Duurzaam Water in de Glastuinbouw

WP1
Alternatieve waterbronnen in en om de kas

Bram van der Maas, Aat van Winkel, Chris Blok en Ellen Beerling

Rapport GTB-1356

WAGENINGEN UR
For quality of life

Referaat
Goed gietwater is in de Nederlandse glastuinbouw essentieel voor een optimale gewasgroei en het terugdringen van de emissie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. De belangrijkste waterbron is regenwater, maar aanvullende bronnen zijn noodzakelijk om de watervoorziening zeker te stellen. Dit onderzoek heeft de perspectieven van (nieuwe) alternatieve waterbronnen op het teeltbedrijf verkend. Specifiek is gekeken naar het gebruik van wkk-condenswater dat wordt opgevangen bij een warmte kracht installatie (wkk) met een rookgascondensor. Opgeloste zware metalen vormen mogelijk een probleem.
Efficiënt gebruik van de beschikbare waterbronnen is de eerste stap in de watervoorziening. Dit is te bereiken door een goede dimensionering van het watersysteem met een goed gebruik en beheer. Een adequate water- en bemestingsstrategie moet de voedingsoplossing in balans houden en lozing voorkomen. Praktijkmetingen zijn uitgevoerd aan wkk-condenswater en laboratorium experimenten zijn uitgevoerd met verschillende typen staal en gecoat staal. De lage lozingsnormen voor zware metalen zijn in de praktijk moeilijk te halen. De gemeten concentraties zware metalen leidden niet tot gewasschade. Metaalcoating vermindert de verontreiniging van het water met zware metalen. De verkregen kennis is ontoereikend voor een concreet technisch advies. Geadviseerd wordt aan de sector en de waterschappen om het knelpunt van de lozing van zware metalen te agenderen voor overleg.

Abstract
Good irrigation water is in Dutch horticulture essential for optimal crop growth and the reduction of the emission of fertilizers and pesticides. The most important source of water is rain water, but additional water sources are necessary in order to ensure the water supply. This study examined the prospects of (new) alternative water sources at the company level. There is specifically looked at the odds of CHP condensate collected in a combined heat and power (CHP) with a flue gas condenser. Dissolved heavy metals may pose a problem.
Efficient use of available water resources is an important first step in the water supply. This can be achieved by a well-dimensioned water system and proper management. An adequate strategy to keep the nutrient solution in balance prevents discharge of water. On company measurements were performed on CHP-condensing water and laboratory experiments have been conducted with different types of steel and coated steel. The low discharge standards can hardly be met in practice. The measured concentrations of heavy metals did not lead to crop damage. Metal coating reduces the water pollution by heavy metals. The knowledge acquired is insufficient for concrete technical advices. Recommendation to the sector and the water boards to schedule the problem of the discharge of heavy metals for discussion.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1356
Projectnummer: 3242166213

Disclaimer

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	**5**
1	**Inleiding**	**7**
2	**Aanpak**	**9**
	2.1 Inventarisatie en beoordeling waterbronnen	9
	2.2 Zware metalen in WKK water – type RVS	9
	2.3 Zware metalen in WKK water – epoxy coating	9
	2.4 Oproep voor zuiveringstechniek waterbronnen	10
3	**Resultaten**	**11**
	3.1 Inventarisatie en beoordeling waterbronnen	11
	3.2 Zware metalen in WKK condenswater	12
	3.3 Zware metalen in WKK-water – epoxy coating	18
4	**Discussie, conclusies en aanbevelingen**	**21**
	Literatuur	**23**
	Bijlage I. Meetplan condenswater	**25**
	Bijlage II. Voorbeeld werking wkk met rookgasreiniger, -koeling en -condensor	**27**
	Bijlage III. Achtergrondinformatie wkk en condensor	**29**
	Bijlage IV. Werking koude-unit voor ontvochtiging kaslucht	**31**
	Bijlage V. Analysecijfers water (voedingsanalyse en zware metalen)	**33**
	Bijlage VI. Gewichtsmetingen metalen plaatjes en gewicht opgeloste ionen	**35**

Samenvatting

Goed gietwater is essentieel voor een goede gewasgroei en het terugdringen van de emissie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. De belangrijkste waterbron in de Nederlandse glastuinbouw is regenwater. Daarnaast zijn alternatieve bronnen noodzakelijk om de watervoorziening zeker te stellen. Dit onderzoek heeft zich gericht op de bruikbaarheid van (nieuwe) aanvullende waterbronnen op het teeltbedrijf. Daarbij lag de concrete vraag naar de mogelijkheden van wkk-condenswater dat wordt opgevangen bij warmte kracht installatie (wkk) met een geïnstalleerde rookgascondensor. Verbrandingsgassen van aardgas zorgen voor zuurvorming in het rookgassysteem, dat vervolgens leidt tot het vrijkomen van zware metalen die het condenswater verontreinigen. Het onderzoek aan de wkk-opgave moest duidelijk maken of een ander type roestvrij staal, RVS 316 i.p.v. RVS 304 of gecoat RVS zuurbestendiger is en de concentraties zware metalen zodanig kan verminderen dat het condenswater zonder bezwaar geloosd kan worden, of liever nog, het geschikt is voor hergebruik in de tuinbouw.

Efficiënt gebruik van de beschikbare waterbronnen is een eerste belangrijke stap. Dit is te bereiken door: een goede dimensionering van het watersysteem inclusief de verschillende waterbuffers; een goed watermanagement, inclusief het meten van de verschillende waterstromen en het gebruiken van beschikbare kennis over watergeven en bemesting en waterzuivering; hergebruik van condenswater; hergebruik van filterspoelwater met op het bedrijf gerichte maatregelen.

Op vier bedrijven met een belichte tomatenteelt zijn metingen uitgevoerd naar zware metalen in het wkk-condenswater, de regenwaterbuffer (bassin of silo) en in het drainwater. De bedrijven hergebruikten het condenswater al meerdere jaren zonder problemen. Op een vijfde bedrijf zijn watermetingen op verschillende punten in de warmte kracht installatie uitgevoerd. De resultaten zijn vergeleken met de grenswaarden voor zware metalen voor vruchtgroentegewassen en de lozingsnormen van een waterschap. In het wkk-condenswater worden de schadegrenzen voor chroom en aluminium van resp. 0.25 en 0.025 mg/l soms overschreden. De schadegrens voor nikkel (3.0 mg/l) wordt bij geen enkele meting overschreden. De chroom concentratie in de waterbuffer en het drainwater overschrijdt de schadegrens niet. De aluminiumconcentratie blijft op één bedrijf boven de gewasnorm. De concentraties nikkel en chroom in het wkk-condenswater liggen op 5 van de 6 bedrijven boven de lozingsnorm voor oppervlaktewater van resp. 0.0036 en 0.0063 mg/l). De nikkel concentratie in het drainwater blijft boven de lozingsnorm.

Met een laboratoriumopstelling is het effect van epoxy-coating aangebracht op RVS-plaatjes op het vrijkomen van zware metalen in zure omgeving nagegaan. Aanvullend zijn RVS 304 en RVS 316 afzonderlijk getest. De concentratiemetingen tussen RVS 304 en RVS 316 vertoonden weinig verschil. In de oplossingen van de gecoate plaatjes is geen chroom en nikkel gemeten. Binnen de kaders van de proefopstelling heeft de epoxy-coating goed gefunctioneerd.

De beste manier om de lozingsnorm voor zware metalen te ontwijken is om als bedrijf een aansluiting te hebben op het riool voor het afvalwater. De capaciteit van de riolering moet wel voldoende zijn. De meetresultaten met de gecoate plaatjes leiden tot de aanbeveling voor een verdere verkenning van de mogelijkheden van een coating op de rookgascondensor en de bijbehorende leidingen. Overleg tussen de glastuinbouwsector en de waterschappen wordt aanbevolen om verder na te denken over oplossingen voor het knelpunt van lozingen van zware metalen.

1 Inleiding

De belangrijkste waterbron in de Nederlandse glastuinbouw is regenwater. Naast het hemelwater moeten meestal ook één of meer alternatieve bronnen beschikbaar zijn om de watervoorziening zeker te stellen. Naar aanleiding van de Kaderrichtlijn Water zijn bindende afspraken met de glastuinbouwsector gemaakt om de emissie van nutriënten (N en P) en gewasbeschermingsmiddelen (gbm) te reduceren naar nagenoeg nul in 2027. De watervoorziening zal ook bestand moeten zijn tegen de effecten van klimaatverandering die terug te vinden zijn in overmaat, droogte en verzilting. Een belangrijke stap in de terugdringing van de emissie is het zorgen voor voldoende water van goede kwaliteit zodat dit water langdurig kan worden hergebruikt.

Dit onderzoek richt zich op de bruikbaarheid van (nieuwe) aanvullende waterbronnen. Daarbij ligt er een concrete vraag naar de mogelijkheden van condenswater dat vrijkomt uit een Warmte Kracht Koppeling (wkk) met rookgascondensor. Bij de verbranding van aardgas in de wkk komen CO_2, NO_x en SO_3 vrij die in het condenswater zuren vormen. Deze zuren kunnen het staal aantasten in het rookgassysteem waardoor er zware metalen (nikkel, chroom) vrijkomen. Dit probleem komt met name voor na stilstand omdat de zuren dan tijd hebben gehad in te werken op het staal.
Bedrijven zijn terughouden om wkk condenswater te gebruik. Bij lozing van het water kunnen waterkwaliteitsproblemen optreden.
LTO is in samenwerking met waterschappen en leveranciers al enige tijd bezig dit probleem aan te pakken. Dit heeft geresulteerd in een ontwerprichtlijn voor wkk's waarmee stilstaand water in de installatie voorkomen wordt. Dit heeft een verbetering van de waterkwaliteit opgeleverd, maar is nog niet afdoende gebleken. Er liggen momenteel 3 aanvullende oplossingsrichtingen die nader onderzoek vragen:

1. In plaats van een rookgassysteem met staal van RVS 304 kan RVS 316 worden gebruikt dat meer zuurbestendig is;
2. Het staal van het rookgassysteem kan behandeld worden met epoxy-coating. De verwachting is dat het zuur niet in contact met het staal komt en er geen zware metalen vrijkomen;
3. Er kunnen zuiveringstechnieken ingezet worden voor het verwijderen van de zware metalen.

Doel
Doel van het onderzoek is om te beoordelen of er bruikbare of bruikbaar te maken aanvullende waterbronnen zijn die kunnen dienen als gietwater bovenop de in de praktijk gangbare alternatieven. Gekeken wordt naar de waterstromen op het bedrijf. Het onderzoek aan de WKK moet duidelijk maken of een ander type RVS of gecoat RVS zuurbestendiger is en de concentraties zware metalen zodanig kan verminderen dat het condenswater zonder bezwaar geloosd kan worden, of liever nog, het geschikt is voor hergebruik in de tuinbouw.

2 Aanpak

2.1 Inventarisatie en beoordeling waterbronnen

Er is veel kennis beschikbaar over de aanwezige waterbronnen in en om de kas. Samenvattend is hiervan een overzicht gemaakt, inclusief de omvang en kwaliteit van de waterbronnen. De samenstelling van het water wordt getoetst aan de eisen die aan goed gietwater worden gesteld en de eisen aan oppervlaktewater kwaliteit bij lozen. Aan de hand hiervan wordt per waterbron vastgesteld onder welke condities c.q. na welke zuivering hergebruik mogelijk is.

2.2 Zware metalen in WKK water – type RVS

Praktijkmetingen
Op vier praktijkbedrijven met een tomatenteelt met belichting zijn metingen uitgevoerd naar zware metalen in het wkk-condenswater, het bassinwater of silo en in het drainwater. De bedrijven hergebruikten het condenswater al meerdere jaren, volgens eigen ervaringen zonder problemen.

De gelegenheid deed zich voor om op een teeltbedrijf een vergelijkende meting uit te voeren in condenswater uit een bestaande WKK met een rookgassysteem van RVS 304 en een nieuw geplaatste WKK met een rookgassysteem van RVS 316. Een te volgen meetplan was eerder opgesteld (zie bijlage I). Bij uitvoering bleek het echter niet mogelijk om de monsters te nemen op dezelfde plaatsen, zodat geen opjective vergelijking mogelijk was. Uitgebreide monsters zijn genomen door medewerkers van het betrokken waterschap van de RVS 316-installatie. De monsters zijn door het waterschap geanalyseerd op zware metalen.

Beoordelen meetgegevens
Voor een goede beoordeling van de praktijkmetingen zijn de resultaten vergeleken met de aanwezige kennis uit labmetingen over grensconcentraties van zware metalen voor het gewas (Van Marrewijk, 2013). Bij Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard zijn het beleid t.a.v. zware metalen en de lozingsnormen opgevraagd om de resultaten van de praktijkmetingen te kunnen beoordelen.

Bijlage II geeft een schematisch overzicht van de werking van een wkk met rookgasreiniger en rookgascondensor. In bijlage III is aanvullende informatie opgenomen over de wkk, condensor en uit te voeren berekeningen.

2.3 Zware metalen in WKK water – epoxy coating

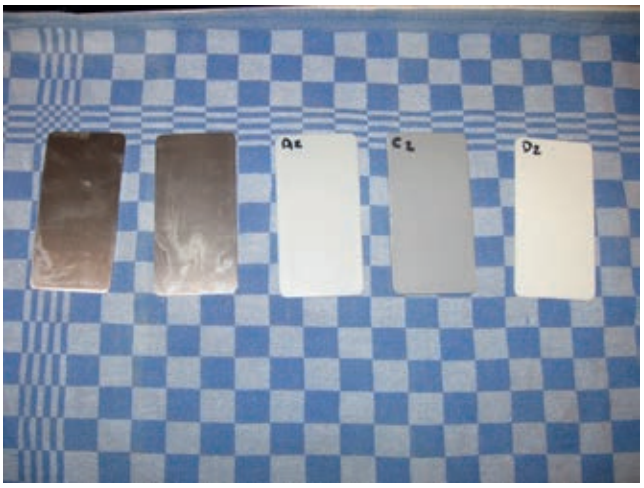
Met een laboratoriumopstelling is het effect van epoxy-coating aangebracht op RVS-plaatjes op het vrijkomen van zware metalen in zure omgeving nagegaan. De testen zijn uitgevoerd onafhankelijk van de discussie over een praktische haalbaarheid van het aanbrengen van de coating op de installaties.

In het laboratorium is een eenvoudige proefopstelling gemaakt waarin metalen plaatjes met en zonder epoxihars in contact gebracht zijn met zuur gedurende een bepaalde periode. Uit de opstellingen zijn monsters genomen die zijn geanalyseerd op nutriënten en op zware metalen.

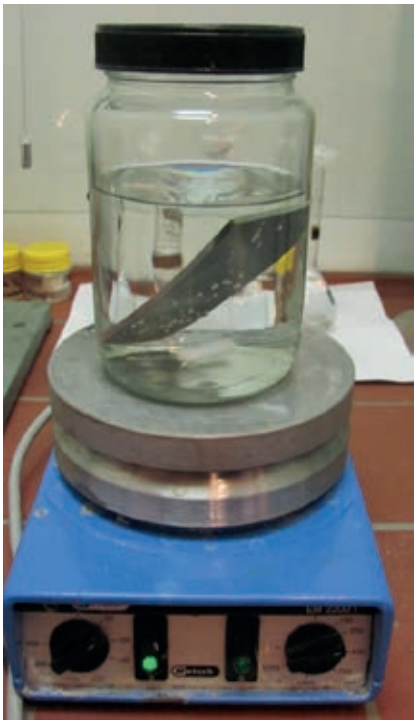
De RVS-plaatjes (RVS 304 en RVS 316) zijn verkregen van een leverancier/installateur van rookgascondensors. De plaatjes zijn gesneden met een lasersnijder met stikstof als beschermgas. Bij de eerste proef was de tijdsduur tussen snijden en inzetten ca. 1 maand. Enkele dagen voor de start zijn de plaatjes doormidden gesneden met een mechanische snijmachine. Bij de tweede en derde proef was de tijdsduur tussen snijden en start respectievelijk 2,5 en 3 maanden. De plaatjes (RVS 304) zijn behandeld door een verffabrikant van high tech coatings. Drie typen coatings zijn getest.

Protocol

- Plaatjes, zoals aangeleverd, worden gewogen op een analytische balans.
- Vervolgen in een vat met 400 ml oplossing met H_2SO_4 8 mmol/l, pH 2.5 geplaatst zodanig dat de plaat volledig is ondergedompeld (Figuur 2).
- Dit alles wordt geplaatst in een waterbad met T=60°C (Figuur 3).
- Plaatjes worden dagelijks uit het vat gehaald, gespoeld met demiwater, afgenomen met papier en gedroogd aan de lucht en gewogen met een analytische balans.
- Aan het eind van de proef (7 – 14 dagen) wordt een monster van de oplossing opgestuurd voor analyse op voedingselementen en zware metalen naar een analyselaboratorium.
- Verschil in gewicht wordt geregistreerd en vergeleken met de analyseresultaten van de elementen.



Figuur 1 *Gebruikte plaatjes (RVS 304, RVS 316 en drie plaatjes behandeld met verschillende typen epoxy coating.*



Figuur 2 *Pot met aangezuurd demi-water pH 2.5 en RVS-plaatje.*

Figuur 3 *Proefopstelling. Metalen plaatjes in glazen pot in waterbad van 60 °C.*

2.4 Oproep voor zuiveringstechniek waterbronnen

Werkpakket 2, het evalueren van zuiveringstechnieken, heeft mede door de inhoud van de 2e nota Duurzame Gewasbescherming en de daarbij ontstane discussies zijn eigen dynamiek gekregen en is losgekoppeld van werkpakket 1. Het is mogelijk dat de resultaten uit wp1 leiden tot vragen richting wp2.

3 Resultaten

3.1 Inventarisatie en beoordeling waterbronnen

Voor de beschrijving van de waterbronnen is gebruik gemaakt van praktijkgegevens uit verschillende eerder uitgevoerde onderzoeken en enquêtes, gericht op de watervoorziening in de glastuinbouw en het terugdringen van de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (o.a. Van der Maas *et al.* 2012; Raaphorst, 2013).

In tabel 1 is globaal aangegeven hoeveel water jaarlijks aan een gewas wordt gegeven en hoeveel water door de gewassen wordt opgenomen en verdampt. Er wordt altijd een overmaat voedingswater gegeven. Het drainwater wordt ontsmet of gezuiverd en hergebruikt.

Tabel 1
Overzicht van de jaarlijkse hoeveelheid water die aan een gewas wordt gegeven en wordt verbruikt.

Waterverbruik m^3/ha	gift	opname	% drain
roos	20.000	10.000	50-55%
gerbera	18.000 – 19.000	9.000 – 10.000	50-60 %
vruchtgroente	10.000 – 11.000	7.000 – 8.000	30%

In tabel 2 zijn de verschillende waterbronnen benoemd en is een range aangegeven van de omvang waarin deze bron in de praktijk onderdeel kan uitmaken in de watervoorziening van een bedrijf.
Hemelwater is de belangrijkste bron voor goed gietwater, die afhankelijk van de bassingrootte een hoge dekkingsgraad heeft. **Osmosewater** (=diep grondwater ontzout met een omgekeerde osmose installatie) wordt in het westen van Nederland veel gebruikt als 2e waterbron. De overheid en met name provincie Zuid-Holland verlangt andere oplossingen vanwege de brijn die in de ondergrond wordt gebracht. Er is indringend gekeken naar mogelijkheden voor valorisatie van brijnwater. Vooralsnog heeft dit nog geen duidelijke perspectieven opgeleverd (Xplorelab, 2010; Balendonck *et al.* 2011; Balendonck *et al.* 2012; Feenstra *et al.* 2012). Alternatieven voor osmosewater die substantieel bijdragen zijn nog niet voorhanden, maar de vraag staat nog wel steeds op de onderzoekagenda. Delft Blue Water zou mogelijk een oplossing kunnen bieden. In dit project wordt afvalwater in de zuiveringsinstallatie Harnaschpolder opgewerkt tot kwalitatief goed gietwater. Infrastructuur, kostprijs en acceptatie van dit 'gezuiverd' afvalwater zijn belangrijke voorwaarden voor succes. Ook lopen er onderzoeken naar bredere mogelijkheden om regenwater als zoetwaterbel in de ondergrond op te slaan. Hier wordt in de praktijk al gebruik van gemaakt op locaties is het Oostland, waar de ondergrond zich voor leent.

De kwaliteit van het **leidingwater** in het westen van Nederland is voor substraatteelt onvoldoende vanwege een te hoog zoutgehalte, wat bij gebruik leidt tot spui. Ook door het gebruik van **oppervlaktewater** als aanvullende bron lopen zoutgehalten (Na), bij substraatteelten sneller op dan bij osmosewater als aanvullende bron. Er moet dan vaker gespuid worden om het gehalte weer terug te brengen tot acceptabele niveaus. Dit brengt uiteraard een hogere watervraag met zich mee (Voogt, 2012).

Condenswater wordt opgevangen en hergebruikt. Is kwalitatief goed water, maar kan resten van gewasbeschermingsmiddelen bevatten. Condenswater dat vrijkomt bij **ontvochtiging** van kaslucht lijkt op papier een bruikbare waterbron. In bijlage IV wordt het principe van een kruisstroomwisselaar toegelicht. In de praktijk wordt deze wijze van klimaatregeling nog nauwelijks toegepast, omdat het niet rendabel is. In onderhavig onderzoek wordt hier niet verder op ingegaan.

De afvalstromen zijn doelbewust opgenomen, om na te gaan in hoeverre deze ook als waterbron gebruikt zouden kunnen worden. Vanuit de invulling van de Kaderrichtlijn Water voor de glastuinbouwsector is de afspraak gemaakt over een nagenoeg nul-emissie van nutriënten in 2027. Dit houdt in dat de lozing van **spuiwater**, zonder zuivering niet meer geoorloofd zal zijn. Het onderzoekprogramma Glastuinbouw Waterproof richt zich enerzijds op het voorkomen van de noodzaak tot spui van het drainwater, anderzijds op de zuivering van het spuiwater. In het laatste geval zou de mogelijkheid zich voor kunnen doen, dat het gezuiverde water weer als gietwater te gebruiken is. Op de afvalstroom 'spui' is nog relatief veel winst te behalen. De verschillen in hoeveelheid spui tussen de bedrijven zijn groot, maar het kan om grote volumes gaan. Een groter bewustwording van de water- en emissiestromen blijkt op zich al effect te hebben (Raaphorst, 2013).

Filterspoelwater en wkk-condenswater worden in de praktijk zowel geloosd als hergebruikt. Het hergebruik van **filterspoelwater** begint in de praktijk opgang te maken. De mogelijkheden om dit vanuit teeltrisico's verantwoord te doen lijken zich steeds meer aan te dienen. De zware metalen in het wkk-condenswater roepen nog veel vragen en onzekerheden op, waardoor het belangrijk is om in te zetten op aanvullende kennis en oplossingen voor de praktijk. Dit is in dit project opgepakt, door diverse analyses uit te voeren. Lang niet alle **wkk-installaties** zijn uitgerust met een rookgascondensor, maar wanneer wel kan de hoeveelheid condenswater wel 5% van de waterbehoefte van een gewas dekken. Daarbij moet worden aangetekend dat condenswater in de winterperiode kan concurreren met regenwater, wanner dit in voldoende mate voorhanden is.

De verschillende stromen van **reinigingswater** zijn relatief klein in omvang. In het project wordt hier niet verder op ingegaan. Tenslotte is een goede dimensionering van het watersysteem op een bedrijf, incl. de waterbuffers, van essentieel belang om zo effectief mogelijk gebruik te kunnen maken van de beschikbare waterbronnen.

3.2 Zware metalen in WKK condenswater

Grenswaarden
Uit literatuurgegevens is bekend dat chroom bij hogere concentraties een toxisch effect kan hebben bij de plantengroei (Oliveira, 2012). Effecten zijn aangetoond bij kieming, wortelgroei, bovengrondse plantengroei en opbrengst. Plant fysiologische processen, zoals fotosynthese en opname van nutriënten kunnen worden verstoord. Dit is overigens geen generieke uitkomst. Het betreft hier een opsomming van verschillende onderzoeken met diverse gewassen en verschillende omstandigheden met meestal gewasgroei in de grond, waar negatieve chroom effecten zijn gevonden. Ook aluminium kan bij een pH<5.5 bij overmaat fysiologische processen beïnvloeden met als gevolg een slechte wortelontwikkeling (Silva, 2012). Yang, *et al.* (1996) vonden in diverse gewassen dat een overmaat aan nikkel de opname van andere voedingselementen kan beïnvloeden. Groen Agro Control heeft in het project 'WaterWaarden, grenswaarden voor goed water' de grenswaarden voor de zware metalen nikkel, chroom en aluminium vastgesteld met gewasproeven, toepasbaar voor substraatteelten komkommer, paprika en tomaat.

Een grenswaarde is de concentratie van een stof in uitgangswater waarbij een gewas op substraat geen schade ondervindt in groei of productie. De grenswaarden zijn met een veiligheidsmarge opgesteld en gelden vanaf de start van de teelt. In tabel 3 staan tevens concentraties die in de praktijk voor kunnen komen.

Tabel 2

Overzicht van de waterstromen op een glastuinbouwbedrijf.

Overzicht waterstromen	dekking	opmerkingen
Water bronnen		
hemelwater	40-90%	Bassingrootte van 500 - 3000 m^3/ha, dekkingsgraad is afhankelijk van seizoen. Kwalitatief uitstekend water. Minimale opvang van 500 m^3/ha verplicht.
osmose water	0-50%	% verschilt per seizoen en kan incidenteel oplopen tot 100%, zeker als regenwater wordt gebruikt voor dakberegening. Bij goed onderhoud van de installatie en membranen is dit kwalitatief goed water. De bestemming van het brijnwater is een punt van discussie.
leidingwater	0 - 10%	Het komt voor dat bedrijven met een relatief grote water opvangcapaciteit incidenteel leidingwater als alternatieve bron gebruiken. In West Nederland is het zoutgehalte van dit water hoog en leidt bij gebruik tot veel spui. Soms wordt bij de start van een teelt of tijdens de teelt een kleine hoeveelheid leidingwater bijgemengd om de pH te stabiliseren met de aanwezige bicarbonaat.
oppervlaktewater	0 - 5%	Wordt in de substraatteelt soms gebruikt in droge perioden. In de grondteelt is het gebruik van oppervlaktewater gangbaar.
condenswater (dak)	5-10%	Wordt in de regel opgevangen in waterbuffer of vuilwatersilo. Kan gewasbeschermingsmiddelen bevatten. Opvang is verplicht.
filterspoelwater	0-3%	Zandfilters: 120-260 m^3/ha; SAF-filter: 10 - 30 m^3/ha. Bevat verontreinigingen, nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Hergebruiken (na bezinken of andere behandeling) of spoelen met bassinwater.
wkk-condenswater	0-5%	Water dat zware metalen (met name chroom en nikkel) kan bevatten. Schadelijkheid hiervan voor gewas en oppervlaktewater en mogelijke oplossingsrichtingen zijn onderwerpen van onderzoek. Wordt in de praktijk op een beperkt aantal bedrijven hergebruikt.
ontvochtiging	0-10%	Bij ontvochtiging van kaslucht met een koude unit komt condenswater vrij, dat in principe hergebruikt kan worden. In theorie zou ca. 100 l/m^2/jr vrij kunnen komen. Proefondervindelijk in de New Generation Greenhouse is 55-60 l/m^2 berekend. Vanuit energie oogpunt is deze manier van ontvochtigen, met de huidige energieprijzen, niet rendabel. De praktijktoepassing is beperkt.
Afvalwater		
spuiwater	0-15%	Er zijn diverse reden om drainwater de spuien (ziekten, onbalans in de voeding, groeiremming, e.d.). Onderzoek (o.a. Glastuinbouw Waterproof) is erop gericht om deze problemen te voorkomen. Als er structureel gewasproblemen optreden, kan de hoeveelheid spui in de praktijk sterk oplopen.
filterspoelwater	0-3%	120-260 m^3/ha. Wanneer bassinwater wordt gebruikt voor het spoelen, is de emissie bij lozing relatief klein.
wkk-condenswater	0-5%	Om mogelijke gewasproblemen te voorkomen wordt het condenswater in de praktijk niet altijd gebruikt.
lekwater	2%	Inschatting, die kan variëren afhankelijk van de leeftijd van het systeem.
dak reiniger	< 1%	Hoeveelheid: 500 - 1000 l/ha. Meestal bassinwater. Waswater naar bassin, of via buffertank en filter naar bassin.
krijtwater	< 1%	Krijtlaag slijt *et al.* of wordt *et al.* geborsteld.
reiniging binnenkant kas	< 1%	Hoeveelheid: 500 - 1000 l/ha. Meestal bassinwater.
schoonmaken leidingen	< 1%	Tijdens de teeltwisseling wordt het watersysteem, incl. de leidingen grondig gereinigd.

Tabel 3

Grenswaarden voor goed gietwater, toepasbaar voor komkommer, paprika en tomaat.

Element	Eenheid	Praktijk	Grenswaarde
Aluminium	µg/l	5-200	25
Chroom	µg/l	1-20	250
Nikkel	µg/l	1-20	3000

De metalen nikkel en aluminium bleken toxisch voor de plant bij overmaat. Tevens kunnen niet opneembare metalen in water concurrerend zijn met de opname van sporenelementen (antagonisme), waardoor gebrek van andere elementen ontstaat.

Zink en koper komen ook vrij in het WKK condenswater. Van deze elementen zijn grenswaarden en streefwaarden in water voor groentegewassen bekend. Zowel zink als koper zijn voedingselementen en kunnen gecompenseerd worden in de bemesting. Bij gebruik van WKK condenswater hoeft dan ook geen overmaat aan koper en zink voor te komen.

Regelgeving

Het lozen van het WKK-condenswater op het oppervlaktewater is vooralsnog toegestaan, maar lozen op de riolering heeft de voorkeur. De grenswaarde voor minerale olie is 20 mg/l. De temperatuur van het water moet lager zijn dan 30°C.

In het Activiteitenbesluit (sinds 1 januari 2008) als Algemene Maatregel van Bestuur ontbreken concrete eisen voor lozingen van hemelwater. Op grond van de zorgplicht kan een waterschap (het bevoegde gezag) maatwerkvoorschriften opstellen om te voorkomen dat oppervlaktewater wordt verontreinigd. Als voorbeeld heeft het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) een Beleidsregel Emissiegrenswaarden voor zware metalen (april 2010) opgesteld.
Voor lozingen van verontreinigd hemelwater stelt het hoogheemraadschap zich ten doel:

- Toxische effecten van zware metalen, minerale olie en onopgeloste bestanddelen zoveel mogelijk te beperken;
- Verslechtering van de waterkwaliteit te voorkomen;
- Afwenteling naar een ander milieucompartiment tegen te gaan.

Puntlozingen van met zware metalen, minerale olie en/of onopgeloste bestanddelen verontreinigd hemelwater zijn niet toegestaan, tenzij de concentratie in het afstromende hemelwater lager is dan de emissiegrenswaarde van de betreffende stoffen. De totaal concentratie in afstromende hemelwater voor **nikkel** is **6,3 µg/l**. Vooralsnog is er geen norm voor chroom, maar afgeleid volgens dezelfde systematiek komt deze uit op 3,6 µg/l. De grenswaarde voor minerale olie is 20 mg/l. De temperatuur van het water moet lager zijn dan 30°C.

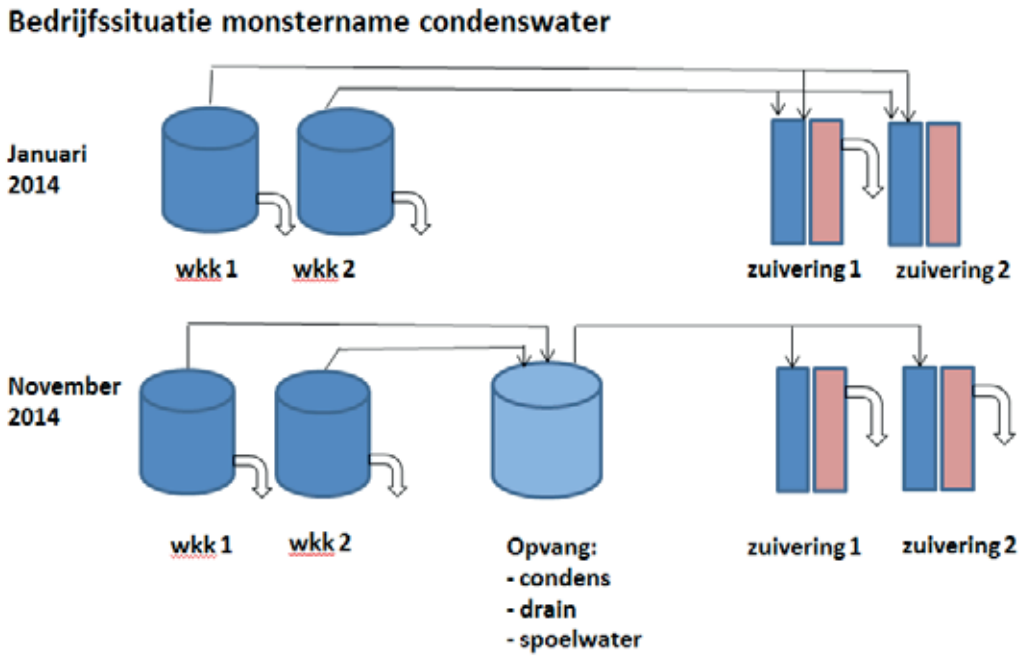
De normen betreffen lozingen op oppervlaktewater. WKK-condenswater moet echter volgens het Activiteitenbesluit op de riolering worden geloosd. Daarvoor zijn vervolgens geen grenswaarden. Het beleid van HHSK is dat op termijn alle bedrijven op het riool zijn aangesloten.

Metingen praktijkbedrijven

Op vier praktijkbedrijven met een tomatenteelt met belichting zijn metingen uitgevoerd naar zware metalen in het wkk-condenswater, het bassinwater of silo en in het drainwater. De bedrijven hergebruiken het condenswater al meerdere jaren, volgens eigen ervaringen zonder problemen. Met deze meetpunten is de beginconcentratie van de zware metalen in het condenswater gemeten en het verloop van de concentratie in het watersysteem gevolgd. In tabel 4 zijn de resultaten gepresenteerd. Bedrijf I heeft 3 WKK-motoren, allen met een rookgascondensor, bedrijf II 4 motoren met 3 condensors, op bedrijf III zijn 3 motoren, waarvan 1 uitgerust met een rookgascondensor en op bedrijf IV 2 WKK's, beiden met condensor.

Het WKK-condenswater is bemonsterd in de eerste opvang van het condenswater waar een scheiding van minerale olie plaatsvindt. Op drie bedrijven wordt het condenswater in het regenwaterbassin gepompt en op het vierde bedrijf in de schoonwater silo. Op bedrijf IV wordt het condenswater extra gezuiverd met een zuiveringsinstallatie, bestaande uit een koolstof filter en een ionen-wisselaar, alvorens te transporteren naar het waterbassin. In de wateropslag buffers zijn monsters genomen. De waterbuffers waren vol vanwege de gevallen neerslag in de dagen voorafgaand aan de bemonstering. Tenslotte zijn watermonsters genomen van het drainwater. Op bedrijf IV zijn 3x monsters genomen. De gegevens van bedrijf V zijn afkomstig van eerder uitgevoerde monsternames op een aantal praktijkbedrijven. De bandbreedten van de resultaten zijn vermeld.

Uit de analyseresultaten in tabel 4 blijkt dat concentraties chroom in het condenswater rond de grenswaarde voor het gewas lagen van 0.25 mg/l. Het chroomgehalte van een tweede bemonsterde wkk op bedrijf II was met 2.3 mg/l opvallend hoog t.o.v. de andere metingen. Zowel in het bassin als in het drainwater was de concentratie chroom beneden de detectiegrens. De gehalten voor nikkel in het condenswater lagen in alle monsters onder de grenswaarde van 3.0 mg/l. Nikkel is eveneens aangetoond in het drainwater op bedrijven I, III en IV en in de schoonwater opslag van bedrijf III. Op bedrijf IV met de geïnstalleerde zuiveringsinstallaties blijkt het gezuiverde condenswater tot twee maal toe een verhoogde concentratie nikkel te bevatten. Dit is opmerkelijk, maar er is geen duidelijke verklaring gevonden. De twee monsters zijn genomen op 23 januari en 12 november 2014. De zuiveringsinstallatie is in oktober 2013 onderhouden door de leverancier. De 2de installatie is toen in gebruik genomen. Volgens de bedrijfsleider was te verwachten dat de filters in januari nog niet verzadigd zijn geweest. Figuur 4 geeft een schets van de monstername. Vanuit de opvangputten voor het condenswater van wkk 1 en 2 zijn in op beide data monsters genomen. In januari ging dit water direct naar de zuiveringsinstallatie. In november is een extra opvangtank geïnstalleerd voor het condenswater en drainwater van een binnensilo en reinigingswater van de vernevelingsinstallatie. De analysecijfers uit de zuiveringsinstallatie is niet direct afkomstig van het wkk condenswater op het moment van monstername en kunnen dus niet met elkaar worden vergeleken. Zeker in de nieuwe situatie met mogelijk ander water dan alleen condenswater is een vergelijking niet mogelijk.



Figuur 4 *Schema van de monstername van wkk-condenswater op bedrijf met waterzuiveringsinstallatie.*

Tabel 4

Meetresultaten van zware metalen (aluminium, chroom en nikkel) in het wkk-condenswater, de wateropslag silo of bassin en het drainwater.

Praktijkmetingen bedrijf	I	II	III	IV-1	IV-2	IV-3	V	grenswaarde gewas	lozingsnorm
Wkk									
pH				5.2	3.4	3.3			
				5.9	3.8	3.7			
Al (mg/l)	<0.1	0.12	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.68 - 2.5	0.025	
	<0.1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1			
Cr (mg/)	0.22	0.17	0.32	<0.05	<0.05	0.28	0.07-0.96	0.25	0.0036
	0.19	2.3		<0.05	<0.05	<0.05			
Ni (mg/l)	0.16	0.11	0.19	<0.05	0.12	0.49	0.14-0.41	3.0	0.0063
	0.13	1.0		< 0.05	< 0.05	<0.05			
Gezuiverd									
pH						5.2			
						5.1			
Al					<0.1	<0.1			
						<0.1			
Cr					<0.05	<0.05			
						<0.05			
Ni					0.64	0.20			
						0.95			
Bassin/silo									
pH				6.0					
Al	0.14	<0.1	<0.1	<0.1					
Cr	<0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05					0.0036
Ni	<0.05	< 0.05	0.31	<0.05					0.0063
Drainput									
pH				5.4					
Al	0.11	<0.1		<0.1				0.025	
Cr	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05				0.25	0.0036
Ni	0.27	< 0.05	0.32	0.07				3.0	0.0063
Wkk condens (m3/ha/jr)	670	488	240	303					
Cr (g/ha/jr)	137	603	77						
Ni (g/ha/jr	97	271	46						

Duidelijk is dat de concentraties chroom en nikkel in het onverdunde condenswater boven de lozingsnorm liggen. Het drainwater van de bedrijven I en III is ook van onvoldoende kwaliteit voor lozing vanwege het nikkel gehalte. Hiervoor moeten de gehalten beneden de detectiegrens liggen. In de teeltproef uitgevoerd door Groen Agro Control (Van Marrewijk, 2013) zijn metingen aan concentraties zware metalen in matwater uitgevoerd. Aluminium, chroom en nikkel hebben allen de eigenschap om snel neer te slaan. Voor nikkel zijn wel licht verhoogde concentraties in het matwater gevonden. Blijkbaar is nikkel wat mobieler en langer in oplossing dan de andere twee metalen. Deze waarnemingen passen bij de resultaten in onderliggend onderzoek, waarbij nikkel in lage concentraties ook nog wordt teruggevonden in bassinwater en drainwater. Overigens nog ver beneden de grenswaarde voor het gewas.

De hoeveelheid condenswater op jaarbasis is berekend op basis van het vermogen van de installatie en het aantal draaiuren (bijlage III). Er is vanuit gegaan dat alleen wkk- installaties met condensor condenswater leveren. Vervolgens is met de (gemiddelde) concentraties in het condenswater de hoeveelheid Cr en Ni berekend die in het watersysteem achterblijft. Voor chroom is een hoeveelheid van 77 tot ruim 600 g/ha/jr. berekend en voor nikkel 46 tot 270 g/ha/jr. De hoeveelheid is afhankelijk van de capaciteit en het aantal draaiuren van de WKK, maar met name het aantal aanwezige rookgascondensors is bepalend.

Onbekend is waar en hoe de zware metalen zich in het systeem vestigen. De uitgevoerde metingen zijn een momentopname. Op basis hiervan is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over eventuele ophoping van zware metalen in het bassin of in het wortelmilieu op de langere termijn en mogelijke effecten hiervan.

Praktijkmeting RVS 316

Door waterschap medewerkers is een uitgebreide monstername uitgevoerd aan een wkk-installatie met rookgascondensor, uitgevoerd met RVS 316. De oorspronkelijke planning was om een vergelijking te maken met een wkk met RVS 304 op hetzelfde bedrijf. In de praktijk bleek een goede vergelijking niet mogelijk. De metingen zoals in het meetplan (bijlage I) beschreven bleken niet op eenzelfde wijze bij beide wkk's uitvoerbaar. In tabel 5 staan de analyseresultaten van de monsters. De concentraties van de zware metalen in water vanuit de koeler is een factor 1000 hoger dan de andere metingen. Het condenswater afgetapt vanuit de schoorsteen heeft hogere concentraties zware metalen dan het water dat wordt opgevangen in de verzamelput. De gemeten waarden voor aluminium, chroom en nikkel in de verzamelput komen overeen met metingen op de andere bedrijven (tabel 4).

Uit alle uitgevoerde metingen op de bedrijven blijkt dat het direct lozen van condenswater tot problemen leidt voor wat betreft de gestelde norm voor nikkel en chroom. In veel gevallen wordt deze norm ruimschoots overschreden. Wanneer het condenswater wordt gebruikt als aanvullend gietwater, wordt het sterk verdund en neemt de concentratie af. Maar ook in deze situatie blijven de concentraties vaak boven de lozingsnorm.

Tabel 5

Meetresultaten van zware metalen (aluminium, chroom en nikkel) in watermonsters van verschillende plaatsen in de wkk-installatie en condensor uitgevoerd met RVS 316.

Plaats monstername	3	1	2	4	3	gewasnorm (mg/l)	lozingsnorm (mg/l)
Tijdstip	15:45	15:45	16:00	16:30	16:45		
Aluminium (mg/l)	0.13	0.22	1.5	< 0.1	< 0.1	0.025	
Chroom (mg/l)	0.20	0.40	340	0.28	0.073	0.25	0.0036
Nikkel (mg/l)	0.17	0.49	240	0.25	0.12	3.0	0.0063

1. leiding vanuit schoorsteen
2. leiding vanuit koeler
3. pvc-afvoerleiding aan achterzijde verzamelput/ olie-afscheider
4. verzamelput buiten met meerdere stromen condenswater

3.3 Zware metalen in WKK-water – epoxy coating

Laboratoriummetingen

Op laboratoriumschaal is een eerste vergelijkende meting uitgevoerd met twee roestvrijstalen plaatjes RVS 304 en RVS 316 in zuur water met een doorlooptijd van 7 dagen en een waterbadtemperatuur van 60 °C. De analyseresultaten zijn weergegeven in tabel 6. Een tweede en derde meting is uitgevoerd met RVS 304, RVS 316 en RVS 304 gecoate plaatjes met 3 verschillende typen epoxy-coating. De doorlooptijd was resp. 14 en 7 dagen.

Uit de analyses blijken in de eerste metingen tussen RVS 304 en RVS 316 enige verschillen in hoeveelheden vrijgekomen chroom en nikkel. Er is een gelijke concentratie aluminium gemeten. Dit is opvallend omdat aluminium niet als standaard element in RVS voorkomt. De plaatjes waren net voor inzetten op maat gesneden met een mechanische snijmachine. Mogelijk zou de metaalzaag de oorzaak kunnen zijn van de gemeten aluminium. Bij de proef van 8 mei zijn nauwelijks verschillen tussen RVS 304 en RVS 316 gevonden voor wat betreft de concentraties chroom en nikkel. Aluminium is niet gevonden bij de niet gecoate plaatjes. Bij de gecoate plaatjes is geen chroom en nikkel in de oplossing aangetroffen, zowel bij de meettoets van 29 april als 8 mei. Dat betekent dat deze zware metalen niet aanwezig zijn of beneden de detectiegrens. Aluminium is wel gevonden. Bij navraag bleek dat de coatings allen aluminiumoxide bevatten, dat een verklaring kan zijn voor de gemeten aluminium concentraties. Het zinkgehalte gaf geen eenduidig beeld. Het ijzergehalte in de oplossing was bij de gecoate plaatjes ruim een factor 10 lager dan bij de onbehandelde plaatjes. In bijlage V staan de uitgebreide analyseresultaten.
Een vergelijking is gemaakt tussen de gewichtsmetingen en de berekende gewichtsafname op basis van de gemeten concentraties (zware) metalen in de oplossing. Voor RVS 304 en 316 komen de gemeten en berekende afname redelijk goed overeen (zie bijlage VI). Bij de gemeten gecoate plaatjes trad enkele malen een gewichtstoename op. Het drogen van de plaatjes in de droogstoof leverde een gewichtsafname op van ca. 0.2 gram bij de gecoate plaatjes. Bij de ongecoate plaatjes was er geen gewichtsverschil voor en na de droogstoof. Uit navraag bij de leverancier bleek dat de coatings een geringe hoeveelheid vocht kunnen opnemen, dat na drogen bijna volledig verdampt. De coatings zelf zijn onder geconditioneerde laboratorium omstandigheden aangebracht en bevatten geen vocht.

Tabel 6

Resultaten analyse zware metalen van een zuuroplossing met twee typen roestvrijstalen plaatjes (RVS 304 en 316) en 3 typen gecoate plaatjes (RVS 304 - A, RVS 304 - C, RVS 304 - D).

datum	monster	pH	Al	Cr	Cu	Ni	Zn	Fe
			(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	[µmol/l]
23-01-2014	RVS 304	2.3	0.39	<0.05	0.21	0.59	9.70	73.6
23-01-2014	RVS 316	2.1	0.39	0.11	0.14	0.37	5.53	86.4
29-04-2014	C1	2.8	0.31	<0.05	<0.1	<0.05	0.31	4.4
29-04-2014	D1	2.7	<0.1	<0.05	<0.1	<0.05	0.31	2.2
08-05-2014	RVS 304	2.6	<0.1	0.18	<0.1	0.19	0.15	59.4
08-05-2014	RVS 316	2.6	<0.1	0.18	<0.1	0.22	0.14	58.2
08-05-2014	A2	2.6	0.38	<0.05	<0.1	<0.05	5.70	4.6
08-05-2014	C2	2.6	0.31	<0.05	<0.1	<0.05	0.16	4.8
08-05-2014	D2	2.7	0.14	<0.05	<0.1	<0.05	0.17	4.2

Schornagel (www.alurvs.nl) schrijft over de corrosieweerstand van roestvast staal in zure milieus. Naast het type roestvrijstaal zijn de omstandigheden, waaronder temperatuur en concentratie zuur sterk bepalend voor de corrosiesnelheden.

De gewichtsmetingen met een analytische balans als methode om het vrijkomen van zware metalen in de tijd te volgen vraagt in ieder geval om droging van de plaatjes in de droogstoof. Door de kleinschalige opzet en de korte doorlooptijd zat de gemeten gewichtsafname tegen de meetgrenzen aan. De gewichtsmetingen zouden mogelijk een effectieve methode kunnen zijn, maar vragen door de geringe gewichtsverschillen om een optimale uitvoering en een kritische beoordeling van de resultaten. Een aangepaste proefopzet die tegemoet komt aan deze meetvragen is wenselijk bij een eventueel vervolgonderzoek. De analyseresultaten van het water bij de afsluiting van de proef lijken objectievere resultaten te geven, ook al blijven de aangetroffen waarden van de zware metalen laag.

4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

Het doel van het uitgevoerde onderzoek was om te beoordelen of er bruikbare of bruikbaar te maken aanvullende gietwaterbronnen zijn bovenop de in de praktijk gangbare opties. Specifiek ging het om de waterstromen op het bedrijf. Daarbij was er de expliciete vraag naar de bruikbaarheid van wkk-condenswater. Lozing op het oppervlaktewater kan conflicteren met de lozingsnormen van de waterschappen voor chroom en nikkel. Voorts zijn er vragen over de vermeende schadelijkheid van het water voor het gewas. Met metingen op bedrijven met een rookgascondensor zijn meer gegevens verzameld over de concentraties zware metalen in het watersysteem en beoordeeld aan de hand van lozingsnormen en schadegrenzen voor het gewas. Met laboratoriumproeven zijn enkele oplossingsrichtingen getest om de concentraties zware metalen te verlagen.

Het onderzoek heeft de volgende conclusies opgeleverd:

Watermanagement
- De belangrijkste winst in de zelfvoorziening van gietwaterbronnen wordt behaald bij het zo efficiënt mogelijk gebruik van het beschikbare water. Een goede dimensionering van het watersysteem inclusief de verschillende waterbuffers is een eerste belangrijke stap.
- Een goed watermanagement, inclusief het meten van de verschillende waterstromen en het gebruiken van beschikbare kennis over watergeven en bemesting en waterzuivering draagt ertoe bij om water zolang mogelijk te hergebruiken en de hoeveelheid spui te minimaliseren.
- Hergebruik van condenswater kan in ca. 10% van de watervraag voorzien.
- Hergebruik van filterspoelwater is technisch haalbaar en bedrijfsspecifiek in te vullen.

Metingen zware metalen
- Uit praktijkmetingen aan wkk-condenswater blijkt dat de schadegrenzen voor een vruchtgroentegewas voor chroom en aluminium soms overschreden worden. De schadegrenzen voor nikkel worden bij geen enkele meting overschreden. De chroom concentratie in de waterbuffer (bassin of silo) en het drainwater overschrijdt de schadegrens niet. De aluminiumconcentratie blijft op één bedrijf boven de gewasnorm.
- De concentraties nikkel en chroom in het wkk-condenswater liggen op 5 van de 6 bedrijven boven de lozingsnorm voor oppervlaktewater.
- De nikkel concentratie in het drainwater blijft boven de lozingsnorm.
- De uitgevoerde metingen zijn momentane metingen. In het onderzoek zijn geen metingen uitgevoerd of en waar de zware metalen zich in het watersysteem ophopen en of dit op een of andere manier schadelijk zou kunnen zijn.

Oplossingsrichtingen zware metalen
- In de laboratorium zijn in 3 ronden verschillende combinaties van RVS-type en gecoate RVS-plaatjes ingezet om de vrijgekomen zware metalen te meten. Het aantal monsters was onvoldoende voor statische analyses. Tegen deze achtergrond moeten de uitspraken over de meetresultaten op hun waarde worden beoordeeld. In breder perspectief geplaatst wordt door specialisten aangegeven dat het corrosiegedrag van RVS heel grillig is en van veel factoren afhangt. Dit is niet makkelijk in een eenvoudig opgezet klein experiment te vangen.
- De gemeten concentraties zware metalen bij de lab-testen waren in dezelfde orde van grootte dan de praktijkmetingen. Dit is een aanwijzing dat de relatief eenvoudige meetopstelling als quick scan goed bruikbaar is om diverse varianten te testen.
- De gemeten concentraties vrijgekomen zware metalen tussen RVS 304 en RVS 316 vertoonden weinig verschil.
- In de oplossingen van de gecoate plaatjes is geen chroom en nikkel gemeten. Binnen de kaders van de proefopstelling heeft de epoxy-coating goed gefunctioneerd.
- Bij de gecoate plaatjes is veel minder ijzer vrijgekomen dan bij de onbehandelde RVS 304 en RVS 316.
- Bij de geteste coatings A en C (en D) is meer aluminium vrijgekomen dan bij de onbehandelde plaatjes. Dit kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan het aanwezige aluminiumoxide in de gebruikte coatings.

Aanbevelingen

- De beste manier om de lozingsnorm voor zware metalen te ontwijken is om als bedrijf een aansluiting te hebben op het riool voor het afvalwater. Voorwaarde is dat de capaciteit van de riolering voldoende is.
- De lage lozingsnorm voor zware metalen wordt in veel gevallen overschreden, met momenteel nog geen concreet zicht op technische oplossingen.
- Aanbevolen wordt om als glastuinbouwsector en waterschappen in overleg te gaan hoe dit knelpunt aan te pakken.
- Om meer inzicht te krijgen in de accumulatie van zware metalen in het watersysteem moeten aanvullende metingen worden uitgevoerd in de substraatmatten en de waterbassins. Deze metingen zijn niet voorzien in het project.
- De positieve meetresultaten met de gecoate plaatjes geven aanleiding tot een verdere verkenning van de mogelijkheden van een coating op de rookgascondensor en de bijbehorende leidingen. Wat is praktisch mogelijk, wat is het effect van 'lekken' in de coating door beschadigingen bij fabricage en installatie, hoe houden de coatings zich in de tijd?

Literatuur

Balendonck, J; Feenstra, L.; Os, E van; Lans D van der (2012).
Glastuinbouw Waterproof: Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen (WP6). Fase 2 - Desktop studie afzetmogelijkheden van concentraat als meststof voor andere teelten. Wageningen UR Rapport GTB-1204.

Balendonck, J., Feenstra, L, Kuipers, N (2011).
Glastuinbouw Waterproof: Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen (WP6). Fase 1 - Desktop studie "Scenario's". 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

Oliveira, H., 2012.
Chromium as an Environmental Pollutant: Insights on Induced Plant Toxicity. Journal of Botany Volume 2012, Article ID 375843, 8 pages.

Raaphorst, M., M. Bruins, 2013. Optimalisatie van waterstromen in de glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw, rapport GTB 1274.

Schornagel, A.J. Corrosie in chemische milieus. www.alurvs.nl/roestvast-staal/Silva, S., 2012.
Aluminium Toxicity Targets in Plants. Journal of Botany Volume 2012, Article ID 219462, 8 pages.

Van der Maas, B., M. Raaphorst, N. Enthoven, C. Blok, E. Beerling en E. van Os, 2012.
Monitoren bedrijven met toepassing van geavanceerde oxidatie als waterzuiveringsmethode. Werkpakket 1: groeiremming voorkomen. Wageningen UR Glastuinbouw, rapport GTB-1199.

Van Marrewijk, I., 2013.
WaterWaarden, grenswaarden voor goed water. Groen Agro Control, PT14565.

Voogt, W, B. Eveleens, M. Bruins, 2012.
Watervraag glastuinbouw West Nederland en klimaatverandering. Verkenning naar de effecten van klimaatverandering op de watervraag en de watervoorziening voor de glastuinbouw in Midden-West Nederland; een quick scan. Wageningen UR Rapport GTB-1074.

Xplorelab, Provincie Zuid-Holland, 2010.
Gebruik je Brijn. Onderzoek naar innovatieve methoden voor het gebruiken en voorkomen van brijn.

Yang, X. , V.C. Baligar , D. C. Martens & R. B. Clark, 1996.
Plant tolerance to nickel toxicity: II nickel effects on influx and transport of mineral nutrients in four plant species. Journal of Plant Nutrition, 19:2, 265-279.

Bijlage I. Meetplan condenswater

Te bemonsteren punt in de machine

Op de afvoer van de rookgaskoeler, omdat deze condens zal produceren totdat de koeler volledig is opgewarmd.

- Op de aankoppelpunten van de condenswaterafvoer van de condensor.
- Andere condensafvoeren (zoals op de schoorsteen, of elders).
- Van iedere te testen installatie moet nauwkeurig beschreven worden op welke plaatsen condensaat verwijderd wordt, waar eventueel accumulatie op kan treden (in de koelers zowel als in de pijpen/afvoer etc) en waar de uiteindelijke condensafvoer plaats heeft inclusief foto's. Tevens is het van belang om te beschrijven hoe de rookgaskoeling plaatsheeft (bij welke temperaturen in rookgaskoeler en condensor).
- Er dient onderscheid gemaakt te worden tussen bedrijf met en zonder rookgasreiniger in bedrijf (Ureuminjectie aan of uit).

Werkwijze

Leveranciers sturen PID van installatie op de beoogde locatie

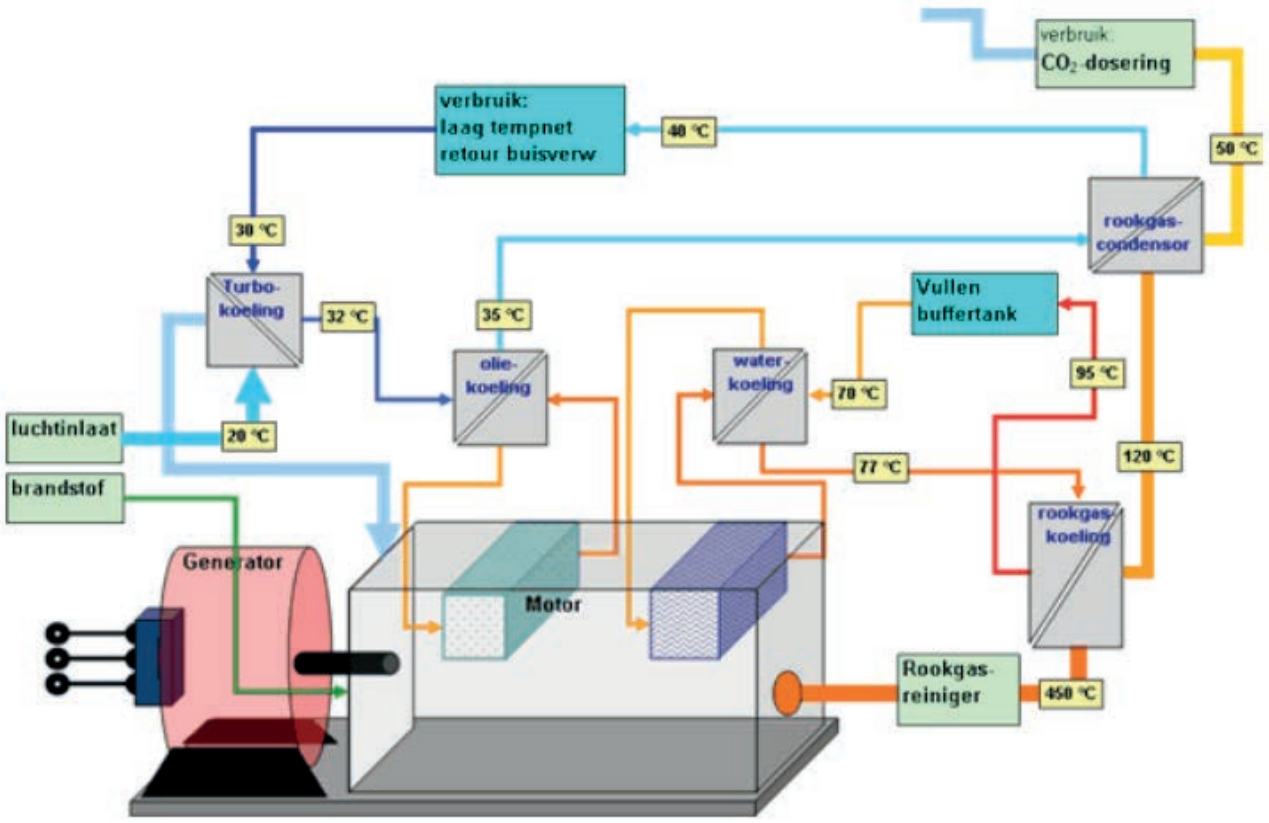
1. Voorbereiden aanbrengen monsternamepunten door aangeven gewenste monsterpunten in PID van leverancier van de machine op betreffende locatie. Bij onduidelijkheden de locatie laten bezoeken en nagaan mogelijkheden.
   (actie door: coördinatie/ Dhr. Ottema van LTO Groeiservice)
2. Modificatie aanbrengen om condenswater te kunnen bemonsteren en flow te kunnen bepalen (actie door: leveranciers):
   a. In of net na de afvoer rookgascondensor (maar voor de olieafscheider)
   b. (Indien aanwezig) In of net na afvoer rookgaskoeler
3. Condensafvoer evt. aansluiten op een transparante silicone bufferslang met aan weerszijde een afsluiter, debietmeter bij de uitstroom (of anders volume/tijd-klokken) (actie door: monteur)
4. Monteur aanwezig laten zijn die stand van motor (bij base load) kan opnemen (actie door: leveranciers)
   a. Is machine goed onderhouden, stand logboek weergeven
   b. Motorparameters (NOX, vermogen, rendement, retourtemperatuur bij ingang condensor)
   c. Loopt machine stabiel, motorafstelling registeren van PLC
   d. Is gebruik WKK volgens specificatie, zijn procescondities bij de gebruiker representatief?
   e. Retourtemperatuur VC systeem van de kas op condensor meten (wel of geen CO_2 doseren?)
   f. Rookgastemperatuur na rookgaskoeler en condensor vaststellen bij vol bedrijf
   g. Bepalen O_2 percentage in het rookgas bij vol bedrijf
5. Condenswatermonsters nemen en invullen op (door HHSK/meetpartij nog op te stellen) invulblad. Aantal monsters hangt af van het aantal monsterpunten (actie door: CP/HHSK):
   a. 1 sample voor de koude start/voor het opstarten (indien mogelijk min. 50 ml verzamelen)
      (Om tevens de flow te kunnen meten dient vervolgens voor elke meting/sample eerst het condensvocht via de aftap te worden afgevoerd)
   b. 2 samples bij koude start/opstarten (vanaf tijdstip 0, min. 50 ml en max. 200 ml tot max. 30 minuten per sample aftappen)
   c. X sample(s) na 1 uur draaien (200 ml verzamelen en klokken, tot max. 30 minuten aftappen om 200 ml te verkrijgen)
   d. X sample(s) na 2 uur draaien (gefiltreerd en ongefiltreerd) (200 ml verzamelen en klokken, tot max. 30 minuten aftappen om 200 ml te verkrijgen)
   e. X sample(s) na 3 uur draaien (200 ml verzamelen en klokken, tot max. 30 minuten aftappen om 200 ml te verkrijgen)
   f. X sample(s) na 4 uur draaien (200 ml verzamelen en klokken, tot max. 30 minuten aftappen om 200 ml te verkrijgen)
   g. X sample(s) na 6 uur draaien (200 ml verzamelen en klokken, tot max. 30 minuten aftappen om 200 ml te verkrijgen)
   h. Debiet (volume per tijd) per sample en totaal debiet condenswater vaststellen, in combinatie met cv-watertemperaturen door middel van vaststellen tijd om 50 ml danwel 200 ml te verkrijgen.

6. pH condenswater en geleidbaarheid (EC) per sample
7. WKK leveranciers dienen de oliecondities op te geven a.d.h.v. ‘Analyses report: Sample and Oil data’ en vragen samenstelling op van ‘schone’ smeerolie.
8. Verzamelen en merken samples en vervoer naar laboratorium (door HHSK)

PM uitvoerder dient bescherming te dragen: gehoor, ogen en kleding.

Aangezien de nieuwe installaties op afschot worden gebouwd, heeft verschil in wachttijd tussen start en stop geen invloed op de concentraties.

Bijlage II. Voorbeeld werking wkk met rookgasreiniger, -koeling en -condensor



Bijlage III. Achtergrondinformatie wkk en condensor

Condenswater WKK
Het condenswater van een warmtekracht installatie bevat chroom, nikkel en minerale oliën en is zonder behandeling ongeschikt om te gebruiken als gietwater. Bij de verbranding van aardgas komen de zuurvormende gassen NO_x en SO_x vrij (HNO_3 en HSO_4^- in water). Deze zuren tasten de metalen van de WKK-installatie en de afvoerpijpen aan, waarbij chroom en nikkel vrijkomt. De zuurbestendigheid van metalen is verschillend.
Het voorkomen van stilstaand verzuurd water in het systeem draagt bij aan de afname van de concentratie zware metalen in het condenswater. Praktijkmetingen laten een afname zien van 1000 naar 200 – 300 µg/l Cr. Een grote reductie maar nog niet voldoende.
Een rookgassysteem van het type RVS 304 is in praktijkgebruik gangbaar. Het type RVS 316 is beter bestand tegen de zuurvorming. Het is niet bekend of toepassing van RVS 316 de vervuiling van het condenswater met zware metalen voldoende terugbrengt. Een andere optie zou kunnen zijn om de afvoerpijpen te coaten. Ook hier is nog onvoldoende kennis over. Tenslotte zou het condenswater met zuiveringstechnieken kunnen worden behandeld.

Roestvrij staal
Roestvast staal, ook rvs of inox genoemd en ook bekend als roestvrij staal, is een legering van hoofdzakelijk ijzer, chroom, nikkel en koolstof. Om van roestvast staal te kunnen spreken, is minimaal 11 tot 12% chroom en maximaal 1,2% koolstof nodig.

- **AISI 304** (1.4301) bestaat uit 18% chroom en 8% nikkel. Deze legering is in zachtgegloeide toestand niet-magnetisch en niet hardbaar, in koudvervormde toestand zwak magnetisch. Minder gevoelig voor uitscheiding van chroomcarbiden tijdens lassen.
- Een meer corrosiebestendige maar duurdere soort is **AISI 316** (EN 1.4401) met 16% chroom en 10% nikkel en 2% molybdeen. Type 316 is beter bestand tegen zoutcorrosie en wordt veel toegepast in de scheikundige industrie.

Materiaalnr.	DIN 17006	ASTM/AISI Benaming	UNS Unified numbering system
1.4301	X5CrNi18-10	304	S30400
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316	S31600

Hoeveelheid water
Het dauwpunt van het rookgas van aardgas is 57 °C (=traditionele ketel). In een wkk bevat het rookgas meer lucht en is het dauwpunt 49 °C. Het warmterendement en ook de hoeveelheid condenswater is dus groter bij een terugkoel temperatuur van het water van 40 °C dan 60 °C.

De dauwpunt temperatuur is de temperatuur waarbij de lucht met de gegeven luchtvochtigheid nat zal slaan. De hoeveelheid vocht die de lucht kan bevatten is afhankelijk van de temperatuur. Hoe lager de temperatuur hoe minder vocht er in de lucht kan. Als lucht met een bepaalde luchtvochtigheid wordt afgekoeld dan blijft de absolute luchtvochtigheid gelijk, maar de RV zal stijgen. Als de temperatuur zover is gezakt dat de RV = 100%, dan is de dauwpunt temperatuur bereikt. Als de temperatuur namelijk nog verder daalt dan zal een deel van het vocht in de lucht condenseren.

Berekening hoeveelheid condenswater
De chemische formule bij de verbranding van aardgas, met als hoofbestanddeel methaan is:
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$.

Voor elk molecuul methaan ontstaan er dus twee moleculen water. 1 kuub gas = zo'n 42 mol gasmoleculen. Aardgas uit Groningse bestaat voor 81% uit CH4 en voor 3,6% uit hogere gasvormige koolwaterstoffen, Dus laten we afronden en zeggen dat het voor 85 % uit methaan bestaat. Dan bevat een kuub dus ongeveer 35 mol methaan, en kan er dus ongeveer 70 mol water gevormd worden. De molmassa van water is bij benadering 18 g, uit één kuub Gronings aardgas ontstaat dus bij benadering 70 (mol) x 18 (g/mol) = 1260 g water. 1¼ liter dus.

Dus ieder m^3 die erin gaat geeft ruim een liter waterdamp maar dan weten we nog niet hoeveel condens, want dat hangt helemaal af van de rookgastemperatuur in de schoorsteen, dus hoe die installatie is gebouwd, heeft men wel een rookgascondensor? En welke temperaturen?? Dat zul je niet weten, ik ook niet maar ik vond dit"

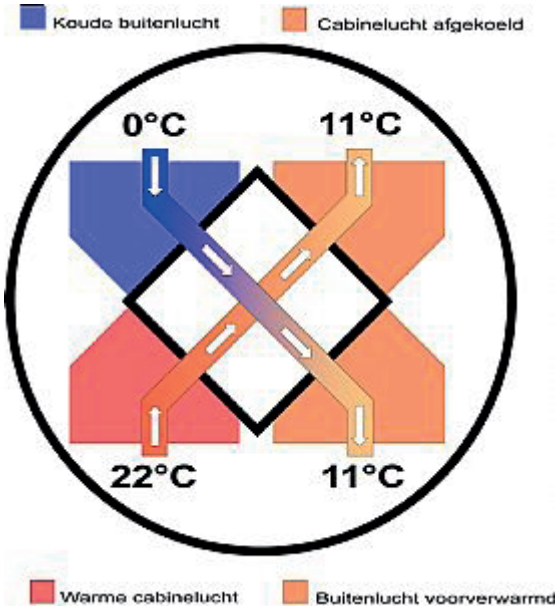
Een warmtekrachtkoppelingsmotor heeft doorgaans een globaal rendement van 93 %. Een deel hiervan bestaat uit elektriciteit (43%) en een ander deel uit warmte (50 %). De warmte van de stroomgenerator wordt op twee niveaus gerecupereerd: ter hoogte van het motorblok (gekoeld van 90 °C tot 70 °C) en de rookgassen (gekoeld van 400 °C tot 120 °C). Het nut van de condensator is meteen duidelijk: de rookgassen worden nog meer afgekoeld om zo meer warmte te recupereren en er wordt een globaal rendement van 100 % bereikt!
Om de rookgassen tot 55 °C in plaats van 120 °C af te koelen en een condensatie van 50 % te bereiken, moet er water van 40 °C de condensatiewisselaar binnenstromen (de terugloop van een verwarming op lage temperatuur, bijvoorbeeld). Er kan een condensatiegraad van 80 % worden bereikt als de rookgassen tot 40 °C worden afgekoeld. Dat is mogelijk op voorwaarde dat het water dat de condensatiewisselaar binnenstroomt een temperatuur heeft van 20 °C (bijvoorbeeld voorverwarming van sanitair warm water).
Bron: http://www.energymag.be/nl/technology/61-technology/336-volg-de-trend-kies-voor-warmtekrachtkoppeling-met-condensatie

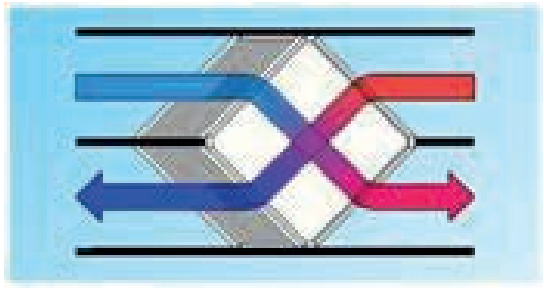
Nu retour water van 20 °C is erg weinig dus dat gaan we niet halen maar als we tussen de 20 en 40 gaan zitten, dus 30 dan zouden we een condensatiegraad van zo'n 65% halen als ik het goed uitreken. Dus van die ruime liter per m^3 aardgas gaan we 65% condenseren wat zo'n 0.8 liter is.
Met 1m^3 gas kunnen we grosso modo 4 kWh aan elektriciteit en 4 kWh aan warmte maken. Andersom stel we hebben een wkk van 100 kW dan gaat daar per uur zo'n 25 m^3 gas in. 25 m^3 zou bij volledige condensatie dus 25 x 1.25 dus 31 liter condensaat geven maar we hadden hiervoor 65% ingeschat ivm watertemperaturen die de condensor moet koelen dus 20 liter per uur.
Kortom vele aannames maar ga maar eens uit dat 20 liter per 100 kW elektrisch van de wkk (die 20 l geldt indien de wkk ook 1 uur draait) mogelijk is. Afhankelijk van de situatie kan dit dus maximaal oplopen tot 31 liter en tot een minimum van enkele liters dalen.

Toeleverancier rookgascondensors
Het is gangbaar om een combinatie van RVS 304 en RVS 316 te gebruiken in de WKK en de aangekoppelde installaties. Bij de lagere temperaturen, zoals de rookgasreiniger wordt meer RVS 304 gebruikt. Bijv. rookgasreiniger (stalen kast) hoge temperatuur uitvoering 316; buizen 316; rookgaskoeler 304.
Temp. terugkoelwater ca. 40 °C (lage temp. groeinet). Bij droge koeling temp. 50 °C. Bij opstarten is alles koud en treedt condensatie op. Bij vaak starten: water verdampt, zuur blijft over, dus een continu risico op aantasten (vergelijking met Dode Zee)

Het gebruik van de installaties is per bedrijf verschillend, dus ook aantal starts en stops. Er zijn bedrijven met 8000, 6000, 4000 en 2000 draaiuren. Om te voorkomen dat zuur water plassen vormt in de installatie en indroogt is het gangbaar geworden om de WKK's op afschot te plaatsen.
Meetgegevens van een toeleverancier van de pH-condenswater: 2.5, 3.1, 2.85, 3.1, 2.9, (= rond pH 3).

Bijlage IV. Werking koude-unit voor ontvochtiging kaslucht





Voorbeeld kruisstroomwisselaar. Door de afkoeling van de warme kaslucht komt condenswater vrij.

Voorbeeld:
Kaslucht: 2 g H_2O/m^3 -> Kas: 50.000 m^3/ha bevat 100 liter water.

Bijlage V. Analysecijfers water (voedingsanalyse en zware metalen)

datum ontvangst	monster	pH	EC	NH4	K	Na	Ca	Mg	Si	NO3	Cl	SO4	HCO3	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	monster	pH	Al	Cr	Cu	Ni	Zn
			[mS/cm]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]	[µmol/l]	[µmol/l]	[µmol/l]	[µmol/l]	[µmol/l]	[µmol/l]				(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
23-01-2014	**RVS 304**	2.3	2.6	0.1	0.2	1.6	0.1	0.1	0.2	0.1	1.6	4.3	0.1	0.1	73.6	0.7	148.0	47.0	3.3	0.3	**RVS 304**	2.3	0.39	<0.05	0.21	0.59	9.70
23-01-2014	**RVS 304**	2.1	3.3	0.2	0.1	2.2	0.1	0.1	0.2	0.1	1.9	4.9	0.1	0.1	86.4	0.8	80.9	62.0	2.2	0.1	**RVS 316**	2.1	0.39	0.11	0.14	0.37	5.53
29-04-2014	**C1**	2.8	1.10	< 0.1	< 0.1	0.3	0.1	0.7	< 0.1	0.1	0.3	0.8	< 0.1	0.1	4.4	0.7	5.5	10.0	1.6	< 0.1	**C1**		0.31	<0.05	<0.1	<0.05	0.31
29-04-2014	**D1**	2.7	1.10	< 0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	0.1	1.5	< 0.1	0.1	2.2	0.2	5.6	9.0	1.4	< 0.1	**D1**		<0.1	<0.05	<0.1	<0.05	0.31
08-05-2014	**304**	2.6	1.4	< 0.1	0.1	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.1	1.6	< 0.1	< 0.05	59.4	0.9	2.6	10.0	0.4	0.1	**304**		<0.1	0.18	<0.1	0.19	0.15
08-05-2014	**316**	2.6	1.4	< 0.1	0.1	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	1.6	< 0.1	< 0.05	58.2	0.7	2.7	11.0	1.0	0.6	**316**		<0.1	0.18	<0.1	0.22	0.14
08-05-2014	**A2**	2.6	1.4	< 0.1	0.1	0.3	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	1.6	< 0.1	0.1	4.6	0.1	101.0	10.0	0.3	< 0.1	**A2**		0.38	<0.05	<0.1	<0.05	5.70
08-05-2014	**C2**	2.6	1.1	< 0.1	< 0.1	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.1	1.3	< 0.1	< 0.05	4.8	0.4	2.8	9.0	0.4	< 0.1	**C2**		0.31	<0.05	<0.1	<0.05	0.16
08-05-2014	**D2**	2.7	1.1	< 0.1	0.1	0.4	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	1.2	< 0.1	< 0.05	4.2	0.1	2.9	9.0	0.3	< 0.1	**D2**		0.14	<0.05	<0.1	<0.05	0.17
correctie op EC																											
23-1-2014	**304**	2.3	1.1	0.04	0.08	0.68	0.04	0.04	0.08	0.04	0.68	1.82	0.04	0.02	31.14	0.30	62.62	19.88	1.40	0.13	**304**		0.17	0.00	0.09	0.25	4.10
23-1-2014	**316**	2.1	1.1	0.07	0.03	0.73	0.03	0.03	0.07	0.03	0.63	1.63	0.03	0.02	28.80	0.27	26.97	20.67	0.73	0.03	**316**		0.13	0.04	0.05	0.12	1.84
29-4-2014	**C1**	2.8	1.1	< 0.1	< 0.1	0.30	0.10	0.70	< 0.1	0.10	0.30	0.80	< 0.1	0.05	4.40	0.70	5.50	10.00	1.60	< 0.1	**C1**		0.31	0.00	0.00	0.00	0.31
29-4-2014	**D1**	2.7	1.1	< 0.1	0.10	0.30	0.10	0.20	< 0.1	< 0.1	0.10	1.50	< 0.1	0.05	2.20	0.20	5.60	9.00	1.40	< 0.1	**D1**		0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
08-05-2014	**304**	2.6	1.1	< 0.1	0.08	0.31	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.08	0.08	1.26	< 0.1	< 0.05	46.67	0.71	2.04	7.86	0.31	0.08	**304**		<0.1	0.18	<0.1	0.19	0.15
08-05-2014	**316**	2.6	1.1	< 0.1	0.08	0.31	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.08	1.26	< 0.1	< 0.05	45.73	0.55	2.12	8.64	0.79	0.47	**316**		<0.1	0.18	<0.1	0.22	0.14
08-05-2014	**A2**	2.6	1.1	< 0.1	0.08	0.24	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.08	1.26	< 0.1	0.04	3.61	0.08	79.36	7.86	0.24	< 0.1	**A2**		0.38	<0.05	<0.1	<0.05	5.70
08-05-2014	**C2**	2.6	1.1	< 0.1	< 0.1	0.31	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.08	0.08	1.02	< 0.1	< 0.05	3.77	0.31	2.20	7.07	0.31	< 0.1	**C2**		0.31	<0.05	<0.1	<0.05	0.16
08-05-2014	**D2**	2.7	1.1	< 0.1	0.08	0.31	< 0.1	0.08	< 0.1	< 0.1	0.08	0.94	< 0.1	< 0.05	3.30	0.08	2.28	7.07	0.24	< 0.1	**D2**		0.14	<0.05	<0.1	<0.05	0.17
correctie op volume = 400 ml																											
23-1-2014	**304**	2.3	1.1	0.02	0.03	0.27	0.02	0.02	0.03	0.02	0.27	0.73	0.02	0.01	12.46	0.12	25.05	7.95	0.56	0.05	**304**		0.07	0.00	0.04	0.10	1.64
23-1-2014	**316**	2.1	1.1	0.03	0.01	0.29	0.01	0.01	0.03	0.01	0.25	0.65	0.01	0.01	11.52	0.11	10.79	8.27	0.29	0.01	**316**		0.05	0.01	0.02	0.05	0.74
29-4-2014	**C1**	2.8	1.1	< 0.1	< 0.1	0.12	0.04	0.28	< 0.1	< 0.1	0.12	0.32	< 0.1	0.02	1.76	0.28	2.20	4.00	0.64	< 0.1	**C1**		0.12	0.00	0.00	0.00	0.12
29-4-2014	**D1**	2.7	1.1	< 0.1	0.04	0.12	0.04	0.08	< 0.1	< 0.1	0.04	0.60	< 0.1	0.02	0.88	0.08	2.24	3.60	0.56	< 0.1	**D1**		0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
08-05-2014	**304**	2.6	1.1	< 0.1	0.03	0.13	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.03	0.03	0.50		< 0.05	18.67	0.28	0.82	3.14	0.13	< 0.1	**304**		<0.1	0.07	<0.1	0.08	0.06
08-05-2014	**316**	2.6	1.1	< 0.1	0.03	0.13	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.03	0.50		< 0.05	18.29	0.22	0.85	3.46	0.31	< 0.1	**316**		<0.1	0.07	<0.1	0.09	0.06
08-05-2014	**A2**	2.6	1.1	< 0.1	0.03	0.09	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.03	0.50		0.02	1.45	0.03	31.74	3.14	0.09	< 0.1	**A2**		0.15	<0.05	<0.1	<0.05	2.28
08-05-2014	**C2**	2.6	1.1	< 0.1	< 0.1	0.13	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.03	0.03	0.41		< 0.05	1.51	0.13	0.88	2.83	0.13	< 0.1	**C2**		0.12	<0.05	<0.1	<0.05	0.06
08-05-2014	**D2**	2.7	1.1	< 0.1	0.03	0.13	< 0.1	0.03	< 0.1	< 0.1	0.03	0.38		< 0.05	1.32	0.03	0.91	2.83	0.09	< 0.1	**D2**		0.06	<0.05	<0.1	<0.05	0.07

Opmerking

De resultaten van de voedingsanalyse zijn uitgedrukt in mmol/l en voor de sporenelementen in µmol/l. De cijfers van de zware metalenanalyse zijn door het analyselaboratorium aangeleverd in mg/l. Op het moment van monstername was dit de nauwkeurigheidsgrens, zoals door het laboratorium aangehouden.

Bijlage VI. Gewichtsmetingen metalen plaatjes en gewicht opgeloste ionen

1e ronde	gewicht plaatje (g)										
monster	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 7		max	min	verschil
RVS 304	113.5058	113.5036	113.5017	113.4956	113.4974	113.4995	113.5017		113.5058	113.496	0.0102
RVS 316	114.0599	114.0575	114.0557	114.0544	114.0534	114.0549	114.0551		114.0599	114.053	0.0065

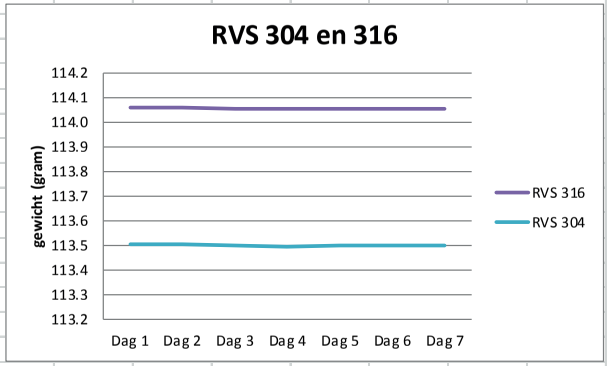
1e ronde	wateranalyse (mg/400 ml)									
monster	Na	Fe	Mn	Al	Cr	Cu	Ni	Zn		som g/400 ml
RVS 304	6.747	0.643	0.006	0.066	0.000	0.036	0.100	1.642		0.0092
RVS 316	6.228	0.696	0.007	0.052	0.015	0.019	0.049	0.737		0.0078

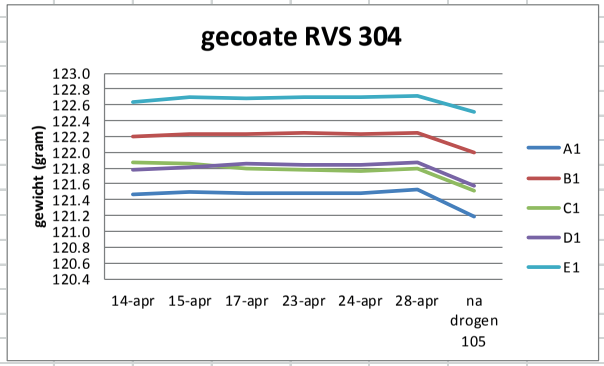
2e ronde	gewicht plaatje (g)									
Monster	14-apr	15-apr	17-apr	23-apr	24-apr	28-apr	na drogen 105		max	min	verschil
A1	121.4633	121.5059	121.4891	121.4815	121.478	121.5312	121.1897		121.5312	121.190	0.2736
B1	122.1982	122.2344	122.2363	122.2415	122.2365	122.2528	122.0023		122.2528	122.002	0.1959
C1	121.8698	121.8492	121.7982	121.774	121.7656	121.7933	121.5177		121.8698	121.518	0.3521
D1	121.7764	121.8163	121.8529	121.848	121.8439	121.8698	121.5838		121.8698	121.584	0.1926
E1	122.6399	122.6911	122.678	122.691	122.6917	122.7117	122.5058		122.7117	122.506	0.1341

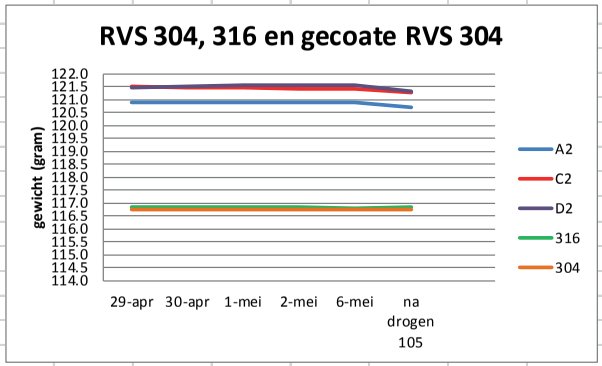
2e ronde	wateranalyse (mg/400 ml)										
Monster	Na	Mg	Fe	Mn	Al	Cr	Cu	Ni	Zn		som gram
A1											
B1											
C1	2.76	6.804	0.098	0.003	0.124	0.000	0.000	0.000	0.124		0.0099
D1	2.76	1.944	0.049	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.124		0.0049
E1											

3e ronde	gewicht plaatje (g)										
monster	29-apr	30-apr	1-mei	2-mei	6-mei	na drogen 105		max	min	verschil	na drogen
304	116.7394	116.7379	116.7374	116.7355	116.7322	116.7362		116.7394	116.7322	0.0072	0.0032
316	116.8201	116.8178	116.8176	116.8153	116.8124	116.8155		116.8201	116.8124	0.0077	0.0046
A2	120.8858	120.8935	120.8964	120.8982	120.8959	120.6929		120.8982	120.6929	-0.2053	0.1929
C2	121.5006	121.4492	121.4353	121.4232	121.4145	121.244		121.5006	121.244	0.2566	0.2566
D2	121.4611	121.5212	121.5343	121.5295	121.5367	121.306		121.5367	121.306	-0.2307	0.1551

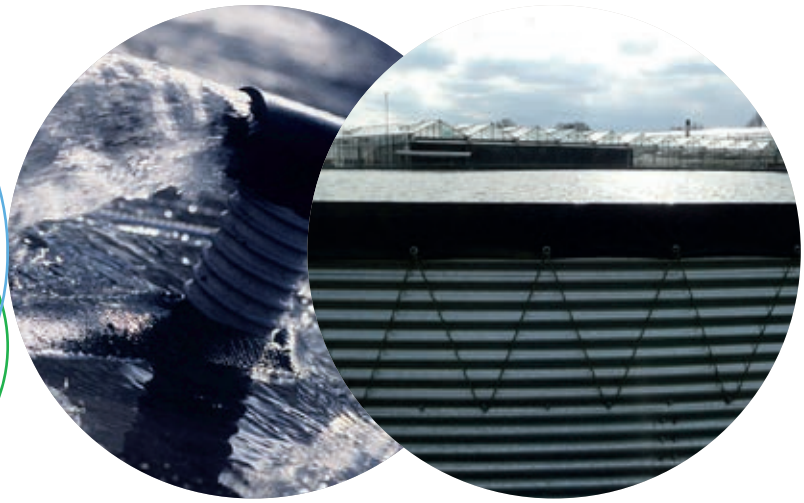
3e ronde	wateranalyse (mg/400 ml)										
monster	Na	Fe	Mn	Al	Cr	Cu	Ni	Zn	B	Cu	som gram
304	2.990	1.043	0.015	0.000	0.072	0.000	0.076	1.642	0.0340	0.0080	0.0059
316	2.990	1.021	0.012	0.000	0.072	0.000	0.088	0.737	0.0374	0.0200	0.0050
A2	2.070	0.080	0.002	0.152	0.000	0.000	0.000	0.060	0.0340	0.0060	0.0024
C2	2.990	0.084	0.007	0.124	0.000	0.000	0.000	0.056	0.0306	0.0080	0.0033
D2	2.990	0.074	0.002	0.056	0.000	0.000	0.000	2.280	0.0306	0.0060	0.0054







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



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1356

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

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