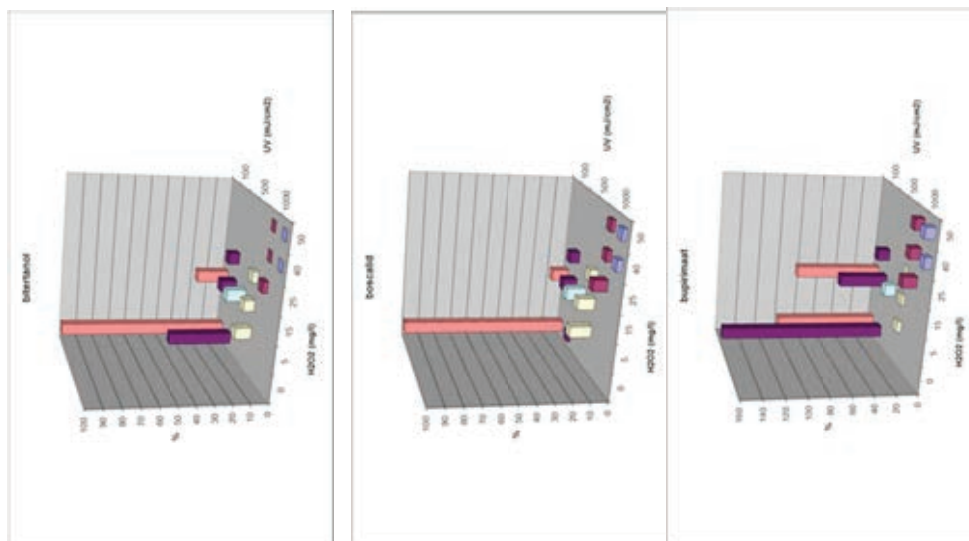
Aanvulling in kleuren: hoogte t.o.v. MTR waarde voor die specifieke stof. Groen: <1x MTR; geel: 1-2x MTR; oranje 2-5x MTR; rood > 5x MTR waarde.

51

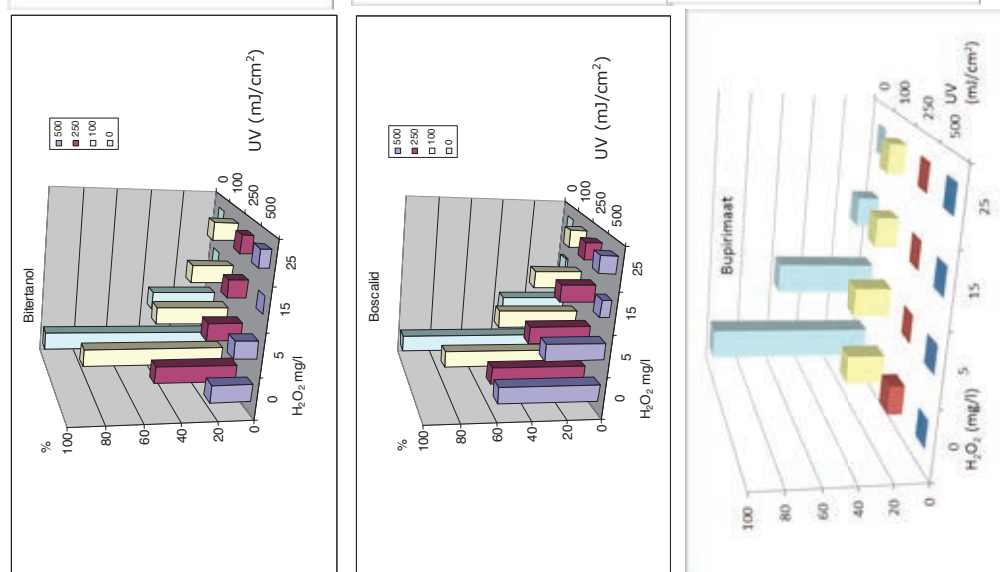
Bijlage VIII Effect van wisselende H_2O_2 en UV dosering t.o.v. onbehandeld drainwater op 3 meetdagen

Per middel is de relatieve afname in % t.o.v. onbehandeld drainwater weergegeven. Niet alle middelen zijn weergegeven, alleen die stoffen die op alle drie de meetdagen zijn aangetroffen.

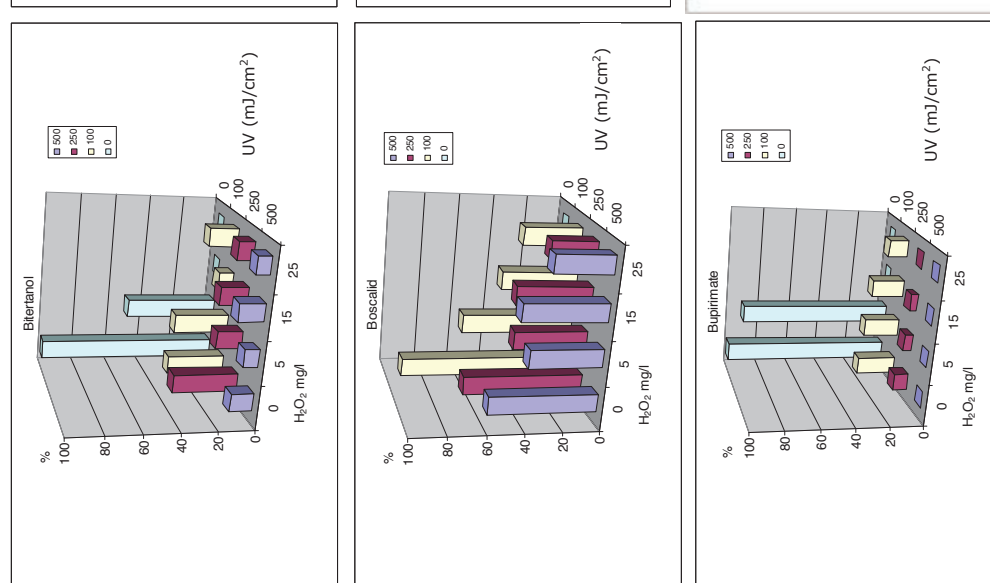
30 juni 2010

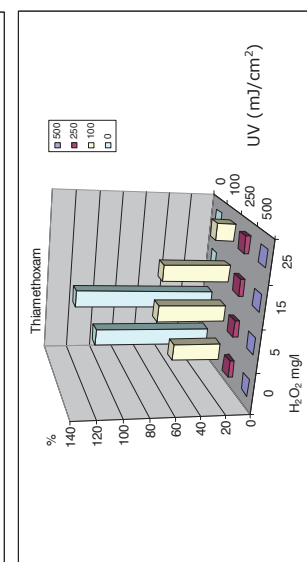
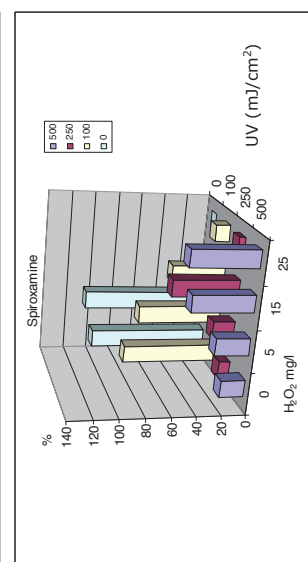
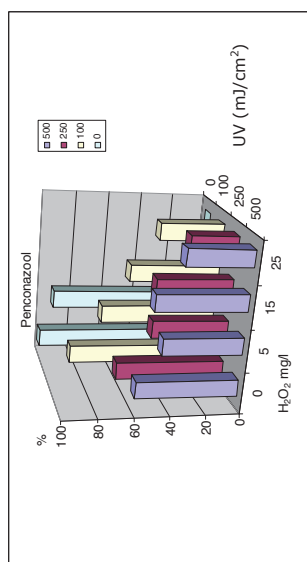
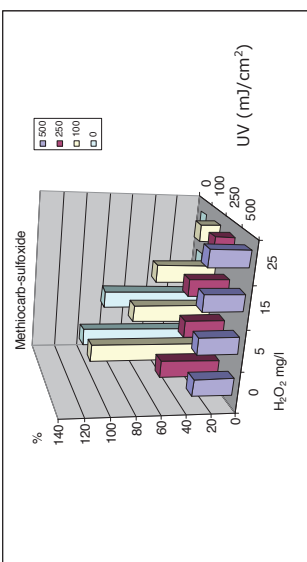
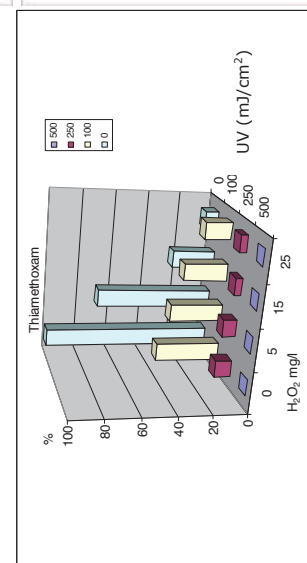
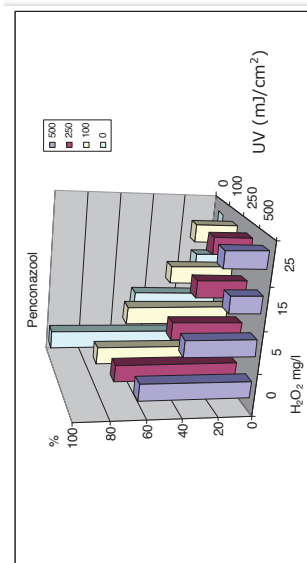
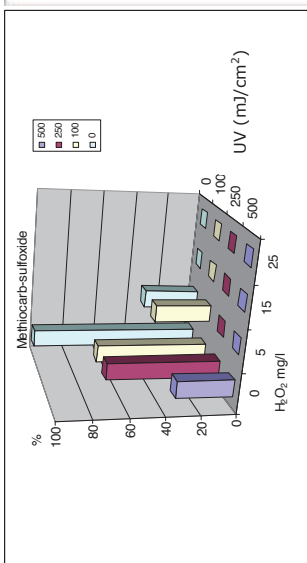
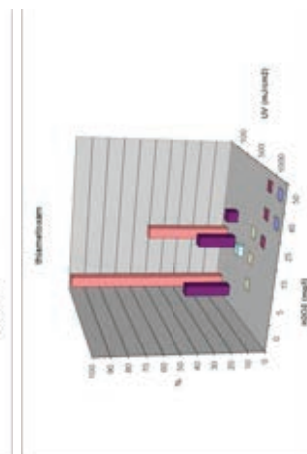
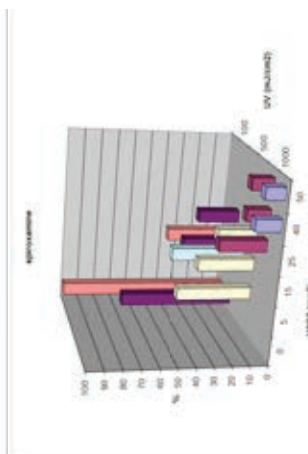
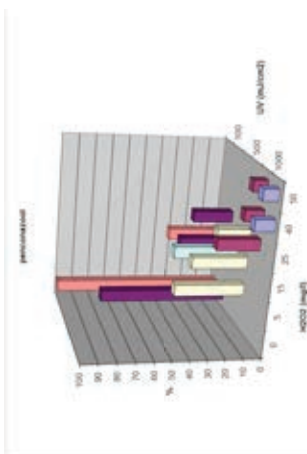
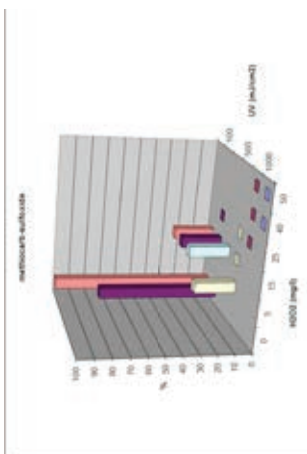


17 mei 2010



7 april 2010





Bijlage IX Statistische analyse afbraak gewasbeschermingsmiddelen

De afbraak van middelen door de behandeling met wisselende doseringen H₂O₂ en UV op drie data (7 april, 17 mei en 30 juni) is statistisch geanalyseerd door Jaques Withagen.

Drie modellen zijn getoetst:

Estimate a	$y = a + b * r_1^{x_1} * r_2^{x_2}$
Estimate log(a) (=ln(a))	$y = e^{la} + b * r_1^{x_1} * r_2^{x_2}$ Met la=ln(a)
Fixed a = 0	$y = b * r_1^{x_1} * r_2^{x_2}$

waarbij x1 de dosering H₂O₂ (in mg/l) weergeeft en x2 de dosering UV (in mJ/cm²); a direct geschat, a via log(a) geschat en a vastgezet op 0; b is de beginconcentratie.

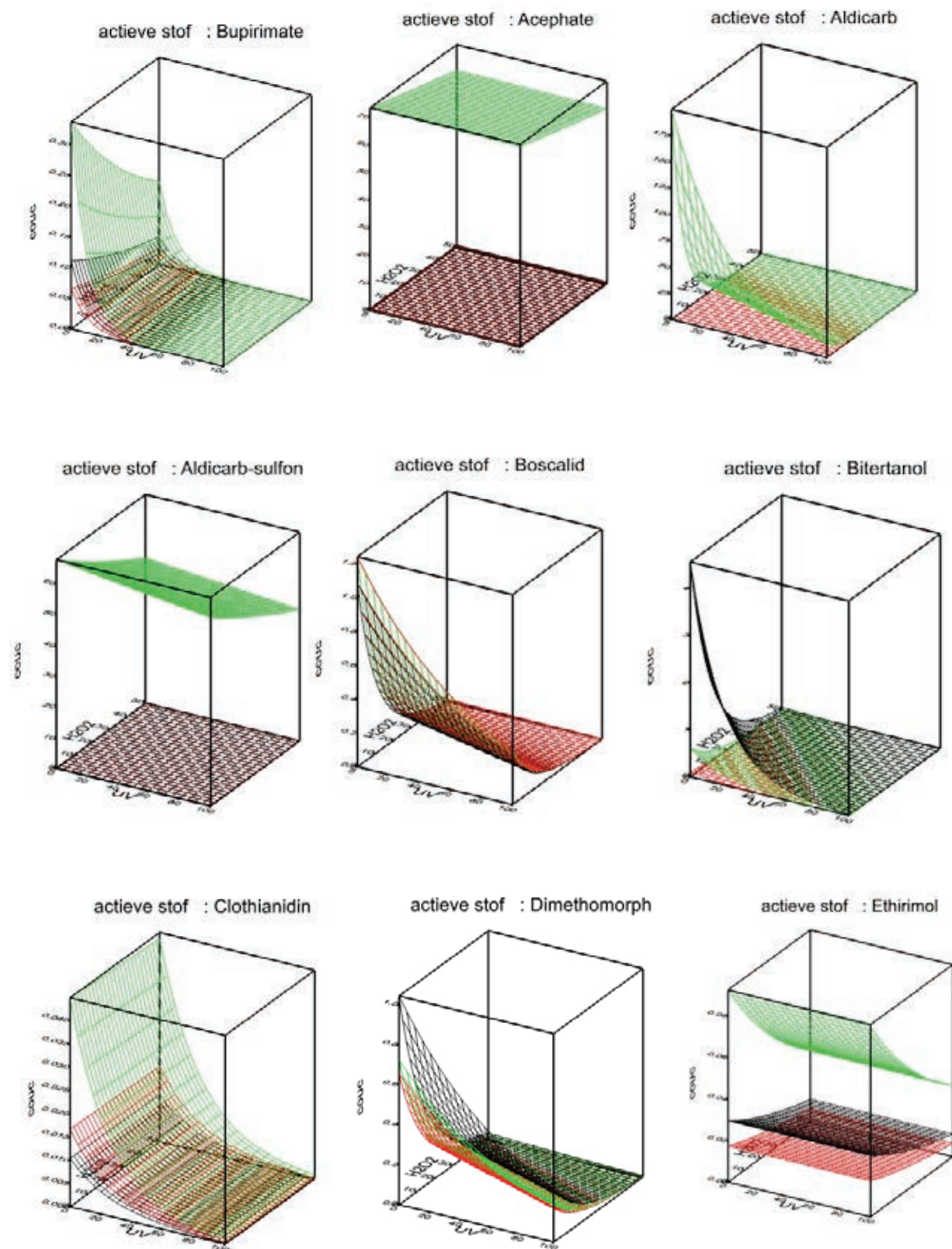
Het percentage verklaarde variantie na doorrekening met de drie modellen is hieronder weergegeven:

	R ² _{adjusted} *100 (= % verklaard)		
	Estimate a	Estimate log(a)	Fixed a = 0
Abamectine	81.1 *	0 *	83.2
Acephate	98.0 *	98.0 *	98.1 *
Aldicarb	98.5 *	0 *	98.5
Aldicarb-sulfone	99.8 *	99.8 *	99.8
Bitertanol	89.4 *	90.3	89.7
Boscalid	85.1	85.3 *	83.4
Bupirimate	91.3	91.9	91.5
Carbendazim	0 *	0 *	77.3
Clothianidin	61.4	61.2	62.4
Cyprodinil	0 *	0 *	62.1
Dimethomorph	76.6	76.6	76.6
Dodemorph	0 *	0 *	4.7 *
Ethirimol	21.9 *	0 *	30.5 *
Fenamidone	73.3	74.6	74.3
Fipronil	76.2	0.0 *	77.0
Fludioxonil	87.2	88.9	87.7
Furalaxyl	91.1	95.7 *	91.6
Imidacloprid	88.3	88.3	88.7
Kresoxim-methyl	52.6 *	0 *	55.4 *
Lufenuron	76.0	76.0	75.8
Mepanipyrim	76.5	77.7	77.2
Methiocarb-sulfoxide	87.0	87.0	87.1
Penconazool	85.8	85.8	83.6
Spiroxamine	0.0 *	94.0	86.1
Thiamethoxam	82.7 *	0.0 *	83.3

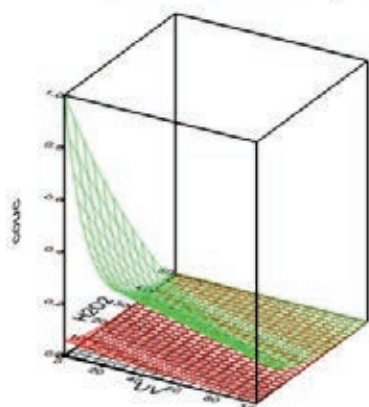
* = warnings (parameter out of bound)

0 * = fitpoging helemaal mislukt

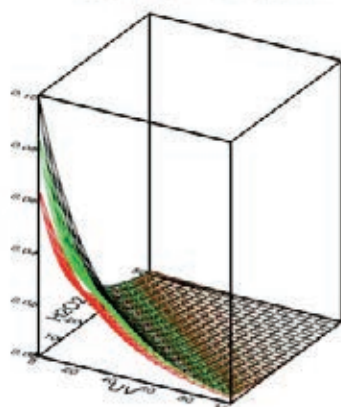
Het derde model ($a=0$) geeft de beste verklaarde variantie. In onderstaande figuren is per stof de afbraak weergegeven. Kleuren in de grafieken: zwart = meetdag 7 april; rood = meetdag 17 mei; groen = meetdag 30 juni.



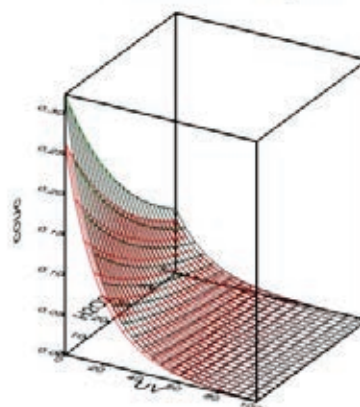
active stof : Furalaxyl



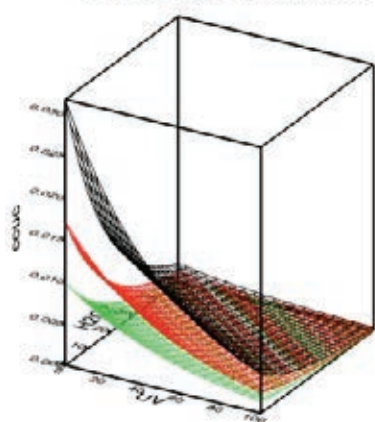
active stof : Fludioxonil



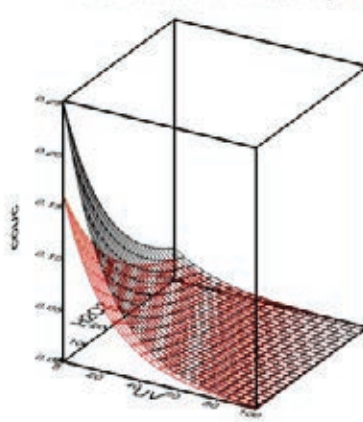
active stof : Fipronil



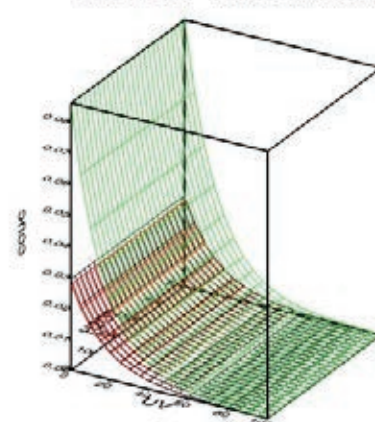
active stof : Fenamidone



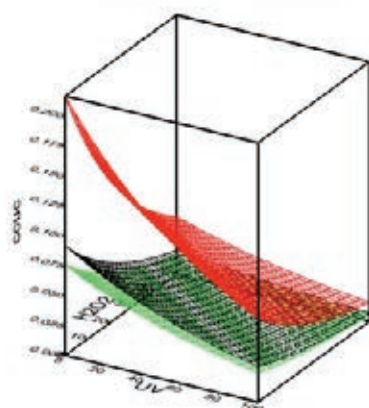
active stof : Imidacloprid



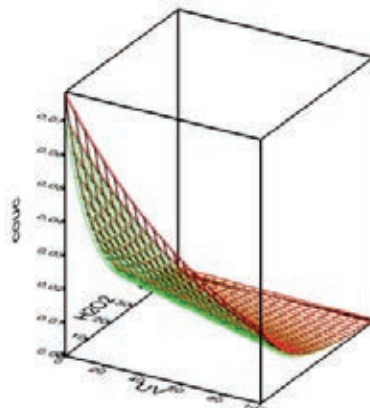
active stof : Kresoxim-methy



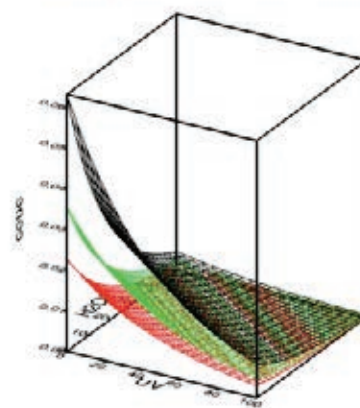
active stof : Lufenuron



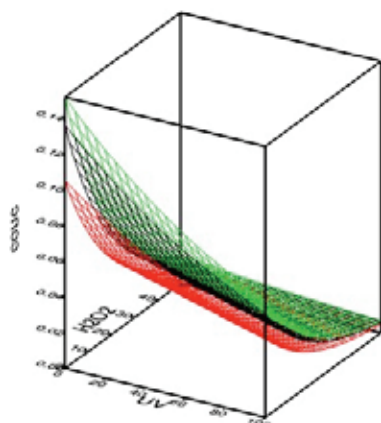
active stof : Mepanipyrim



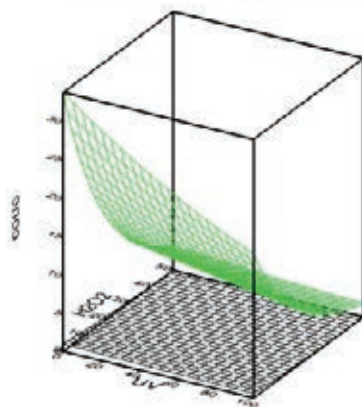
active stof : Methiocarb-sulfoxide



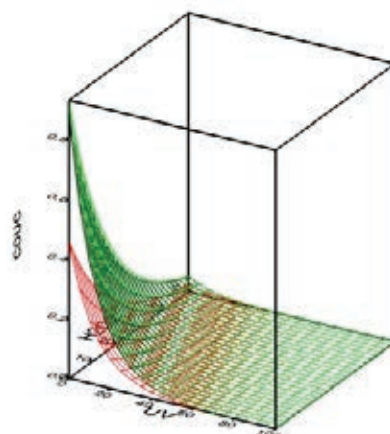
actieve stof : Penconazool



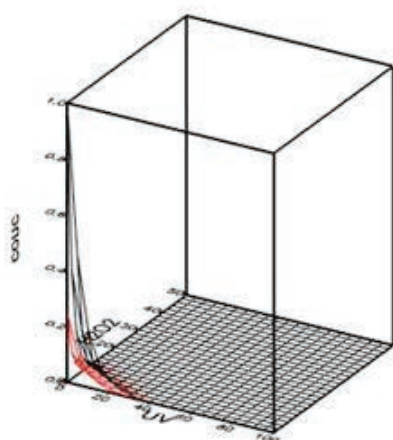
actieve stof : Spiroxamine



actieve stof : Thiamethoxam



actieve stof : Abamectine



Bijlage X Monstername regenwaterbassin

In het regenwaterbassin zijn onderstaande stoffen aangetroffen na monstername op 30 juni. Regenwater 1 en 2 zijn herhalingen van monstername op een andere plaats in het bassin.

	MTR	rapportage grens		
actieve stof	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	regen water 1	regen water 2
Abamectine	0.1			
Acephate	0.01	0.500	76	72
Aldicarb	0.1	0.010	0.32	0.26
Aldicarb-sulfone	0.25	0.300	0.24	0.16
aldicarb-sulfoxide		0.010	0.79	0.59
Azoxystrobin	0.056	0.005		
Bitertanol	0.31	0.010		
Boscalid	0.55	0.005	0.017	0.013
Bupirimate	30	0.005	0.19	0.25
Carbendazim	0.5	0.005	0.007	0.01
Clothianidin	14	0.005		
Cyprodinil	0.1	0.005	0.65	0.66
Dimethomorph	10	0.005	0.019	
Dodemorph	33	0.005		
Ethirimol	8.83	0.010	0.44	0.42
Fenamidone	1.25	0.005		
fenhexanid	2.000	0.010	0.06	1
Fenoxycarb	0.0014	0.005	0.008	0.14
Fipronil	0.000	0.020		
flonicamid		0.01		
Fludioxonil	0.980	0.010	0.04	0.1
Furalaxyl	87.000	0.010		
Imidacloprid	0.013	0.007	0.06	0.02
Kresoxim-methyl	0.015	0.005	0.21	0.25
Lufenuron	0.000	0.010		
Mepanipyrim	1.45	0.005		
methamidophos	0.016	0.500	5.9	5.7
Metolachloor (S-)	0.200	0.005	0.09	0.06
Methiocarb	0.016	0.005		
Methiocarb-sulfoxide	0.1	0.010		
methoxufenozide		0.005		
Penconazool	1.700	0.005	2.8	2.7
Pencycuron		0.001	0.005	0.004
piperonyl butoxide		0.005		
pirimicarb	0.090	0.005	0.008	0.19
Spiroxamine	0.002	0.010	15	13
Tebuconazool	1	0.005	0.008	0.19
tetrahydroftalimide		0.020		0.12
Thiamethoxam	1	0.010		
boven MTR				

Bijlage XI Weergave van de stoffen in onbehandeld drainwater met een waarde van meer dan 1x MTR

[illegible]

