



# Glastuinbouw Waterproof: Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen (WP6)

Fase 1 - Desktop studie "Scenario's"

Jos Balendonck<sup>1</sup>, Lourens Feenstra<sup>2</sup>, Norbert Kuipers<sup>2,1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw<sup>2</sup> TNO-Apeldoorn

**TNO** innovation  
for life



## Referaat

Het project "Glastuinbouw Waterproof" wil een oplossing voor het lozen van drainwater creëren door het ontwikkelen van een systeem van waterkringloopsluiting voor de substraatteelt. Het werkpakket "Valorisatie" zoekt naar mogelijkheden om het concentraat - dat overblijft na zuivering op het bedrijf - elders nuttig te gebruiken. Fase 1 van deze haalbaarheidsstudie had als doel om kansrijke afzetroutes en opwerkingstechnieken te selecteren die in de tweede fase nader onderzocht zouden kunnen worden. Er zijn twee beschikbare waterstromen: de huidige afvalwaterstroom en het concentraat daarvan na vijfvoudige indikking door waterterugwinning. Voor een aantal afzetroutes zijn scenario's opgesteld en geëvalueerd, met als benchmark het lozen op het riool, waarbij gekeken is naar kwaliteitseisen, wetgeving, duurzaamheid en technische en economische haalbaarheid. Hergebruik als gietwater voor zouttolerante gewassen is de meest aantrekkelijke verwerkingsvariant. Ook kansrijk, maar in afnemende mate, zijn: aquacultuur (algenteelt), nutriënten hergebruik, meststofproductie (fosfaat), energie/organisch materiaal benutting en enkele lozings- en stortvarianten. Het indikken van de stroom voor zoutproductie (b.v. strooizout) is technisch moeilijk en economisch onaantrekkelijk. Hergebruik als gietwater in de kas is alleen kansrijk voor afvalwaterstromen met een laag natriumgehalte, waarbij dan alleen groeiremmers verwijderd moeten worden. Selectieve verwijdering van natrium is echter nog niet mogelijk, maar met nano-filtratie of capacatieve deïonisatie kan mogelijk een natriumarme en nutriëntrijke stroom gemaakt worden. Voor nutriëntenterugwinning, fosfaatmeststof en afbraak van organische microverontreinigingen zijn verder adsorptie, ionenwisseling, electro-dialyse, struvietprecipitatie, geavanceerde oxidatie met UV en waterstofperoxide en actief koolfiltratie als meest perspectiefvol geselecteerd. Voor toepassing in algenteelt en zouttolerante gewassen is in fase 2 een desktop studie uitgevoerd naar de potentie en bijbehorende onderzoeksvragen op middellange termijn.

## Abstract

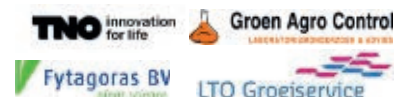
The project "Greenhouse Waterproof" wants a solution for the discharge of drainage water by developing a system of water cycle closure for hydroponic cultivation. The work package "Valorisation" herein explores opportunities for the concentrate - which remains after purification - for re-use elsewhere. Phase 1 of this feasibility study aimed at finding promising sales routes and processing techniques which in the second phase could be further investigated. There are two available streams: the current wastewater stream and the concentrate thereof after 80% water recovery. A number of disposal route scenarios were evaluated using discharge into the sewer as a benchmark, looking for quality, legislation, sustainability and technical and economic feasibility. Reuse as irrigation water for salt tolerant crops is the most attractive variant. As well promising, but in declining order, are: aquaculture, nutrient recycling, fertilizer production, energy/organic material utilization and some discharge and dumping variants. Production of dry salt by evaporation techniques is technically difficult and economically unattractive. Reuse as irrigation water in the greenhouse is promising for wastewater streams with low sodium content. Then only growth inhibitors must be removed. Selective removal of sodium is not yet possible, but with nano-filtration or capacitive deionization a sodium poor and nutrient rich flow can possibly be made. For nutrient recovery, phosphate fertilizer production and decomposition of organic micro pollutants, selected feasible techniques are adsorption, ion exchange, electro-dialysis, "struviet" precipitation, advanced oxidation with UV and hydrogen peroxide and activated carbon filtration. For the application in algae cultivation and salt tolerant crops in phase 2 a desktop study is carried out on the potential and associated research questions in the medium term.

© 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	Inleiding	11
	1.1 Probleemstelling	11
	1.2 Doelstelling en afbakening van het onderzoek	11
	1.3 Aanpak haalbaarheidsstudie WP6	12
	1.4 Leeswijzer	12
2	Overzicht huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraten	15
	2.1 Hoeveelheid toekomstige concentraatstromen (eerste ruwe schatting)	18
	2.2 Samenstelling toekomstige concentraatstromen	19
3	Mogelijke toepassingen concentraatstromen	21
	3.1 Inleiding	21
	3.2 Intrinsieke waarde van waardevolle componenten in de concentraatstroom	21
	3.3 Inventarisatie mogelijke toepassingen	22
	3.3.1 Zouttolerante teelt (T)	23
	3.3.2 Hergebruik als gietwater in kas (H)	24
	3.3.3 Aquacultuur	24
	3.3.4 Nutriënten hergebruik (N)	24
	3.3.5 Zoutproductie (Z)	25
	3.3.6 Energiebenutting(O)	25
	3.3.7 Lozing (L)	25
	3.4 Prioritering van de toepassingen	28
4	Inleiding	31
	4.1 Opwerkingsscenario's en procesroutes	31
	4.2 Scenario's voor de opwerking van de concentraatstromen	31
	4.2.1 Scenario 1: Lozen van huidige afvalwaterstroom (benchmark)	31
	4.2.2 Scenario 2 (a en b): Toepassing bij zouttolerante grond- of substraatteelt	32
	4.2.3 Scenario 3: Hergebruik als gietwater in kas	32
	4.2.4 Scenario 4 (a en b): Hergebruik nutriënten (in kas of elders)	33
	4.2.5 Scenario 5: Fosfaatmeststof	34
	4.2.6 Scenario 6: Toepassing bij algenteelt	34
	4.3 Beschrijving van procesroutes en onderliggende technologieën	35
	4.3.1 Zouttolerante substraat- of grondteelten (scenario 2)	35
	4.3.2 Hergebruik als gietwater in de kas (scenario 3)	36
	4.3.3 Hergebruik van nutriënten (in eigen bedrijf of elders; scenario 4)	36
	4.3.4 Fosfaatmeststof (scenario 5)	37
	4.3.5 Behandeling zoute concentraatstroom (scenario 3, 4 en 5)	38
	4.3.6 Verwijdering/afbraak van GBM (scenario 1, 3, 4, 5 en 6)	41
	4.3.7 Lozen op het riool of op oppervlaktewater (scenario 1, 3, 4 en 5)	42
	4.3.8 Lozen van de zoute concentraatstroom op zee (scenario 3, 4 en 5)	42
	4.3.9 Toepassing bij algenteelt (scenario 6)	43
	4.4 Beoordeling van de verwerkingsscenario's	45

5	Selectie van technieken	49
5.1	Technieken voor doorontwikkeling in labfase (korte termijn)	49
5.2	Technieken voor verdere desktop studie (middellange termijn)	50
6	Integratie WP5 en WP6 ten behoeve van zes verschillende tuinbouwbedrijfsituaties	51
6.1	Inleiding	51
6.2	Bedrijfssituaties	51
6.3	Huidige situatie	52
6.4	Concept ontzouting ingangswater	52
6.5	Concept Waterterugwinning	54
6.6	Concept Nutriëntenterugwinning	55
6.7	Concept Hergebruik als gietwater in de kas	57
7	Conclusies en aanbevelingen	59
8	Referenties	61
9	Afkortingenlijst	65
10	Definitielijst	67
10.1	Inhoudstoffen	67
10.2	Waterstromen (bedrijf in)	68
10.3	Waterstromen (bedrijf uit)	68
11	Bijlagen	71
11.1	Zouttolerante teelt (T)	71
11.1.1	T1 Zout-tolerante (grond)teelt (elders)	71
11.2	T2 Zout tolerante teelt naschakelen (eigen bedrijf)	74
11.3	Hergebruik als gietwater in kas (H)	75
11.4	Aquacultuur (A)	76
11.4.1	A1 Algenteelt (natte aquacultuur)	76
11.4.2	A2 Visteelt	78
11.4.3	A3 Schelp- en weekdierenteelt	80
11.5	Hergebruik van nutriënten (N)	82
11.5.1	N1 Hergebruik van nutriënten in de kas	82
11.5.2	N2 Hergebruik van nutriënten buiten de kas	82
11.5.3	N3 Fosfaatmeststof	83
11.6	Zoutproductie (Z)	85
11.6.1	Z1 Zoutproducten	85
11.7	Lozen (L)	86
11.7.1	L1 Lozen op zout water	86
11.8	L2 Lozen op (zoet) oppervlaktewater	88
11.8.1	L3 Lozen op riool	89
11.8.2	L4 Bodeminjectie/disposal lege zoutcavernes	90
11.8.3	L5 Stort/Landfill	91

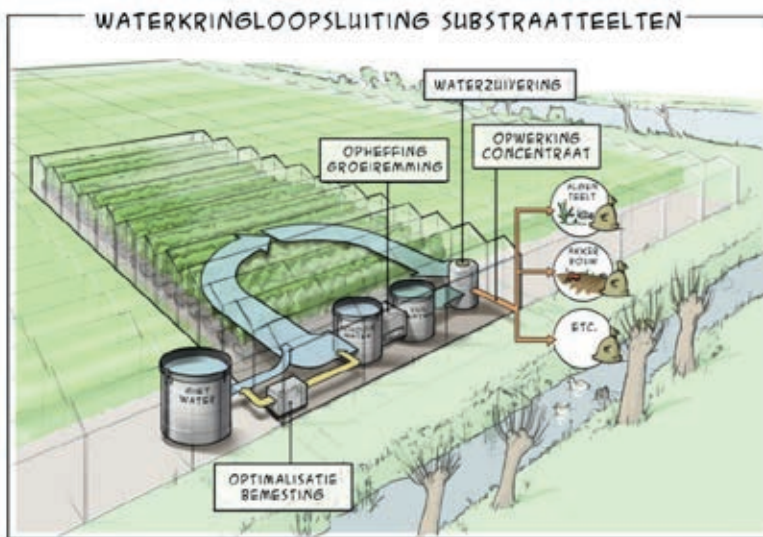
# Voorwoord

Deze studie (fase 1 en fase 2) is uitgevoerd als Werkpakket 6 (Valorisatie) in het kader van het KRW-project “Glastuinbouw Waterproof - substraatteelten”, in opdracht van AgentschapNL, en onder verantwoordelijkheid van het Productschap Tuinbouw (Zoetermeer). De overall projectleiding was in handen van Joke Klap (Productschap Tuinbouw). Voor de technisch inhoudelijke kant van het algehele project was Ellen Beerling van Wageningen-UR Glastuinbouw verantwoordelijk. Het werkpakket 6 (Valorisatie) werd geleid door TNO-Earth and Environmental Sciences (Apeldoorn), in de persoon van Raymond Creusen. Binnen dit werkpakket was Lourens Feenstra (TNO) inhoudelijk uitvoerder voor de verkenning van fase 1. Jos Balendonck (Wageningen-UR Glastuinbouw) was verantwoordelijk voor de uitvoering van de desktopstudie naar de haalbaarheid van valorisatie in andere teelten (fase 1 en 2).

Bij het algehele onderzoek “Glastuinbouw Waterproof-substraatteelten” zijn een groot aantal partijen betrokken. Deze zijn: Wageningen UR Glastuinbouw, TNO, Groen Agro Control, Fytagoras, LTO Groeiservice, Bruine de Bruin BV, Priva BV, Stolze BV, Hellebrekers Technieken, Waterschap Peel en Maasvallei, Hoogheemraadschap van Delfland, Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, Bayer CS, Syngenta, BASF.

Binnen dit specifieke onderzoek gaat onze dank uit naar alle bedrijven en personen die door middel van adviezen en commentaren hun input aan deze verkenning hebben gegeven. In het bijzonder was dit het expertpanel bestaande uit: Guus Meis (LTO Noord Glaskracht), Hay Koppers (Reststoffenunie), Jules van Lier (TU Delft), Grietje Zeeman (WUR), Jan Ketelaars (WUR).

Jos Balendonck  
Wageningen, 17 mei 2011



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

De resultaten zijn weergegeven in de volgende rapporten:

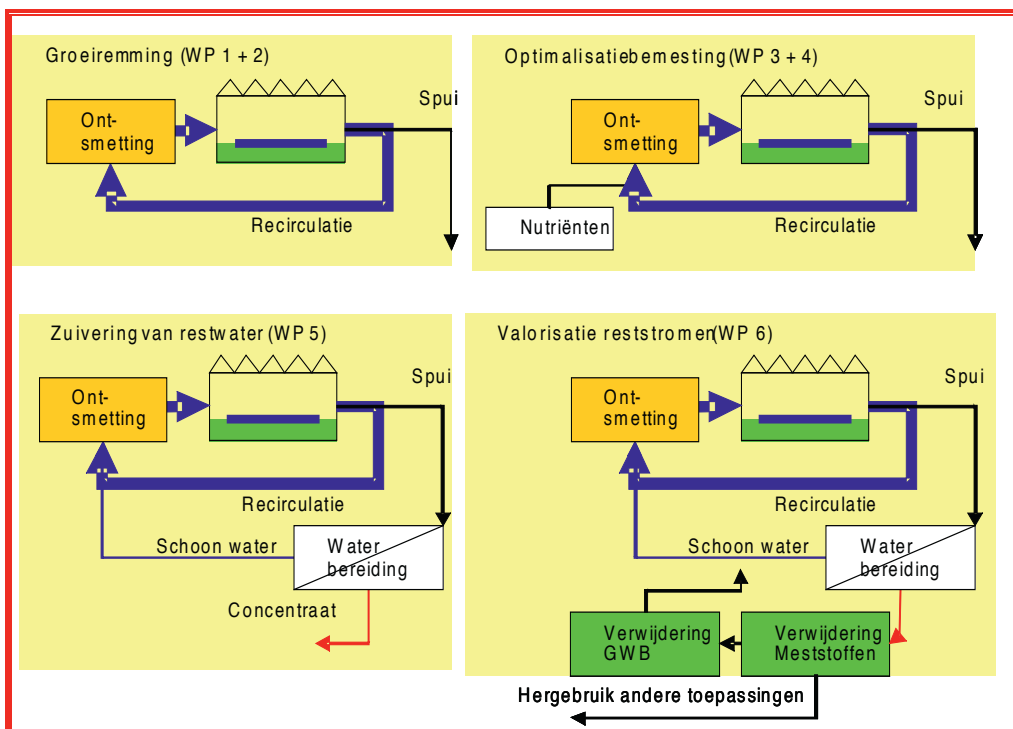
- Maas, B van der; Os, E van; Blok, C; Beerling, E & Enthoven, N (2012). Zuivering recirculatiewater in de rozenteelt, duurproef. Werkpakket 1. Wageningen UR Rapport GTB-1198
- Maas, B van der; Raaphorst, M & Beerling, E (2012). Monitoren bedrijven met toepassing van geavanceerde oxidatie als waterzuiveringsmethode. Werkpakket 1. Wageningen UR Rapport GTB-1199
- Maas, B van der; Meijer, R; Driever, S; Warmenhoven, M; Boer, P de; Blok, C; Marrewijk, I; Holtman W; Oppedijk B (2012). Opsporen en meten van groeiremming vanuit het recirculatiewater. Werkpakket 2. Wageningen UR Rapport GTB-1200
- Gieling, T; Blok, C; Maas, B van der; Os, E van & Lagas, P (2012). Literatuurstudie ion-specifieke meetmethoden. Werkpakket 3. Wageningen UR Rapport GTB-1195
- Boer-Tersteeg, P de; Winkel, A van; Steenhuizen, J; IJdo, M; Eveleens, B & Blok, C (2012). Een blauwdruk voor optimaal hergebruik van drainwater getoetst op 5 bedrijven. Werkpakket 4. Wageningen UR Rapport GTB-1196
- Jurgens, R; Appelman, W; Kuipers, N; Feenstra, L; Creusen, R; Os, E van; Bruins, M & Balendonck, J (2010). Haalbaarheidsstudie zuiveringstechnieken restant-water substraatteelt. Werkpakket 5. TNO rapport TNO-034-UT-2010-02389
- Jurgens, R; Appelman, A; Zijlstra, M; Creusen, R; Os, E. van (2012). Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt - WP5-onderzoek fase 2 (laboratorium onderzoek). TNO Rapport
- Appelman, A; Creusen, R; Jurgens, R; Medevoort, J van; Zijlstra, M; Os, E. van (2012). Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt - WP5-onderzoek fase 3 (pilotonderzoek membraandestillatie). TNO Rapport
- Feenstra, L; Balendonck, J & Kuipers, N (2011). Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen. Fase 1 - Desktop studie "Scenario's". Werkpakket 6. Wageningen UR Rapport GTB-1203
- Feenstra, L; Nijhuis, M; Bisselink, R; Kuipers, N; Jurgens, R (2012). Valorisatie van concentraatstromen. Fase 2 - Laboratoriumonderzoek. TNO-rapport | TNO-060-UT-2012-01396
- Balendonck, J; Feenstra, L.; Os, E van; Lans D van der (2012). Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen. Fase 2 - Desktop studie afzetmogelijkheden van concentraat als meststof voor andere teelten. Werkpakket 6. Wageningen UR Rapport GTB-1204
- Os, E van; Jurgens, R; Appelman, W; Enthoven, N; Bruins, M; Creusen, R; Feenstra, L; Santos Cardoso, D; Meeuwse, B & Beerling, E. (2012). Technische en economische mogelijkheden voor het zuiveren van spuiwater. Wageningen UR Rapport GTB-1205

# Samenvatting

De waterkwaliteitsnormen voor emissie van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten worden in een aantal glastuinbouwgebieden in Nederland overschreden. Hoewel glastuinbouwbedrijven met substraatteelt al recirculatie moeten toepassen, wordt er naast bedrijfsafvalwater ook spuiwater (drainwater) geloosd dat als gevolg van de accumulatie van zouten (natrium), groeiremmende stoffen of vanwege de risico's op ziekten in het wortelmilieu niet meer kan worden hergebruikt.

Het project "Glastuinbouw Waterproof substraatteelt - waterkringloopsluiting op bedrijfsniveau" wil een oplossing voor het lozen van de glastuinbouw genereren door het ontwikkelen van een systeem van waterkringloopsluiting voor substraatteelt. Het doel is om de genoemde emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater of riool te voorkomen door het hergebruik van drainwater te maximaliseren en het restantwater te zuiveren en valoriseren. Hierbij staat een integrale aanpak centraal met aandacht voor het opheffen groeiremming (werkpakket 1 +2), optimalisatie bemesting (werkpakket 3 + 4) en waterkringloopsluiting door waterzuivering en valorisatie van concentraatstromen (werkpakket 5 + 6). Door de betrokkenheid van de sector in het project zal de te ontwikkelen oplossing een brede acceptatie en implementatie in de glastuinbouwsector moeten krijgen.

Het project is opgedeeld in een aantal werkpakketten waarbij werkpakket 6: "Valorisatie van concentraatstromen" zich richt op welke wijze de concentraatstromen, die ontstaan bij toepassing van een additionele zuiveringstechniek van drainwater (werkpakket 5) in de substraatteelt in Nederland, tot herbruikbare grondstoffen of gewenste producten opgewerkt kunnen worden.



Figuur 1. Overzicht deelstudies en werkpakketten.

Dit rapport presenteert de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie van Fase 1 van werkpakket 6 die tot doel heeft om onderwerpen en technieken te selecteren en te evalueren die in de volgende fase van het onderzoek kunnen worden onderzocht en ontwikkeld naar toepassing voor de opwerking van de concentraatstromen.

De haalbaarheidsstudie is gestart met het opstellen van een overzicht van de hoeveelheid en samenstelling van de huidige afvalwaterstroom en het concentraat van WP5, waarin voor de modelgewassen roos, paprika, gerbera en tomaat, drie verschillende concepten zijn geformuleerd:

- 1 Ontzouting van ingenomen water (concentraat 1 is een zoute brijnstroom),
- 2a Waterterugwinning uit afvalwaterstromen (2a) (concentraat 2a is een waterstroom met zouten, nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen (GBM) en organische microverontreinigingen (OMV) waaronder groeiremmers)
- 2b Nutriëntenterugwinning en waterterugwinning uit afvalwaterstromen (concentraat 2b bevat voornamelijk zouten, GBM, OMV en een restant nutriënten) .

Omdat uit het vervolgonderzoek van WP5 nog moet blijken in welke mate de afvalwaterstroom is te concentreren en of nutriëntenterugwinning wel of niet haalbaar is, wordt vooralsnog uitgegaan van twee concentraatstromen 1) en 2a). Aangenomen is dat de stroom 2a) is ontstaan door een vijfvoudige indikking van de huidige afvalwaterstroom .

Van de mogelijke toepassingen van de huidige afvalwaterstroom en de toekomstige concentraatstromen zijn de volgende als het meest interessant geïdentificeerd: hergebruik als gietwater in kas, zouttolerante teelt (eigen bedrijf of elders), aquacultuur (algenteelt, eventueel in combinatie met visteelt), nutriënten hergebruik (terugwinning) in eigen kas of elders, meststofproductie, zoutproductie, energie/organisch materiaal benutting en enkele lozings- en stortvarianten.

Met het oog op terugwinning zijn de aanwezige nutriënten in de concentraatstroom het meest interessant. Enkele toepassingen die goed scoren zijn hergebruik als gietwater in de kas, gebruik als gietwater voor zouttolerante gewassen en hergebruik van nutriënten in de kas. Sommige toepassingen zoals hergebruik als gietwater in de kas en hergebruik van nutriënten in de kas stellen strenge specifieke eisen aan de afvalwaterstroom en de concentraatstroom, terwijl andere toepassingen zoals gietwater voor zouttolerante teelt, zoutproduct en droge stort geen of nauwelijks specifieke eisen stellen aan de samenstelling van de afvalwaterstroom. Verder moet worden opgemerkt dat de (milieu)wet- en regelgeving bij externe toepassingen zoals bijvoorbeeld de terugwinning van nutriënten (bijv. fosfaatmeststof) en algenteelt een belangrijk aandachtspunt is.

Voor de meest interessante toepassingen zijn scenario's opgesteld, waarbij is aangegeven op welke wijze de huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom moet worden behandeld c.q. moet worden opgewerkt en welke technieken hiervoor in aanmerking komen. Hierbij is als benchmark een scenario beschouwd, waarin de huidige afvalwaterstroom wordt geloosd op het riool of op het oppervlaktewater, met als uitgangspunt dat hierbij wordt voldaan aan de verplichtingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Bij dit scenario zullen GBM uit de te lozen stroom moeten worden verwijderd evenals de nutriënten N en P (bij lozing op oppervlaktewater).

De verwerkingsscenario's zijn beoordeeld op een aantal belangrijke criteria zoals duurzaamheid, technische haalbaarheid, ontwikkelingsperspectief en kosten. Uit de beoordeling van de scenario's blijkt dat hergebruik van de huidige afvalwaterstroom of de toekomstige concentraatstroom als gietwater voor zouttolerante gewassen de meest aantrekkelijke verwerkingsvariant is. Ook de scenario's waarbij de nutriënten worden teruggewonnen voor hergebruik in de kas en de resterende concentraatstroom kan worden geloosd, scoren goed. Iets minder hoog scoort het benchmark scenario lozen van de huidige afvalwaterstroom, het scenario hergebruik als gietwater in de kas, productie van een fosfaatmeststof en een scenario waarbij de huidige afvalwaterstroom of de concentraatstroom wordt gebruikt voor de algenteelt.

Hergebruik van de totale stroom als gietwater in de kas lijkt alleen kansrijk voor afvalwaterstromen met een laag natriumgehalte. In dat geval is alleen de verwijdering van groeiremmende stoffen een vereiste. De selectieve verwijdering van natrium uit een omgeving met onder andere eenwaardige ionen zoals kalium en nitraat is met de huidige generatie technieken niet mogelijk. In hoeverre dit op de langere termijn wel zal gaan lukken is nog maar de vraag. Deze stoffen verschillen zo weinig in fysische eigenschappen, dat selectieve winning alleen maar mogelijk lijkt m.b.v. affiniteitscheidingen. Misschien is de niet selectieve verwijdering van natrium (met kalium) door bijvoorbeeld de inzet van nanofiltratie of capacatieve deionisatie een mogelijkheid om alsnog een natriumarme en nutriëntrijke stroom te verkrijgen.

De scenario's waarbij een zoute stroom niet wordt geloosd, maar wordt ingedikt tot een droog zoutproduct scoren slecht (technisch moeilijk en economisch onaantrekkelijk wegens hoge opwerkingskosten en lage opbrengst tot bv. strooizout).



Met betrekking tot de verwerkingsscenario's voor de huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstromen moet worden opgemerkt dat de gekozen oplossingen van toepassing zijn voor bestaande bedrijven. Voor nieuw in te richten gebieden en bedrijven komen mogelijk ook andere alternatieven in aanmerking met meer de nadruk op een collectieve aanpak. Ook voor bestaande bedrijven geldt dat een collectieve aanpak bij een aantal scenario's voor de hand ligt, bijvoorbeeld bij de afzet van concentraat naar algenteelt, lozing van brijn en/of concentraat op brak water (collectieve afvoer) en indikking van de brijn en/of concentraat tot een zoutproduct.

De volgende onderwerpen en technieken zijn als perspectiefvol geïdentificeerd en worden in de vervolgfase nader onderzocht.

*Tabel 1. Overzicht perspectievolle technieken en bewerkingsscenario's.*

Onderwerp	Meest perspectievolle technieken
Nutriëntenterugwinning	Adsorptie, ionenwisseling, elektrolyse, nanofiltratie en capacatieve deïonisatie
Fosfaatmeststof	Struvietprecipitatie
Afbraak OMV	Geavanceerde oxidatie met UV en waterstofperoxide, actief koolfiltratie

Voor algenteelt en zouttolerante gewassen is geconcludeerd dat toepassing op de korte termijn niet haalbaar lijkt. Voor deze procesroutes wordt in de tweede fase van WP6, een desktop studie uitgevoerd naar de potentie en bijbehorende onderzoeksvragen op middellange termijn.



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

De geldende waterkwaliteitsnormen voor gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten worden in gebieden met glastuinbouw veelvuldig overschreden, zo blijkt uit metingen van de waterschappen ([www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl](http://www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl)). Ondanks reeds bestaande interne recirculatie van drainwater, wordt tussen de 10% en 40% van de gebruikte hoeveelheid gietwater geloosd op het riool of het oppervlaktewater. Redenen hiervoor zijn het voorkomen van gewasschade en groeiremming als gevolg van accumulatie van zouten (natriumchloride) en/of een – nog onbekende – groeiremmende factor in het recirculatiewater. Ziekten in het wortelmilieu, en de verspreiding daarvan, zijn op zich geen reden voor lozing.

In het geloosde water bevinden zich nitraat, fosfaat en gewasbeschermingsmiddelen, die soms vele malen de MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico) overschrijden (Rapport Hollandse Delta, 2009). De aangetroffen gewasbeschermingsmiddelen zijn niet alleen stoffen die aan het wortelmilieu zijn toegediend (zogenaamde druppeltoepassingen), maar ook stoffen die als ruimte- of gewasbehandeling worden toegepast. De inspanningen die de sector heeft geleverd (en levert) om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen terug te dringen door het ontwikkelen en toepassen van geïntegreerde bestrijding, heeft tot nu toe onvoldoende verbetering van de waterkwaliteit opgeleverd. Het ontwikkelen en het verkrijgen van een toelating voor milieuvriendelijke alternatieven gaat langzaam.

Om aan de verplichtingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Nitraatrichtlijn te kunnen voldoen zijn aanvullende maatregelen nodig om de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen verder terug te dringen. De meest kansrijke oplossingen liggen op het terrein van a) verminderen van hoeveelheid en frequentie van te lozen drainwater, b) het zuiveren van het restant lozingswater zodat dit hergebruikt kan worden in het teeltproces, en c) het terugwinnen van nutriënten uit het restant lozingswater en hergebruiken daarvan in het teeltproces. Indien dit niet (volledig) mogelijk is, zal het restant lozingswater zodanig moeten worden bewerkt dat het nuttig (valorisatie) anders toegepast kan worden of geloosd kan worden volgens de huidige wetgeving.

## 1.2 Doelstelling en afbakening van het onderzoek

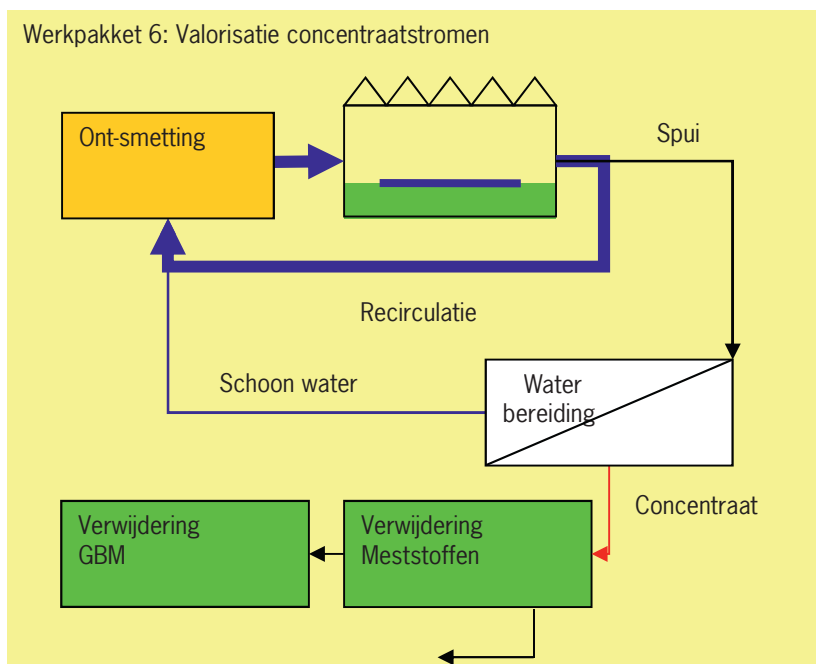
Het doel van werkpakket 6 is te onderzoeken op welke wijze de concentraatstromen, die ontstaan bij toepassing van een additionele zuiveringstechniek in de substraatteelt in Nederland, tot herbruikbare grondstoffen of gewenste producten opgewerkt kunnen worden.

In Figuur 2. is het beoogde doel van WP6 schematisch weergegeven.

De doelstellingen van de uitgevoerde haalbaarheidsstudie zijn om toepassingsmogelijkheden en procesroutes voor deze concentraatstromen te identificeren, beoordelen en selecteren om richting te geven aan de vervolgonwikkeling en implementatie/toepassing van de meest belovende opwerkingstechnieken voor de valorisatie van de concentraatstromen.

De volgende eindresultaten van de haalbaarheidsstudie worden opgeleverd:

- o Een overzicht en beoordeling van de afzetmogelijkheden en toepassingen van de concentraatstromen.
- o Beschrijving en beoordeling van de meest interessante procesroutes voor de valorisatie van de concentraatstroom, inclusief de onderliggende opwerkingstechnologieën.
- o Selectie van één of meerdere technieken voor doorontwikkeling op laboratoriumschaal.



Figuur 2. Schematische weergave doel WP6.

## 1.3 Aanpak haalbaarheidsstudie WP6

De haalbaarheidsstudie omvat de volgende activiteiten:

- o **Input stromen:** inventarisatie, analyse en classificatie van (representatieve) toekomstige concentraatstromen naar economische waarde, samenstelling en kwantiteit (beschikbaarheid, in volume en tijd), bedrijfsafkomst en teelt;
- o **Output stromen:** identificatie van potentieel waardevolle productstromen (toepassingen en afzetmarkten) naar economische waarde, vereiste hoeveelheid en beschikbaarheid, samenstelling en kwaliteit;
- o **Classificatie procesroutes:** prioritering van potentieel waardevolle productstromen volgens “Ladder van Lansink” en applicatiegebied (chemie, food/feed, energie, afval, ...), d.w.z. productstroom(her)gebruik (intern/extern), hergebruik van waardevolle ingrediënten (vasteelt, algenproductie, composteren wormen, ...), energietoepassingen, en afval;
- o **Selectie procesroutes:** keuze van de meest belovende procesroutes om de representatieve concentraatstromen te behandelen tot de meest gewenste productstromen; waarbij rekening wordt gehouden met mogelijke toepassing op de korte termijn (voor 2015), middellange termijn (voor 2021) en lange termijn (voor 2027), aansluitend bij de termijnen van de KRW;
- o **Identificatie technologieën:** identificatie van mogelijke toepasbare technologieën (huidige c.q. te ontwikkelen innovatieve technologieën) voor de gekozen procesroutes (adsorptie, precipitatie, ionenwisseling, nanofiltratie, (elektro-)chemische processen, verdere concentratie middels bv Membraan Destillatie Kristallisatie, RO-kristallisatie);
- o **Selectie technologieën voor doorontwikkeling op labschaal:** bepaling potentiële haalbaarheid en selectie van de meest belovende technologieën voor gekozen procesroutes.

## 1.4 Leeswijzer

Het onderhavige rapport betreft de verslaglegging van de uitgevoerde haalbaarheidsstudie Valorisatie van concentraatstromen (WP6). Het rapport start in hoofdstuk 1 met een inleiding waarin de probleemstelling, doelstelling, afbakening en aanpak van het werkpakket worden beschreven.

Hoofdstuk 2 omvat een overzicht van de samenstelling en omvang van de huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstromen. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op mogelijke toepassingen van concentraatstromen, waarbij naast een inventarisatie tevens een beoordeling van de toepassingen plaatsvindt aan de hand van een aantal belangrijk geachte criteria. Hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan de wijze waarop de huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstromen geschikt kunnen worden gemaakt voor de meest interessante toepassingen. Hiertoe zijn opwerking scenario's beschreven en beoordeeld op hun geschiktheid.

In hoofdstuk 5 wordt voor een aantal verschillende bedrijfssituaties de samenhang getoond tussen de drie concepten voor het sluiten van de waterkringloop zoals beschreven in werkpakket 5 en de samenstelling en de afzetmogelijkheden van de hierbij vrijkomende afvalwater- en concentraatstromen, zoals beschreven in werkpakket 6.

Aan de hand van de resultaten uit de voorgaande hoofdstukken worden in hoofdstuk 6 technieken en onderwerpen voor doorontwikkeling in de laboratorium onderzoeksfase geselecteerd.

Hoofdstuk 7 tenslotte omvat de conclusies en aanbevelingen van het rapport.



## 2 Overzicht huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de samenstelling en omvang van de huidige afvalwaterstromen en van het concentraat dat vrijkomt bij toepassing van een of meerdere additionele zuiveringstechnieken op het bedrijf, gericht op sluiting van de waterkringloop (zie WP5). In WP5 wordt informatie gegeven over de samenstelling en omvang van de spui en van de andere afvalwaterstromen (filterspoelwater, waswater, teeltwisselingen, calamiteiten e.d.).

Tijdens de haalbaarheidsstudie is gebleken dat de tuinbouwwereld en de waterzuiveraars nogal verschillende terminologie gebruiken voor hun waterstromen. Ter verduidelijking is daarom in de Hoofdstuk 10 een overzicht opgenomen van de verschillende waterstromen en de benamingen die daarvoor gehanteerd worden<sup>1</sup>.

Als voorbeeld zijn de modelgewassen roos, paprika, gerbera en tomaat gekozen, omdat deze gewassen het merendeel van de teelt in de glastuinbouw representeren. De kengetallen (zie Tabel 2. en Tabel 3.) zijn bepaald op basis van een waterstromenmodel (Van Os, 2010). Daarbij is het spuiwater en het filterspoelwater als afvalwater meegeteld. Het afvalwater ten gevolge van teeltwisselingen en calamiteiten (ca. 20 m<sup>3</sup>/ha per gebeurtenis<sup>2</sup>) en het lekwater direct naar de ondergrond is daarin niet meegenomen. Brijn, afkomstig van een RO-installatie, waarbij een efficiëntie van 50% is verondersteld (50% brijn), zit hier ook niet in<sup>3</sup>. De waarden zijn evenredige gemiddelden voor teelten onder droge, normale en natte weersomstandigheden, en voor verschillende groottes van regenwater bassins (500, 1500 en 3000 m<sup>3</sup>). Verder is er onderscheid gemaakt voor het gebruik van additioneel gietwater uit de volgende bronnen: leidingwater met 1 of 1.8 mmol/l NaCl of grondwater met gebruik van een RO-installatie. In het totaal zijn er voor ieder gewas 27 scenario's (3x3x3) doorgerekend. De totale huidige afvalwaterstroom bevat water, zouten (voornamelijk NaCl), nutriënten (N,P,K), gewasbeschermingsmiddelen (GBM) en organische microverontreinigingen (OMV) zoals wortellexudaten, bacteriën, slijm en algen.

In welke mate bepaalde bedrijven een concentraatstroom hebben zal in de praktijk sterk afhangen van het type bedrijf, de daarop geïnstalleerde faciliteiten, en de beschikbaarheid en kwaliteit van aanvullend gietwater. Doordat de behoefte (gewasverdamping) en beschikbaarheid van water (natte/droge perioden) sterk door het jaar wisselt (zie Figuur 3.), zal de kwaliteit en hoeveelheid residuwater ook door het jaar variëren. Bij de presentatie van de getallen wordt daarom gerefereerd aan de hoeveelheid water in m<sup>3</sup> per oppervlakte (ha) van een gemiddeld bedrijf op jaarbasis over een gemiddeld jaar (jr). Het spui- en spoelwater wordt jaarrond (365 dagen) vrijwel continue geloosd. De brijnstroom komt voornamelijk vrij in de zomermaanden van maart tot september (ca. 180 dagen/jaar).

---

1 In een later stadium moet deze terminologie voor alle werkpakketten gestandaardiseerd worden, in ieder geval voor WP5 en WP6.

2 In sommige teelten kunnen deze gebeurtenissen zich 1 keer per maand voordoen.

3 Door optimalisatie van de RO-installatie is een hogere efficiëntie te realiseren, waardoor de brijnhoeveelheid kan afnemen tot 30% of zelfs 20% (TNO, 2010)

Tabel 2. Inschatting van de totale huidige afvalwaterstroom (spui + filterspoelwater) die wordt geloosd. (Voor alle bedrijven, inclusief die met een RO-installatie, 27 scenario's).

Gewas	Spui + Spoelwater Jaarlijks (min-max) $m^3/ha/jaar$	Gemiddeld per dag $m^3/ha/dag$	Maximum per dag $m^3/ha/dag$ *)	Areaal totaal $ha^{**}$	Aantal bedrijven
Tomaat	206 (117-764)	0,56	20,2	1.628	501
Paprika	199 (103-912)	0,55	17,1	1.331	347
Komkommer	Zie groenten			626	289
Aardbei	Zie groenten			268	392
Overige glasgroenten	Zie groenten			973	908
Groentent)	203	0,55	18,7	4.826	2.437
Roos	586 (176-2613)	1,61	36,5	532	265
Gerbera	506 (145-2116)	1,39	23,7	217	100
Overige snijbloemen	Zie bloemen			2.107	2.133
Overige planten, bloemen en potplanten	Zie bloemen			2.149	1.992
Bloement)	546	1,50	30,1	5.005	3.654
Totaal				9.831 **)	6.091

Tabel 3. Inschatting van de huidige brijnstroom die wordt geloosd.

Gewas	Brijn ***)	Gemiddeld per dag $m^3/ha/dag$	Maximum per dag****) $m^3/ha/dag$	Areaal totaal $ha^{*****}$
Tomaat	1280 (0-3083)	3,5	55	388
Paprika	905 (0-2727)	2,5	48	825
Roos	1447 (0-3522)	4,0	51	1009
Gerbera	1377 (0-3428)	3,8	51	135

\* De spui en filterspoelwaterstroom laat een zeer grote dynamiek zien welke sterk afhankelijk is van het weer, de regenbassin grootte en het al of niet gebruik van leiding- of osmosewater als aanvullend gietwater. Voor het scenario regenwaterbassin 500 m3 en het gebruik van leidingwater worden in een zeer droge zomer deze hoogste dagwaarden voor de spui en filterspoelwaterstromen gevonden.

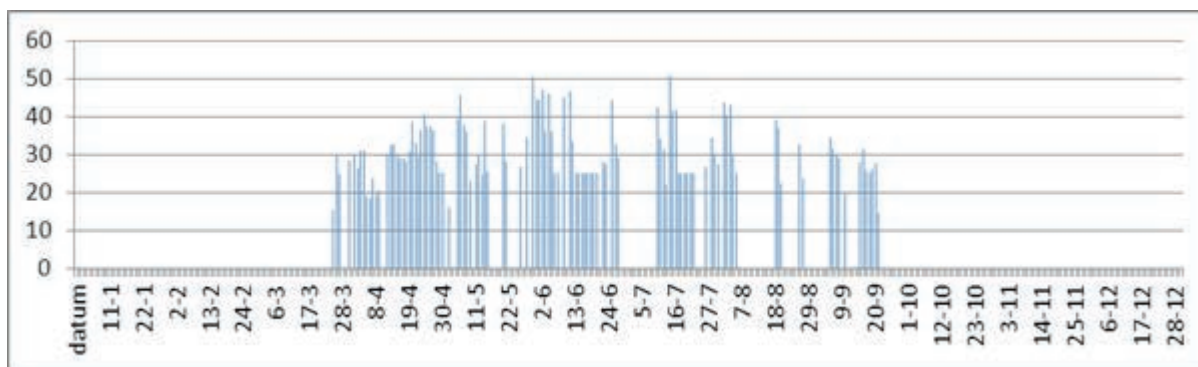
\*\* Het areaal roos, gerbera, paprika en tomaat zoals vermeld in CBS (2009) is nagenoeg voor 100% substraatteelt. Het totale areaal substraatteelt is 75% van alle teelten (ca. 7.500 ha).

\*\*\* Brijn is bepaald voor die bedrijven die een RO-installatie gebruiken voor aanvullend gietwater productie. Bij de bepaling van de hoeveelheid brijn (uit het waterstromenmodel van Os, 2010) is aangenomen dat de recovery 50% is.

\*\*\*\* Het areaal aan bedrijven dat een RO-installatie gebruikt komt voornamelijk voor in de kust provincies Zeeland, Zuid- en Noord-Holland. Het totale areaal glas in de kustprovincies (62%) is geschat op basis van areaal per provincie (Tabel 3.) en onder aanname dat de gewassen in alle provincies een gelijke onderlinge verdeling hebben. Niet alle bedrijven hebben op dit moment een RO-installatie. Er wordt geschat dat een derde van de bedrijven daadwerkelijk een RO-installatie hebben.

\*\*\*\*\* De brijnstroom laat een zeer grote dynamiek zien welke sterk afhankelijk is van het weer en de regenbassin grootte. Voor het scenario regenwaterbassin 500 m3 worden in een zeer droge zomer deze hoogste dagwaarden voor de brijn gevonden.  
†) Gemiddeld op basis van voorbeeld gewassen (roos, gerbera, tomaat, komkommer) en totalen voor hele glastuinbouw groenten en bloemen.





Figuur 3. Voorbeeld van de toepassing van een RO-installatie bij de teelt van Gerbera voor een droog referentiejaar bij toepassing van een 500 m<sup>3</sup> regenwaterbassin. Weergave van de trend van het RO-watergebruik in m<sup>3</sup>/ha/dag.

De plek in Nederland waar het bedrijf staat speelt een belangrijke rol bij de inschatting m.b.t. de kosten van aan- en afvoer van restproducten of de beschikbaarheid en nabijheid van andere faciliteiten (b.v. lozen op zee) maar ook met de manier waarop aanvullend water gebruikt wordt. In Zuid-Holland hebben bedrijven vaak een klein regenwater bassin (ruimtegebrek) en zullen zij veel reverse-osmose water gebruiken, in tegenstelling tot andere delen in Nederland waarbij veel grotere bassins gebruikt worden en waarbij het aanvullende water veel minder zouten bevatten. Kengetallen over arealen en aantallen bedrijven per provincie zijn te vinden bij het CBS (Glastuinbouwcijfers, CBS, 2009). De verdeling van aantal en areaal glastuinbouwbedrijven per provincie is gegeven in Tabel 3. De gemiddelde bedrijfsgrootte is ongeveer 2 ha, maar bedrijfsgroottes variëren van globaal 0,5 - 25 ha, en de trend is dat deze alsmaar zal toenemen.

Tabel 4. Verdeling tuinbouw onder glas per provincie (land- en tuinbouwcijfers 2010, LEI/CBS).

Regio's	Tot. oppervlak (ha)	Aantal bedrijven	Gem. bedrijfsgrootte (ha)
Zuid-Holland*)	5268	2752	1.9
Noord-Brabant	1430	882	1.6
Noord-Holland*)	969	808	1.2
Limburg	944	519	1.8
Gelderland	699	669	1.0
Drenthe	199	89	2.2
Flevoland	181	88	2.1
Zeeland*)	173	101	1.7
Utrecht	137	100	1.4
Overijssel	137	121	1.1
Friesland**)	122	60	2.0
Groningen	66	60	1.1

\* In deze provincies zal naar verwachting alleen gebruik gemaakt worden van RO-installaties voor natrium verwijdering. Het totale areaal in de kustprovincies is 63% van het totale areaal in Nederland.

\*\* In Friesland, in de nabijheid van de Waddenzee in het tuinbouwgebied Berlikum komt waarschijnlijk ook zout grondwater voor.

De totale omvang van de tuinbouw onder glas in Nederland (inclusief grondteelten welke ca. 25% van het totale areaal bedragen) is redelijk stabiel en is 10.324 ha in 2009, waaronder 4.862 ha glasgroenten en 5.005 ha bloemen en sierplanten. Het totaal aantal glastuinbouwbedrijven is 6.585 welk aantal de laatste 10 jaar nagenoeg gehalveerd is.

## 2.1 Hoeveelheid toekomstige concentraatstromen (eerste ruwe schatting)

De toekomstige concentraatstromen komen vrij bij toepassing van een of meerdere additionele zuiveringstechnieken op het bedrijf (zie WP 5). De samenstelling van de concentraatstromen zal dus afhangen van de keuze voor de additionele zuiveringstechniek(en) en welke waterstromen hierop worden aangesloten. In WP5 zijn drie verschillende concepten voor sluiting van de waterkringloop gepresenteerd, namelijk:

- o Ontzouting van het ingenomen water (1),
- o Waterterugwinning uit de afvalwaterstromen (2a), of
- o Nutriëntenterugwinning en waterterugwinning uit de afvalwaterstromen (2b).

Hierbij gaan we er vanuit dat er naast optie 1, gekozen kan worden voor een van beide opties 2a of 2b. Het resultaat is in beide gevallen een tweetal residustromen: (1) brijn, afkomstig als residu van bijvoorbeeld een RO-installatie voor zuivering van aanvullend water (brak grondwater of oppervlakte water) en (2a of 2b) afvalwater (spui e.a.) gedeeltelijk ontdaan van water en eventueel nutriënten. Uitdrukkelijk worden deze twee residustromen gescheiden gehouden omdat de samenstelling en dynamiek typisch verschillend zijn en mogelijk bij de valorisatie beter apart behandeld kunnen worden.

Bij schatting van de grootte van de eerste concentraatstroom (brijn) gaan we er vanuit dat deze stroom gekoppeld is aan het gebruik van aanvullend gietwater. Deze stroom is niet continu verdeeld over het jaar en ook niet overal in Nederland en bij verschillende teelten hetzelfde. Deze stroom zal het grootst zijn in gebieden waar men brak oppervlaktewater of grondwater in moet nemen, voornamelijk in de zomer wanneer de watervraag het grootst is en de regenwaterbassins nagenoeg leeg zijn. Ten aanzien van de spui- en afvalwaterstroom nemen we aan dat deze met een efficiëntie van minstens 80% (een indikkingfactor 5) ontwaterd zal kunnen worden, en gebruiken ook de getallen uit

Tabel 2. Deze ambitie is hoger dan de efficiëntie waarbij de RO-installaties die momenteel gebruikt worden in de glastuinbouw bij draaien (aangenomen recovery 50%) . Deze werken met lagere drukken, waardoor er minder energie gebruikt wordt, en waardoor er meer residu-water teruggepompt wordt in de grond. Het resultaat staat in Tabel 5.

Tabel 5. *Inschatting van de toekomstige concentraatstroom (na toepassing additionele bedrijfszuivering).*

Gewas	Spui + Spoelwater $m^3/ha/jaar^*$ ( $m^3/ha/dag$ ) **)	Brijn ***) $m^3/ha/jaar^*$ ( $m^3/ha/dag$ ) **)	Gecombineerde afvalwaterstroom****) $m^3/ha/jaar^*$ ( $m^3/ha/dag$ ) **)
Tomaat	41 (4,0)	1.115 (38,8)	1.156 (42,8)
Paprika	40 (3,4)	746 (34,3)	786 (37,7)
Roos	117 (7,3)	978 (21,8)	1.095 (29,1)
Gerbera	101 (4,7)	972 (32,0)	1.073 (36,7)

\* Gemiddelde waarden op jaarbasis, berekend over alle 27 scenario's. Maxima kunnen een factor 5 hoger zijn, minima kunnen tot een factor 3 kleiner zijn. Afwijkingen kunnen ontstaan ten gevolge van natte/droge jaren, groottes van de regenwater bassins en de beschikbaarheid en bronnen van aanvullend gietwater. De

\*\* Dit is de maximale waarde per dag (voor een klein (500 m<sup>3</sup>) regenwaterbassin in een droog referentiejaar.

\*\*\* Voor bedrijven die een RO-installatie gebruiken om aanvullend water te maken, is op de hoeveelheid brijn een correctie toegepast voor het minderverbruik aan osmosewater door hergebruik van gereinigd concentraat (een veronderstelde recovery van 80%). De maximale dagwaarden ontstaan voornamelijk in de zomer periode (maart-september).

\*\*\*\* De totale concentraatstroom voor bedrijven met zowel spui-, spoel- als brijnwater dat geloosd wordt.

De eerste ruwe schatting, gebaseerd op simulaties (van Os, 2010) laat globaal zien dat de toekomstige hoeveelheid concentraatsterk afhankelijk van het gewas, 40-120 m<sup>3</sup>/ha/jaar is. De hoeveelheid brijn is ca. 750 - 1115 m<sup>3</sup>/ha/jaar en daarmee snel een factor 10 groter dan de concentraatstroom. Simulaties hebben verder laten zien dat de spreiding in de concentraatstroom enorm kan zijn (een factor 0,3 - 5) voor de verschillende bedrijfssituaties. Ook de hoeveelheid brijn op jaarbasis kan variëren tussen 0 en een factor 2,5.

Voor de dimensionering van zuiveringssystemen zijn deze waterstromen op jaarbasis alleen van belang indien er voldoende opslagcapaciteit (buffering) voor afvalwater op het bedrijf aanwezig is. Omdat de waterstromen een sterk fluctuerend karakter hebben is het daarom zinvoller te kijken naar de dagelijkse maximale afvalwaterstromen. Ook deze stromen zijn weer afhankelijk van het gewastype, bassingrootte, de weersomstandigheden en de EC van het aanvullend water. Voor een zeer droog referentiejaar kan het spui- en filterspoelwater per dag tot 3,4 - 7,3 m<sup>3</sup>/ha bedragen. De brijn kan in die situatie maximaal 21,8 - 38.8 m<sup>3</sup>/ha bedragen. Indien er totaal geen bufferingscapaciteit op het bedrijf aanwezig is moet de capaciteit van een zuiveringstelsel dan 29 - 43 m<sup>3</sup>/ha/dag bedragen. Met voldoende buffering kan de capaciteit echter snel met een factor 10 teruglopen.

## 2.2 Samenstelling toekomstige concentraatstromen

Bij het eerste concept, beschreven in de vorige paragraaf (concept 1), komt een zoute brijnstroom vrij, vergelijkbaar met de huidige RO-brijnstroom. Bij het tweede concept (2a) komt een concentraatstroom vrij met daarin aanwezig zouten, nutriënten, GBM, en OMV (o.a. groeiremmers). Bij het derde concept (2b) worden een deel van de nutriënten selectief afgescheiden en zal de concentraatstroom voornamelijk zouten, GBM en OMV bevatten. Beoogd doel hierbij is om de aanwezige nutriënten in de afvalwaterstroom selectief af te scheiden uit de hoofdstroom en wel zodanig dat deze geschikt blijven voor hergebruik in de kas. In Tabel 6. zijn de concepten benoemd en is aangegeven welke concentraatstroom er vrijkomt.

Tabel 6. Concepten voor sluiting waterkringloop.

Concept	Stroom	Samenstelling concentraatstroom
Ontzouting van het ingenomen water	Zoute brijn	Zout (NaCl, + Ca, Mg, SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> )
Waterterugwinning uit de afvalwaterstromen	Concentraatstroom	Zout, GBM, OMV, Nutriënten
Waterterugwinning uit de afvalwaterstromen met (partiële) nutriëntenterugwinning	Concentraatstroom	Zout, GBM, OMV, Restant nutriënten

Omdat uit het vervolgonderzoek nog moet blijken in welke mate de afvalwaterstroom is in te dikken en of nutriëntenterugwinning wel of niet haalbaar is, wordt vooralsnog uitgegaan van twee verschillende soorten concentraatstromen. Een concentraatstroom met alleen zout (brijn) die qua samenstelling vergelijkbaar is met de huidige RO-brijnstroom en een concentraatstroom met daarin aanwezig zout, nutriënten, GBM en OMV. Voor wat betreft de samenstelling van de laatste concentraatstroom wordt er van uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom met een factor 5 ingedikt kan worden. In Tabel 7. is de samenstelling van de huidige spui, een concentraatstroom (na 5x indikken) en van een brijnstroom opgenomen<sup>4</sup>.

Tabel 7. Samenstelling huidige afvalwaterstroom, concentraat bij 5x indikken en brijn-RO (Van Os, 2010) \*).

Drain	Roos	Paprika	Gerbera	Tomaat	Gemiddeld	Gemiddeld	Concentraat	5x	5x	Brijn-RO
	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mg/l		mmol/l	g/l	mmol/l
EC (mS/cm)	2.86	3.51	2.86	4.8	3.5	3.5	EC (mS/cm)	17.5	17.5	14.1
NH <sub>4</sub>	0.65	0.13	0.65	0.13	0.4	7.0	NH <sub>4</sub>	1.9	0.04	0
NHCO <sub>3</sub>	16.23	22.07	16.23	29.86	21.1	295.4	NO <sub>3</sub>	105.5	1.5	0
K	6.49	6.49	7.79	10.39	7.8	303.8	K	39.0	1.5	2.1
Na	4	6.00	4	8	5.5	126.4	Na	27.5	0.6	87.2
Cl	2.6	1.95	2.6	7.79	3.7	132.4	Cl	18.7	0.7	118
PPO <sub>4</sub>	1.17	1.30	1.3	1.3	1.3	39.2	P	6.3	0.2	0
Ca	6.49	11.03	6.49	12.98	9.2	370.7	Ca	46.2	1.9	14.1
Mg	3.25	3.89	3.25	5.84	4.1	98.6	Mg	20.3	0.5	13
SO <sub>4</sub>	3.25	3.89	3.89	8.83	5.0	477.1	SO <sub>4</sub>	24.8	2.4	0.1
HCO <sub>3</sub>	1.3	1.30	1.3	1.3	1.3	79.3	HCO <sub>3</sub>	6.5	0.4	25.5

\* Data van RO-brijn afkomstig van grondwaterbron de Lier (Priva, 2010).

4 Bij 5 x concentreren kunnen gips, fosfaten en carbonaten neerslaan. Deze laatste is te verwijderen met zuur.

Als we naar het zoutgehalte kijken bevat het concentraat maximaal 1,9 g/l Ca, 1,5 g/l K, 0,6 g/l Na, 0,5 g/l Mg, 2,4 g/l SO<sub>4</sub> en 0,7 g/l Cl. Dat komt globaal overeen met een totaal zoutgehalte van ongeveer 5 gram per liter (waarvan 1,5 g/l NaCl)<sup>5</sup>. Overige ionen die in het concentraat aanwezig zijn, zijn onder meer 0,2 g/l P-PO<sub>4</sub>, 1,5 g/l N-NO<sub>3</sub> en 1,5 g/l K. Van de hierboven genoemde ionen worden N, P en K ook wel aangeduid als hoofdnutriënten en Ca, Mg en SO<sub>4</sub> als nutriënten. Het concentraat bevat dan ca. 3,2 g/l aan hoofdnutriënten.

Ten opzichte van de spui bevat de brijnstroom niet of nauwelijks N, P en SO<sub>4</sub> en lagere gehalten aan Ca, K en Mg. Daarentegen is het gehalte aan Na, Cl en bicarbonaat veel hoger in de brijnstroom (ca. 5 g/l NaCl). Totaal zoutgehalte van de brijn is vergelijkbaar met dat van het concentraat (ca. 5 g/l).

Naast de aanwezige zouten en nutriënten bevat het concentraat ook nog de volgende relevante stoffen:

- o ziekteverwekkende micro-organismen; Als het gaat om ziekteverwekkende micro-organismen (b.v. Pythium, Phytophthora, Fusarium en Rhizoctonia of bacteriën) is uit data van laboratoria tests bekend dat concentraties in de orde van 1.000 - 120.000 k.v.e/ml (kolonie vormende eenheden per volume) kunnen liggen.
- o niet schadelijke micro-organismen;
- o algen;
- o gewasbeschermingsmiddelen, bijvoorbeeld: imidacloprid, cyprodinil, spiroxamine, kreoxim-methyl;
- o overige organische microverontreinigingen (afscheidingsstoffen planten, humuszuren).

Er is nauwelijks iets bekend in de literatuur met betrekking tot de concentraties van deze stoffen in het recirculatiewater en zeker niet na eventuele additionele reiniging van het afvalwater. Als *et al.* iets bekend is, dan worden vaak COD (Chemical Oxygen Demand) en TOC (Total Organic Carbon) gebruikt als maat voor de aanwezige organische componenten. Bijvoorbeeld, in Van Os (1998) wordt gerapporteerd over een onderzoek naar de effectiviteit van langzame zandfilters (SSF) voor het verwijderen van pathogenen uit recirculatiewater bij een tomatenteelt. Voor het influent werden daar waarden voor COD= 0.61 mmol/l en voor BOD=0.10 mmol/l gevonden. Voor experimenten met rozen in relatie tot groeiremmers (Van Os, 2010a) is gezien dat het influent voor behandeling met geavanceerde oxidatie 10 mg/l C (TOC) en het effluent 6-8 mg/l C bevat. Ter vergelijking, een regenwater monster bevat 1.3 mg/l C.

---

5 Ter vergelijking: het zoutgehalte van zeewater is ongeveer 35 g/l (waarvan 24 g/l NaCl). Het concentraat is dus zeven keer minder geconcentreerd dan zeewater.

## 3 Mogelijke toepassingen concentraatstromen

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van mogelijke toepassingen van de concentraatstromen. Uitgangspunt hierbij is dat bij voorkeur de totale concentraatstroom zoveel mogelijk wordt hergebruikt (productthergebruik na verwijdering van ongewenste stoffen) of belangrijke/waardevolle componenten uit de concentraatstroom worden teruggewonnen en hergebruikt (materiaalhergebruik). In paragraaf 3.2. wordt ingegaan op de mogelijke waarde die de aanwezige componenten in de concentraatstroom vertegenwoordigd. Paragraaf 3.3 omvat een overzicht van mogelijke toepassingen van de concentraatstroom. In paragraaf 3.4 tenslotte worden de toepassingen beoordeeld op een aantal belangrijke criteria.

### 3.2 Intrinsieke waarde van waardevolle componenten in de concentraatstroom

De concentraatstroom bevat de volgende belangrijke componenten:

Tabel 8. Intrinsieke waarde van componenten in concentraat (5x hogere concentratie dan in huidige spui).

Component	Concentratie (factor 5)	Waarde	Waarde per m <sup>3</sup> concentraatstroom
Nutriënten totaal (N, P, K, Ca, Mg, SO <sub>4</sub> )	EC = 15 mS/cm ***)	€ 0,50/m <sup>3</sup> met EC van voedingsstoffen van 1,0 mS/cm ****)	€ 7,50
NaCl	1,5 g/l	€ 60/ton*)	€ 0,10
Schoon water	> 95%	€ 0,50 - 1,00 /m <sup>3</sup> **)	€ 0,50 - 1,00

\* betreft de waarde van strooizout; de zoutprijs is sterk afhankelijk van de zuiverheid. Alleen bij een hoge zuiverheid wordt een dergelijke prijs gegarandeerd (TNO, 2010)

\*\* betreft de waarde van schoon gietwater

\*\*\* Deze EC is bepaald door  $5 \times 3.5 \text{ mS/cm}$  (lozingsdrempel), gecorrigeerd voor het aandeel Natrium (ca. 15%) in de EC.

\*\*\*\* De waarde is aan de voorzichtige kant ingeschat, en sterk afhankelijk van de marktontwikkeling voor meststoffen.

Uit Tabel 3.1 blijkt dat de in de concentraatstroom aanwezige nutriënten de hoogste intrinsieke waarde hebben. Een nauwkeurige schatting van de waarde van de verschillende aanwezige nutriënten is echter lastig. Als we de vuistregel hanteren die ook LTO gebruikt voor de berekening van de waarde van nutriënten in de spui (€ 0,50 per m<sup>3</sup> met EC van voedingsstoffen van 1,0 mS/cm, dan bevat de spui per kuub een totale hoeveelheid aan nutriënten ter waarde van € 1,50 (EC = 3,5 mS/cm minus ca. 15% aandeel EC voor natrium geeft EC waarde van 3,0 mS/cm) (LTO, 2010). Het concentraat zal dan ongeveer het 5-voudige aan nutriënten bevatten met een waarde van ca. €7,50 /m<sup>3</sup>.<sup>6</sup> Bij een selectieve terugwinning van één of meerdere nutriënten zal de opbrengst naar verwachting veel lager zijn dan deze €7,50/m<sup>3</sup>. Zo wordt de waarde van fosfaat, bij terugwinning als fosfaatmeststof geschat op ca. €1,00 /m<sup>3</sup> (uitgaande van een geschatte waarde van de fosfaatmeststof van € 5,00/kg).

Als uit de concentraatstroom schoon gietwater wordt bereid, vertegenwoordigd dit een waarde van € 0,5 - 1,0 /m<sup>3</sup>. Het aanwezige NaCl, vertegenwoordigt een waarde van ca. € 0,10 /m<sup>3</sup> uitgaande van de waarde van strooizout. Het NaCl aanwezig in de brijnstroom (ca. 5 g/l) vertegenwoordigt een waarde van ca. € 0,30 /m<sup>3</sup>.

Uit de intrinsieke waardes van de aanwezige componenten kan worden geconcludeerd dat de aanwezige nutriënten een hogere waarde vertegenwoordigen dan het aanwezige zout.

6 Verondersteld dat bij de toepassing van de additionele zuivering de nutriënten niet selectief worden verwijderd.

### 3.3 Inventarisatie mogelijke toepassingen

In Tabel 9. is een opsomming gegeven van mogelijke toepassingen van de huidige afvalwaterstroom en van toekomstige concentraatstromen. Hierbij is onderscheid gemaakt in hergebruik van de totale afvalwaterstroom c.q. concentraatstroom en terugwinning van belangrijke/waardevolle componenten uit de afvalwaterstroom c.q. concentraatstroom. Omdat in werkpakket 5 de nadruk ligt op hergebruik c.q. terugwinning van water zijn naast toepassingen buiten de kas (buiten de glastuinbouw) ook toepassingen in de kas (in de glastuinbouw) meegenomen (o.a. hergebruik van nutriënten). Ook zijn een aantal lozingsvarianten opgenomen, waarbij geen terugwinning van grondstoffen plaatsvindt, maar de totale stroom al dan niet na opwerking wordt geloosd en of gestort. Voor wat betreft de concentraatstromen wordt onderscheidt gemaakt in een brijnstroom die alleen zouten bevat en een concentraat van de huidige spuistroom die naast zouten ook nutriënten, groeiremmers en GBM bevat.

Tabel 9. Inventarisatie van mogelijke toepassingen.

Indeling	Nr.	Mogelijke toepassing	Hergebruik	Residustroom	Vereiste opwerking	Opmerkingen
Hergebruik in kas	H1	Hergebruik als gietwater in kas	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	verwijdering van NaCl en groeiremmers	technische haalbaarheid twijfelachtig
Zouttolerante teelt (halofyten)	T1	gietwater zout tolerante (grond) teelt (elders)	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	GBM en pathogenen is mogelijk knelpunt	logistiek is ingewikkeld
	T2	gietwater zout tolerante teelt naschakelen (eigen bedrijf)	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	GBM en pathogenen is mogelijk knelpunt. Groeiremmers probleem bij identieke teelt	
Aquacultuur	A1	algenteelt	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	verwijdering GBM	economische hhh algenteelt twijfelachtig
	A2	visteelt **)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	combinatie visteelt en glastuinbouw (viswater dient als voedingswater voor kas)
	A3	Schelp- en weekdierenteelt	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	Verwijderen GBM en zware metalen	kan alleen in combinatie met algenteelt (organisch voedsel). Vers zout water nodig
Nutriënten hergebruik	N1	Hergebruik nutriënten in kas	nutriënten	concentraat	selectieve afscheiding/ concentreren nutriënten	
	N2	Hergebruik nutriënten buiten kas	nutriënten	concentraat	selectieve afscheiding/ concentrering nutriënten	
	N3	Fosfaatmeststof	nutriënten	concentraat	kristallisatie/ precipitatie	
Zoutproductie	Z1	zoutproducten (NaCl)	zouten	concentraat + RO-brijn	concentrerings + neerslaan zoutproducten (ZLD)*)	
Energie/org. materiaal	O1	(co-)vergisting samen met tuinafval	org. materiaal/ energie	concentraat	vergisting	te laag gehalte organisch (TOC 10 mg/l)
	O2	composteren samen met tuinafval (wormen)		concentraat	composteren	te laag gehalte organisch (TOC 10 mg/l)

Indeling	Nr.	Mogelijke toepassing	Hergebruik	Residustroom	Vereiste opwerking	Opmerkingen
Lozen	L1	lozen op zout water	geen	concentraat + RO-brijn	verwijdering nutriënten	hoge transportkosten
	L2	lozen op oppervlaktewater	geen	concentraat + RO-brijn	verwijdering zouten, GBM, nutriënten	zoutgehalte mogelijk te hoog
	L3	Lozen op riool	geen	concentraat + RO-brijn	verwijdering GBM (en zouten?)	zoutgehalte mogelijk te hoog
	L4	bodeminjectie/disposal lege zoutcavernes	geen	concentraat + RO-brijn	geen	niet toegestaan door bevoegd gezag
	L5	stort/landfill	geen	concentraat + RO-brijn	concentrering + precipitatie (ZLD)*	

\* ZLD = Zero Liquid Discharge systeem

\*\* Vooralsnog lijkt de toepassing van visteelt waarbij direct drainwater wordt gebruikt niet mogelijk. Huidige experimenten gaan uit van het gebruik van afvalwater van visteelt voor aanvullende bemesting van planten. De aangewezen route is mogelijk een tussenstap via algen opwerken van naar visvoer.

De mogelijke toepassingen voor de residustromen kunnen geïnclassificeerd worden in de volgende klassen, waarbij in iedere klasse een aantal toepassingen (zie Tabel 3.2.) onderscheiden kunnen worden:

- o Zouttolerante teelt (T)
- o Hergebruik in kas (H)
- o Aquacultuur (A)
- o Nutriënten hergebruik (N)
- o Zoutproductie (Z)
- o Energie/organisch materiaal productie (O)
- o Lozing (L)

Voor elk van deze toepassingen is een gedetailleerde beschrijving opgenomen in de bijlagen. Daarin worden de diverse toepassingen beschreven aan de hand van de volgende kenmerken:

- o In aanmerking komende stroom
- o Beschrijving van de toepassing
- o Eisen waaraan de concentraatstroom moet voldoen
- o Afzetvolume van de toepassing
- o Marktwaaarde van de toepassing
- o Huidige status van de toepassing

Hieronder worden de belangrijkste conclusies uit deze mogelijke toepassingen besproken.

### 3.3.1 Zouttolerante teelt (T)

Bij deze toepassing is het de bedoeling dat de totale stroom als gietwater worden gebruikt bij de teelt van zouttolerante gewassen (halofyten) zoals zilte groenten of landbouwgewassen, of door het gebruik van halofyten(filters) voor de verwijdering van nutriënten.

### 3.3.2 Hergebruik als gietwater in kas (H)

Bij deze toepassing wordt ervan uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom of een concentraatstroom kan worden hergebruikt als gietwater in de kas. Waterterugwinning uit de huidige afvalwaterstroom wordt al onderzocht in WP5 en nutriënten terugwinning c.q. hergebruik hiervan wordt ook separaat als toepassing in WP 5 en WP6 (§3.3.4.) beschouwd. Bij de onderhavige toepassing is het de bedoeling dat de totale stroom wordt teruggevoerd naar de kas en nagegaan wordt welke storende componenten voorafgaand aan de toepassing verwijderd moeten worden, terwijl bij waterterugwinning en bij nutriënten terugwinning de focus ligt op afscheiding van waardevolle componenten.

### 3.3.3 Aquacultuur

Aquacultuur omvat de kweek van schelpdieren, schaaldieren, zagers, algen, wieren en vissen. Daarnaast kan er ook combinatie of schakeling van teelten plaatsvinden, waarbij reststromen van de ene teelt als grondstof benut worden voor een andere teelt. Voor zilte productie kunnen verschillende groepen onderscheiden worden (Brandenburg, 2007):

- o Bulkproductie van (zilte) biomassa voor energieopwekking, biobrandstof etc.;
- o Veevoeder productie;
- o Productie van biomateriaal, het benutten van waardevolle componenten uit zilte productie;
- o Productie van (humaan of dierlijk) voedsel;
- o Productie van voedsel ingrediënten, gebruik van de inhoudstoffen;
- o Voor specifieke doeleinden.

### 3.3.4 Nutriënten hergebruik (N)

Uit paragraaf 3.2 blijkt dat de in de concentraatstroom aanwezige nutriënten (N) een belangrijke waarde vertegenwoordigen. De nutriënten vertegenwoordigen de hoogste waarde als deze na selectieve afscheiding (concentratie), weer in de eigen kas of een andere kas, kunnen worden benut (N1 en N2). Het alternatief is dat een meststof wordt geproduceerd uit de nutriënten, bijvoorbeeld precipitatie van fosfaat (en magnesium) tot struviet (N3).

Bij hergebruik in de kas is het de bedoeling dat de nutriënten in hun oorspronkelijke vorm blijven en selectief worden geconcentreerd in een stroom die weer gebruikt kan worden in de kas. Belangrijk hierbij is dat de nutriëntrijke stroom geen storende concentraties van componenten bevat zoals groeiremmers, natrium en chloride. Als hergebruik in de kas niet mogelijk is, kan worden gekeken naar toepassingen buiten de kas, bijvoorbeeld naar een minder kritisch gewas in de substraat- of grondteelt. Bij recycling van de nutriënten in de kas of bij hergebruik buiten de kas, wordt de waarde van de nutriënten maximaal benut.

Voor deze toepassingen is het mogelijk om de nutriëntstroom af te scheiden uit de huidige afvalwaterstroom of uit een concentraatstroom (na de waterbereiding). Een en ander is afhankelijk van de in aanmerking komende technieken voor het concentreren van de nutriënten en van de samenstelling van de nutriëntrijke stroom. En ook van de vraag of het voor de waterbereiding aantrekkelijk is dat mogelijk storende nutriënten zoals calcium, magnesium en fosfaat voorafgaand worden verwijderd. Het laboratoriumonderzoek zal moeten uitwijzen welke optie het meest aantrekkelijk is.

Als concentratie van de nutriënten geen haalbare optie is, kan worden overwogen om een meststof te produceren. Bijvoorbeeld struviet (magnesiumammoniumfosfaat). Struviet kan als een "langzame meststof" worden toegepast, mits er in de toekomst toestemming wordt verleend om struviet als zodanig te gebruiken. Bij deze toepassing wordt alleen de waarde van fosfaat verzilverd. De marktwaarde is bij deze toepassing dan ook lager dan bij direct hergebruik van de nutriënten in de kas.



### 3.3.5 Zoutproductie (Z)

Naast de toepassing van een fosfaatmeststof (N3) kan ook gedacht worden aan de toepassing van een of meerdere zoutproducten, bijvoorbeeld de toepassing als strooizout (Z1). Hiertoe dient de concentraat- of brijnstroom te worden ingedikt tot een bijna droog product. In paragraaf 3.2 is al opgemerkt dat de aanwezige zouten in de concentraatstroom een beperkte waarde hebben. Zout als product is relatief goedkoop. Bovendien geldt dat de eisen die aan de zoutproducten worden gesteld, hoog zijn. Voor een toepassing als zoutproduct (Z) komen verschillende aanwezige zouten in aanmerking (Na-, Ca-, Mg-zouten). Een mogelijke toepassing is die van strooizout (NaCl en CaCl<sub>2</sub>).

### 3.3.6 Energiebenutting(O)

Er zijn in eerste instantie twee toepassingen benoemd waarbij mogelijk de energie-inhoud van de concentraatstroom zou kunnen worden benut, namelijk door vergisting of composteren samen met tuinafval. Omdat het organisch stofgehalte van de concentraatstroom erg laag is (TOC < 10 mg/l) zijn dit echter geen reële opties en zijn deze toepassingen niet verder beschreven in dit hoofdstuk en in de factsheets. Ook is een verdere beoordeling van deze toepassingen achterwege gebleven.

### 3.3.7 Lozing (L)

Als hergebruik van de totale stroom of van de nutriënten en de zouten niet mogelijk is, resteren er een aantal lozings- en stortvarianten (L1 t/m L5), variërend van lozen op zee tot indikking tot een te storten droog afval. Ook kan deze toepassing mogelijk soelaas bieden in combinatie met andere toepassingen, bijvoorbeeld het lozen van een concentraatstroom die resteert nadat nutriënten zijn afgescheiden (voor hergebruik) en organische microverontreinigingen zijn verwijderd.

Lozen van zoute industriële residustromen op zee (L1) wordt incidenteel toegepast, in die gevallen waarbij bedrijven vlak bij zee zijn gesitueerd en er geen aanvaardbare alternatieve opwerkingsmogelijkheden mogelijk zijn. Hierbij dient het zoutgehalte van de afvalwaterstroom niet hoger te zijn dan dat van zeewater en mag het afvalwater geen storende concentraties van milieuvreemde stoffen bevatten (< achtergrondconcentraties van het ontvangende water). Logistiek gezien is deze toepassing een lastige. Afhankelijk van de omvang van de concentraatstroom kan de afvoer per tankauto plaatsvinden of via een aan te leggen leidingsysteem voor meerdere telers.

Het lozen van zoute afvalwaterstromen met een chloridegehalte hoger dan 200 mg/l op zoet oppervlaktewater is (momenteel) niet toegestaan. De huidige afvalwaterstromen, waaronder de spui van de drain, hebben een chloridegehalte van gemiddeld ca. 100 mg/l (afhankelijk van het type gewas; bij tomaat een hoger gehalte). Met het oog op een toekomstige lozing van residustromen op het oppervlaktewater (of op het riool), is het chloridegehalte dus een punt van aandacht.

De huidige RO-brijn zal in de meeste gevallen een veel hoger chloridegehalte bevatten dan 200 mg/l en kan dus niet worden geloosd op het riool of op het oppervlaktewater. Op dit moment zijn er ontheffingen voor het lozen van de brijn in de bodem (infiltratie) van omgekeerde osmose installaties voor gietwaterbereiding. In de toekomst zal deze optie waarschijnlijk slechts onder zeer strikte voorwaarden mogelijk blijven. Voor andere zoute residustromen van de glastuinbouw zal bodeminjectie waarschijnlijk niet worden toegestaan. Dit geldt ook voor de opslag van vaste of vloeibare afvalstromen in lege zoutcavernes.

Met betrekking tot de RO-brijn kan worden opgemerkt dat TNO in 2010 voor Productschap Tuinbouw een aparte studie heeft uitgevoerd naar de opwerking en hergebruik van brijnen (TNO, 2010). Samen met tuindersvereniging TTO is onderzocht wat de technische mogelijkheden zijn voor het verminderen dan wel voorkomen van brijn en is ook onderzocht welke alternatieve afzetmogelijkheden er zijn voor de resterende brijn, zowel binnen als buiten de glastuinbouwsector. De in deze studie genoemde alternatieve afzetmogelijkheden voor de brijn komen overeen met de in dit rapport genoemde toepassingen.

Tabel 10. Overzicht beschrijving kenmerken mogelijke toepassingen residustromen.

Nr.	Beoogde toepassing	Hergebruik	Afvalwater-stroom	Eisen Samenstelling	Eisen Wetgeving	Afzet-volume	Marktwaaarde	Status	Vereiste opwerking
T1	gietwater zout tolerante (grond) teelt (elders)	totale stroom	huidige afvalwater-stroom + brijn + concentraat (evt)	EC (zoutgehalte) is beperkt, geen GBM, plant pathogenen mogelijk beperkt	Lozing in open milieu is beperking (bv GBM, nitraat). Afbraak aantonen.	beperkt, moet nog groeien	max 1,75 euro/m <sup>3</sup>	van fundamenteel onderzoek tot pilots	verwijdering GBM, pathogenen, evt. "los van de grond telen" of kustgebieden.
T2	gietwater zout tolerante teelt naschakelen (eigen bedrijf)	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	Geen Pathogenen of groeiremmers.	Idem als voor eigen bedrijf/teelt	voldoende	max 1,75 euro/m <sup>3</sup>	onderzoek + enkele pilot	precisie toedieningstechniek
A1	algenteelt	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	geen GBM	Eindlozing na algenteelt, ruimte benutting	beperkt	max 1,75 euro/m <sup>3</sup>	onderzoek + enkele pilot	verwijdering GBM
A2	visteelt via cascadeteelt algen/weekdieren	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat, eventueel brijn	Warmte, biologisch materiaal, geen nutriënten, alleen vers zout water, geen GBM en toxische stoffen	WVA, Bestemmingsplannen	voldoende	max 1,75 euro/m <sup>3</sup>	pilot	filtering, biologisch, ontsmetting
A3	Schelp- en weekdierenteelt	totale stroom	huidige afvalwaterstroom + concentraat	organisch materiaal (algen), vers zout water, geen GBM en toxische stoffen	Bestemmingsplannen	voldoende	max 1,75 euro/m <sup>3</sup>	pilot	ontsmetting, verwijdering GBM en zware metalen
N1	Hergebruik nutriënten in kas	nutriënten	huidige afvalwaterstroom + concentraat	geen Na, geen groeiremmers	nvt	voldoende	max 1,75 euro/m <sup>3</sup>	?	selectieve afscheiding/ concentrering nutriënten
N2	Hergebruik nutriënten buiten kas	nutriënten	huidige afvalwaterstroom + concentraat	geen Na, geen groeiremmers	?	?	max 1,75 euro/m <sup>3</sup>	?	selectieve afscheiding/ concentrering nutriënten
N3	Fosfaatmeststof	nutriënten	concentraat		m.b.t. meststof; struviet nog niet toegestaan	op termijn voldoende	100 - 300 euro/ton (struviet) komt overeen met 0,2 - 0,6 euro/m <sup>3</sup>	niet toegepast	kristallisatie/precipitatie
Z1	zoutproducten (NaCl)	zouten	concentraat + brijn	productspecs strooizout 97% NaCl, max 4% vocht	ja?	voldoende	90 euro/ton (strooizout) komt overeen met 0,15 euro/m <sup>3</sup>	niet toegepast	concentrerung + precipitatie/kristallisatie zoutproducten (ZLD)*
L1	lozen op zout water	geen	concentraat + brijn	m.b.t. zouten (< zeewater), zm, GBM en nutriënten	ja, vergunning vereist	voldoende	negatief, lozingsheffingen	bestaand voor andere industriële zoute afvalwaterstromen	verwijdering nutriënten en GBM?
L2	lozen op oppervlaktewater	geen	concentraat + brijn	m.b.t. zouten (< 200 mgCl-/l), zm, GBM	Voor zoute stromen geen vergunning	voldoende	nvt	bestaand voor huidige afvalwater	verwijdering zouten, GBM, nutriënten
L3	Lozen op riool	geen	concentraat + brijn	max 200 mg/l Cl-	Voor zoute stromen geen vergunning	voldoende	negatief, lozingsheffingen	bestaand voor huidige afvalwater	verwijdering GBM (en zouten?)
L4	bodeminjectie	geen	brijn	?	onthefing voor huidige brijn RO	voldoende	nvt	bestaand	geen
L4	disposal lege zoutcavernes	geen	concentraat + brijn	nvt	niet toegestaan in NL	nvt	nvt	niet toegepast	indikking
L5	stort/landfill	geen	concentraat + brijn	vochtgehalte, milieu hygiënische eisen	kaderrichtlijn afvalstoffen	voldoende	> -100 euro/ton	bestaand voor andere afvalstoffen	concentrerung + precipitatie (ZLD)

\* ZLD = Zero Liquid Discharge systeem.

In Tabel 10. zijn de bevindingen samengevat. Afsluitend wordt in Tabel 11. de samenstelling van de huidige afvalwaterstroom, van het concentraat en van de RO-brijn vergeleken met de eisen die mogelijke toepassingen aan de concentraatstroom stellen. Voor iedere toepassing is met verschillende kleuren aangegeven aan welke componenten specifieke eisen worden gesteld. Uit Tabel 11. blijkt dat de toepassingen droge stort, fosfaatmeststof en zoutproduct geen specifieke eisen stellen aan de afvalwaterstroom. Daarentegen stellen de toepassingen hergebruik van de totale stroom in de kas en hergebruik van nutriënten in de kas juist strenge specifieke eisen aan de afvalwaterstroom. Voor hergebruik van de totale stroom in de kas geldt dat natriumchloride en groeiremmers moeten worden verwijderd. Voor hergebruik van nutriënten in of buiten de kas geldt als voorwaarde dat een nutriëntrijke stroom zal moeten worden afgescheiden. Van deze stroom zal het natrium- en chloride gehalte duidelijk lager moeten zijn dan die van de huidige spuistroom.

Voor de precipitatie van fosfaat tot struviet gelden geen specifieke eisen. Wel dienen fosfaat, magnesium en kalium aanwezig te zijn in de concentraatstroom en voor een optimale precipitatie worden eisen aan de verhouding tussen deze concentraties gesteld.

Voor de zouttolerante teelt en voor aquacultuur gelden waarschijnlijk specifieke eisen ten aanzien van de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen. Voor het lozen op zoet oppervlaktewater of op het riool is al genoemd dat het chloridegehalte van de concentraatstroom belangrijk is (maximum 200 mg/l). In de huidige afvalwaterstroom varieert het chloridegehalte van 69 mg/l (bij paprika) tot 276 mg/l (bij tomaat). Voor lozing op de riolering geldt verder dat de sulfaatconcentratie niet boven de 300 mg/l mag liggen (NEN 6487), de pH moet tussen 6.5 en 10 liggen (NEN 6411) en de temperatuur mag niet 30 °C overschrijden (NEN 6414). Voor het chloridegehalte gelden geen eisen. Het gemiddelde sulfaatgehalte in de afvalwaterstroom is 477 mg/l, zodat lozen op het riool voor sulfaat mogelijk overschrijdingen tot gevolg heeft. Verder zal de emissie van N en P en van GBM naar het oppervlaktewater voorkomen moeten worden. Voor lozing op zee gelden m.b.t. het zoutgehalte duidelijk minder strenge eisen. Wel gelden ook hier aanvullende eisen m.b.t. het gehalte aan N/P en GBM/OMV.

Tabel 11. Vergelijking samenstelling huidige afvalwaterstromen met de eisen van mogelijke toepassingen.

Component	Waterstroom			Mogelijke toepassingen									
	Afvalwater	Concentraat (5x)	RO-brijn	droge stort	fosfaatmeststof	zoutproduct	zouttolerante teelt	lozen op zee	aqua-cultuur	lozen op riool	lozen op oppervlakte water	gietwater in de kas	nutriënten in de kas
EC (mS/cm)	3,5	18	14				5 - 15						
NH4 (mg/l)	7	35	0				5 - 30	?	0 - 10 ppm		?		
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	1308	6540	0				50 *1)	?	0.6		2.2		
K (mg/l)	304	1519	82						400				
Na (mg/l)	126	632	2005					9,500	11000			< 100?	< 100?
Cl (mg/l)	132	662	4183					14,500	19500	200	200	< 70?	< 70?
P-PO4 (mg/l)	39	196	0					?	0,1		1 (0,15)		
Ca (mg/l)	371	1853	565						400				
Mg (mg/l)	99	493	316						1300				
SO <sub>4</sub> (mg/l)	477	2385	10						2700	100?	100?		
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	79	396	1556						140				
Pathogenen							?	?	minimaal			minimaal	minimaal
GBM							?	?	minimaal	minimaal	minimaal		
Groeiremmers							?	?	minimaal			minimaal	minimaal
Water (%)	100	100	100	< 5	< 5?	< 3							

- = geen specifieke eisen
- = mogelijk specifieke eisen
- = strenge specifieke eisen

<sup>1</sup> Voor nitraat (N-NO<sub>3</sub>) geldt in open teelten een verbruiksnorm, welke moeten garanderen dat de uiteindelijke concentratie N-NO<sub>3</sub> in het bodemwater niet boven de norm van 50mg/l uitkomt.

## 3.4 Prioritering van de toepassingen

In deze paragraaf worden de geïdentificeerde mogelijke toepassingen voor de al dan niet opgewerkte residustromen nader beoordeeld op een aantal belangrijk geachte criteria. De beoordelingscriteria zijn: duurzaamheid, technische eisen, wet- en regelgeving, ontwikkelingsperspectief, afzetvolume en marktwaarde.

### *Duurzaamheid*

Bij het beoordelen van de duurzaamheid hanteren we de volgende indeling/prioritering (LAP<sup>7</sup>, 2009):

- o De nuttige toepassing door producthergebruik: de totale concentraatstroom wordt als zodanig opnieuw gebruikt;
- o Nuttige toepassing door materiaalhergebruik: stoffen en materialen waaruit een product bestaat worden na gebruik van het product opnieuw gebruikt (dus waardevolle componenten uit de hele stroom, c.q. gedeelte van de stroom);
- o Nuttige toepassing als brandstof: afvalstoffen worden toegepast met een hoofdgebruik als brandstof of voor een andere wijze van energieopwekking;
- o Verbranden als vorm van verwijdering: afvalstoffen worden verwijderd door deze te verbranden op het land; en
- o Storten: afvalstoffen worden gestort.

### *Technische eisen*

In hoeverre voldoet de samenstelling van de concentraatstroom aan de te stellen eisen van het beoogde product of de toepassing. Bij voorkeur komen de te stellen eisen aan het product of de toepassing overeen met de samenstelling van de concentraatstroom.

### *Wet- en regelgeving*

Met betrekking tot dit criterium is het relevant of de beoogde toepassing qua wet- en regelgeving realiseerbaar is of niet. Voor een aantal toepassingen (zoals lozen op oppervlaktewater en opslag in een zoutcarverne) is de kans klein dat hiervoor een vergunning wordt verstrekt.

### *Ontwikkelingsperspectief voor de korte (2015), midden (2021) en lange termijn (2027)*

Termijn waarop beoogde toepassing in de praktijk realiseerbaar is. Bij voorkeur is de toepassing op korte termijn realiseerbaar. Het ontwikkelingsperspectief is mede afgeleid uit de "status" van de toepassing zoals weergegeven in Tabel 10.

### *Afzetvolume*

Het afzetvolume van de beoogde toepassing dient in relatie tot het volume van de concentraatstroom voldoende groot te zijn.

### *Marktwaarde*

Het gaat hierbij om de marktwaarde van het beoogde product of de toepassing. Bij voorkeur gaat de toepassing gepaard met hoge opbrengsten. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met de kosten gemoeid met de eventuele opwerking van de concentraatstroom. Zie hiervoor hoofdstuk 4.

In Tabel 12. worden de beschouwde toepassingen aan de hand van bovenstaande criteria beoordeeld. Daarnaast is ook een soort overall beoordeling gegeven, als zijnde een (ongewogen) gemiddelde van de zes specifieke criteria. Uit deze tabel volgt vooral dat toepassingen waarbij de huidige afvalwaterstroom of concentraatstroom (eventueel brijn) in de vorm van gietwater of de nutriënten wordt hergebruikt in de eigen kas voor dezelfde of een zout-tolerantere teelt (N1, T2, H1) het beste scoren (hoge duurzaamheid, technische eisen haalbaar, voldoende afzetvolume en qua marktwaarde interessant). Voor het hergebruik als gietwater in de kas (H1) is het wel sterk de vraag of aan de technische eisen kan worden voldaan.

De toepassingen waarbij de afvalwaterstroom kan worden gebruikt bij zouttolerantere (grond)teelt buiten het eigen bedrijf (T1) en het Hergebruik van nutriënten buiten de kas (N2) en fosfaatmeststof (N3) scoren iets minder, maar nog altijd redelijk goed.

7 Landelijk Afvalbeheersplan 2 (LAP). Hierin wordt voor diverse categorieën afvalstoffen minimale standaarden gedefinieerd voor be- of verwerking. De Provincie toetst haar beleid inzake afvalstoffen aan dit plan.

De toepassingen voor gebruik bij algen- en visteelt scoren overall gezien iets minder goed. Algenteelt scoort daarbij wel beter dan de visteelt omdat daarvan het ontwikkelingsperspectief mogelijk wat beter is (middellange termijn). Bij visteelt is het ontwikkelingsperspectief minder (mogelijk op langere termijn), omdat hier de nutriënten niet direct gebruikt kunnen worden, maar via indirecte weg via het traject algen. Daardoor bevat de procesroute meerdere schakels voordat deze tot waarde kan komen. Er zijn wel pilots bekend waarin visteelt gecombineerd wordt met tomatenteelt, maar daar gebruikt de groententeelt het afvalwater van de visweek, en niet andersom. Dit geldt ook voor de toepassing zoutproduct (relatief lage marktwaarde en ontwikkelingsperspectief). Ook de toepassingen lozen op zoutwater (lage duurzaamheid) en gebruik bij schelp- en weekdierenteelt scoren matig. De overige toepassingsopties, lozen op het oppervlaktewater of het riool, bodeminjectie/cavernes en storten/landfill scoren het minst hoog.

Voor het lozen op zoutwater, oppervlaktewater of op het riool moet opgemerkt worden dat deze toepassingen wel een zeker perspectief bieden voor de concentraatstroom en de brijnstroom, als andere toepassingsopties om verschillende redenen niet haalbaar zijn. Een lozingsvariant van een resterende stroom kan ook interessant zijn in combinatie met terugwinning van nutriënten. Zie hiervoor hoofdstuk 4.

Tabel 12. Beoordeling mogelijke toepassingen.

Nr.	Beoogde toepassing	Residustroom	Gebruik	Duurzaamheid	Eisen	Wet- en regelgeving	Ontwikkelingsperspectief	Afzetvolume	Marktwaarde	Totaal
N1	Hergebruik nutriënten in kas	afvalwaterstroom	nutriënten	0/+	0	+	+	+	+	4.5
T2	Gietwater zout tolerante teelt naschakelen (eigen bedrijf)	+ concentraat afvalwaterstroom	totale stroom	+	+	+	0	0	+	4
H1	Hergebruik als gietwater in kas	+ concentraat afvalwaterstroom	totale stroom	+	-	+	+	+	+	4
T1	Gietwater zout tolerante (grond)teelt (elders)	+ concentraat afvalwaterstroom	totale stroom	+	+	0	+	0	0	3
N2	Hergebruik nutriënten buiten kas	afvalwaterstroom	nutriënten	0/+	0	0	+	+	+	3.5
N3	Fosfaatmeststof	+ concentraat concentraat	nutriënten	0/+	+	0	0	+	+	2.5
Z1	zoutproducten (NaCl)	concentraat + brijn	zouten	0/+	+	0	-	+	0	1.5
A1	Algenteelt	concentraat	totale stroom	+	+	0	0	-	0	1
A2	Visteelt (via algenteelt)	concentraat	stroom	+	0	0	-	0	0	0
L1	Lozen op zout water	concentraat + brijn	geen	-	0	0	+	+	-	0
A3	Schelp- en weekdierenteelt	spuistroom + concentraat	totale stroom	+	-	0	-	0	0	-1
L5	Stort/landfill	concentraat + brijn	geen	-	+	-	0	+	-	-1
L2	Lozen op oppervlaktewater	concentraat + brijn	geen	-	-	-	+	+	-	-2
L3	Lozen op riool	concentraat + brijn	geen	-	-	-	+	+	-	-2
L4	Bodeminjectie/disposal lege zoutcavernes	concentraat + brijn	geen	-	0	-	-	0	-	-4

Toelichting scores: + = relatief gunstige beoordeling; 0 = neutrale beoordeling; - = relatief ongunstige beoordeling

- Duurzaamheid:** + = gebruik van totale stroom; 0/+ = gebruik van nutriënten; 0 = gebruik van zouten; - = geen gebruik van totale stroom, materialen of nuttige toepassing
- Eisen:** + = eisen komen overeen met de samenstelling; 0 = eisen komen redelijk overeen met de samenstelling; - = eisen komen niet overeen met de samenstelling
- Wet- en regelgeving:** + = wet- en regelgeving niet relevant; 0 = wet- en regelgeving mogelijk relevant; - = relevante wet- en regelgeving
- Ontwikkelingsperspectief:** + = realiseerbaar op korte termijn; 0 = mogelijk realiseerbaar op midden lange termijn; - = mogelijk realiseerbaar op lange termijn
- Afzetvolume:** + = afzetvolume voldoende groot; 0 = afzetvolume mogelijk niet voldoende groot; - = afzetvolume te klein
- Marktwaarde:** + = maximale opbrengst van totale stroom of van aanwezige componenten; 0 = redelijke opbrengst van totale stroom of van aanwezige componenten; - = toepassing gaat niet gepaard met opbrengst
- Totaal:** = ranking van de toepassingen op basis van optelling van de beoordelingen van de criteria (geen wegingsfactoren gebruikt).



## 4 Inleiding

### 4.1 Opwerkingsscenario's en procesroutes

In hoofdstuk 3 is aandacht besteed aan mogelijke toepassingen voor de huidige afvalwaterstroom en toekomstige residustromen en de prioritering van deze toepassingen. In dit hoofdstuk zal aandacht worden besteed aan de wijze waarop de huidige afvalwaterstroom en toekomstige residustromen (concentraat spui, drain en RO-brijn) geschikt kunnen worden gemaakt voor de meest interessante toepassingen. Hiertoe worden procesroutes en onderliggende opwerkingstechnologieën geïdentificeerd en beoordeeld op hun haalbaarheid.

In paragraaf 4.2 wordt een overzicht gegeven van in aanmerking komende scenario's voor de opwerking van de residustromen. In paragraaf 4.3. wordt een beschrijving gegeven van de procesroutes en de onderliggende technologieën. Paragraaf 4.4 omvat de beoordeling van de verwerking scenario's.

### 4.2 Scenario's voor de opwerking van de concentraatstromen

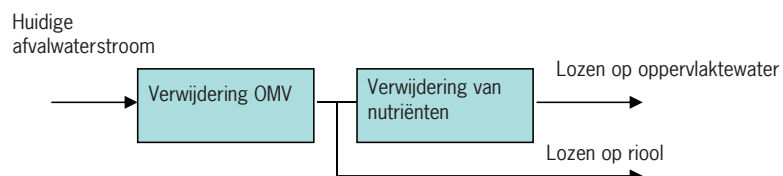
De volgende zes scenario's voor opwerking van de concentraatstromen worden onderscheiden:

Scenario 1:	Lozen van de huidige afvalwaterstroom (benchmark)
Scenario 2 (a en b):	Toepassing als gietwater bij zouttolerante grond- of substraatteelt (op eigen bedrijf of elders)
Scenario 3:	Hergebruik als gietwater in kas
Scenario 4 (a en b):	Hergebruik nutriënten (in kas of elders)
Scenario 5:	Fosfaatmeststof
Scenario 6:	Toepassing bij algenteelt

Onderstaand worden de scenario's kort toegelicht.

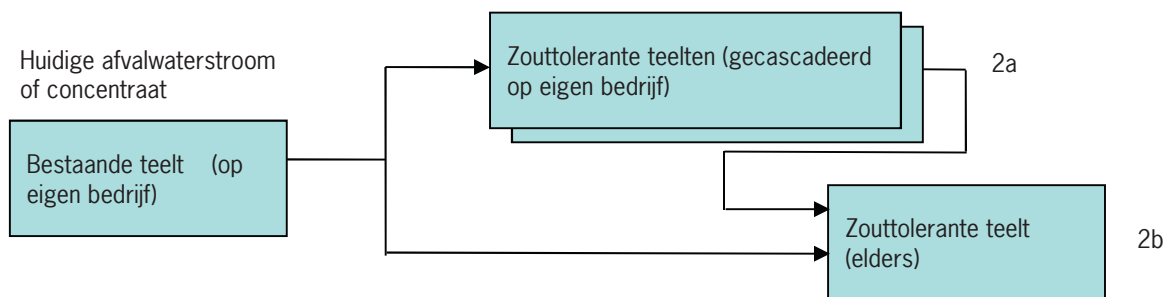
#### 4.2.1 Scenario 1: Lozen van huidige afvalwaterstroom (benchmark)

Dit scenario wordt als benchmark scenario beschouwd, waarbij we ervan uitgaan dat het watergebruik al optimaal is en hergebruik van nutriënten technisch niet mogelijk dan wel economisch gezien niet wenselijk is. De huidige afvalwaterstroom wordt geloosd op het riool of op het oppervlaktewater, waarbij we als uitgangspunt hanteren dat hierbij wordt voldaan aan de verplichtingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Bij lozing op het riool, worden de nutriënten N en P in de RWZI-installatie afgevangen. Voor de gewasbeschermingsmiddelen geldt dit slechts in beperkte mate. Deze dienen dus voorafgaand te worden verwijderd tot beneden de MTR-waarde. Hiervoor in aanmerking komende technieken zijn AOP (bijv. UV + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en actief koolfiltratie. In het geval geen riolering aanwezig is of lozing hierop niet mogelijk is, kan overwogen worden om te lozen op het oppervlaktewater. In dat geval dienen naast de GBM ook de nutriënten N en P te worden verwijderd (MTR respectievelijk 2,2 mg/l en 0,15 mg/l). Daarnaast geldt met betrekking tot zouten in ieder geval een eis voor het chloridegehalte van maximaal 200 mg/l, en voor sulfaat van 300 mg/l (lozen op riool). In aanmerking komende technieken voor verwijdering van de nutriënten N en P zijn een rietfilter/lavafilter, zandfilter (biologisch filter) of een andere biologische zuivering (MBR, SBR). Op deze bestaande technologie wordt in deze haalbaarheidsstudie niet nader ingegaan.



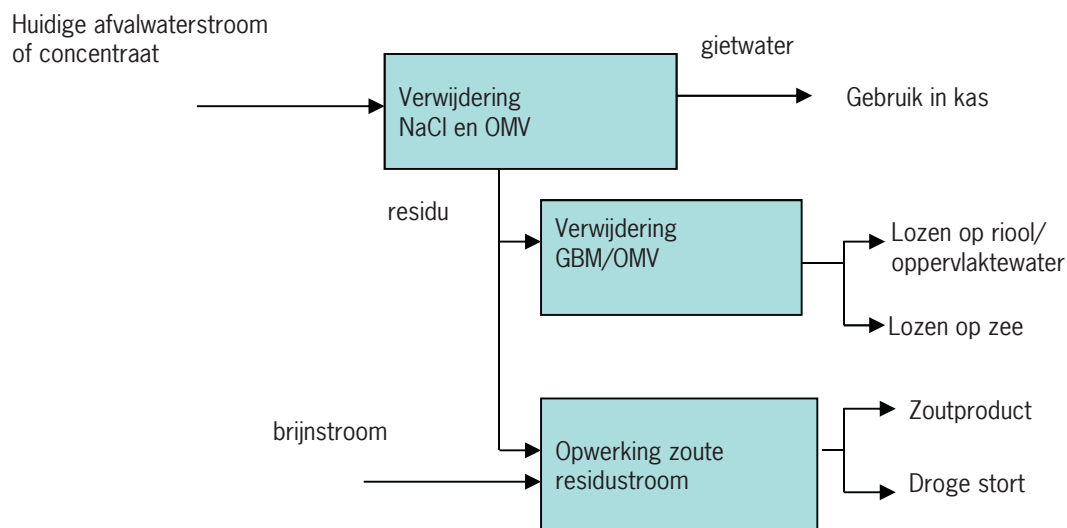
## 4.2.2 Scenario 2 (a en b): Toepassing bij zouttolerante grond- of substraatteelt

In dit scenario wordt de huidige afvalwaterstroom of de concentraatstroom ingezet als gietwater voor een zouttolerant gewas. Dit kan op het eigen bedrijf zijn of bij een ander bedrijf (elders). Na gebruik als gietwater resteert bij de nieuwe toepassing ook weer een afvalwaterstroom met daarin aanwezige componenten zoals zouten. Ook voor deze afvalwaterstroom zal een bestemming en/of verwerking moeten worden gevonden. Dit concept vormt een soort van "Cascadering" waarbij steeds verdere processtappen (productiestappen), het (afval) water van steeds mindere kwaliteit gebruiken. Mogelijk dat de volumestroom daardoor ook binnen een kleiner gebied of op kortere afstand sterk verkleind kan worden, mogelijk zelfs binnen het eigen bedrijf, waarbij het bedrijf dan wel moet accepteren dat bedrijfsvreemde (zouttolerante) gewassen geproduceerd zullen worden.



## 4.2.3 Scenario 3: Hergebruik als gietwater in kas

Bij dit scenario wordt de huidige afvalwaterstroom of de concentraatstroom gebruikt als gietwater in de kas, waarbij de waardevolle nutriënten lokaal hergebruikt worden.



Als de huidige afvalwaterstroom geen storende concentraties aan natrium bevat en alleen groeiremmende stoffen, kan door de inzet van AOP/UV + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> het afvalwater opnieuw als gietwater worden ingezet (zie WP1). Als de huidige afvalwaterstroom of de concentraatstroom ook een hoog natriumgehalte bevat, zou bij voorkeur natrium selectief moeten worden verwijderd. Echter selectieve natriumverwijdering is nog niet mogelijk. Mogelijkerwijs kan door de inzet van bijvoorbeeld NF of CapDi een scheiding van eenwaardige en tweewaardige ionen worden verkregen. De natriumarmerde stroom kan als gietwater worden ingezet en de natriumrijke residustroom kan afhankelijk van het zoutgehalte worden geloosd op het riool/oppervlaktewater of op zee (samen met brijn). Voorafgaand dienen wel de eventueel aanwezige GBM te worden verwijderd. Een andere mogelijkheid is dat het residu samen met de brijn wordt opgewerkt middels een Zero Liquid Discharge-concept (ZLD), waarbij een of meerdere nuttige zoutproducten worden gevormd, waarvoor een markt

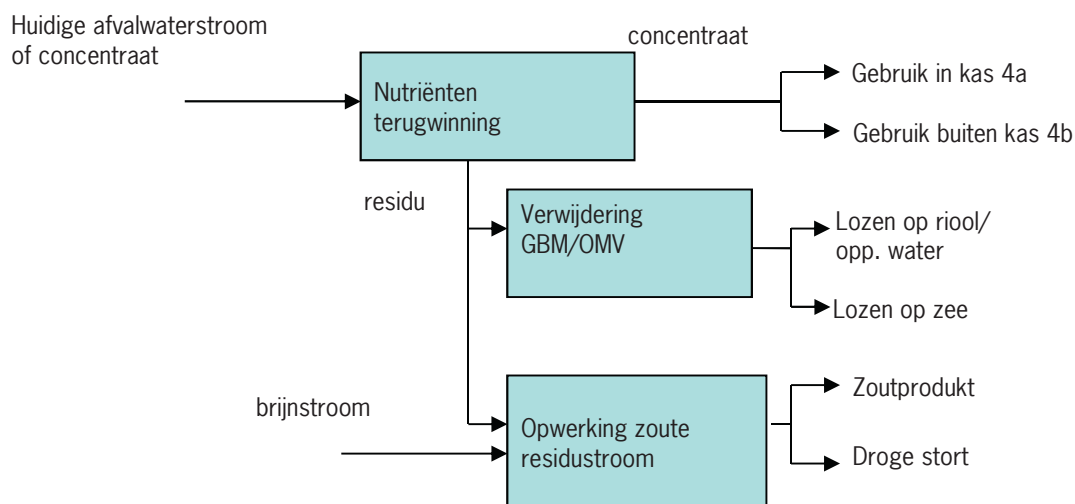


wordt gevonden (bijvoorbeeld strooizout). Als er geen markt voor deze zoutproducten wordt gevonden (bijvoorbeeld omdat deze niet voldoen aan de specificaties) resteert de mogelijkheid van droge stort.

Een vorm van hergebruik als gietwater in de kas zou kunnen zijn het gebruik van dit water in de laatste teeltfase van het gewas juist voor de oogst. In deze fase is het soms mogelijk om gietwater met hogere EC dan normaal gebruikelijk toe te passen. Juist deze hogere EC kan dan een extra kwaliteit (bv. smaak van tomaten) opleveren, en behoeft verder geen negatieve invloed op ontwikkeling van de plant meer te hebben. Nadeel is wel dat het water alleen in de laatste fase hergebruikt kan worden, en dat de hoeveelheid water die daarvoor gebruikt kan worden vele malen kleiner is dan de hoeveelheid water die over de teelt daartoe beschikbaar komt. Los van het feit dat daarvoor ook wateropslag nodig zou zijn. Vooralsnog lijkt deze aanpak iets dat in combinatie met andere werkpakketten (bv WP4, optimale bemesting) opgepakt zou kunnen worden. De onderzoeksvraag daarbij is hoe hoog de EC mag worden, maar vooral ook in hoeverre OMV (groeiremmers) effect op de kwaliteit in de laatste teeltfase hebben.

#### 4.2.4 Scenario 4 (a en b): Hergebruik nutriënten (in kas of elders)

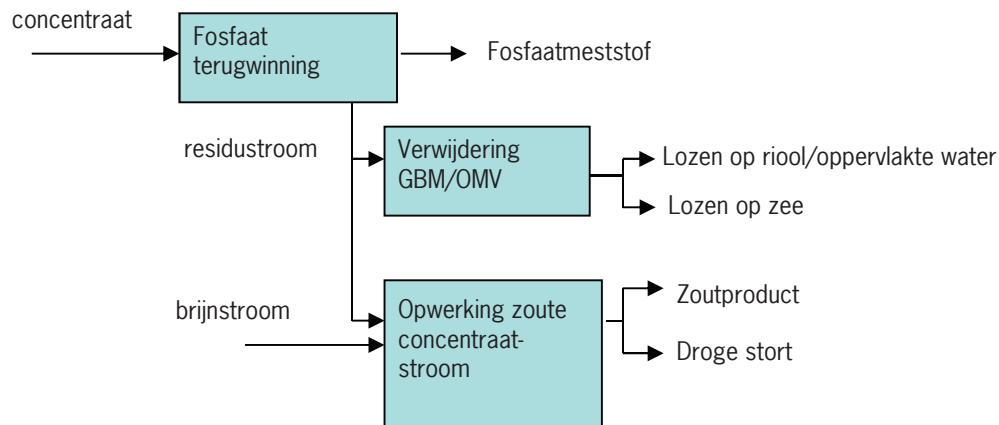
Bij dit scenario wordt een concentraatstroom verkregen met daarin aanwezig de nutriënten welke in (4a), of buiten de kas (4b) toegepast kunnen worden. De brijn en zoutrijke residustroom kan opgewerkt worden tot een zoutproduct.



Voor de selectieve terugwinning van nutriënten komen verschillende technieken in aanmerking, zoals AD, IX, NF en ED. Mogelijkerwijs verdient het aanbeveling om een nutriëntrijke stroom voorafgaand aan de waterbereiding af te scheiden uit de huidige afvalwaterstroom (zie ook hoofdstuk 3 en 5). De nutriëntrijke stroom wordt opnieuw gebruikt op eigen bedrijf (Scenario 4a) of vindt een toepassing elders (Scenario 4b). De resterende stroom kan afhankelijk van het zoutgehalte worden geloosd op het riool- of oppervlaktewater of op zee (samen met brijn). Voorafgaand dienen wel de GBM en de nog aanwezige nutriënten N en P te worden verwijderd. Een andere mogelijkheid is dat het residu samen met de brijn wordt opgewerkt middels een Zero Liquid Discharge concept (ZLD), waarbij een of meerdere nuttige zoutproducten worden gevormd (bijvoorbeeld strooizout), waarvoor een markt kan worden gevonden. Als er geen markt voor deze zoutproducten wordt gevonden (bijvoorbeeld omdat deze niet voldoen aan de specificaties) resteert de mogelijkheid van droge stort.

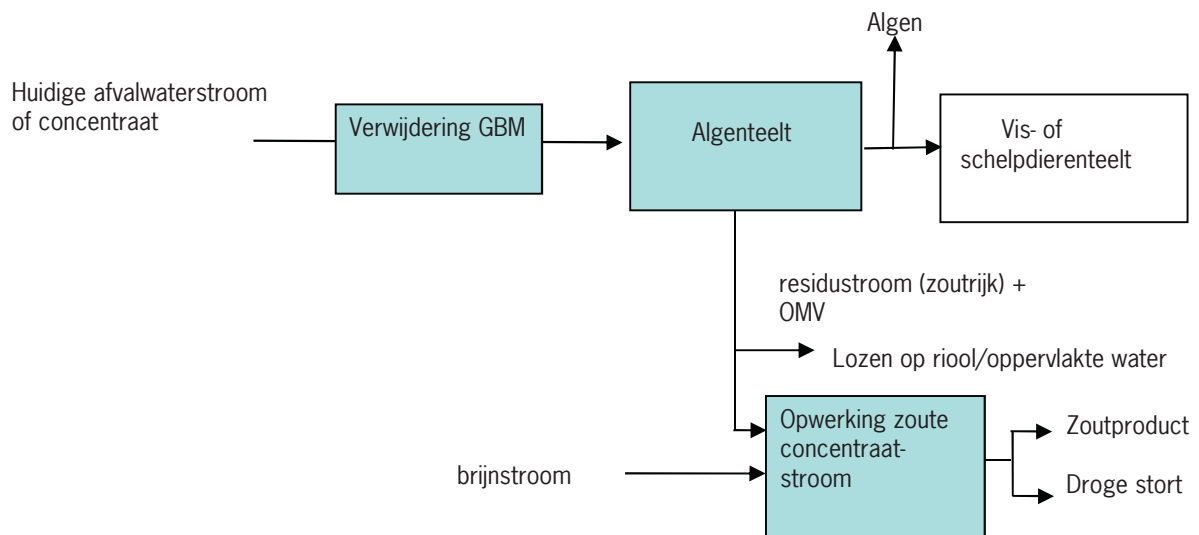
## 4.2.5 Scenario 5: Fosfaatmeststof

Bij dit scenario wordt uit de concentraatstroom een fosfaatmeststof verkregen die vervolgens als halffabricaat of als meststof kan worden vermarkt. Het aanwezige fosfaat kan bijvoorbeeld als struviet (magnesiumammoniumfosfaat) of als calciumfosfaat worden neergeslagen. De resterende stroom kan vervolgens op dezelfde wijze worden verwerkt als bij scenario 2. Een punt van aandacht bij dit scenario is wel dat er geen terugwinning van nitraat plaatsvindt. Nitraat zal in ieder geval bij lozing op oppervlaktewater vooraf verwijderd moeten worden.



## 4.2.6 Scenario 6: Toepassing bij algenteelt

Bij dit scenario worden de aanwezige nutriënten in de niet meer bruikbare drain (en andere afvalwaterstromen) of in de concentraatstroom aangewend voor de teelt van algen. Omdat alleen de nutriënten (stikstof, fosfaat) effectief gebruikt worden, is een aandachtspunt wat er na benutting van de nutriënten met de resterende zouten gebeurt. De uitgangsmethode van algenteelt is als volgt: een watersysteem wordt geënt met een bepaalde algensoort en onder toevoeging van de voedingsstoffen aangevuld met vitamines en eventueel koolstofdioxide gaan de algen zich onder invloed van licht vermeerderen. Voor algen zijn verschillende toepassingen mogelijk, op langere termijn mogelijk als voedingsbron voor vis- of schelpdierenteelt.



Algen kunnen geteeld worden in een zoute omgeving (selectie van juiste soort). Het is de vraag in hoeverre de algen de zoutproducten kunnen vastleggen. Indien dat niet in voldoende mate gebeurt, zal uiteindelijk ook het zoute proceswater weer afgevoerd moeten worden. Met wellicht een langer ontwikkelingsperspectief zou de algenstroom met eventueel de OMV ook als voedsel kunnen dienen voor vis of schelpdieren, waarbij ook de brijnstroom als bron van zout water wordt gebruikt. In dat geval moet de aanvoer van voldoende vers (zeewater) wel gegarandeerd zijn, zodat mogelijk alleen in kustgebieden deze optie rendabel kan zijn. Verder mag het inkomende water dan geen GBM en andere schadelijke stoffen bevatten omdat deze verderop in de keten als voedingsproduct (vis/schelpdieren ed.) worden gebruikt.

## **4.3 Beschrijving van procesroutes en onderliggende technologieën**

### **4.3.1 Zouttolerante substraat- of grondteelten (scenario 2)**

Een verkenning van zouttolerante teelt (halofyten of halofytenfilters) en de mogelijke toepassing in combinatie met glastuinbouw is nader beschreven in de Bijlage 9.1. Hier wordt ervan uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom, de geconcentreerde concentraatstroom of zelfs brijn als gietwater kan worden gebruikt bij zouttolerante grond- of substraatteelten op of in de nabijheid van het eigen bedrijf. Speciale zouttolerante gewassen (halofyten) moeten worden toegepast. Zeegroenten zoals zeewier, zeekraal, lamsoor, zeeaster, zeekool, zeebieten, zeekoriander zijn sterk in opkomst (NEO-brainstorm, 2009), en er wordt onderzoek gedaan naar zoutresistentie van bestaande groente (bv. tomaat) en ook sierteelten.

Deze procesroute richt zich op het opnemen door het gewas van hoofdnutriënten (N,P,K), de sporenelementen, en mogelijk ook de fixatie van zout (NaCl) door het gewas. Iedere gewas kent specifieke kenmerken en teeltvoorwaarden, zoals de grondsoort en de hoeveelheid zout water die de plant mag hebben. Hoge concentraties Na- en Cl-ionen zijn schadelijk waardoor groei, productie en kwaliteit afnemen. Onder stress condities zijn planten gevoeliger voor ziekten. De uiteindelijke EC in het wortelmilieu is daarbij leidend en aan een maximum gebonden, waardoor toepassing van brijn wel mogelijk lijkt, maar voorzichtigheid geboden is. Berekening van boven met zout water kan het blad schaden, en is een mogelijke schadepost bij siergewassen zoals bloemen en boomkwekerijproducten. Verziltting heeft effect op de bodemstructuur, vooral op zavel- en kleigronden. De natriumionen nemen in de grond de plaats in van het aanwezige calcium en magnesium, waardoor de bodem dichtslibt. Toepassing van standaard afvalwater zal qua concentraties van hoofd- en micronutriënten geen probleem vormen. Na indikking (5x) kunnen de concentraties van bepaalde micronutriënten schadelijk zijn voor de planten. De aanwezigheid van pathogenen is een knelpunt bij toepassing van identieke gewassen (op eigen bedrijf).

In verband met wettelijke bepalingen zullen GBM en zouten volledig opgenomen dan wel afgebroken moeten zijn alvorens het gietwater vrijkomt in het milieu. Het is bekend dat GBM door langere verblijftijd in halofytenfilters afgebroken kunnen worden, maar in hoeverre en in welke mate dit is, is vooralsnog onbekend. Verder is de effectiviteit van halofyten (filters) in de winter problematisch. Om die reden wordt niet verwacht dat halofytenfilter effectief toegepast kunnen worden om GBM te verwijderen.

Zilte teelt is veelal alleen in kustgebieden eenvoudig te realiseren (verziltting van omliggende bodems). In principe is toepassing van zouttolerante teelt in open milieus een variant op "Lozen op oppervlaktewater", waarbij het gewas als nutriëntenfilter wordt gebruikt. Meer landinwaarts zal zout-tolerante teelt daarom mogelijk alleen als recirculatiesysteem opgezet kunnen worden, waarbij opnieuw een lozingsprobleem (zout) kan ontstaan. Hoewel halofyten de hogere zoutconcentraties verdragen en ook zout opnemen, blijft de vraag in hoeverre deze gewassen de hoeveelheden NaCl volledig zouden kunnen verwijderen alvorens de restwaterstroom naar grondwater of oppervlaktewater verder geleid wordt. Hiertoe zou een berekening gemaakt moeten worden over hoeveel het areaal (ha.) en de hoeveelheid gewas (ton) er geproduceerd moet worden om de hoeveelheid NaCl volledig op te nemen.

Huidig onderzoek richt zich door veredeling vooral op gewassen met meer opbrengst, betere kwaliteit, hoge zout-tolerantie en ziekteresistentie. Verder zijn er technische mogelijkheden in onderzoek om de gevolgen van verzilting tegen te gaan, bijvoorbeeld door aangepaste bemesting en beregening of door het “los van de ondergrond” telen van gewassen. Andere beperkende factoren zijn het ruimtegebruik op of nabij het bedrijf, en logistiek (opslag en transport) is wel een punt van aandacht indien de zoute teelt niet in de directe nabijheid van het eigen bedrijf toegepast kan worden. Verder is de continue beschikbaarheid van zout en nutriëntrijk water een mogelijk probleem.

Hoewel er een aantal pilots lopen, lijkt toepassing in de praktijk nog niet op korte termijn realiseerbaar omdat er nog veel vragen zijn. De eerste praktijktoepassingen, bijvoorbeeld sierteelt op licht zouten afvalwaterstromen (los van de grond), of combinaties met open akkerbouw in zilte kustgebieden, lijken haalbaar over 5 jaar, mits schadelijke stoffen verwijderd worden alvorens het afvalwater als irrigatiewater gebruikt wordt. Voor gebruik van brijn ligt de val op de loer dat er in de teelt uiteindelijk toch weer verzilting optreedt en daarmee niet duurzaam is. Indien alleen licht zoute afvalwater wordt gebruikt, zijn halofytenfilters naast het bedrijf ook een mogelijkheid.

Een aspect dat meer aandacht in het onderzoek behoeft is de mogelijkheid van de cascadering van zout-tolerante teelten op eigen bedrijf. Vooral de vragen welke gewassen komen hier voor in aanmerking, hoeveel oppervlak vergt deze aanpak, hoever kan de totale volumestroom aan afvalwater terugbracht worden en in welke mate kunnen restnutriënten en NaCl gefixeerd worden moeten beantwoord worden. Voor praktische toepassing zal ook belangrijk zijn of er een markt voor de producten is, en in hoeverre telers bereid zijn om “bedrijfsvreemde producten” te gaan produceren.

### 4.3.2 Hergebruik als gietwater in de kas (scenario 3)

Voor deze verwerkingsroute is het van belang dat natrium selectief kan worden verwijderd. Dit is met de huidige generatie technieken niet mogelijk. In hoeverre dit op de langere termijn wel zal gaan lukken is nog maar de vraag. Het belangrijkste struikelblok is hierbij om een scheiding tussen natrium- en kaliumionen te realiseren. Deze stoffen verschillen zo weinig in fysische eigenschappen, dat selectieve winning alleen maar mogelijk lijkt m.b.v. affiniteitsscheidingen. De benodigde hulpstoffen hiervoor dienen nog gevonden te worden. Om hergebruik als gietwater mogelijk te maken is het scheiden van 1- en 2-waardige ionen een mogelijk alternatief. Dit zou misschien met NF of CapDI mogelijk zijn. Waarschijnlijk zullen ook K en NO<sub>3</sub> in de natriumrijke stroom terechtkomen. Deze dienen bij hergebruik dan ook te worden aangevuld. Ook de verdeling van OMV over beide stromen is een punt van aandacht. Het scheiden van 1- en 2-waardige ionen vertoont overeenkomsten met de verwerking gericht op terugwinning van nutriënten, zie par. 4.3.3.

Indien het water hergebruikt wordt in de laatste teeltfase, dan is opwerking van de waterstroom mogelijk niet noodzakelijk. In dat geval echter moet voor de teelt bekend zijn, en nog onderzocht worden, in hoeverre het hogere natriumgehalte en mogelijk OMV (GBM) de kwaliteit van het gewas nog negatief kunnen beïnvloeden.

### 4.3.3 Hergebruik van nutriënten (in eigen bedrijf of elders; scenario 4)

Voor hergebruik van nutriënten in eigen bedrijf kan terugwinning van nutriënten uit zowel de huidige afvalwaterstroom als uit de residu-stroom worden beschouwd (zie WP5). Voordeel van terugwinning van nutriënten uit de afvalwaterstroom is dat precipitatie van zouten minder snel zal optreden, waardoor naar verwachting een minder omvangrijke voorbehandeling vereist is. Nadeel is dat een grotere stroom moet worden behandeld.

In WP5 is aandacht besteed aan technieken die in staat moeten zijn om selectief nutriënten terug te winnen uit de huidige afvalwaterstroom. Hierbij dienen de nutriënten in hun originele vorm teruggewonnen te worden om hergebruik in de kas mogelijk te maken. De overige componenten dienen (grotendeels) doorgelaten te worden. In WP5 zijn tien verschillende technieken beoordeeld. Hieruit blijkt dat slechts vier technieken in staat zijn om selectieve terugwinning van nutriënten in de originele vorm mogelijk te maken.

Deze technieken zijn:

- o Adsorptie (AD)
- o Ionenwisseling (IW-Carix);
- o Elektrodialyse (ED);
- o Nanofiltratie (NF).

Uit de beoordeling van de vier technieken blijkt dat met name adsorptie, ionen-wisseling en elektrodialyse goede perspectieven bieden voor verder onderzoek en ontwikkeling om waterterugwinning uit restantwater te bereiken. Nanofiltratie kent mogelijk een slechter perspectief voor inzet voor nutriëntenterugwinning aangezien ook natrium en groeiremmers worden tegengehouden. Zie bijgaande tabel (afkomstig uit rapportage WP5).

Tabel 13. Waardering technieken voor nutriëntenterugwinning uit drainwater (afkomstig van rapportage WP5) \*).

Techniek	Voorbe- handeling	Terug- winning NO <sub>3</sub>	Terug- winning P	Terugwinning twee- en meerwaardige ionen	Doorlaat- baarheid voor natrium	Doorlaat- baarheid voor chloride	Effect op OMV	Kosten
Ionen-wisseling (Carix)	0	++	+	++	0	+ / ++	+	+
Electrodialyse	0	+	0	+	++	0	+	0/+
Nano-filtratie	-	0	++	++	-	0	-	-

\* Voor de beoordeling van de technieken wordt verwezen naar de rapportage van de haalbaarheidsstudie zuiveringstechnieken restant-water substraatteelt WP5.

De belangrijkste onderzoeksvragen voor adsorptie, ionen-uitwisseling, elektrodialyse en nanofiltratie zijn:

- o Welke terugwinning van de nutriënten is in de praktijk haalbaar?
- o Welke retentie kennen de technieken voor natrium en chloride?
- o Welke onderhoudsgevoeligheid kennen de technieken?

#### 4.3.4 Fosfaatmeststof (scenario 5)

Voor de precipitatie van fosfaat zijn verschillende processen beschikbaar, o.a. Crystalactor-proces (korrelreactor) voor precipitatie tot calciumfosfaat. Ook voor struvietvorming zijn er diverse processen operationeel, o.a. Phosnix-proces (fluidiserend bed, Japan) en AnPhos-proces (Stowa-R2005/1, 2005). Alle genoemde processen zijn met name ontwikkeld voor grootschalige toepassingen voor fosfaatterugwinning bij afvalwaterzuiveringen (ordegrootte van de te behandelen stroom ca. 100 m<sup>3</sup>/h). Voordeel van struviet ten opzichte van calciumfosfaat is dat het een meststof betreft met een hogere marktwaarde. Calciumfosfaat kan als fosfaatprecipitaat worden afgezet richting de fosfaatverwerkende industrie (Thermphos).

Voor de toepassing van dergelijke processen voor de concentraatstroom, met een debiet van maximaal 1 m<sup>3</sup>/h, ligt het voor de hand om een dergelijke verwerking centraal op te zetten voor meerdere telers (gebiedsaanpak).

##### Struvietprecipitatie

Naast ammoniumstruviet (MAP) kan er zich uit de concentraatstroom ook kaliumstruviet vormen. De vorming van ammoniumstruviet vindt evenwel eerder en bij lagere pH (8 - 9) plaats. De vorming van kaliumstruviet vindt plaats bij hogere pH (9 - 10). Vanwege de aanwezigheid van kalium in de concentraatstroom en het ontbreken van ammonium lijkt de winning van kaliumstruviet eerder voor de hand te liggen dan die van ammoniumstruviet.

Bij struvietprecipitatie worden fosfaat, magnesium en ammonium (of kalium) in equimolaire hoeveelheden gebonden. Het gevormde struviet heeft een hoge zuiverheid. Dit betekent dat na kristallisatie een supernatant overblijft waarin de meeste verontreinigingen zoals OMV en andere organische stoffen, evenals de meeste zouten nog aanwezig zijn.

Op praktijkschaal wordt struvietprecipitatie al sinds de jaren 90 toegepast (in Putten bij de verwerking van kalvergier). Verder wordt op een aantal locaties struviet in de agro-industrie toegepast. Struviet is in Nederland nog niet een algemeen geaccepteerde meststof. De kwaliteit van struviet met betrekking tot microverontreinigingen en pathogenen is nog een punt van aandacht/onderzoek.

Door TNO wordt onderzocht of het FACT-proces kan worden toegepast bij fosfaatvastlegging middels struviet, met als doel de reactietijd (van 30 - 60 minuten) te verkorten en de filtreerbaarheid van het gevormde struviet te verbeteren. Filtration Assisted Crystallization Technology (FACT) is een nieuw type kristallisatieproces dat gebruik maakt van heterogene kristallisatiekernen. Deze kernen dienen als ent voor kristalgroei met de te verwijderen ionen waarna deze gegroeide kristallen vervolgens gemakkelijk door filtratie kunnen worden verwijderd. Omdat met kleine (5-50 µm) en heterogene entkernen wordt gewerkt is er een snelle kristallisatie mogelijk. Deze kernen kunnen vervolgens efficiënt doormiddel van cake filtratie op een filter met relatief grote poriën worden verwijderd.

De FACT technologie is succesvol gedemonstreerd op lab- en pilotschaal voor het ontharden van drinkwater en proceswater (tot 10 m<sup>3</sup>/uur). Opschaling van de apparatuur zelf is een belangrijk aandachtspunt in de verdere ontwikkeling. Er zijn verschillende oplossingsrichtingen maar die zijn nog niet op grotere schaal getest.

De belangrijkste onderzoeksvragen met betrekking tot struvietprecipitatie zijn:

- o is struvietprecipitatie (technisch en qua kosten) haalbaar voor de concentraatstroom en zo ja welke vorm van struviet verdient de voorkeur (kalium of ammonium)? en
- o welk percentage terugwinning van P is haalbaar?

### 4.3.5 Behandeling zoute concentraatstroom (scenario 3, 4 en 5)

Bij scenario 3, 4 en 5 resteert een zoute concentraatstroom. Bij de opwerking tot een of meerdere zoutproducten of een te storten droge afvalstroom, zal de concentraatstroom verder moeten worden geconcentreerd en daarna middels indampen of kristallisatie tot een (bijna) droog eindproduct worden verwerkt.

In WP5 zijn diverse in aanmerking komende concentratietechnieken beoordeeld op hun geschiktheid voor waterbereiding uit de afvalwaterstroom. Het betreft hierbij verschillende uitvoeringsvormen van de drie hoofdtypen technieken, namelijk membraanfiltratie, verdamping en membraandestillatie. Van deze concentratietechnieken voldeden slechts drie technieken aan alle criteria voor toepassing, te weten omgekeerde osmose, membraandestillatie en MDR. Deze drie technieken zijn vervolgens beoordeeld op hun kenmerken. Zie hiervoor bijgaande tabel.

Tabel 14. Waardering van technieken voor waterterugwinning uit restantwater (afkomstig van rapportage WP5)\*).

Techniek	Waterkringloopsluiting	Retentie OMV en GBM	Voor-behandeling	Kosten
Omgekeerde osmose	++	++	-	++
Membraandestillatie	++	++	0	+
Mechanische damp-recompressie	++	0	0	-

Van de geselecteerde technieken bieden met name membraandestillatie en omgekeerde osmose goede perspectieven voor verder onderzoek en ontwikkeling om waterterugwinning uit restantwater te bereiken.

De in de Tabel 4.2 genoemde technologieën richten zich op een verdere concentratie van het concentraat. Voor een totale opwerking van de zoute concentraatstroom tot zoutproducten kan aan de volgende technologieën worden gedacht:

- o Zero Liquid discharge (ZLD)
- o Membraandestillatie en kristallisatie (MDC)
- o Vrieskristallisatie

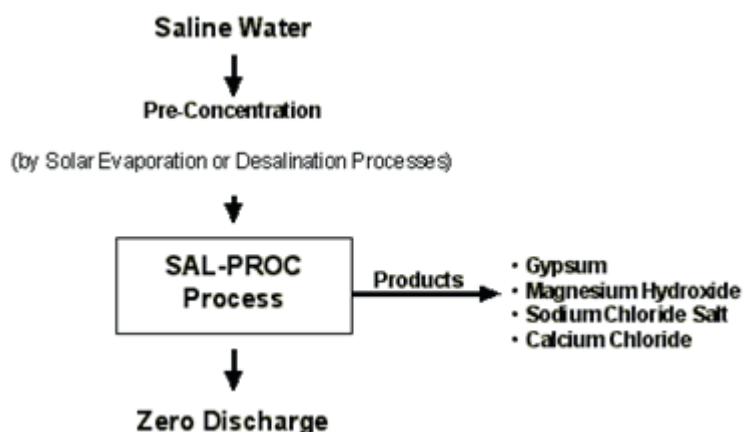
Voor de volledigheid moet hier ook de mogelijkheid genoemd worden om restwarmte of zonnewarmte te gebruiken om de concentraatstroom en de brijnstroom in te dikken. De zoninstraling in Nederland lijkt daarvoor voldoende groot te zijn. Zelfs een 10% nuttige aanwending van de instralingswarmte is voldoende om de brijn in te dampen volgens van Lier (2011). Er zijn diverse systemen beschreven om de zonnewarmte te benutten, E-kas, Zonneterp initiatief, etc. Het idee om zonnewarmte te gebruiken voor de passieve ontzilting van de brijnstroom c.q. brijnwater te verdampen, is ook als idee genoemd bij de workshops "Gebruik je Brijn", van de provincie Zuid-Holland (Xplorelab, 2010). In de eindrapportage wordt echter gesteld dat de passieve ontzilting door zonnewarmte niet haalbaar lijkt te zijn in Nederland; in landen rond de Sahara wordt deze techniek wel al toegepast (waterproducerende kas), omdat het er warmer is en zoet water veel schaarser en dus duurder is. In hoofdstuk 2 is aangegeven dat er 2.5-4 m<sup>3</sup>/ha.dag gemiddeld aan brijn is. Dit getal is echter een gemiddelde over het gehele jaar. Met een verdampingswarmte van 2.26 GJ/m<sup>3</sup>, komt de maximale warmtevraag dan op 9 GJ/ha/dag uit. Op jaarbasis is gemiddeld 100 GJ/ha/dag beschikbaar (van Lier, 2011). Het benodigd oppervlak zou dan 9% bedragen.

Onder piekomstandigheden kan op een zeer warme dag (als alle andere bronnen op zijn), het aanvullend water via RO wel 50 m<sup>3</sup>/ha dag bedragen. Als de RO-installatie op 50% recovery draait, dan zal er ook 50 m<sup>3</sup>/ha door het gewas verbruikt worden, wat nagenoeg volledig op gaat aan verdamping. Het voordeel is dan wel dat ook dan veel meer zonnewarmte aanwezig is, maar dat nog steeds een vrij groot deel aan oppervlak nodig zal zijn.

Vooralsnog denken we dat onder deze condities het gebruik van zonnewarmte voor indampen van brijn praktisch geen goed alternatief is. Immers, als de teler 9% aan oppervlak beschikbaar zou hebben, dan zou hij waarschijnlijk liever 9% teeltoppervlak erbij hebben, wat veel beter rendeert.

De (toekomstige) hoeveelheden spui en afvalwaterstromen zijn kleiner dan de brijnhoeveelheden (gemiddelde factor 2 - 7 x kleiner, en de piekwaarden 2-3 x kleiner). Voor de piekstromen is het benodigd oppervlak nog steeds vrij groot, dus niet zo zinvol. Zeker omdat spui in de tijd niet gekoppeld is aan de beschikbaarheid van veel zonnewarmte. Omdat de spui vrij onregelmatig is, is in dit geval buffering misschien een optie, en kan met een beperkt oppervlak (ca. 1/50ste van de kas) wel ingedampt worden. Voor het indikken van spui- en afvalwaterstromen is dus het gebruik van zonnewarmte in combinatie met buffering van deze stroom een mogelijk alternatief.

**Een Zero Liquid Discharge (ZLD) systeem** bestaat meestal uit hybride concepten. Onderliggende technologieën betreffen een brijn concentratietechniek (reductie volume met 95-98%) en een brijn kristallinator (reductie tot een stroom met hoge concentratie zouten en vaste kristallijne zoutdeeltjes). Er zijn in de praktijk diverse commerciële ZLD-systemen beschikbaar (TNO, september 2010). Het is een kostbaar proces met hoge investeringen en operationele kosten (met name energiekosten). Twee voorbeelden van concepten zijn SAL-PROC™ en ROSP (TNO, september 2010) (Stowa-R2007/28, 2007). SAL-PROC™ is een proces dat zich specifiek richt op het winnen van producten uit concentraatstromen. De technologie bestaat uit opeenvolgende reactie en evapo-cooling stappen, resulterend in neerslag en kristallisatie. Producten die gevormd kunnen worden zijn gips, magnesiumhydroxide en natriumchloride. Voordeel van deze technologie is dat deze geheel is toegespitst op de reductie van de concentraatstroom en het verkrijgen van producten. De investerings- en exploitatiekosten van een installatie met een capaciteit van ca. 3 m<sup>3</sup>/h bedragen resp. 320.000 euro en €6 /m<sup>3</sup> (exclusief opbrengst producten). Hierbij betreft het een voedingsstroom met een TDS van 82 g/l die met ca. 90% wordt geconcentreerd.



Figuur 4. Het ROSP proces gebruikt omgekeerde osmose als concentratietechniek, met nageschakeld het SAL-PROC™ proces.

**MDC** is een technologie in ontwikkeling door TNO en bestaat uit een combinatie van membraan destillatie en kristallisatie. In een hybride unit worden de verschillende zouten in verscheidene stappen uit de waterstroom verwijderd middels verdamping en kristallisatie (voor beschrijving zie WP5). Onlangs is een onderzoeksvoorstel geaccordeerd om deze technologie verder te ontwikkelen en voor een aantal industriële toepassingen geschikt te maken. Een daarvan is de glastuinbouw.

Bij **vrieskristallisatie** wordt gebruik gemaakt van het principe dat bij een bepaalde temperatuur en zoutconcentratie (een zogeheten eutectisch punt), water en zout(en) gelijktijdig kristalliseren. Door van dit verschijnsel gebruik te maken, kunnen zouthoudende proces- en afvalwaterstromen op economisch interessante wijze worden gescheiden in (zeer) zuiver zout (voor verkoop of (her)gebruik) en (zeer) zuiver water, dat weer is in te zetten als proceswater. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de technologische opties voor concentratie en opwerking van een zoute concentraatstroom.

Tabel 15. Technieken voor concentratie en opwerking zoute afvalwaterstromen (TNO, augustus 2010).

<b>Technologie</b>	<b>Status technologie</b>	<b>Specifiek voordeel</b>	<b>(verwachte) water- recovery</b>	<b>Kosten (indicatief) per m<sup>3</sup> productwater (€/m<sup>3</sup>)</b>
Omgekeerde osmose	Bewezen technologie	?	50-75	0,5 - 1,0
Elektrodialyse	Bewezen technologie	?	?	0,5
Imdamptechnieken	Bewezen technologie (buiten de glastuinbouw)	Robuust, eind product hoog geconcentreerd	99%	2,5 - 5,0
Memstill Membraandestillatie	Demonstratie-fase	Hogere recovery dan RO, inzet restwarmte	90%	0,5 -1,0 (bij gebruik van restwarmte)
Capacitieve de-ionisatie	Nieuwe ontwikkeling	Lage operatiekosten	90%	Niet in detail bekend*)
MDC Membraandestillatie-kristallisatie	Nieuwe ontwikkeling	Verdere verhoging recovery tov Memstill	99%	5 - 10?
Vrieskristallisatie	Nieuwe ontwikkeling	Eindproduct hoog geconcentreerd	99%	> 10 - 20
ZLD	Bewezen technologie	Robuust, droog eindproduct	99%	> 10 -20

\* Naar verwachting liggen de kosten van capacatieve deionisatie nu nog boven de kosten voor RO, op termijn zullen de kosten waarschijnlijk sterk dalen als gevolg van verdere ontwikkeling en schaalvergroting.



Uit bovenstaande tabel kan worden opgemaakt dat de totale kosten gemoeid met de opwerking van een zoute afvalwaterstroom tot een ingedikte productstroom hoog zijn, ordegrrootte €10-20/m<sup>3</sup> te verwerken stroom. Wat betreft de schaalgrrootte van dergelijke processen kan worden opgemerkt dat het niet voor de hand ligt om een dergelijk proces te ontwikkelen voor een volumestroom van 1 m<sup>3</sup>/h of minder. Centrale verwerking van residustromen van meerdere bedrijven uit de directe omgeving ligt meer voor de hand.

### 4.3.6 Verwijdering/afbraak van GBM (scenario 1, 3, 4, 5 en 6)

Bij de meeste scenario's is de aanwezigheid van GBM/OMV een probleem. Dit geldt o.a. voor scenario 1 (lozen huidige afvalwaterstroom), scenario 6 (algenteelt), maar ook voor scenario 4 en 5, in het geval de zoute afvalstroom wordt geloosd op brak oppervlaktewater of op zee, of wordt verwerkt tot een zoutproduct.

In WP5 zijn de diverse technieken voor verwijdering/afbraak van organische verontreinigingen geïnventariseerd, beschreven en beoordeeld. Onder de organische verontreinigingen vallen de gewasbeschermingsmiddelen, groeiremmende factoren, wortel-exudaten, organische microverontreinigingen en bio-fouling. In onderzoek van Vulto & Beltman (2007) is onderzocht wat de effectiviteit van verschillende zuiveringsmethoden voor het gewasbeschermingsmiddel Atrazin was. Atrazin is wat betreft milieu eigenschappen een "worst-case" stof, het is persistent en mobiel. Van de verschillende methoden (biobedden, helofytenfilters, actief koolfiltratie, membraanfiltratie en actiefkool filtratie met flocculatie en UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) breekt UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Atrazin voor 100% af, in tegenstelling tot de andere methoden die effectiviteiten hebben die variëren tussen 14 - 100%.

Met betrekking tot de oxidatie-technieken en degradatie met UV is in WP5 besloten om enkel AOP verder te beschouwen omdat deze techniek de state-of-the-art vormt binnen de glastuinbouw. Een deel van de glastuinbouwbedrijven beschikken al over desinfectie met UV waarmee met de combinatie met waterstofperoxide dosering tegen relatief geringe kosten de bestaande UV desinfectie naar een AOP proces kan worden veranderd.

Er is binnen de glastuinbouw al ervaring opgedaan met de combinatie UV + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Van Os, 2010c). Doel hierbij is het langer recirculeren van drainwater door de afbraak van groeiremmende componenten. In dit onderzoek is aangetoond dat UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de groeiremmende factoren kan reduceren. In WP 1 wordt geavanceerde oxidatie voor deze toepassing verder doorontwikkeld.

Naast groeiremmende stoffen kunnen ook GBM worden afgebroken door UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Hiervoor zijn wel hogere UV- en peroxide-doseringen noodzakelijk (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 0-25 mg/l, UV-C (200-280nm): 0-900 mJ/cm<sup>2</sup>). De eerste pilots met drainwater uit de rozenteelt zijn positief en bevestigen dat met UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> GBM versneld kunnen worden afgebroken (Van Os *et al.* 2010c). Echter de afbraakpercentages blijken af te hangen van het type GBM. Zo worden alifatische GBM moeilijk afgebroken, waarschijnlijk omdat ze niet worden aangeslagen door UV. Bij de tests zijn 9 -14 GBM-typen aangetroffen welk aantal na behandeling terug liep tot 6-10. Na behandeling bleken 30% daarvan volledig afgebroken te zijn, andere typen werden met 60-100% afgebroken. Voor een paar GBM werd geen effect gevonden. Van 1-6 middelen was het niveau nog steeds boven de MTR-waarde voor lozing op oppervlaktewater. Alhoewel behandeling effect heeft, is het niet mogelijk om in 1 stap beneden het MTR-niveau te komen (bv. *imidacloprid*, *cyprodinil*, *spiroxamine*, *kresoxim-methyl*). Uit ander onderzoek (Alterra) blijkt dat de werkzame stof *flonicamid* (niet gebruikt in de glastuinbouw overigens) vrijwel ongevoelig is voor UV en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Nader onderzoek naar de afbraak van GBM door UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en/of andere AOP-technieken lijkt dan ook gewenst te zijn. De belangrijkste onderzoeksvragen zijn:

- o Wat zijn de optimale procescondities voor UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (verblijftijd, vermogen UV-lamp, benodigde concentratie peroxide)
- o Invloed van andere aanwezige stoffen (nutriënten) op de effectiviteit voor GBM
- o Halfwaardetijd van waterstofperoxide, m.a.w. hoe lang blijft waterstofperoxide actief in het afvalwatersysteem.
- o Effectiviteit van andere AOP technologie (bijv. andere katalysator)

Naast AOP komt ook kooladsorptie in aanmerking als toe te passen technologie. Voor koolfiltratie geldt wel als nadeel dat geen polaire componenten worden geadsorbeerd. In principe is disinfectie m.b.v. hitte ook een optie, maar deze variant vraagt enorme hoeveelheden energie voor verhitting en vervolgens weer afkoeling van het water.

### 4.3.7 Lozen op het riool of op oppervlaktewater (scenario 1, 3, 4 en 5)

In de huidige situatie wordt het afvalwater van de glastuinbouw geloosd op het riool dan wel op het oppervlaktewater. Ook in de beschouwde scenario's is de lozing van de huidige afvalwaterstroom (scenario 0 en 2) of van een concentraatstroom (scenario 2 en 3) een mogelijke optie. Voorwaarde hiervoor is wel dat het zoutgehalte van de te lozen stroom onder de eis van 200 mg/l chloride blijft (bij directe lozing op oppervlaktewater).

Een mogelijke variant op het lozen van een zoute afvalwaterstroom op het riool is de optie om de zoute afvalwaterstroom per tankauto naar de RWZI te transporteren om het aldaar "gecontroleerd" aan te bieden aan de RWZI. Hierdoor wordt het rioolstelsel niet aangetast (betonrot) en kan de stroom gedoseerd worden aangeboden.

Om aan de verplichtingen van de KRW-regeling te kunnen voldoen zullen ook strenge eisen worden gesteld aan de emissie van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten worden gesteld. Waarschijnlijk zullen de concentraties aan N en P moeten voldoen aan de MTR-waarden voor N en P (deze zijn resp. 2,2 en 0,15 mg/l). Naar verwachting zullen bij lozing op het riool geen strenge eisen aan de concentraties van N en P worden gesteld, omdat deze in de RWZI kunnen worden afgebroken.

Voor de verwijdering van GBM en nutriënten kan gedacht worden aan de toepassing van de volgende technieken: een combinatie rietfilter/lavafilter, zandfilter (biologisch filter) of een andere biologische zuivering (MBR, SBR). Voor de afbraak van GBM komt ook een techniek als AOP (UV + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in aanmerking, eventueel in combinatie met koolfiltratie, zie par. 4.3.5.

Voor het lozen van afvalwater moeten lozingsheffingen betaald worden. De lozingsheffingen verschillen sterk per regio, in het Westland vrijwel nihil (3 IE/ha) en in bijv. Wieringermeer meer als 5 euro/m<sup>3</sup> boven de 250 m<sup>3</sup> (Priva, 2011).

### 4.3.8 Lozen van de zoute concentraatstroom op zee (scenario 3, 4 en 5)

Een alternatief voor de opwerking van de zoute concentraatstroom tot een zoutproduct of tot een droge te storten afvalstroom, is het lozen van de zoute concentraatstroom op zee (of brak oppervlaktewater). Uit oogpunt van transportkosten is deze optie waarschijnlijk alleen interessant voor de glastuinbouwbedrijven die in het Westland zijn gesitueerd (maximale afstand tot zee 25 km?), waarbij transport kan plaatsvinden via een collectief afvoerstelsel<sup>8</sup>. Alternatief is transport via een tankauto, maar dat is waarschijnlijk erg kostbaar. Een en ander hangt ook af van de hoeveelheid concentraatstroom die per dag per bedrijf vrijkomt (ordegrootte ca. 1 m<sup>3</sup>/dag). In het beleid voor brijnlozingen van de provincie Zuid-Holland (Brijnbeleid Zuid-Holland) is een globale kostenraming opgenomen voor de afvoer van brijn met een tankauto naar zee. Uit deze kostenraming volgt dat de kosten per m<sup>3</sup> brijn ca. € 30 bedragen bij een gemiddelde afstand naar zee van 15 km en een inhoud van de tankauto van 10 m<sup>3</sup>.

<sup>8</sup> Er is al sprake van een aantal bestaande afvoerpijpen naar zee, o.a. vanaf AWZI Harnaschpolder en vanaf de DSM bij Delft.

Door optimalisatie (o.a. grotere tankauto) kunnen de kosten waarschijnlijk met minimaal een factor 2 worden teruggebracht tot ca. €15/m<sup>3</sup>. Dit lijkt nog steeds een hoge schatting van de transportkosten te zijn. In (Brandstof hub Twente, 2009) wordt voor transport van brandstof met een tankauto (capaciteit 50 ton) kosten berekend van €3,25/m<sup>3</sup> uitgaande van een “roundtrip” van 50 km (20 km enkele reis) en loonkosten en km-kosten van resp. €42/uur en €0,45/km. Deze laatste kostenschatting van de wegtransportkosten wordt bevestigd door de Reststoffenunie Waterleidingbedrijven B.V. (Reststoffenunie, 2011). De Reststoffenunie noemt prijzen van ca. 4 euro/ton voor relatief korte afstanden tot €12/ton voor langere afstanden over heel Nederland. Dit betreft dan transportprijzen die worden gehanteerd door transportondernemingen (brengcontracten). Wat vooral telt is of de vervoerder kan rekenen op retourvracht. Overigens is transport over water beduidend goedkoper, aldus de Reststoffenunie.

Naast transportkosten zullen er ook kosten gemoeid zijn met de opslag van de zoute concentraatstroom. Deze worden geschat op ca. 1-2 euro per m<sup>3</sup> (ordegrootte gelijk aan die van de kosten gemoeid met de opslag van gietwater).

Voor het lozen dient er verder rekening mee te worden gehouden dat lozingsheffingen moeten worden afgedragen.

Voor het lozen van zoute afvalwaterstromen is een vergunning vereist. In de vergunning zullen eisen m.b.t. de hoeveelheid en de samenstelling worden gesteld. Voor de concentraties aan zouten zal waarschijnlijk als eis gelden dat deze niet hoger mogen zijn dan die in het ontvangende water. Voor wat betreft de emissie van N en P zal aangetoond moeten worden dat deze gehalten door de inzet van algemeen geaccepteerde technieken zoveel mogelijk verlaagd zijn. Er zijn geen vaste emissie-eisen bekend. De RWZI-eisen die voor lozing op zoet oppervlaktewater worden gehanteerd, kunnen als leidraad dienen (resp. 10 mg/l voor N en 1 mg/l voor P (Neeffjes, 2011)). Als stikstof, sulfaat en fosfaat zijn verwijderd en geen resten van bestrijdingsmiddelen aanwezig zijn, is het water geschikt voor lozen op zee (Kamermans, 2008). Voor milieuvreemde of -versturende componenten (zware metalen, OMV, NH<sub>4</sub>) zullen strengere eisen worden geformuleerd.

### 4.3.9 Toepassing bij algenteelt (scenario 6)

Bij deze toepassing worden de aanwezige nutriënten in de huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom aangewend voor de teelt van algen en het gebruik daarvan voor biobrandstof (biodiesel) of -plastics, of als grondstof voor voedingssupplementen, cosmetica, verf en voer (vis, schelpdieren, vee). Bij deze procesroute worden alleen de aanwezige nutriënten benut, en aandachtspunt is de eventuele fixatie of lozing van resterende zouten. Algen worden al duizenden jaren geteeld. Echter, er is nauwelijks ervaring met het telen van algen op drainwater. De laatste jaren is de kweek van algen in opkomst in Nederland. De uitgangsmethode van algenkweek is als volgt: een watersysteem wordt geënt met een bepaalde algensoort en onder toevoeging van voedingsstoffen zoals onder andere stikstof, fosfaat, vitaminen en eventueel koolstofdioxide gaan de algen zich onder invloed van licht vermeerderen. De kweekmethoden kunnen nogal uiteenlopen en daarvoor zijn verschillende algensoorten nodig. De meest intensieve kweekmethode gebruikt fotobioreactoren, en heeft een hoge opbrengst in een korte tijd. Een andere methode is algenkweek in natuurlijke of artificiële vijversystemen, deze methode geeft een minder hoge opbrengst, maar kost minder energie, omdat er gebruik gemaakt wordt van natuurlijk zonlicht (Van der Hiele, 2008). Algenkweek kan eventueel gecombineerd of geïntegreerd worden met vis-, schelpdier- of zagerkweek, maar niet met de kweek van zeegroenten, in verband met de competitie om nutriënten (meststoffen).

Bij aquacultuur gaan we er vanuit dat de “standaard” watersamenstelling van zeewater hier gevraagd is. Verder mogen we veronderstellen dat de regelgeving t.a.v. te lozen stoffen (MTR waarden) niet overschreden mogen worden. De concentraatstroom mag geen bestrijdingsmiddelen bevatten als de algen uiteindelijk in voedingsproducten terecht komen. Het afvalwater dient dan een voorzuivering te ondergaan. Verder is nog onduidelijk welke eisen er aan het zoutgehalte, gehalte aan N en P en de aanwezigheid van andere componenten gesteld worden. Het is belangrijk dat er geen vervuilende industrie in de directe omgeving zit. Algen gedijen het beste bij schone lucht en een schone omgeving. Het voor de teelt van algen noodzakelijk dat er een agrarische bestemming op de grond zit. Het hoeft geen hoogwaardige landbouwgrond te zijn, de voorkeur gaat uit naar goedkope grond. (uit: Grontmij, 2008).

Bij de productie van algen wordt ca. 10% van de kosten bepaald door de voeding, de rest van de kosten zijn afschrijving, energie en investeringen. De investeringskosten voor een teeltsysteem van algen ligt rond de €30 /m<sup>2</sup> (grondprijs ca. €10 /m<sup>2</sup>). Haalbaarheidsonderzoek geeft aan dat bij telen op drainwater er voor de algen ca. 1/20-ste van het glastuinbouw teeltoppervlak extra nodig is (beschikbaarheid zonlicht). Er van uitgaande dat in de (5x ingedikte) concentraatstroom ongeveer 3,2 kg NPK/m<sup>3</sup> zit, en de omzettingsefficiëntie (rendement) voor laagwaardige toepassing op 80% wordt geschat, en die voor hoogwaardige toepassingen op 1%, dan is de bruto marktwaarde ongeveer €0.25 - 15 /m<sup>3</sup> concentraatstroom. Omdat een algenteiler nooit meer voor de nutriënten zal willen betalen dan gangbaar op de markt, mogen we het maximum daarom echter op €1.75 /m<sup>3</sup> stellen. In de praktijk zal dit maximum niet zo gauw gehaald worden.

Imares heeft een desktop studie uitgevoerd (Kamermans, 2008) naar de kweek van algen op basis van drainwater uit de glastuinbouw. Tevens is gekeken naar de mogelijke toepassing van deze algen voor de productie van schelpdieren (oesters). Niet alle algensoorten zijn geschikt voor deze toepassing. Geadviseerd is om eerst de algensoort te optimaliseren voor het zuiveringsproces, en dan te kijken voor welke toepassing de alg verder ingezet kan worden. Een grote reductie van stikstof en fosfor is mogelijk. Voedselveiligheidsrisico's worden vooral gerapporteerd voor zover de algen gebruikt worden voor de productie van voedsel. Belangrijke stoffen daarvoor zijn gewasbeschermingsmiddelen, zware metalen, dioxines, PCB's en eventueel micro-organismen.

Er zijn enkele pilots uitgevoerd met algenkweek op drainwater uit de glastuinbouw (IMARES, Hogeschool Zeeland) in kunstmatige vijvers op containers. Op dit moment is er geen praktijktoepassing van algen op drainwater. Belangrijke knelpunten zijn de energie nodig voor de teelt, met name bij de oogst wordt relatief veel energie gebruikt. Het niet jaar-rond kunnen telen van algen is een ander belangrijk knelpunt, en daarnaast is de kwaliteit, kwantiteit en samenstelling van de concentraatstroom ook niet erg constant. Voor de teelt van algen is het belangrijk redelijk zuivere condities te hebben. Aanwezigheid van microverontreinigingen (bacteriën of andere algensoorten) en gewasbeschermingsmiddelen is daarbij niet gewenst. Het drainwater zal daarvoor een voorzuivering moeten ondergaan zoals bijvoorbeeld UV of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-behandeling. Als laatste is het opwerken van de algen naar geschikte eindproducten een knelpunt. Vooralsnog lijkt toepassing als veevoer additief (vitaminen en eiwitten als vervanger van soja producten) de meest haalbare route.

Er bestaat een haalbaarheidsstudie, waarbij is gekeken naar de geschiktheid van afvalwater uit de glastuinbouw voor het kweken van algen (Stichting H2O Organic, 2009). Uit deze haalbaarheidsstudie blijkt dat - afhankelijk van het gekozen algenteeltsysteem - een productie van 25-120 ton droge stof/ha/jaar behaald kan worden. De haalbaarheidsstudie heeft een concept plan opgeleverd voor het opzetten van een tweejarig proefproject. Het project, uit te voeren door het adviesbureau Phytocare (en Stichting H2Organic), zou in het voorjaar 2011 starten. Bunnik Plants in Bleiswijk stelt daartoe ruimte beschikbaar voor vier overdekte algenvijvers van elk 1.000 m<sup>3</sup> (Kamminga, 2010). Dit project is niet gestart i.v.m. problemen m.b.t. de financiering. Op dit moment is er daardoor geen project dat zich richt op de toepassing van algen om drainwater te zuiveren.

WUR gaat het AlgaePARC bouwen in Wageningen, een onderzoekscentrum voor algenkweek.

Algenkweek in volledig natuurlijke systemen komt nog niet voor in Nederland. Deze manier van kweken brengt veel onzekerheden met zich mee. Afhankelijk van het doel waarvoor de oogst gebruikt gaat worden zullen bepaalde algensoorten de voorkeur hebben. In een natuurlijk systeem zal naar verwachting de samenstelling van de algen met ieder seizoen variëren. Ook als het systeem geënt wordt met de gewenste algensoort (dit kan overigens alleen een van naturen in de Noordzee of Westerschelde voorkomende soort zijn), kunnen er veel variaties in soortensamenstelling optreden.

## 4.4 Beoordeling van de verwerkingsscenario's

In paragraaf 4.3 zijn de mogelijke toepassingen van de concentraatstroom beoordeeld. In deze paragraaf vindt een integrale beoordeling plaats van de mogelijke verwerkingsscenario's inclusief de beoogde toepassing. De beoordeling vindt plaats aan de hand van de volgende criteria:

- o duurzaamheid van de verwerkingsroute en de toepassing;
- o technische haalbaarheid van de verwerkingsroute en de toepassing;
- o ontwikkelingsperspectief voor de korte (2015), midden lange (2021) en lange termijn (2027);
- o netto-kosten; opbrengst product minus kosten gemoeid met de opwerking en transport van de concentraatstroom;
- o wet- en regelgeving; en
- o afzetvolume

### *Duurzaamheid*

Voor wat betreft de duurzaamheid van het verwerkingsscenario hanteren we de indeling die is gebruikt bij het beoordelen van de duurzaamheid van de beoogde toepassing (zie par. 4.1).

### *Technische haalbaarheid*

Bij voorkeur is de technische haalbaarheid van de beoogde opwerking hoog.

### *Ontwikkelingsperspectief voor de korte (2015), midden lange (2021) en lange termijn (2027)*

Termijn waarop verwerkingsscenario in de praktijk realiseerbaar is. Bij voorkeur is het verwerkingsscenario op korte termijn realiseerbaar.

### *Netto-kosten*

De netto-kosten betreffen de opbrengst van het product minus de eventuele transport- en opwerkingskosten. Bij voorkeur zijn de opwerkings- en transportkosten laag en de opbrengst van het product hoog.

### *Wet- en regelgeving*

Met betrekking tot dit criterium is het relevant welke (wettelijke) eisen en bepalingen er worden gesteld aan de samenstelling van de concentraatstroom. Bijvoorbeeld bij het lozen van afvalwater op zee of op oppervlaktewater.

### *Afzetvolume*

Het afzetvolume van de beoogde toepassing dient in relatie tot het volume van de concentraatstroom voldoende groot te zijn. Naast de mogelijke toekomstige verwerkingsscenario's voor de concentraatstroom is ook scenario 1 meegenomen in de beoordeling alhoewel het hierbij geen duurzame toepassing betreft maar lozing van de huidige afvalwaterstroom. De verwerking is hierbij gericht om te kunnen voldoen aan de toekomstige lozingseisen.

Uit de beoordeling van de scenario's blijkt dat hergebruik van de huidige afvalwaterstroom of de toekomstige concentraatstroom als gietwater voor zouttolerante gewassen (scenario 2a en 2b) de meest aantrekkelijke verwerkingsvariant is. Een punt van aandacht is wel de vraag wat daarna met zoute afvalwaterstroom gebeurt. Immers, alleen de nutriënten worden aangewend voor hergebruik. Wel geldt als nadeel dat deze scenario's pas op midden lange termijn realiseerbaar zijn. Ook de scenario's waarbij de nutriënten worden teruggewonnen voor hergebruik op eigen bedrijf of elders en de resterende concentraatstroom kan worden geloosd, scoren goed (scenario 4a en 4b). Daarbij komt dat deze scenario's wel op de korte termijn (periode tot 2015) realiseerbaar lijken te zijn. Deze procesroutes zijn dus de kandidaten die mogelijk voor de korte termijn een oplossing zouden kunnen brengen.

Tabel 16. Beoordeling verwerkingsscenario's.

Scenario	Residustroom	Duurzaamheid	Technische haalbaarheid	Ontwikkelingsperspectief	Kosten	Afzetvolume	Wet- en regelgeving	Totaal
Scenario 2a: Toepassing bij zouttolerante teelt eigen bedrijf	huidige afvalwaterstroom of concentraat	+	0	0	+	0/+	+	3,5
Scenario 2b: Toepassing bij zouttolerante teelt elders	huidige afvalwaterstroom of concentraat	+	0/+	0/+	0/+	0	+ / 0	3
Scenario 4a: Hergebruik nutriënten + lozen op oppervlaktewater/riool	huidige afvalwaterstroom of concentraat + brijn	+ / 0	0	+	+	+	-	2,5
Scenario 4b: Hergebruik nutriënten + lozen op zee	concentraat + brijn	+ / 0	0	+	0	+	0	2,5
Scenario 6: Toepassing bij algenteelt	huidige afvalwaterstroom of concentraat	0/+	0/+	0	0	- / 0	+	1,5
Scenario 1: Lozen huidige afvalwaterstroom	huidige afvalwaterstroom	-	?	+	0	+	0	1
Scenario 3a: Hergebruik als gietwater in kas + lozen op oppervlaktewater/riool	huidige afvalwaterstroom of concentraat	+	- ?	0	+	+	-	1
Scenario 3b: Hergebruik als gietwater in kas + lozen op zee	huidige afvalwaterstroom of concentraat	+	- ?	0	0	+	0	1
Scenario 5b: Fosfaatmeststof + lozen op zee	concentraat + brijn	0	0	+	0	0	0	1
Scenario 5a: Fosfaatmeststof + lozen op oppervlaktewater/riool	concentraat + brijn	0	0	+	0/+	0	-	0,5
Scenario 3c: Hergebruik als gietwater in kas + droog zoutproduct	huidige afvalwaterstroom of concentraat	+	- ?	0	-	0	0	-1
Scenario 4c: Hergebruik nutriënten + droog zoutproduct	concentraat + brijn RO	0	-	0	-	+	0	-1
Scenario 5c: Fosfaatmeststof + droog zoutproduct	concentraat + brijn RO	0	-	0	-	0	0	-2

Toelichting scores:

**Duurzaamheid:** + = gebruik van totale stroom; 0/+ = gebruik van nutriënten; 0 = gebruik van zouten; - = geen gebruik van totale stroom, materialen of nuttige toepassing

**Technische haalbaarheid:** + = technische haalbaarheid van de beoogde bewerking is hoog; 0 = technische haalbaarheid van de beoogde bewerking is gemiddeld; - = technische haalbaarheid van de beoogde bewerking is laag

**Ontwikkelingsperspectief:** + = realiseerbaar op korte termijn; 0 = mogelijk realiseerbaar op midden lange termijn; - = mogelijk realiseerbaar op lange termijn

**Netto-kosten:** + = netto-kosten zijn relatief laag; 0 = netto kosten zijn gemiddeld; - = netto-kosten zijn hoog

**Wet- en regelgeving:** + = wet- en regelgeving niet relevant; 0 = wet- en regelgeving mogelijk relevant; - = relevante wet- en regelgeving

**Afzetvolume:** + = afzetvolume voldoende groot; 0 = afzetvolume mogelijk niet voldoende groot; - = afzetvolume te klein

**Overall:** = ranking van de toepassingen op basis van optelling van de beoordelingen van de criteria (geen wegingsfactoren gebruikt).

Het scenario algenteelt (scenario 6) scoort redelijk goed, maar evenzo voor dit scenario geldt dat er pas een ontwikkelingsperspectief voor de middellange termijn mogelijk lijkt.

Minder hoog scoren de scenario's lozen van de huidige afvalwaterstroom (scenario 1), hergebruik als gietwater in de kas (scenario 3a en 3b) en fosfaatmeststof (scenario 5b, 5a). Hergebruik van de totale stroom als gietwater in de kas lijkt alleen kansrijk voor afvalwaterstromen met een laag natriumgehalte. In dat geval is alleen de verwijdering van OMV/ groeiremmers een vereiste. De selectieve verwijdering van natrium is (nog) niet mogelijk. Mogelijkerwijs kan door de inzet van een NF of CapDi een natriumarme en nutriëntrijke stroom worden verkregen.

De overige scenario's scoren matig tot slecht. Dit geldt onder meer voor alle scenario's waarbij een zoute stroom niet wordt geloosd, maar wordt ingedikt tot een droog zoutproduct (scenario 3c, 4c en 5c). De terugwinning van vaste zoutproducten uit de concentraatstroom is technisch niet eenvoudig, gezien de strenge eisen die aan de samenstelling van commerciële zoutproducten worden gesteld. Ook economisch lijkt deze route niet aantrekkelijk, gezien de hoge kosten van ZLD technologieën (> €10-20 /m<sup>3</sup>) en de geringe opbrengst van de zoutproducten (lage marktprijs van bijvoorbeeld stroozout). Daarbij moet ook worden opgemerkt dat het zoutgehalte van de concentraatstroom en de brijn relatief laag is. Het totaal zoutgehalte van beide stromen is ca. 5 g/l en hiermee beduidend lager dan dat van zeewater (ca. 30 g/l). De bereiding van een zoutproduct uit dergelijke stromen ligt niet voor de hand.

Vooralsnog lijkt het lozen van de zoute concentraatstroom op zee voor de korte termijn de meest aantrekkelijke optie. Voor de langere termijn biedt mogelijk MDC een perspectief. MDC is een technologie in ontwikkeling door TNO en bestaat uit een combinatie van membraan destillatie en kristallisatie. Delen van de kennis die verkregen is tijdens de ontwikkeling van Memstill (o.a. zeewater ontzouting) en FACT (o.a. water ontharding middels kristallisatie en precipitatie) vormen de basis van het MDC concept. Onlangs is een onderzoeksvoorstel ingediend om deze technologie verder te ontwikkelen en voor een aantal industriële toepassingen geschikt te maken. Een daarvan is de glastuinbouw.

In onderstaande Tabel 17. wordt een overzicht gegeven van de technieken die bij de verschillende scenario's kunnen worden toegepast. Hierbij is aangegeven wat de status is van de technieken en welke onderzoeksvragen er eventueel nog beantwoordt moeten worden. Tenslotte wordt aangegeven of de betreffende techniek wel of niet wordt geselecteerd voor nader onderzoek in fase 2.

Tabel 17. Overzicht stand van zaken diverse technieken, relevante onderzoeksvragen en selectie voor doorontwikkeling in vervolgfase.

Onderwerp	Technieken	Huidige status	Onderzoeksvragen	Selectie voor vervolgfase
Hergebruik als gietwater	NF/CapDi?	Nog geen bewezen technologie voor betreffende afvalwaterstromen	Percentage terugwinning nutriënten Retentie voor Na en Cl (zie ook terugwinning van nutriënten)	Ja
Terugwinning van nutriënten	AD, IW, ED, NF	Nog geen bewezen technologie voor betreffende afvalwaterstromen	Screening adsorbentia Percentage terugwinning Retentie voor Na en Cl	Ja
Fosfaatmeststof (struviet)	precipitatie	Diverse pilots voor vergelijkbare afvalwaterstromen	Is struvietprecipitatie haalbaar voor de concentraatstroom Percentage terugwinning P	Ja
Afbraak van GBM	UV+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (AOP), koolfiltratie	Diverse pilottesten in glastuinbouw uitgevoerd met combinatie UV+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . Niet alle GBM worden even effectief afgebroken door AOP	Is afbraak GBM met AOP/UV + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> verder te optimaliseren Wat zijn de optimale procescondities. Welke additionele technieken zijn inzetbaar (o.a. een andere katalysator). Doel: Afbraak van alle relevante GBM tot beneden MTR	Ja
Verwijdering zware metalen uit RO-brijn	IW, EC/flocculatie	Bewezen technologie voor vergelijkbare afvalwaterstromen	Haalbaarheid voor RO-brijn	Nee*
Algenteelt - afbraak van GBM	UV+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (AOP), koolfiltratie	Verkenningen.	Gevoeligheid van algen voor GBM Welke concentraties N en P en andere componenten zijn gewenst	Ja**
Zouttolerante gewassen	Toediening, EC management	In onderzoek, maar nog niet in combinatie met drain	ziektieresistentie, kwaliteit, productie, zout-tolerantie bestaande gewassen	Ja**
Verwijdering van N en P	Diverse biologische technieken zoals MBR, SBR, rietfilter/lavafilter, zandfiltratie, etc.	Bewezen technologie voor vergelijkbare afvalwaterstromen	n.v.t.	Nee
Opwerking zoute afvalwaterstroom tot zoutproduct	Concentratie technieken ZLD MDC	Indampen en ZLD zijn bewezen technieken; MDC wordt onderzocht in binnenkort te starten onderzoek (NoWaste)	Haalbaarheid MDC	Nee

\* Door de inzet van technieken zoals IW en elektro-coagulatie/flocculatie zijn de zware metalen concentraties in RO-brijnen in principe te verlagen tot beneden de streefwaarden. De ervaring in de praktijk leert echter dat door deze behandeling het water aerob wordt en infiltratie in de bodem niet meer wordt toegestaan. Tevens zijn er een aantal problemen te verwachten zoals neerslag van ijzerzouten die kunnen leiden tot verstoppingen van de installatie en bronnen.

\*\* Voor deze procesroutes wordt voorgesteld geen technisch onderzoek te doen in de tweede fase WP6, maar een nadere desktop studie uit te voeren naar de potentie van deze procesroutes op de middellange termijn, alsmede het verder uitwerken van de onderzoeksvragen daarvoor.





## 5 Selectie van technieken

### 5.1 Technieken voor doorontwikkeling in labfase (korte termijn)

In hoofdstuk 4 is aandacht besteed aan verschillende verwerkingsscenario's voor de huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstromen. Uitgangspunt hierbij is valorisatie van deze stromen, dat wil zeggen een zodanige verwerking of opwerking dat of de concentraatstroom of de hierin aanwezige bestanddelen kunnen worden hergebruikt als grondstoffen. Vastgesteld is dat de in de concentraatstroom aanwezige nutriënten de hoogste waarde vertegenwoordigen. Selectieve terugwinning van deze nutriënten en hergebruik als meststof is het meest aantrekkelijk. Voorwaarde hierbij is dat de nutriënten in hun oorspronkelijke vorm aanwezig blijven en dat geen storende concentraties van componenten zoals natrium, chloride en OMV aanwezig zijn in de nutriëntrijke stroom. In aanmerking komende technieken voor de afscheiding van een nutriëntrijke stroom zijn:

- o Adsorptie (AD)
- o Ionenwisseling (Carix)
- o Elektrodialyse (ED)
- o Nanofiltratie (NF)
- o Capacitieve deïonisatie (CapDi)

Adsorptie, ionen-uitwisseling en elektrodialyse bieden perspectief voor het terugwinnen van de nutriënten uit het restantwater. Terugwinning van nitraat is met een IX en ED goed mogelijk. Terugwinning van fosfaat is wellicht voldoende selectief bij adsorptie, is beperkt bij ionen-uitwisseling en is bij elektrodialyse enkel mogelijk wanneer ijzerzout wordt toegevoegd. Labproeven met adsorptie, ionen-uitwisseling en elektrodialyse zijn nodig om vast te stellen welke mate van terugwinning van nutriënten in de praktijk behaald kan worden. Een ander belangrijk aandachtspunt is de retentie van natrium en chloride door deze technieken. Voor nanofiltratie geldt dat voor veel membraantypen ook de retentie voor natrium relatief hoog is en tevens groeiremmers worden tegengehouden. Mogelijk dat met capacitieve deïonisatie (in combinatie met nanofiltratie) scheiding van 1 en 2 waardige ionen mogelijk is.

Een alternatief voor selectieve afscheiding van een nutriëntrijke stroom is de afscheiding van fosfaat door middel van precipitatie. Bijvoorbeeld precipitatie van struviet of van calciumfosfaat. Struviet kan als langzame meststof worden vermarkt en calciumfosfaat als grondstof/halffabricaat voor de fosforindustrie. Onderzocht zou kunnen worden of struvietprecipitatie haalbaar is voor de concentraatstroom, welke vorm van struvietprecipitatie de voorkeur verdient en welk percentage fosfaatterugwinning mogelijk is.

Zowel RO-brijn als de concentraatstroom van de spui bevatten zouten (met name NaCl). Het totaalgehalte aan zouten is echter relatief laag (ca. 5 g/l). In principe kan een zoute geconcentreerde afvalwaterstroom worden ingedampt en kan bijvoorbeeld middels een ZLD-proces een zoutconcentraat worden verkregen waaruit een of meerdere zoutproducten zijn te verkrijgen. Een dergelijke opwerkingsroute is echter kostbaar en het zoutproduct heeft een lage marktwaarde. Daarom is vooralsnog geen opwerkingstechniek voor het behandelen van een zoute afvalwaterstroom geselecteerd voor het vervolgonderzoek. Overigens is recent bij TNO een onderzoek gestart met meerdere industriële partners, gericht op de verwerking van zoute afvalwaterstromen door middel van MDC (combinatie van membraandestillatie en kristallisatie). Aanleiding voor het opstarten van dit Nowaste-project is dat de huidige generatie opwerkingstechnieken kostbaar zijn en een hoog energieverbruik hebben. Het Productschap Tuinbouw is een van de vijf industriële partners.

Voor diverse toepassingen van de concentraatstroom is de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen niet gewenst. De afbraak of verwijdering van deze componenten samen met andere organische microverontreinigingen is dan ook een belangrijk onderwerp. Een geschikte techniek hiervoor, waarmee ook al enige ervaring is opgedaan in de glastuinbouwsector, is geavanceerde oxidatie en dan met name de combinatie UV + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Daarom wordt ook voorgesteld om UV in combinatie met H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> te onderzoeken als techniek voor de afbraak van GBM. Hierbij zal tevens de mogelijkheid

van in-situ elektrochemische productie van H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> worden onderzocht. Mogelijk dat niet alle GBM even effectief worden afgebroken door UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Daarom zal als alternatief ook het gebruik van koolfiltratie worden nagegaan.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de meest perspectiefvolle technieken.

Tabel 18. Overzicht van de meest perspectiefvolle technieken.

Onderwerp	Stroom	Meest perspectiefvolle technieken
Nutriëntenterugwinning	Concentraat	Adsorptie, ionenwisseling, elektrolyse, nanofiltratie en capacatieve deïonisatie
Fosfaatmeststof	Concentraat	Struvietprecipitatie
Afbraak OMV	Concentraat	Geavanceerde oxidatie met UV en waterstofperoxide, actief koolfiltratie

## 5.2 Technieken voor verdere desktop studie (middellange termijn)

In hoofdstuk 4 is voor een aantal procesroutes geconcludeerd dat toepassing op de korte termijn niet haalbaar lijkt. Voor deze procesroutes wordt daarom voorgesteld geen technisch onderzoek te doen in de tweede fase WP6, maar een nadere desktop studie uit te voeren naar de potentie van deze procesroutes op de middellange termijn, alsmede het verder uitwerken van de onderzoeksvragen daarvoor.

Tabel 19. Overzicht van technieken voor verdere desktop-studie.

Onderwerp	Stroom	Meest perspectiefvolle technieken
Algenteelt	Totale stroom	?
Zouttolerante gewassen	Totale stroom	?

## 6 Integratie WP5 en WP6 ten behoeve van zes verschillende tuinbouwbedrijfsituaties

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de samenhang tussen de drie concepten voor het sluiten van de waterkringloop zoals beschreven in werkpakket 5, en de samenstelling en de afzetmogelijkheden van de hierbij vrijkomende afvalwater- en concentraatstromen, zoals beschreven in werkpakket 6. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen zes verschillende bedrijfsituaties, die als representatief voor de substraatteelt kunnen worden beschouwd. Allereerst worden de te onderscheiden bedrijfsituaties beschreven, vervolgens wordt de huidige situatie geschetst en daarna de toekomstige situatie uitgaande van drie verschillende concepten. Tenslotte wordt ook nog een vierde concept beschreven, waarbij de totale afvalwaterstroom wordt hergebruikt als gietwater in de kas en nagegaan wordt welke storende componenten moeten worden verwijderd om dit hergebruik mogelijk te maken.

### 6.2 Bedrijfsituaties

De volgende zes bedrijfsituaties worden onderscheiden:

Tabel 20. Bedrijfsituatie, bassingrootte en areaal.

Bedrijfs situatie	Omschrijving	Regenwater		Osmose		Bron-water		Tap-water / sloot-water	Regio	Areaal	Zouttolerantie		Natrium in meststoffen	
		inhoud bassin m <sup>3</sup> /ha	Na-gehalte mmol	Na-gehalte mmol	Na-gehalte mmol	Na-gehalte mmol	ha				tomaat	roos	duur mmol	Goed- koop mmol
1	alle gietwater uit regenwater	4000	0.1	-	-	-	-	-	oostland, drente	500	hoog	laag	0.1	0.3
2	aanvullend gietwater uit slootwater	3000	0.1	-	-	1.5	-	-	utr, riv, flevo, gr, fr	500	hoog	laag	0.1	0.3
3	aanvullend gietwater uit RO	2500	0.1	0.1	-	-	-	-	westl, zeel,oostland	1700	hoog	laag	0.1	0.3
4	aanvullend gietwater uit RO	1500	0.1	0.1	-	-	-	-	westland	1700	hoog	laag	0.1	0.3
5	gietwater uit bronwater, aanvullend uit regenwater	500	0.1	-	0.3	-	-	-	bronwater limburg, Gld	1600	hoog	laag	0.1	0.3
6	aanvullend gietwater uit RO	1500	0.5	0.1	-	-	-	-	kust, zout regenwater	300	hoog	laag	0.1	0.3
Totaal										6300	8 mmol/l	4 mmol/l		

Bij bedrijfsituatie 1 is de inhoud van 4000 m<sup>3</sup>/ha van het bassin voldoende groot om alle gietwater uit regenwater te betrekken. Bij situatie 2 wordt aanvullend aan regenwater, gietwater uit slootwater betrokken. Het slootwater bevat 1,5 mmol/l Na. In situatie 3 en 4 (qua omvang ongeveer de helft van het totale areaal in Nederland) wordt aanvullend aan regenwater, omgekeerde-osmosewater uit grondwater bereid. Bij bedrijfsituatie 5 wordt rechtstreeks bronwater/grondwater als gietwater gebruikt en aanvullend regenwater en in situatie 6 wordt relatief zout regenwater (in de omgeving van de zee) gebruikt, aangevuld met omgekeerde-osmosewater.

Met bovenstaande cijfers kunnen zes voorlopige bedrijfsituaties bekeken worden.

## 6.3 Huidige situatie

In Tabel 21. wordt de huidige situatie met betrekking tot het restantwater en de vrijkomende concentraatstromen geschetst.

Tabel 21. Huidige manier van opereren bij de zes verschillende bedrijfssituaties.

Bedrijfssituatie	Omschrijving	Restant water		RO-brijn
		samenstelling *)	Na kritisch?	
1	alle gietwater uit regenwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	nee
2	aanvullend gietwater uit slootwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	ja (zomer) nee (winter)	nee
3	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	ja (zomer)
4	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	ja (zomer)
5	gietwater uit bronwater, aanvullend uit regenwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	nee
6	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	ja	ja (zomer)

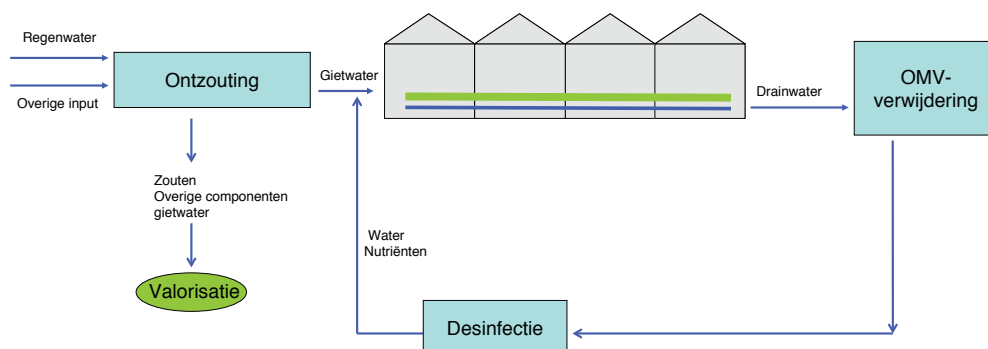
\* OMV = organische microverontreinigingen (groeiremmers, wortel-extrudaten, organische micro-verontreinigingen en bio-fouling). GBM = gewasbeschermingsmiddelen.

In de huidige situatie bevat het restantwater (de spui van de drain plus alle andere afvalwaterstromen) bij alle zes verschillende bedrijfssituaties OMV, GBM, pathogenen, nutriënten en zouten. Bij bedrijfssituatie 2 en 6 is het natriumgehalte van het restantwater c.q. de spuistroom kritisch en wordt er gespuid dan wel geloosd vanwege dit hoge natriumgehalte<sup>9</sup>. Bij de andere vier bedrijfssituaties zijn er andere redenen die aanleiding geven tot spuien c.q. lozen van het afvalwater, zoals het voorkomen van ziektes, groeiremming, etc.

### Brijnstream

Bij bedrijfssituatie 3, 4 en 6 is er naast een afvalwaterstroom ook sprake van een RO-brijnstream. RO-water wordt niet continu ingezet als gietwater, maar alleen in de zomerperiode wanneer er sprake is van onvoldoende regenwateraanvoer of als er anderszins een lange droge periode optreedt. De brijnstream komt dus met name gedurende de zomermaanden vrij. In vrijwel alle gevallen wordt de brijnstream geïnfiltreerd in de bodem.

## 6.4 Concept ontzouting ingangswater



9 Kwantitatieve data hierover zijn (nog) niet te geven. Deze data zijn gewasafhankelijk en zijn globaal in de haalbaarheidsstudie WP5 gegeven voor roos, tomaat, paprika en gerbera. Voor bovenstaande situaties zijn ze nog niet precies berekend. Dit wordt voor een ander project gedaan het voorjaar 2011.

In Tabel 22. wordt voor de verschillende bedrijfssituaties aangegeven wat invoering van het concept “Ontzouting ingangswater” zal betekenen. Uit deze tabel blijkt dat dit concept niet van toepassing is voor bedrijfssituatie 1 en optioneel is voor bedrijfssituatie 2 en 5. Bij bedrijfssituatie 1 is alle gietwater uit regenwater afkomstig en is natrium geen kritische component. Bij bedrijfssituatie 2 is eigenlijk gekozen voor slootwater als additionele gietwaterbron om geen omgekeerde osmose te hoeven toepassen. Ontzouten van slootwater in de zomer is echter een mogelijkheid. Dit geldt ook voor bedrijfssituatie 5, waarin bronwater als gietwaterbron wordt gebruikt (beperkte Na inname; 0,3 mmol/l Na). Bij ontzouting van slootwater verdient de voorbehandeling wel extra aandacht in verband met de aanwezigheid van biologische en vervuulende componenten. In bedrijfssituatie 3 en 4 wordt ontzouting van grondwater reeds toegepast en ontstaat met name in de zomermaanden een RO-brijn. Ontzouting van regenwater is hier niet relevant, omdat het regenwater nauwelijks natrium bevat (0,1 mmol).

Tabel 22. Concept Ontzouting ingangswater.

Bedrijfssituatie	Omschrijving	Ontzouting vooraf	RO-brijn *)	Valorisatie RO-brijn *)/ concentraat
1	alle gietwater uit regenwater	nvt	nvt	nvt
2	aanvullend gietwater uit slootwater	optioneel (slootwater)	optioneel (slootwater)	ja, RO-brijn (zomer)
3	aanvullend gietwater uit RO	ja, is reeds aanwezig voor grondwater	ja (zomer)	ja, RO-brijn (zomer)
4	aanvullend gietwater uit RO	ja, is reeds aanwezig voor grondwater	ja (zomer)	ja, RO-brijn (zomer)
5	gietwater uit bronwater, aanvullend uit regenwater	optioneel (bronwater)	optioneel (bronwater)	optioneel (RO-brijn)
6	aanvullend gietwater uit RO	ja op zowel regenwater als grondwater	ja	ja, RO-brijn

\*) = aanname dat ontzouting plaatsvindt met RO (Reverse Osmosis).

Volledige ontzouting van het ingangswater is alleen relevant voor bedrijfssituatie 6. Hier is voor de bereiding van gietwater uit grondwater al een RO-installatie aanwezig. Voor het regenwater dat ca. 0,5 mmol/l natrium bevat, kan aanvullend een ontzoutingsstap worden gerealiseerd.

Ontzouting van het ingangswater is alleen relevant als er meststoffen met een relatief laag natriumgehalte worden gebruikt (veelal de dure meststoffen)<sup>10</sup>. Als er goedkope meststoffen met veel natrium worden gebruikt, heeft ontzouting vooraf onvoldoende effect. Dan lijkt ontzouting van deze meststoffen, onmiddellijk na aanmaak of na verdere verdunning met water, een betere optie. Verder geldt dat bij een zout-intolerant gewas de behoefte groter is om ontzouting toe te passen dan bij een zouttolerant gewas.

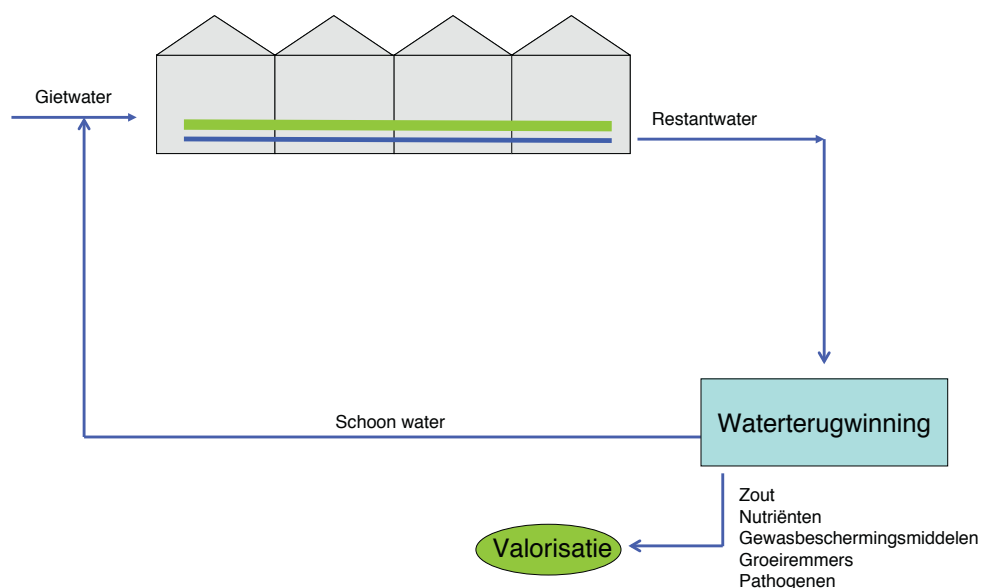
Het circulerende drainwater kan worden ontsmet met bijvoorbeeld H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en UV (geavanceerde oxidatie) om groeiremmende stoffen en pathogenen te verwijderen.

#### Brijnstroom

Bij toepassing van het concept ontzouting ingangswater ontstaat bij bedrijfssituatie 6 een brijnstroom met daarin met name aanwezig de zouten NaCl en CaCl<sub>2</sub>. In de huidige situatie ontstaat bij bedrijfssituatie 3, 4 en 6 een RO-brijnstroom. Na 2013 is infiltratie van deze brijnstroom in de bodem in principe niet meer mogelijk. Voor alternatieve mogelijkheden voor de afzet van deze brijnstroom wordt verwezen naar de hoofdstukken 3 en 4.

<sup>10</sup> Op dit moment zijn er indicaties dat er tot 0.3 mmol/l Na kan worden ingenomen met meststoffen, deels via ijzerchelaat, deels via kalimeststoffen. Waarschijnlijk komt er voorjaar 2011 een analyse van meststoffen beschikbaar.

## 6.5 Concept Waterterugwinning



In Tabel 23. wordt voor de verschillende bedrijfssituaties aangegeven wat invoering van concept “Waterterugwinning” zal betekenen.

Tabel 23. Concept Waterterugwinning.

Bedrijfs-situatie	Omschrijving	Restantwater		Benodigde technologie waterkringloop-sluiting*)	Benodigde technologie bij lozen van afvalwater	Concentraat		RO-brijn	Valorisatie RO-brijn/concentraat
		Samenstelling **)	Na kritisch			Samenstelling **)	Na-gehalte		
1	alle gietwater uit regenwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	AOP/(RO/MD)	standaardtechnologie voor verwijdering van GBM en nutriënten	nvt	nvt	nvt	nvt
2	aanvullend gietwater uit slootwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	ja (zomer) nee (winter)	RO/MD	nvt	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	hoog (zomer) laag (winter)	nvt	ja, concentraat met nutriënten
3	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	AOP/(RO/MD)	Standaard technologie voor verwijdering van GBM en nutriënten	nvt	nvt	ja (zomer)	ja, RO-brijn (zomer)
4	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	AOP/(RO/MD)	Standaard technologie voor verwijdering van GBM en nutriënten	nvt	nvt	ja (zomer)	ja, RO-brijn (zomer)
5	gietwater uit bronwater, aanvullend uit regenwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	RO/MD (optioneel)	nvt	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	laag	nvt	ja, concentraat met nutriënten
6	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	ja	RO/MD	nvt	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	hoog	ja (zomer)	ja, zowel concentraat met nutriënten als RO-brijn (zomer)

\* RO = reverse osmosis; MD = membraandestillatie; AOP = geavanceerde oxidatie processen.

\*\* OMV = organische microverontreinigingen (groeiremmers, wortel-exudaten, organische micro-verontreinigingen en bio-fouling); GBM = gewasbeschermingsmiddelen.

Uit Tabel 23. blijkt dat waterterugwinning middels toepassing van een ontzoutingstechniek minder relevant is voor de bedrijfssituaties 1, 3 en 4. Immers bij deze situaties is het natriumgehalte in de spui niet kritisch. Hierbij moet opgemerkt worden dat dit eigenlijk alleen geldt voor situaties waarbij dure meststoffen met weinig natrium worden gebruikt.

Ook het type gewas dat wordt geteeld speelt een rol. Bij gebruik van goedkope meststoffen met veel natrium-insleep en zout intolerante gewassen is het ook bij deze bedrijfssituaties voor de hand liggend om waterkringsluiting te realiseren middels toepassing van een ontzoutingstechniek.

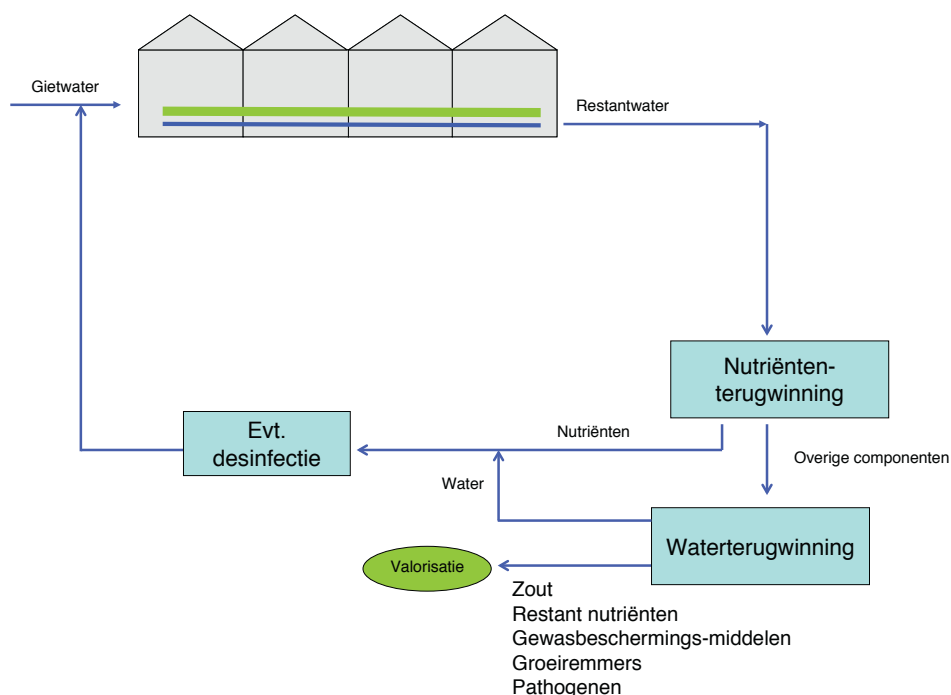
Bij de bedrijfssituaties 1, 3 en 4 kan waterkringsluiting worden gerealiseerd door toepassing van geavanceerde oxidatie om groeiremmende stoffen en pathogenen te verwijderen. De afvalwaterstroom die alsnog moet worden geloosd, kan door de inzet van standaardtechnologie worden ontdaan van GBM en de nutriënten N en P. Zie hiervoor hoofdstuk 3 en 4.

Bij bedrijfssituatie 6 is het natriumgehalte van spui van de drain kritisch en kan waterterugwinning worden gerealiseerd door de inzet van een ontzoutingstechniek zoals RO of MD. Voor bedrijfssituatie 2 en 5 geldt in mindere mate dat natrium kritisch is. Bij bedrijfssituatie 2 is het natriumgehalte alleen zomers, bij de inzet van slootwater, kritisch en bij bedrijfssituatie 5 is het twijfelachtig of ontzouting nodig is. Ook hier geldt dat ontzouting van de restantwaterstroom eerder voor de hand ligt bij gebruik van goedkope meststoffen met een hoog natriumgehalte en bij het telen van zout intolerante gewassen dan bij gebruik van dure natriumarme meststoffen en zouttolerante gewassen.

#### Concentraat- en RO-brijnstroom

De concentraatstroom die ontstaat bij waterterugwinning middels de inzet van een ontzoutingstechniek bevat naast de in de spui aanwezige nutriënten, zout (natriumchloride), GBM, groeiremmende stoffen en pathogenen. De concentraatstroom kan bijvoorbeeld als gietwater voor zouttolerante gewassen worden gebruikt. Ook terugwinning van de nutriënten voor gebruik in de kas of elders is een interessante mogelijkheid. Zie hiervoor hoofdstuk 3 en 4. Bij bedrijfssituatie 3, 4 en 6 ontstaat bij de bereiding van gietwater uit grondwater middels omgekeerde osmose ook een RO-brijnstroom, die met name NaCl en CaCl<sub>2</sub> bevat. Deze brijnstroom kan tot 2013 worden geïnfilteerd in de bodem. Na 2013 is infiltratie van deze brijnstroom in de bodem in principe niet meer mogelijk. Voor alternatieve mogelijkheden voor de afzet van deze brijnstroom wordt verwezen naar de hoofdstukken 3 en 4 en naar de rapportage van de studie "Opwerking en hergebruik van brijnen", die TNO in opdracht van het Productschap Tuinbouw heeft uitgevoerd (TNO, 2010).

## 6.6 Concept Nutriëntenterugwinning



In Tabel 24. wordt voor de verschillende bedrijfssituaties aangegeven wat invoering van het concept “Nutriëntenterugwinning” zal betekenen. Voor dit concept geldt eigenlijk hetzelfde als voor het concept waterterugwinning. Ook dit concept is niet relevant of minder relevant voor de bedrijfssituaties 1, 3 en 4, afhankelijk van de vraag welk type meststoffen worden gebruikt (veel of weinig Na-insleep) en welke gewassen er worden geteeld (zouttolerante of zout intolerante gewassen). Nutriëntenterugwinning is in ieder geval relevant voor bedrijfssituatie 6 en mogelijk ook voor bedrijfssituatie 2 en 5 (zie ook paragraaf 6.5).

Tabel 24. Concept Nutriënten- en waterterugwinning.

Bedrijfs situatie	Omschrijving	Restantwater		Benodigde technologie waterkringsluiting *)	Benodigde technologie nutriënten terugwinning*)	Benodigde technologie bij lozen van afvalwater	Concentraat		RO-brijn	Valorisatie RO-brijn/ concentraat
		Samenstelling **)	Na kritisch				Samenstelling **)	Na-gehalte		
1	alle gietwater uit regenwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	AOP/(RO/MD)	nvt	Standaard technologie voor verwijdering van GBM en nutriënten	nvt	nvt	nvt	nvt
2	aanvullend gietwater uit slootwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	ja (zomer) nee (winter)	RO/MD	NF/ED/IW	nvt	OMV, GBM, pathogenen, zouten	hoog (zomer) laag (winter)	nvt	ja, concentraat zonder nutriënten
3	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	AOP/(RO/MD)	nvt	Standaard technologie voor verwijdering van GBM en nutriënten	nvt	nvt	ja (zomer)	ja, RO-brijn (zomer)
4	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	AOP/(RO/MD)	nvt	Standaard technologie voor verwijdering van GBM en nutriënten	nvt	nvt	ja (zomer)	ja, RO-brijn (zomer)
5	gietwater uit bronwater, aanvullend uit regenwater	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	nee	RO/MD (optioneel)	NF/ED/IW	nvt	OMV, GBM, pathogenen, zouten	laag	nvt	ja, concentraat zonder nutriënten
6	aanvullend gietwater uit RO	OMV, GBM, pathogenen, nutriënten, zouten	ja	RO/MD	NF/ED/IW	nvt	OMV, GBM, pathogenen, zouten	hoog	ja (zomer)	ja, zowel concentraat zonder nutriënten als RO-brijn (zomer)

\* RO = reverse osmosis; MD = membraandestillatie; AOP = geavanceerde oxidatie processen; NF = nanofiltratie; ED = electrodialyse; IW = ionenwisseling.

\*\* OMV = organische microverontreinigingen (groeiremmers, wortel-exudaten, organische microverontreinigingen en bio-fouling); GBM = gewasbeschermingsmiddelen.

### Nutriëntrijke stroom

Naast de schoonwaterstroom en de concentraatstroom ontstaat bij dit concept ook een nutriëntrijke stroom. Uitgangspunt van de nutriëntenterugwinning is dat de teruggewonnen nutriënten weer als meststoffen in de kas kunnen worden gebruikt en er dus op de inkoop van meststoffen bespaard kan worden. De nutriënten dienen dus te worden verkregen in de hun originele vorm (zoals initieel toegevoegd aan het gietwater). De samenstelling en omvang van deze stroom (percentage terugwinning) is afhankelijk van de te kiezen technologie(n) voor nutriëntenterugwinning.

### Concentraat- en RO-brijnstroom

De concentraatstroom die ontstaat bij nutriënten- en waterterugwinning bevat ten opzichte van het concentraat van het concept met alleen waterterugwinning veel minder nutriënten (alleen het restant niet afgevangen nutriënten) en daarnaast zouten (natriumchloride), GBM, groeiemmende stoffen en pathogenen. Bij bedrijfssituatie 3, 4 en 6 ontstaat bij de bereiding van gietwater uit grondwater middels omgekeerde osmose ook een RO-brijnstroom, die met name NaCl en CaCl<sub>2</sub> bevat. Zie ook tekst paragraaf 6.5 Waterterugwinning en hoofdstuk 3 en 4 voor afzetmogelijkheden van deze beide stromen.



## 6.7 Concept Hergebruik als gietwater in de kas

Bij dit concept wordt ervan uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom of concentraatstroom kan worden hergebruikt als gietwater in de kas (zie ook hoofdstuk 3 en 4). Hierbij is het de bedoeling dat de totale stroom wordt teruggevoerd naar de kas en nagegaan wordt welke storende componenten voorafgaand aan de toepassing verwijderd moeten worden. In dit concept worden zowel nutriënten als water hergebruikt. Een vorm van hergebruik als gietwater in de kas zou ook kunnen zijn het gebruik van dit water in de laatste teeltfase van het gewas juist voor de oogst. In deze fase is het soms mogelijk om gietwater met hogere EC dan normaal gebruikelijk toe te passen. Juist deze hogere EC kan dan een extra kwaliteit (bv. smaak van tomaten) opleveren, en behoeft verder geen negatieve invloed op ontwikkeling van de plant meer te hebben.

In de huidige situatie wordt het drainwater gespuid op het moment dat bijvoorbeeld de natriumconcentratie een bepaalde waarde overstijgt (of de EC-waarde) of dat de teler het idee heeft/er van overtuigd is, dat de drain een te hoog gehalte aan groeiremmende stoffen bevat. Als er sprake is van een te hoog natriumgehalte (bedrijfsituatie 2, 5 en 6) zou bij voorkeur natrium selectief moeten worden verwijderd. Een selectieve natriumverwijdering is nu nog niet mogelijk. Maar ook een niet-selectieve verwijdering van natrium door bijvoorbeeld de inzet van nanofiltratie of capacatieve deïonisatie kan een mogelijkheid bieden om alsnog een natriumarme en nutriëntrijke stroom te verkrijgen. De natriumrijke en nutriëntarme stroom kan of worden geloosd of worden opgewerkt (zie hiervoor hoofdstuk 3 en 4).

Voor de bedrijfsscenario's waarbij het natriumgehalte van het drainwater of van het afvalwater niet kritisch is (bedrijfsituatie 1, 3 en 4) kan deze stroom als gietwater worden aangewend door toepassing van een verbeterde verwijdering van groeiremmende stoffen middels bijvoorbeeld geavanceerde oxidatie.



## 7 Conclusies en aanbevelingen

### Conclusies

Op basis van de haalbaarheidsstudie “Valorisatie van concentraatstromen” kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

De huidige afvalwaterstroom en de toekomstige concentraat- en brijnstroom hebben de volgende grootte en bevatten de volgende stoffen:

Tabel 25. Hoeveelheid en samenstelling afvalwaterstromen \*).

Stroom	Omvang			Samenstelling
	Gemiddeld (m <sup>3</sup> /ha/jaar)	Gemiddeld (m <sup>3</sup> /ha/dag)	Maximum (m <sup>3</sup> /ha/dag)	
Huidige afvalwaterstroom	199 - 586	0,5 -1,6	17 - 37	Nutriënten (N-NO <sub>3</sub> , P-PO <sub>4</sub> , K, Mg, Ca, SO <sub>4</sub> ), OMV***) en zouten (Na, Cl)
RO-brijnstroom	905 - 1447 **)	2,5 - 4,0	48 - 55	Na, K, Mg, Cl, Ca
Toekomstige Concentraatstroom	40 - 117	0,1 - 0,3	3,4 - 7,3	Nutriënten (N-NO <sub>3</sub> , P-PO <sub>4</sub> , K, Mg, Ca, SO <sub>4</sub> ), OMV***) en zouten (Na, Cl)

\* Overzicht voor de vier gewassen tomaat, roos, gerbera en paprika.

\*\* RO installatie is alleen in de zomermaanden in bedrijf (180 dagen/jaar).

\*\*\* OMV = organische micro verontreinigingen, waaronder gewasbeschermingsmiddelen.

Behalve de toekomstige concentraatstroom en de RO-brijnstroom is ook de huidige afvalwaterstroom bij de beschouwing van interessante valorisatiemogelijkheden meegenomen. Verder is naast de opwerking of valorisatie van de concentraatstroom tot een herbruikbare grondstof of product buiten de kas, ook de bewerking c.q. zuivering van de stroom in combinatie met hergebruik binnen de kas beschouwd, omdat de concentraatstroom waardevolle nutriënten bevat die bij rechtstreeks hergebruik in de kas waarschijnlijk de meeste waarde opleveren (intrinsieke waarde van de nutriënten ca. €7,50 per m<sup>3</sup> concentraat).

Bij de geïnventariseerde toepassingen is onderscheid gemaakt in de volgende toepassingen: hergebruik als gietwater in kas, zouttolerante teelt (eigen bedrijf of elders), aquacultuur (algen, visteelt via de route algen), nutriënten hergebruik (terugwinning), meststofproductie, zoutproductie, energie/organisch materiaal benutting en enkele lozings- en stortvarianten.

Uit een beoordeling van de mogelijke toepassingen en verwerkingsscenario's op basis van relevante criteria zoals duurzaamheid, kosten, technische haalbaarheid en afzetvolume, blijkt dat het gebruik van de totale stroom als gietwater voor zouttolerante gewassen in of buiten de eigen kas hoog scoort. Dit geldt ook voor hergebruik van de aanwezige nutriënten (na concentrering), in eigen kas of daarbuiten. Voor zouttolerante gewassen is het nadeel dat deze scenario's pas op middellange termijn realiseerbaar lijken te zijn.

Het gebruik van de nutriënten bij de teelt van algen en hergebruik van de totale stroom als gietwater in de kas scoren als scenario minder hoog, dit geldt ook voor de productie van een fosfaatmeststof.

Het scenario voor zoutproductie scoort relatief laag, omdat de vereiste opwerkingskosten waarschijnlijk hoog zijn en de waarde van het product laag.

Uit de bevindingen van de haalbaarheidsstudie van werkpakket 5 blijkt dat de terugwinning van nutriënten uit de huidige afvalwaterstroom of uit de toekomstige concentraatstroom het beste gerealiseerd kan worden met behulp van de technieken ionenwisseling/adsorptie, elektrolyse, nanofiltratie of capacatieve deïonisatie. Mogelijk kan door combinatie van de laatste twee methodes een scheiding in een natriumarme en natriumrijke stroom worden gerealiseerd, waarbij de meeste nutriënten aanwezig zijn in de natriumarme stroom.

Voor de meeste toepassingen c.q. afzetmogelijkheden is de aanwezigheid van GBM ongewenst. De meest geschikte techniek voor afbraak/verwijdering van GBM is geavanceerde oxidatie (AOP), bijvoorbeeld in de vorm van UV + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-dosering.

Om te laten zien wat waterkringsluiting in de praktijk kan betekenen, is voor zes verschillende bedrijfssituaties nagegaan welke van de drie concepten van waterkringsluiting van toepassing kunnen zijn, welke technologieën ingezet kunnen worden en welke afvalwater- en concentraatstromen vrijkomen. Hieruit blijkt dat de bedrijfssituatie in sterke mate bepaalt of een concept wel of niet toepasbaar is. Voor het lozen van de resterende afvalwaterstroom kan gebruik worden gemaakt van bestaande technologie. Met betrekking tot waterkringsluiting en nutriëntenterugwinning wordt in fase 2 van het project experimenteel onderzoek uitgevoerd om tot een optimale keuze voor een innovatieve technologie en/of methode te komen.

### **Aanbevelingen**

Aanbevolen wordt om in de vervolgfase van werkpakket 6 aandacht te besteden aan de onderwerpen: nutriëntenterugwinning en scheiding in een natriumarme en -rijke stroom. Andere interessante onderwerpen zijn de productie van een fosfaatmeststof en de afbraak van GBM. Daarnaast verdient het aanbeveling om middels een desktop studie de state of the art vast te stellen van de ontwikkelingen op het gebied van aquacultuur en zouttolerante gewassen, teneinde de geschiktheid van deze toepassingen voor valorisatiemogelijkheden beter te kunnen vaststellen.

## 8 Referenties

Agrimaco, 2010.

Alternatieven voor brijn in Zuid-Holland, kosten en milieueffecten, Agrimaco, 1 oktober 2010.

Balendonck, J., *et al.* 2010.

Farm Level Optimal Water management Assistant for Irrigation under Deficit, More Crop per Drop, Leaflet European Project GOCE 036958, Wageningen-UR, [www.flow-aid.eu](http://www.flow-aid.eu), 2010. Besluit Glastuinbouw.

Betuwse kunstmest, winning van stikstof en fosfaat uit urine, Stowa rapport R2010/30, 21010.

Blaeij, Arianne de & Stijn Reinhard, 2008.

Een waterpark als alternatief. MKBA aanleg multifunctioneel helofytenfilter op Waterpark Het Lankheet, September 2008, Rapport 2008-061, Projectcode 21052, LEI Wageningen UR, Den Haag.

Brandenburg, W.A. (2007)

Zilte botanie - Plantenteelt onder zilte omstandigheden in Nederland. Bijlage in: Het zout en de pap, een verkenning bij marktexperts naar langere termijn mogelijkheden voor zilte landbouw door Innovatienetwerk.

Brandstof hub Twente, haalbaarheidsstudie fase 1, Downstream B.V. april 2009.

Brijnbeleid Zuid-Holland; Beleid voor brijnlozingen in de bodem in de glastuinbouw -en boomteeltsector.

Caris, P., 2010.

Waterschap Peel en Maasvallei, afdeling Vergunningen en Handhaving; antwoord per email van 1 december 2010.n.a.v. een vraag over lozingsseisen van residustromen op het riool en op het oppervlaktewater.

CBS, 2009.

Glastuinbouwcijfers, Centraal Bureau voor de Statistiek, [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl).

A.M. van Dam, O. A. C., W. Voogt, Th.G.L. Aendekerk, 2009.

leven met zout water, deelrapport zouttolerantie van landbouwgewassen. Lisse, Praktijkonderzoek, Plant en Omgeving: 36. Glastuinbouw (SIGN) en InnovatieNetwerk, september 2009.

Glastuinbouw Koerier, mei 2010.

Bayer CropScience B.V. Mijdrecht, [http://bayercropscience.nl/BAYER/CropScience/BCS\\_NL.nsf/id/NL\\_Koerier2010/\\$file/GlastuinbouwKoerier\\_mei\\_2010.pdf](http://bayercropscience.nl/BAYER/CropScience/BCS_NL.nsf/id/NL_Koerier2010/$file/GlastuinbouwKoerier_mei_2010.pdf).

Grontmij, 2008.

Zilte Agriport Westergozone, kansen voor zilte aquacultuur. Drachten, 19-12-2008.

Helpdesk RWS, Informatie per email, d.d. 6 oktober 2010

Incrocci, L., P. Marzalletti, G. Incrocci, J. Balendonck, S. Spagnol and A. Pardossi, 2010.

The Application of the WET Sensor for the Management of Reclaimed Wastewater Irrigation in Container-Grown Ornamentals (*Prunus laurocerasus* L.), Third International Symposium on Soil Water Measurement Using Capacitance, Impedance and TDT, Murcia, Spain, April, 7-9, 2010.

IVM, 2008.

Nieuwsbrief Milieu & Economie, jaargang 22, nummer 4, oktober 2008. ISSN 0929-6965. [www.vu.nl/ivm/nme](http://www.vu.nl/ivm/nme).

Kaderrichtlijnafvalstoffen, 2008.

[http://www.europadecentraal.nl/documents/dossiers/milieu/Richtlijnen/2008\\_98\\_EG\\_Kaderrichtlijn\\_Afvalstoffen\\_L\\_312-3\\_22-11-2008.pdf](http://www.europadecentraal.nl/documents/dossiers/milieu/Richtlijnen/2008_98_EG_Kaderrichtlijn_Afvalstoffen_L_312-3_22-11-2008.pdf)

Kamermans Pauline, Ainhoa Blanco & Marnix Poelman, 2008.

Draining Sustainable Profit Fase 1: deskstudie naar mogelijkheden voor benutting van drainwater voor het kweken van algen voor oesterteelt Wageningen UR-Imares, Yerseke, Rapport C043/08.

Kamminga, Harmen, 2010.

Op zoek naar de waarde van algen, vakblad voor de bloemisterij, no. 37, 2010, p 30-31.

Kosten storten en verbranden van afval 1985-2005,

Compendium voor de leefomgeving, <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0428-Kosten-storten-en-verbranden-afval.html?i=1-3>.

LAP, Landelijk afvalbeheersplan 2009-2021,

<http://www.lap2.nl/sectorplannen.asp>.

- LEI, 2008.  
Actuele marktprijzen kunstmest, BINternet, LEI, 2008.
- LEI, CBS, 2010.  
Land- en tuinbouwcijfers 2010.
- Van Lier, J., 2011.  
Informatie verstrekt over Zon instraling in NL, email van 15 februari 2011.n.a.v. expertpanel bijeenkomst project Glastuinbouw Waterproof, Werkpakket 6; Haalbaarheidsstudie Valorisatie van concentraatstromen, d.d. 15 februari 2011.
- Li, Y., Stanghellini, C., Challa, H., 2002.  
Response of tomato plants to a step-change in root zone salinity, under two different transpiration regimes, 2002.
- LTO, Glastuinbouw Waterproof - Kennisdag Water - 3 juni 2010.  
Productschap Tuinbouw - LTO Groeiservice - Wageningen UR Glastuinbouw, 2010.
- Maanen van, G. e. a., 2008.  
Duurzame vis en zilte teelt. Kennis on-line. Wageningen, Wageningen-UR, juli 2008.
- Maas, Bram van de; Erik van Os, Chris Blok, Rob Meijer, Nico Enthoven (Priva), 2010.  
Zuivering recirculatiewater in de rozenteelt, Wageningen-UR/TNO-rapport Rapport GTB-1010.
- Milledge, J.J., .Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (online first).
- NEO-brainstorm ontzouten & energie, SenterNovem.
- Nieuwenhuijze, J. C. v., 2008.  
Er zit toekomst in zilte teelten. Dialoogdag Aquacultuur. P. Zeeland. Yerseke, Provincie Zeeland.
- Nordic water, Dynasand-filter, <http://www.nordicwater.nl>, 2010.
- Oei, P.T., 2009.  
Algencultuur op drainwater uit de glastuinbouw. Naar een pilot algenteelt voor de glastuinbouw. Stichting Innovatie Glastuinbouw Nederland (SIGN) en InnovatieNetwerk opgesteld door: Stichting H2Organic en Imares. ISBN: 978 - 90 - 5059 - 401 - 1, Rapportnr. 09.2.219, Utrecht, september 2009. ([www.ltonoordglaskracht.nl](http://www.ltonoordglaskracht.nl)).
- Os van, E.A., M.A. Bruins, *et al.* 2010.  
Waterstromenmodel. Wageningen UR Glastuinbouw (Model niet publiek beschikbaar). Concentraties gift en drain van verschillende gewassen, Excel-file. WUR Glastuinbouw, oktober 2010.
- Os van, E. A., F.J. van Kuik, W. Th. Runia, J. van Buuren (1998).  
"Prospects of slow sand filtration to eliminate pathogens from recirculating nutrient solutions." *Acta Horticultura* 458(Proc. IS Water Quality & Quantity in Greenhouse Horticulture): 377-382.
- Os van, E.A., 2010a.  
Resultaten proef met rozen. Wageningen UR, interne communicatie.
- Os van, E.A., 2010b.  
Telen van prei op water. Wageningen-UR.
- Van Os, E.A., A.A. Van Der Maas, N.L.M. Enthoven, R.J.M. Meijer, M.R. Khodabaks, C. Blok, 2010c.  
Advanced Oxidation to Eliminate Growth Inhibition and to Degrade Plant Protection Products in a Recirculating Nutrient Solution in Rose Cultivation. 28th Int. Horticultural Congress, 22-27 Aug 2010c, Sm04, Seminar Soilless Cultivation; submitted, in print.
- Paques, Astrasand, <http://www.paques.nl>, 2010.
- Pickhardt, W.P., 2007.  
Design of a closed water system for the greenhouse horticulture, 31 January 2007.
- Priva, 2010a.  
Grondwaterbron De Lier, Project Water onder Glas, 2010
- Priva, 2010b.  
Onderzoeken naar toepassingsmogelijkheden voor niet meer herbruikbaar water, Water onder Glas, Werkpakket 4, notitie PRIVA, 28 juli 2010.
- Priva, 2011.  
Informatie per email d.d. 21 februari 2011, Nico Enthoven.
- Reststoffenunie Waterleidingbedrijven B.V., 2011.

- Informatie per email, d.d. 21 februari 2011, H.Koppers.
- Ridler N, Robinson B, Chopin T, Robinson S and Page F. 2006.  
Development of integrated multi-trophic aquaculture in the Bay of Fundy, Canada: a socio-economic case study.  
*World Aquaculture* 37(3): 43-48.
- Rijkswaterstaat, Dienst Zuid-Holland, 2011.  
Informatie per telefoon, d.d. 21 maart 2011, P. Neefjes
- Stichting H2O Organic, 2005.  
Algencultuur op drainwater uit de glastuinbouw - naar een pilot algenteelt voor de glastuinbouw, Stichting H2O Organic en IMARES in opdracht van Stichting Innovatie Stowa-R2005/1, Fosfaat teruggewinning uit stripperwater BCFS rwzi Deventer; Verkennend onderzoek naar de vorming van groen fosfaat, STOWA-rapport R2005/1, 1 augustus 2005.  
Stowa, 2007.  
Onderzoek naar de haalbaarheid van waterketensluiting in de glastuinbouw: KASZA, Stowa 2007-28, januari 2008.  
Stowa, 2010.  
Behandeling van urine, lokaal en mobile? Of toch centraal, STOWA rapport 2010/W02, 2010.
- Swart en Faber, 2008.  
Toepassingsmogelijkheden voor urine in de landbouw in Friesland, Rapport Grontmij, Drachten.
- Swart, B, 2008.  
Anders omgaan met huishoudelijk afvalwater II, STOWA 2008-03, ISBN 978.90.5773.385.7  
TNO, 2003.  
Conditionering bijzondere C<sub>2</sub>-afvalstoffen, TNO report R2003/518, December 2003.
- TNO, 2010a.  
Market study treatment and reuse options of concentrated salts (brines), TNO-report, TNO-034-APD-2010-01545\_ RPT-ML, September 2010.
- TNO, 2010b.  
Opwerking en hergebruik van brijnen, tussenrapportage (fase 1), TNO-report, augustus 2010
- Xplorelab, 2010.  
Gebruik je brijn, Onderzoek naar innovatieve methoden voor het gebruiken en voorkomen van brijn, eindrapport, Xplorelab, provincie Zuid-Holland, oktober 2010
- Van der Hiele, T., J. H., Bram Verkruyze, 2008.  
Mogelijkheden voor zilte teelten in Waterduinen, een haalbaarheidsstudie. Vlissingen, Provincie Zeeland.
- Van der Maas A.A., Van Os, E.A., Blok, C., Meijer, R.J.M. and Enthoven, N., 2010.  
Zuivering recirculatiewater in de rozenteelt, fase 0, fase 1, fase 2. Wageningen UR, report GTB-1010, 30p (in Dutch).
- Van Schaijk en Brandenburg, 2007.  
Rapport: 'Het zout en de pap'. ???
- Vergouwen, A.A., 2010.  
STOWA 2010-12 Fosfaat, van leegloop naar kringloop.
- Vergote, N., J. Vermeulen, B. Gobin, 2010. "A recirculation aquaculture system (RAS) with tilapia in a hydroponic system with tomato." IHC Lissabon.
- Vulto, V.C. en W.H.J. Beltman, 2007.  
Overzicht van zuiveringsmethoden voor reststromen met bestrijdingsmiddelen. Projectrapport 5233323/2, Alterra-Wageningen-UR, januari 2007.
- Waterschap Hollandse Delta, *et al.* 2009.  
Rapport: "Emissiereductie van gewasbeschermingsmiddelen vanuit de glastuinbouw.", [http://www.wshd.nl/organisatie/publicaties/publicaties\\_0/plannen\\_handboeken/rapport](http://www.wshd.nl/organisatie/publicaties/publicaties_0/plannen_handboeken/rapport)
- Wubben, A. R. S. (2007).  
EcoFutura-Combinatie van vis- en tomatenteelt in de kas. Aquaterranova, De combiteelt van vis en tomaten, <http://www.aquaterranova.nl/Eco-Futura.php>.
- Zhang, H.-X. and E. Blumwald (2001).  
"Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit." 19(8): 765-768.





## 9 Afkortingenlijst

AOP	Geavanceerde Oxidatie
BOD	Biological Oxygen Demand
BZV	Biologisch Zuurstofverbruik
COD	Chemical Oxygen Demand
CZV	Chemisch Zuurstofverbruik
ED	Elektro-Dialyse: Selectieve verwijdering van nitraat en sulfaat
FACT	Selectieve verwijdering van fosfor, Nutriënten terugwinning door gecombineerde kristallisatie en filtratie
GBM	Gewasbeschermingsmiddelen
IBA	Biologische zuivering
IX	Ion-Exchange: Selectieve verwijdering van nitraat, fosfaat, sulfaat
KRW	Kaderrichtlijn Water
MBR	Membraan bio-reactor
MDC	Membraan Destillatie en Kristallisatie
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico
NF	Nano-filtratie, selectieve verwijdering van nitraat, fosfaat, GBM
OMV	Organische Micro Verontreinigingen (in polaire of a-polaire vorm, zoals bv groeiremmers, wortellexudaten, bacteriën, slijm, algen)
RO	Omgekeerde Osmose (Reversed Osmosis)
RWZI	Riool Water Zuiveringsinstallatie
SSF	Slow Sand Filtration, langzame Zandfiltratie
ZLD	Zero Liquid Discharge



# 10 Definitielijst

## 10.1 Inhoudstoffen

### Nutriënten

De elementen N, P en K zijn voedingsstoffen voor planten en worden aangeduid als hoofdnutriënten. De elementen Ca, Mg en  $SO_4$  zijn andere essentiële voedingsstoffen voor planten.

### Zout

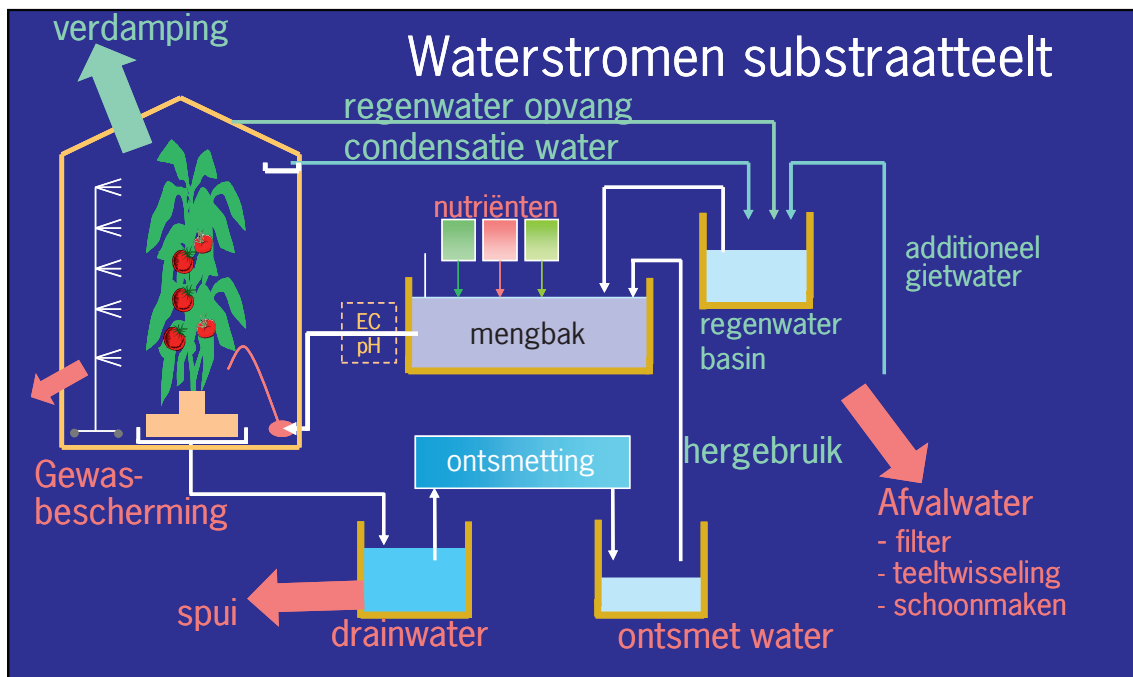
Alhoewel alle nutriënten in principe zouten zijn, wordt in dit rapport de term: "Zout" gebruikt om NaCl (keukenzout) in een waterstroom aan te duiden.

### Brijn

Dit is de waterstroom afkomstig van een RO-installatie welke in principe grotendeels water en in ingedikte vorm zout bevat.

### Groeiremmers

Inhoudsstoffen die de groei van planten kunnen remmen. Dit zijn veelal wortellexudaten.



## 10.2 Waterstromen (bedrijf in)

### Regenwater

Def: regenwater dat op kasdek valt en wordt opgevangen in silo's of bassins.

Bevat: GBM uit atmosferische depositie en/of condenswater.

### Leidingwater

Def: drinkwater uit de kraan, door drinkwatermaatschappij op smaak gebracht.

Bevat: Na, Ca en andere zouten ( $\text{HCO}_3$ ), pH.

### Slootwater

Def: oppervlaktewater uit sloot, vijver of kanaal. Wordt altijd gereinigd voor gebruik, alleen aanvullend aan regenwater.

Bevat: zouten, nutriënten, pathogenen, organische stof, GBM.

### Bronwater

Def: via bron uit grondwater opgepompt.

Bevat: zouten en nutriënten.

### RO op bronwater

Def: omgekeerde osmose op bronwater, zouten en andere stoffen worden verwijderd. Brijn blijft over.

Bevat: niets.

### Condenswater van kasdek

Def: water dat tegen koud kasdek condenseert wordt opgevangen in condensgootjes en teruggeleid naar regenwaterbassin; eventueel naar tussenopvang die het eerst wordt gebruikt.

Bevat: GBM, is chemisch agressief (corrosief) en kan daarom Zn of Al bevatten.

## 10.3 Waterstromen (bedrijf uit)

### Spui

Het water dat vrijkomt als het volledige recirculatiesysteem leeg gemaakt wordt of dat vrijkomt door overloop (zie overloop) en geloosd gaat worden (spuien).

### Overloop

Spui is gedefinieerd als een actieve actie. Het is ook mogelijk dat spui ontstaat door het overlopen van onbehandeld water uit de draintank dat afvloeit naar riool of oppervlaktewater wanneer onvoldoende drainwater gerecirculeerd kan worden.

### Totale afvalwaterstroom

Totale afvalwaterstroom is spui + afvalwater (filterspoelwater, teeltwisseling en schoonmaken)

## **RO-brijn**

Brijnstroom van RO-installatie op bronwater

## **Concentraatstroom of -stromen**

Concentraatstroom die ontstaat bij toepassing van additionele zuiveringstechniek

## **Filterspoelwater**

Def: zandfilter of SAF filter worden na x of y m<sup>3</sup> gespoeld met drainwater of met bassinwater of aanvullend water. Spoelwater wordt vaak geloosd, direct op sloot of op rioolwaterbuffer, maar opvang is mogelijk. Terugleiden naar regenwater bassin, tussenopvang die het eerst wordt gebruikt.

Bevat: organische stof, Nutriënten, Zouten, GBM, Wortelxudaten, Groeiremmers, Pathogenen.

## **Waswater**

Def: Water dat gebruikt wordt om producten te wassen. Frequentie en hoeveelheid gering, type product beperkt (paprika). Water geloosd, riool.

## **Rioolwaterbuffer**

Def: water t.b.v. lozing op riool wordt verzameld voor een maximale dosering naar riool (0.5 m<sup>3</sup>/h).

Bevat: organische stof, Nutriënten, Zouten, GBM, Wortelxudaten, Groeiremmers, Pathogenen.

## **Lekwater**

Def: water dat in de kas uit het systeem weglekt. Kan ontstaan door slechte aanleg (goot niet op juiste helling, verbindingen niet lekdicht), scheefstaande druppelaars. Diffuse bron richting grondwater.

## **Drainwater (voor ontsmetting)**

Def: Water dat terugkomt van planten en in silo wordt opgevangen (vuilwater tank).

Bevat: Nutriënten, Zouten, GBM, Wortelxudaten, Groeiremmers, Pathogenen.

## **Drainwater (Na ontsmetting)**

Def: Drainwater dat na ontsmetting voor recirculatie wordt gebruikt (schoonwater tank). Ontsmetting via verhitting, HD-UV-C, LD-UV-C, Ozon.

Bevat: Nutriënten, Zouten, GBM, Wortelxudaten, Groeiremmers.

Na geavanceerde oxidatie op drainwater (voor ontsmetting)

Nutriënten (75% ijzer, rest gelijk)

Zouten (gelijk)

GBM (25%)

Wortelxudaten (ca. 25%?, onbekend)

Groeiremmers (ca. 25%?, onbekend)

## **Storingen**

Door storingen kan de vuilwatertank overstromen (niet groot genoeg gebouwd, al of niet na uitbreiding bedrijf). Water gaat naar riool of oppervlaktewater.

Te lage instelling voor EC: dus te weinig gerecirculeerd: surplus moet naar vuilwatertank en als die te klein is (vanzelfsprekend) naar riool of oppervlaktewater.

## **Teeltwisseling:**

Def: water dat gebruikt wordt om tijdens de teeltwisseling de kas, goten en leidingen schoon te maken.

Bevat: Nutriënten, Zouten, GBM, Wortelxudaten, Groeiremmers, organische stof.



# 11 Bijlagen

## 11.1 Zouttolerante teelt (T)

### 11.1.1 T1 Zout-tolerante (grond)teelt (elders)

In aanmerking komende stroom

Bij de toepassing van droge aquacultuur wordt ervan uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom of de geconcentreerde concentraatstroom als gietwater kan worden gebruikt bij zouttolerante (grond)teelten in de nabijheid van het eigen bedrijf. Eventueel kan ook de brijn gebruikt worden, maar dan moeten er wel voorzorgsmaatregelen getroffen worden om al te hoge EC's in de bodem te beperken. Indien het concentraat te hoge concentraties bevat aan nutriënten of andere componenten kan overwogen worden een mengvorm van brijn en concentraat te gebruiken. Naast specifieke zoutminnende planten zijn er ook nog andere normale landbouwgewassen die redelijk zouttolerant zijn en dus ook een mogelijkheid bieden in zilt grondgebied (kustgebieden).

#### **Beschrijving**

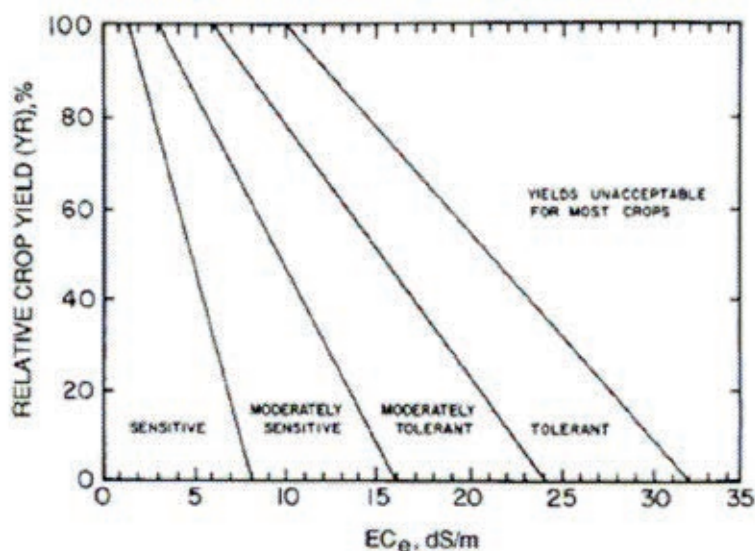
Normale Nederlandse landbouwgewassen hebben een zouttolerantie tot ca. 5 gram per liter NaCl in het wortelmilieu. In een zout milieu nemen planten moeilijker via de wortels water op. Tomaten kunnen tot 7 mS/cm nog een goede productie leveren.

Als het zoutgehalte in het wortelmilieu hoger ligt door bijvoorbeeld verzilting, komen zouttolerante planten (halofyten) in aanmerking, die ook in zilte omstandigheden een goede productie kunnen leveren. Hierbij moet gedacht worden aan soorten als gerst, spelt, bieten en huttentut, vaak de wat oudere gewassen. Onderstaande Figuur geeft aan dat tolerante soorten bij een zoutgehalte ( $EC_e$ ) van 8 tot 14 dS/m (5 tot 10 g/l NaCl) een normale opbrengst kunnen hebben. Bij een hoger zoutgehalte neemt de opbrengst iets af, maar dit hoeft geen nadeel te zijn als de zoute gronden iets extra's toevoegen aan de smaak. Om te vergelijken, zeewater heeft een EC van 20 mS/cm.

Er bestaan verschillende manieren waarop een halofyt aangepast is aan zijn zoute omgeving. Er zijn bijvoorbeeld halofyten die zout nodig hebben om te overleven (obligate zoutplanten, voorbeeld zeekraal), andere halofyten kunnen ook in zoet water leven (facultatieve zoutplanten, voorbeeld lamsoor).

Een halofyt is een plant, die kan groeien in een bodem met een hoog zoutgehalte (bijvoorbeeld 3% keukenzout), zoals die voorkomen in mangroven, kustgebieden, zoute steppen en zoute halfwoestijnen. Het kunnen zowel natrium als kaliumhoudende bodems zijn. De echte halofyten slaan het zout op in het cytoplasma of maken organische verbindingen aan om zo een compatibele oplossing te maken, genoemd de organische osmose strategie. Halofyten kunnen ingedeeld worden in planten die zout tolereren, de echte halofyten en in facultatieve halofyten die zout uit de weg gaan. Deze laatste groep planten groeien bijvoorbeeld alleen in het regenseizoen als de zoutconcentratie laag is of ze houden het zoutgehalte in de plant laag door het op te slaan in bladeren die later afvallen of door de zoutklieren of blaasharen op de bladeren het overtollige zout uit te scheiden. Weer andere zijn eigenlijk succulenten die veel water kunnen vasthouden (Wikipedia).

Er zijn wel 40 gewassen bekend die zouttolerant zijn (Xplorelab, 2010). In Nederland denkt men in de eerste plaats aan zeegroenten zoals zeekraal en lamsoor (zeeaster). In het algemeen kan gedacht worden aan groenten (spinazie, groene asperges), akkerbouwgewassen (snijbiet, aardappel, speltgraan), bloemen- of sierteelt (potplanten), zilte grassen of hooi voor veevoer (Brandenburg, 2007, van Dam, 2007). De productie van eendenkroos voor eiwitrijk (zilt) veevoer, en vervanging van de likstenen als natrium leverancier, is een serieuze optie (o.a. WUR; Priva, 2010). Voor een uitgebreid overzicht van de mogelijk te telen gewassen en hun kenmerken op zilte gronden wordt verwezen naar Van Schaijk (2007).



Figuur 5. Opbrengsten bij verschillende zoutgehalten van gevoelige tot tolerante planten als percentage van de normale opbrengst (bron dr. Joost Bogemans, Serra Maris).

## Eisen

### *Wat mag er niet in zitten (componenten, concentraties)*

Iedere potentiële soort heeft eigen specifieke kenmerken en teeltvoorwaarden. Bij zilte gewassen zijn dat bijvoorbeeld de grondsoort en de hoeveelheid zout water die de plant mag hebben. Natrium- en chloorionen uit zout bij hoge concentraties zijn schadelijk voor de plant en nemen groei, productie en kwaliteit af. Ook zullen planten onder deze stresscondities veel gevoeliger voor ziekten worden. De uiteindelijke EC in het wortelmilieu (zie figuur) is daarbij leidend en is aan een maximum gebonden. Toepassing van brijn of afvalwater met een vrij hoge EC lijkt wel mogelijk, maar er zal voor gewaakt moeten worden dat de EC in de wortelzone niet boven de drempel zal gaan oplopen. Berekening met zout water (van boven) kan het blad schaden. Dit is een extra schadepost bij siergewassen zoals bloemen en boomkwekerijproducten. Verzilting heeft ook effect op de bodemstructuur, vooral op zavel- en kleigronden. De natriumionen nemen in de grond als het ware de plaats in van het aanwezige calcium en magnesium, waardoor de bodem dichtslibt. De aanwezigheid van residuen GBM en pathogenen is mogelijk een knelpunt ten aanzien van de teelt. Toepassing van standaard afvalwater zal qua concentraties van hoofd- en micronutriënten geen probleem vormen. Mogelijk dat na indikking (5x) de concentraties van bepaalde micronutriënten schadelijk kunnen zijn voor de planten.

### *Wat moet er wel inzitten (productspecificaties)*

De in het afvalwater aanwezige hoofdnutriënten (N,P,K) maar ook de andere sporenelementen zijn van nut voor het gewas. Zeekraal groeit het best op zandige kleigronden en moet bevoeid worden met zout water voor een optimale smaak. Lamsoor groeit bij voorkeur ook op zandige kleigronden, maar heeft geen zout nodig om te kunnen overleven, wel voor de typische zilte smaak. Een zandige deklaag bij de teelt van zeeaster/lamsoor vormt een voordeel, omdat klei allerlei teeltproblemen met zich meebrengt indien het overspoeld wordt met zout water (Brandenburg, 2007).

### *Wettelijke eisen/bepalingen*

Het lozen van nutriënten, zout en ander stoffen zoals GBM in een open milieu is door de KRW aan banden gelegd. Een buitenteelt heeft daarmee dus ook te maken. GBM zullen verwijderd moeten worden alvorens geloosd wordt op de buitenteelt. Wel is bekend dat bijvoorbeeld bepaalde stoffen (bv. GBM) door langere verblijftijd in halofytenfilters afgebroken kunnen worden, maar toepassingen zullen altijd moeten aantonen dat er geen O-uitspoeling van deze stoffen naar milieu plaatsvindt.

De teelt van zilte gewassen is binnendijs mogelijk als zout water gebruikt wordt om te bevoeien. Bij teelt in de volle grond zal dit inhouden dat het bodemprofiel hier zout(er) gaat worden. Dit moet dan wel zo in te passen zijn dat dit geen verzilting van de omgeving oplevert. Het omliggende watersysteem moet dit toestaan of hierop aangepast worden (Grontmij, 2008), of het systeem moet hydrologisch ontkoppeld kunnen worden. Zilte teelt zal daarom veelal alleen in kustgebieden



eenvoudig te realiseren zijn. In principe is toepassing van zouttolerante teelt in open milieus een variant op “Lozen op oppervlaktewater”, waarbij het gewas als nutriëntenfilter wordt gebruikt. Meer landinwaarts zal zout-tolerante teelt daarom mogelijk alleen als recirculatiesysteem opgezet kunnen worden, waarbij opnieuw een lozingsprobleem (zout) zal ontstaan.

### **Afzetvolume/markt**

Over het telen van zeekraal is voldoende bekend in Nederland. Jaarlijks kan er van een hectare minstens 4000-6000 kg geoogst worden, verdeeld over drie keer snijden in de periode van juni tot september. De opbrengst van Lamsoor is ongeveer 4000 kg per ha per seizoen. Verwacht wordt dat de productie van zouttolerante gewassen voorlopig mondjesmaat zal toenemen, maar voorlopig (in ieder geval de komende 10 jaar) niet tot grootschalige markt volumes zal leiden. De markt moet nog ontwikkeld worden. De productie van zoutminnende gewassen neemt af naarmate de zoutconcentratie hoger wordt. Voor hoge zoutconcentraties kan het marktperspectief daardoor kleiner worden.

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

De marktwaaarde van de hergebruikte afvalwaterstroom is kwantificeerbaar met de kosten van het water en de daarin opgeloste meststoffen (N,P,K), omdat de waterstroom direct gebruikt wordt voor gietwater (maximaal €1.75 /m<sup>3</sup>). De marktwaaarde van de zouten lijkt nihil en moet gezien worden als een bijproduct dat getolereerd wordt bij levering.

### **Huidige status**

*Bestaand ja/nee?*

Omdat ontzilten een kostbare zaak en alleen een alternatief is in de intensieve tuinbouw, en om toch de negatieve effecten van zoute teelten het hoofd te kunnen bieden, richt het huidige onderzoek zich op het ontwikkelen van gewassen die meer opbrengst, betere kwaliteit geven en beter bestand zijn tegen zout, door traditionele veredeling of met behulp van moderne technieken. Daarbij wordt ook gedacht aan het ontwikkelen van zoutminnende planten tot landbouwgewassen. Kansen liggen er door het toevoegen van bacteriën aan de bodem die de opname van voedingsstoffen in een zout milieu vergemakkelijken.

Verder zijn er technische mogelijkheden in onderzoek (bekend onder de verzamelnaam in Nederland: “teelt uit de grond”) om de gevolgen van verzilting tegen te gaan, bijvoorbeeld door aangepaste bemesting en beregening (Balendonck, 2010) en infrastructuren (van Os, 2010). Internationaal is verzilting, onder meer in relatie met irrigatie, ook een belangrijk onderzoeksobject. Er mag dan veel bekend zijn over verzilting, er is nog veel meer onbekend, concludeert Van Dam (2007).

In Italië (Incrocci, 2010) zijn experimenten uitgevoerd waarin siergewassen water werd gegeven op basis van hoog EC afvalwater, in de vorm van een recirculatie watergeefstelsel. Water van een betere kwaliteit werd daartoe bijgemengd indien de EC in de containers boven een limiet van ca. 3.5 mS/cm kwam. Deze aanpak zou mogelijk ook in Nederland toegepast kunnen worden. Onderzoek daartoe is wel nog vereist.

In Zeeland wordt al geëxperimenteerd met de teelt van lamsoor en zeekraal op praktijkschaal (van Maanen, 2008; Brandenburg, 2008), waarbij ook de ziektegevoeligheid van gewassen wordt onderzocht.

### **Eventuele externe risico's**

Bij deze toepassing wordt er vanuit gegaan dat de (rest) nutriënten door het zouttolerante gewas volledig of nagenoeg volledig opgenomen worden. Hoewel deze gewassen de hogere zoutconcentraties verdragen, is de vraag in hoeverre deze gewassen de hoeveelheden NaCl volledig zouden kunnen verwijderen alvorens de restwaterstroom naar grondwater of oppervlaktewater verder geleid wordt. Hiertoe zou een berekening gemaakt moeten worden over hoeveel het areaal (ha.) en de hoeveelheid gewas (ton) er geproduceerd moet worden om de hoeveelheid NaCl volledig op te nemen.

Het gebruik van zouttolerante gewassen levert producten met een andere dan de bekende smaken. Consumenten moeten vaak wennen hieraan, en de marktintroductie vraagt daarom een specifieke aanpak. Inzet op streekproducten en delicatessen is vaak de gekozen route.

Andere risico's vormen de ziekteresistentie van zouten teelten en het ruimtegebruik op of nabij het bedrijf. Logistiek (opslag en transport) is bij deze optie nog wel een punt van aandacht indien de zoute teelt niet in de directe nabijheid van het eigen bedrijf toegepast kan worden.

Verder is de continue beschikbaarheid van zout en nutriëntrijk water een mogelijk probleem, en zal er mogelijk in de winterperioden minder nutriënten opgenomen worden door de halofyten.

### **Op welke termijn te realiseren**

Hoewel er een aantal pilots lopen, lijkt toepassing in de praktijk nog niet op korte termijn realiseerbaar omdat er nog veel vragen liggen. De eerste praktijktoepassingen, bijvoorbeeld sierteelt op licht zouten afvalwaterstromen (los van de grond), of combinaties met open akkerbouw in zilte kustgebieden, lijken haalbaar over 5 jaar, mits schadelijke stoffen verwijderd worden alvorens het afvalwater als irrigatiewater gebruikt wordt. Voor gebruik van brijn ligt de val op de loer dat er in de teelt uiteindelijk toch weer verzilting optreedt en daarmee niet duurzaam is. Indien alleen licht-gezouten afvalwater wordt gebruikt, zijn halofytenfilters naast het bedrijf ook een mogelijkheid.

## **11.2 T2 Zout tolerante teelt naschakelen (eigen bedrijf)**

Bij de behandeling van deze optie is veel van wat in de vorige paragraaf (zouttolerante teelt elders) is behandeld weer van toepassing. Hier geven we alleen de verschillen ten aanzien van toepassing op eigen bedrijf.

### **In aanmerking komende stroom**

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom (nutriënten en eventueel brijn).

### **Beschrijving**

Bij deze optie wordt ervan uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom of de geconcentreerde concentraatstroom op eigen bedrijf kan worden ingezet bij de teelt van een ander zouttoleranter gewas of een zelfde gewas maar dan een variëteit met een hoger zouttolerantie niveau (cascadering). Omdat de toepassing op eigen bedrijf zal zijn, zal met name het beperkte ruimtegebruik (hetgeen in competitie zal zijn met de ruimte voor het hoofdproduct) een belangrijke rol spelen. Juist om die reden zal men dan het liefst voor hoogwaardige gewassen kiezen, niet bijvoorbeeld bulkproducten voor energieteelt.

### **Eisen**

*Wat mag er niet in zitten (componenten, concentraties)*

Bij de teelt van een soortgelijk product als het hoofdproduct zullen de resten van pathogenen en groeiremmers niet meer in het water mogen zitten, om ziekteverspreiding te voorkomen. Bij de teelt van andere producten (bv bloemen) zal dit wellicht in mindere maten een rol spelen, maar dit behoeft wel aandacht.

### **Wat moet er wel inzitten (product specificaties)**

Hoofd- en micronutriënten. Omdat met een zouttoleranter gewas wordt gewerkt is een aanwezig zout geen probleem, mits de teelt daarop wel aangepast is.

### **Wettelijke eisen/bepalingen**

Omdat de toepassing op eigen bedrijf is, gelden alle wettelijke bepalingen zoals die ook voor de bestaande teelt gelden. Met andere woorden ook hier zullen we naar 0-emissie moeten streven van alle componenten, en mogen deze alleen via productroutes het bedrijf verlaten. Andere wettelijke bepalingen zullen er zijn voor voedingsproducten (restant GBM en andere mogelijk toxische stoffen/pathogenen). Om deze reden kan er bijvoorbeeld voor gekozen worden om een niet-voedingsproduct zoals sierplanten te telen.

### **Afzetvolume/markt**

Zouttolerantere variëteiten van het hoofdgewas zullen mogelijk als een niche markt verkocht kunnen worden. Producten zullen mogelijk een andere "look" hebben of ook een andere smaak, wat zelfs een voordeel zou kunnen zijn, maar waar

de markt aan moet wennen. Als de teler dit product “mee” kan verkopen met zijn bestaande product als een special, is er mogelijk geen probleem in de afzetmarkt. Als hij in een bestaande markt, met een kleinschalig product, een plek moet veroveren zal dat wellicht lastiger zijn. Deze aanpak zal het meest aansluiten bij groentetelers.

Voor sierplanten lijkt er geen probleem van afzetmarkt te zijn. Wel kan een teler, die een sierteelt als bijproduct heeft, mogelijk concurrentie ondervinden in de (inter-) nationale markt. Door de kleinschaligheid lijkt dit mogelijk niet haalbaar, waardoor ook weer eerder aan een kleine, lokale of nichemarkt gedacht moet worden. Deze aanpak lijkt mogelijk het best aan te sluiten bij bloementelers die naast hun eigen snij-product ook een potvariant willen produceren, al of niet van de zelfde plantsoort.

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

De marktwaaarde van de productstroom is die van de aanwezige nutriënten in de afvalwaterstroom (maximaal €1.75/m<sup>3</sup>). Deze komt terug in de vorm van een besparing aan meststoffen bij de na-geschakelde teelt. De aanwezige zouten (NaCl) hebben geen waarde.

### **Huidige status**

Het ontwikkelen van zouttolerante gewassen is wereldwijd een groot aandachtsveld (Californië, Sicilië, Peking, Mexico, Singapore). Vooral verwacht met veel van genetisch gemodificeerde producten, die sowieso al veel toleranter zijn t.a.v. zout. Een voorbeeld daarvan is de tomaat [Wageningen-UR/Plant Research International].

Zhang, H.-X. en E. Blumwald (2001) geven aan dat tomatenplanten met name zout opslaan in de bladeren en niet in de vruchten, een kans om de kwaliteit van de tomaten te handhaven. Stanghellini (proefschrift) heeft laten zien dat juist de kwaliteit van tomaten verbetert (consumenten perceptie) als tomaten zouter worden geteeld.

### **Op welke termijn te realiseren**

Concrete praktijkrijpe productiesystemen zijn nog niet voorhanden. Wel liggen er perspectieven voor middellange termijn (>5 jaar).

### **Evt. (externe) risico's**

Genetische modificatie van rassen stuit in de praktijk vaak op wettelijke problemen. Het naschakelen van een zouttolerante teelt lijkt een voordeel op te leveren om de aanwezige nutriënten uit het afvalwater te halen. Omdat de na-geschakelde teelt ook met een recirculatie watergeefstelsel uitgevoerd zal moeten worden, bestaat het gevaar dat het zout uiteindelijk ook hier zich zal ophopen. End-of-pipe zoutterugwinning zal blijven bestaan. Het naschakelen levert mogelijk een voordeel omdat de concentratie van NaCl hoger kan liggen en de nutriënten grotendeels verwijderd zullen zijn. In hoeverre al het zout gefixeerd kan worden in bijvoorbeeld de teeltsubstraten in containers die van het bedrijf afgevoerd worden is maar zeer de vraag.

## **11.3 Hergebruik als gietwater in kas (H)**

### **In aanmerking komende stroom**

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom

### **Beschrijving**

Bij deze toepassing is het de bedoeling dat de huidige afvalwaterstroom of toekomstige concentraatstroom als gietwaterstroom wordt ingezet in de kas. Om dit mogelijk te maken dienen storende componenten zoals groeiremmende stoffen (verzamelnaam OMV) en natrium afdoende verwijderd te worden. Voor het selectief afscheiden van natrium zijn geen technieken voorhanden. Mogelijk dat het scheiden van 1-waardige en 2 waardige ionen met bijv. NF of een combinatie van NF/CapDi perspectiefvol is.

### **Eisen**

In de gietwaterstroom mogen geen storende concentraties van groeiremmende stoffen zoals natrium en OMV aanwezig zijn.

**Afzetvolume/markt**

Voldoende. Gebruik binnen de eigen kas.

**Marktwaaarde van product (of stroom)**

Bij hergebruik van de stroom als gietwater, wordt optimaal gebruik gemaakt van de waarde van de meststoffen en die van gietwater. Deze waarde van meststoffen bedraagt €0,5 /m<sup>3</sup> drainwater met een EC van 1,0 mS/cm en die van gietwater ca. €0,5 - 1,0 /m<sup>3</sup>.

**Huidige status**

Wordt al toegepast (recirculatie van drainwater).

## 11.4 Aquacultuur (A)

### 11.4.1 A1 Algenteelt (natte aquacultuur)

**In aanmerking komende stroom**

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom

**Beschrijving**

Bij deze toepassing worden de aanwezige nutriënten in de niet meer bruikbare drain (en andere afvalwaterstromen) of in de concentraatstroom aangewend voor de teelt van algen. Op dit moment wordt uitgebreid gespeculeerd over de inzet van algen voor biobrandstof/plastics en als grondstof voor bijvoorbeeld voedingssupplementen, cosmetica, verf en visvoer. Bij teelt van algen op drainwater kan mogelijk de totale stroom worden toegepast. Vermoedelijk worden bij de toepassing van algen alleen de aanwezige nutriënten benut. Een aandachtspunt is wat er gebeurt met de concentraatstroom na benutting van de nutriënten; bijvoorbeeld wat gebeurt er met de resterende zouten.

Algen worden al duizenden jaren geteeld. Echter, er is nauwelijks ervaring met het telen van algen op drain water. Wel bestaat een haalbaarheidsstudie, waarbij is gekeken naar de geschiktheid van afvalwater uit de glastuinbouw voor het kweken van algen (H2O Organic, 2009). Uit deze haalbaarheidsstudie blijkt dat - afhankelijk van het gekozen algenteeltsysteem - een productie van 25-120 ton droge stof/ha/jaar behaald kan worden. Bij de beoordeling van de geschiktheid van deze toepassing, kan zowel het gebruik van de huidige afvalwaterstroom als van een toekomstige geconcentreerde concentraatstroom worden beschouwd.

De laatste jaren is de kweek van algen in opkomst in Nederland. De uitgangsmethode van algenkweek is als volgt: een watersysteem wordt geënt met een bepaalde algensoort en onder toevoeging van voedingstoffen zoals onder andere stikstof, fosfaat, vitaminen en eventueel koolstofdioxide gaan de algen zich onder invloed van licht vermeerderen. Voor algen zijn verschillende toepassingen mogelijk. Ten eerste als voer voor andere organismen: vers oogsten en gebruiken als voer voor schelpdierkweek (mosselzaad) is een mogelijkheid, maar algen kunnen ook verwerkt worden in visvoer. Een andere toepassing is de voedingssupplementindustrie: met name door de omega-3-vetzuren en antioxidanten die zich in hoge mate in sommige algensoorten kunnen bevinden. De derde toepassing en in Nederland het meest in de belangstelling staande is het verwerken van oliehoudende algen tot biodiesel.

Voor de verschillende toepassingen zijn verschillende algensoorten nodig. Ook de kweekmethoden kunnen nogal uiteenlopen. De meest intensieve kweekmethode is de kweek van algen in fotobioreactoren: een hoge opbrengst in een korte tijd. Een andere methode is algenkweek in natuurlijke of artificiële vijversystemen, deze methode geeft een minder hoge opbrengst, maar kost minder energie, omdat er gebruik gemaakt wordt van natuurlijk zonlicht. (Uit: van der Hiele, 2008).

Algenkweek kan eventueel gecombineerd of geïntegreerd worden met vis of zagerkweek, maar niet met de kweek van zeegroenten, in verband met de competitie om nutriënten (meststoffen). Algenkweek kan daarnaast geschakeld worden met schelpdierkweek, waarbij de algenkweek na de schelpdieren geschakeld moet worden.

### **Eisen**

Bij aquacultuur gaan we er vanuit dat de “standaard” watersamenstelling van zeewater hier gevraagd is. Verder mogen we veronderstellen dat de regelgeving t.a.v. te lozen stoffen (MTR waarden) niet overschreden mogen worden.

De concentraatstroom mag vermoedelijk geen bestrijdingsmiddelen bevatten omdat algen hier wellicht gevoelig voor zijn. Het afvalwater dient dan een voorzuivering te ondergaan. Mogelijk zijn er algensoorten die wel tegen (bepaalde) bestrijdingsmiddelen kunnen. De vraag die dan ontstaat is: wat gebeurt er vervolgens met de algen. In geval van biobrandstof is bestrijdingsmiddelen een minder groot probleem dan voor voedingssupplementen. Bij een vergelijkbaar initiatief; het gebruik van dierlijke mest voor productie van kunstmestvervangers, speelt een zelfde vraag. Zijn geneesmiddelen terug te vinden in het eindproduct en zo ja, wat is toegestaan? Verder is nog onduidelijk welke eisen er aan het zoutgehalte, gehalte aan N en P en de aanwezigheid van andere componenten gesteld worden.

Het is belangrijk dat er geen vervuulende industrie in de directe omgeving zit. Algen gedijen

het beste bij schone lucht en een schone omgeving. Het voor de teelt van algen noodzakelijk dat er een agrarische bestemming op de grond zit. Het hoeft geen hoogwaardige landbouwgrond te zijn, de voorkeur gaat uit naar goedkope grond. (uit: Grontmij, 2008).

### **Afzetvolume**

Momenteel is het wereldwijde afzetvolume voor hoogwaardige stoffen in de orde van 5.000-10.000 ton droge stof per jaar. Afzet van algen voor laagwaardige toepassingen zoals biobrandstof zal nog tenminste 10 tot 15 jaar duren (J.J. Milledge, Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review Reviews in Environmental Science and Biotechnology (online first). Vooralsnog is de teelt van algen nog een nichemarkt (afzetvolume beperkt).

### **Marktwaarde**

De marktwaarde van algen ligt in de orde van €1 - 500 / kg droge stof, afhankelijk van het type markt. Hoge marktwaardes hebben voedingsproducten en hele specifieke toepassingen zoals voedingssupplementen en medicijnen. Het rendement van een algenteelt is per kwaliteitsklasse verschillend. Verschillende klassen worden bij de oogst geselecteerd, en het rendement voor hoogwaardige grondstoffen is vele malen lager dan voor laagwaardige toepassingen. Een voorbeeld van een zeer hoogwaardige stof is Astaxanthin die door de alg *Haematococcus* wordt gebruikt, met een prijs in de orde van €500 /kg, maar slechts een klein deel (ca. 1%) is inzetbaar daarvoor. De processtappen nodig voor de productie van Astaxanthin zijn complex en relatief kostbaar. Laagwaardige toepassingen zijn bijvoorbeeld energie productie en bio-plastics (orde van grootte €1 / kg). Hiervoor is een veel groter deel van de alg inzetbaar en de processtappen zijn minder complex en relatief minder kostbaar. Als er gebruik wordt gemaakt van niet goed gedefinieerd uitgangsmateriaal (grondstof) zoals vermoedelijk bij spui, dan is productie van laagwaardige stof het meest waarschijnlijk.

Bij de productie van algen wordt ca. 10% van de kosten bepaald door de voeding, de rest van de kosten zijn afschrijving, energie en investeringen. De investeringskosten voor een teeltsysteem van algen ligt rond de €30 /m<sup>2</sup> (grondprijs ca. €10/ m<sup>2</sup>). Haalbaarheidsonderzoek geeft aan dat bij telen op drainwater er voor de algen ca. 1/20-ste van het glastuinbouw teeltoppervlak extra nodig is (beschikbaarheid zonlicht). Er van uitgaande dat in de (5x ingedikte) concentraatstroom ongeveer 3,2 kg NPK/m<sup>3</sup> zit, en de omzettingsefficiëntie (rendement) voor laagwaardige toepassing op 80% wordt geschat, en die voor hoogwaardige toepassingen op 1%, dan is de bruto marktwaarde ongeveer €0.25 - 15 /m<sup>3</sup> concentraatstroom. Omdat een algenteeler nooit meer voor de nutriënten zal willen betalen dan gangbaar op de markt, mogen we het maximum daarom echter op €1.75 /m<sup>3</sup> stellen. In de praktijk zal dit maximum niet zo gauw gehaald worden.

### **Huidige status**

Imares en Stichting H2Organic hebben in opdracht van Stichting Innovatie Glastuinbouw Nederland (SIGN) en InnovatieNetwerk een desktop studie uitgevoerd (Kamermans, 2008) en laboratorium onderzoek (Oei, 2009) naar de kweek van algen op basis van drainwater uit de glastuinbouw. Tevens is gekeken naar mogelijk gebruik van de algen voor de productie van oesters. Er is een suggestie gegeven voor de algensoort dat geschikt zou zijn voor de teelt. Grote reductie van stikstof

en fosfor zijn mogelijk. Voedselveiligheidsrisico's worden vooral gerapporteerd voor zover de algen gebruikt worden voor de productie van voedsel (bv. oesters). Belangrijke stoffen daarvoor zijn gewasbeschermingsmiddelen, zware metalen, dioxines, PCB's en eventueel micro-organismen. Kamermans (2008) concludeert dat: "Het (beperkte) zoutgehalte van het drainwater maakt het water mogelijk geschikt voor de kweek van brakwater (en adaptieve mariene) algensoorten. Hierdoor worden waardevolle nutriënten onttrokken en wordt de anorganische belasting van het drainwater lager. Het gekweekte algenproduct kan geschikt zijn voor een aanvullende teelt van een aquacultuurproduct zoals schelpdieren, deze kunnen aan elkaar gekoppeld worden".

Er zijn enkele pilots uitgevoerd met algenkweek op drainwater uit de glastuinbouw (IMARES, Hogeschool Zeeland) in kunstmatige vijvers op containers. Op dit moment is er geen praktijktoepassing van algen op drainwater. Belangrijke knelpunten zijn de energie nodig voor de teelt, met name bij de oogst wordt relatief veel energie gebruikt. Het niet jaar-rond kunnen telen van algen is een ander belangrijk knelpunt, en daarnaast is de kwaliteit, kwantiteit en samenstelling van de concentraatstroom ook niet erg constant. Als laatste is het opwerken van de algen naar geschikte eindproducten een knelpunt. WUR gaat het AlgaePARC bouwen in Wageningen, een onderzoekscentrum voor algenkweek.

Algenkweek in volledig natuurlijke systemen komt nog niet voor in Nederland. Deze manier van kweken brengt veel onzekerheden met zich mee. Afhankelijk van het doel waarvoor de oogst gebruikt gaat worden zullen bepaalde algensoorten de voorkeur hebben. In een natuurlijk systeem zal naar verwachting de samenstelling van de algen met ieder seizoen variëren. Ook als het systeem geënt wordt met de gewenste algensoort (dit kan overigens alleen een van naturen in de Noordzee of Westerschelde voorkomende soort zijn), kunnen er veel variaties in soortensamenstelling optreden.

## 11.4.2 A2 Visteelt

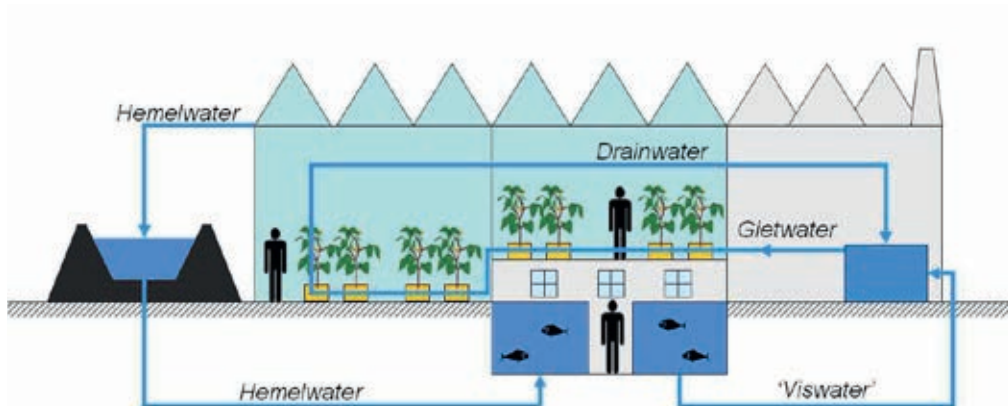
### **In aanmerking komende stroom**

In Azië vindt combinatieteelt van gewas en vissen al 1000-den jaren plaats. Met name rijst in combinatie met karperachtigen is populair. De vis zorgt niet alleen voor nuttige omzetting van nutriënten maar zorgt ook voor natuurlijke bestrijding van ziekteverwekkers. In Nederland wordt onderzoek gedaan naar de combinatie van visteelt en glastuinbouw. Vis telen met uitsluitend de huidige spui, drain of de geconcentreerde spui lijkt onmogelijk. Wel wordt er in Nederland geëxperimenteerd met het telen van vis in kassen waarbij de vissen kunstmatig gevoed worden. De uitwerpselen van de vissen bevat nitraten, sulfaten en fosfaten die kunnen dienen als voedingsstoffen voor de tomaten. Mogelijk kan de teelt van vissen gecombineerd worden met de teelt van algen (zie H1; algen). Algen worden in dat geval geteeld op drainwater en mogelijk de huidige afvalwaterstroom en de toekomstige concentraatstroom, waarna de algen worden gebruikt voor visvoer.

Huidige pilots zijn er op gebaseerd dat zowel de vis- als de groenteteelt gezamenlijk regenwater gebruiken. De afvalstoffen van de vis worden na opwaardering hergebruikt door de groenteteelt. Andersom gebruikt de visteelt alleen maar warmte van de groenteteelt. Een koppeling waarbij afvalwater van de groenteteelt gebruikt wordt bij de visteelt is (nog) niet gerealiseerd. Mogelijk dat het brijn, als zoutwater leverancier, na ontsmetting wel gebruikt kan worden.

### **Beschrijving**

Het uitgangswater is regenwater. Dit water wordt in een gesloten watersysteem gebracht dat in de vorm van kanalen (doorsnede ongeveer 50 cm) onder de goten ligt. De kanalen zijn semi-gesloten en zijn van boven afgedekt om uitspringen van vissen en binnendringen van gewasbeschermingsmiddelen te voorkomen. Het 'afvalwater' van de vissen wordt middels een centrifuge ontdaan van grof vuil en vervolgens ontsmet. Ontbrekende voedingsstoffen worden toegevoegd zodat het water geschikt is voor in de tomatenteelt. De restwarmte die de kas genereert wordt benut om het water in de visbassins op de optimale temperatuur te houden (Wubben, 2007). Bij dit EcoFutura project vond samenwerking plaats tussen Priva, Green Q, Groen Agro Control en Aqua Terra Nova. De verschillende achtergrond van deze partijen tonen het multidisciplinaire karakter wat typisch is bij studies naar meervoudig grondgebruik.



Figuur 6. Schematisch overzicht van combinatie glastuinbouw en aquacultuur (Bron Aquaterranova).

In België lopen soortgelijke experimenten met de productie van tilapia in combinatie met een tomatenteelt (Vergote, 2010), gericht op ruimtegebruik en reductie van energiekosten en afvalwater. Hier concludeert met dat in de praktijk het management van de waterkwaliteit nogal omslachtig en is meer onderzoek nodig alvorens deze teelt rendabel gemaakt kan worden.

### Eisen

Eisen aan de vis zijn vermoedelijk streng omdat het hier gaat om humane voeding. Juist deze strenge eisen zorgen en nogal eens voor dat initiatieven waarbij afval wordt opgevaardeerd (Cradle to Cradle) vroegtijdig sneuvelen. Vaak zijn er geen wettelijke eisen/bepalingen rondom dergelijke initiatieven omdat er simpelweg geen ervaring of vergelijkbaar project voor handen is. Bij visteelt gaan we er vanuit dat in ieder geval de “standaard” samenstelling van zeewater hier gevraagd is. Verder mogen we veronderstellen dat de regelgeving t.a.v. op zee te lozen stoffen (MTR waarden) niet overschreden mogen worden.

### Afzetvolume/markt

Naar verwachting groeit de komende 8-10 jaar de jaarlijkse productie in Nederland van gekweekte vissoorten van 10.000 naar 30.000-50.000 ton kweekvis (Wubben, 2007). Dit komt mede omdat de Nederlandse bevolking steeds bewuster wordt van het belang van gezonde voeding: vis staat bekend om haar gezonde eigenschappen. Buiten Nederlands speelt de groeiende wereldbevolking een belangrijke rol: ook hierdoor stijgt de vraag naar verse vis. In Nederland zijn ongeveer 60 viskwekers actief. Hier wordt met name paling en meerval gekweekt. In het Ecofutura project werd geëxperimenteerd met de teelt van tilapia. Deze vissoort is – wereldwijd – de op vijf na meest belangrijke vis bij visteelt. De wereldwijde productie bedraagt ruim anderhalf miljoen ton in 2000.

### Marktwaaarde van product (of stroom)

In het Ecofutura project werd uitgegaan van een visprijs van € 3 per kg. Echter, tilapia wordt massaal ingevroren ingevoerd uit Azië en hier als verse vis verkocht. Met deze importvis concurreren is nu bijzonder lastig. Tot nu toe ligt de kostprijs van tilapia – ook voor reguliere kwekerijen – boven de marktwaaarde. Wel is het zo dat de ervaring die is opgedaan ook kan worden gebruikt voor kweek van meer hoogwaardigere vis en kan regelgeving wijzigen waardoor de marktwaaarde toe kan nemen. Met name een omslag in systeemdenken waarbij de vervuiler betaalt, kan grote impact hebben op rentabiliteit van een combinatie teelt.

Kamermans (2008) concludeert dat: “Aquacultuur is een gestaag groeiende bedrijfstak. De jaarlijkse globale groei van de aquacultuur is omstreeks 11%. Dit is veel, vooral vergeleken met de globale jaarlijkse toename van de vleesproductie die 3% is. De redenen hiervoor zijn o.a. de groeiende vraag naar dierlijk eiwit, toenemende vraag naar aquacultuurproducten, technologische doorbraken, stagnerende opbrengst van de visserij en de gunstige bijdrage aan de gezondheid. Globaal is 30% van de mondiale productie van de vis, schaal en schelpdieren afkomstig van aquacultuur, in 2030 verwacht men een aandeel van 50%. De visteelt is een van de snelst groeiende voedselproducerende sectoren in de wereld”.

### Huidige status

In de MVO-Verkenning 2010 Glastuinbouw staat: “Uit een proefproject van het Improvement Center in Bleiswijk is gebleken

dat de combinatieteelt van tomaten en tilapia niet alleen technisch, maar ook economisch en ecologisch rendabel is". Toch vindt - zover de kennis van auteurs van dit rapport reikt - geen combinatie teelt in de Nederlandse glastuinbouw plaats.

### Risico's

Er zijn knelpunten. Door de kredietcrisis, ontstaan in de zomer van 2007, is er echter op dit moment onvoldoende durfkapitaal beschikbaar om deze knelpunten op te lossen. Andere knelpunten die voorzien worden zijn (Xplorelab, 2010) de klimatologische omstandigheden als er meer teelten gefaciliteerd moeten worden; water moet voor beide teelten apart opgeslagen worden; er moet nog steeds brijn geloosd worden, maar wel veel minder.

## 11.4.3 A3 Schelp- en weekdierenteelt

### In aanmerking komende stroom

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom via de opkweek van algen. Het toevoeren van brijn lijkt ook mogelijk, maar de beschikbaarheid van ander vers zout water is daarbij wel noodzakelijk.

### Beschrijving

Schelpdieren (mosselen, kokkels, oesters) zijn filter feeders en leven van het voedsel dat in het water zweeft (organisch zwevend stof) en verder is de beschikbaarheid van licht en vers zoutwater belangrijk. De afvalwaterstromen bevatten daartoe te weinig organisch materiaal, dus moet een route gekozen worden van algenteelt naar kleine weekdieren en eventueel daarna naar vis (Nieuwenhuijze, 2008). In de Wilhelminapolder in Zeeland wordt door Topsy Baits in bassins met zout water "zaggers" gekweekt die dienen als aas voor de hengelsport en voer voor garnalen (Nieuwenhuijze, 2008). De zaggers worden zelfs geleverd in korrelvorm. Deze kweek is uitgebreid met kokkels en zeetong. Ook akkerbouwers in Zeeland hebben sinds 2006 de teelt van zaggers opgepakt in zout water bassins (0.2 ha). De zaggers worden gevoerd met de natuurlijke algen, en zodra ze groter worden, worden ze bijgevoerd. In Zeeland is in 2007 een pilotproject "Zeeuwse Tong" gestart (Ketelaars, in van Maanen, 2008) waarbij de vis gevoed wordt met zaggers in een zoutwater milieu. In de toekomst worden kansen gezien voor de binnendijkse teelt van vis in vijvers. Viskweek kan geschakeld worden met algen of zeegroenten, waarbij de nutriënten geproduceerd door de vissen als meststof dienen.

### Eisen

*Wat mag er niet in zitten (componenten, concentraties)?*

Bij schelpdierenteelt gaan we er vanuit dat in ieder geval de "standaard" samenstelling van zeewater hier gevraagd is. Verder mogen we veronderstellen dat de regelgeving t.a.v. op zee te lozen stoffen (MTR waarden) niet overschreden mogen worden. Gewasbeschermingsmiddelen en andere toxische stoffen. Mosselen worden toegepast voor de monitoring van de kwaliteit van water (Mosselmonitor; [www.mosselmonitor.nl](http://www.mosselmonitor.nl), DeltaConsult). Detectiedrempels voor verschillende GBM en zware metalen voor mossels zijn bekend.

Tabel 26. Detectiedrempels voor verschillende GBM en zware metalen voor mossels.

Stof	Drempel (mg/l)
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	0.59
Atrazine	0.5
Zware metalen (Cd, Cu, Pb, Se, To, Xy, Zn)	0.01 - 16
Pentachlorophenol (GBM)	0.01
Phenol (herbicide)	14
Tributyltinoxide (TBTO) fungicide	0.006



### **Wat moet er wel inzitten (product specificaties)?**

Verversing en beschikbaarheid van kwalitatief goed zout water is van belang. Bij schelpdierteelt, moet meer gedacht worden aan doorstroom, verversing, verblijftijd en getijdenslag. Zoutwater (NaCl) in samenstelling en concentraties gelijk aan zeewater.

### **Wettelijke eisen/bepalingen**

De ruimtelijke inpassing in relatie tot de bestemmingsplannen. Beschikbaarheid van voldoende kwalitatief zoutwater, wat normaal inhoudt dat alleen in kustgebieden teelt kan plaatsvinden.

### **Afzetvolume/markt**

De markt voor schelp- en weekdieren lijkt op zich groot genoeg om hiervoor op land een teelt op te zetten.

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

Deze wordt zeer laag ingeschat in verband met de lange routes van nutriënten, algen, schelpdieren. Economisch is beoogde combinatie niet rendabel. Ook logistiek zeer lastig.

### **Huidige status**

Schakeling van teelten of het zogenaamde Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) is de laatste jaren steeds meer in opkomst. Hierbij worden de kringlopen zoveel mogelijk gesloten: concentraatstromen van de ene teelt worden gebruikt als input voor een andere teelt. Bekende combinaties in het buitenland zijn vis met zeeieren en schelpdieren (Ridler *et al.* 2006). In Nederland worden er op dit moment al combinaties gemaakt van zagers of vissen met zeegroenten. Het project Zeeuwse Tong is daarbij een goed voorbeeld van een praktijkschaal pilot. Ook Imares Kamermans, (2008) is bezig met onderzoek naar de toepassing van drain voor de teelt van algen als voer voor Oesters (Oei, 2009).

### **Op welke termijn te realiseren**

Vooralsnog zijn alle initiatieven pilots en haalbaarheidsprojecten. Tot nu toe zijn geen echte praktijkschaal toepassingen in combinatie met afvalwater via de route van algen met succes gedemonstreerd. Als realisatie al economisch rendabel wordt, zal dit zeker nog wel een decennium op zich laten wachten.

### **Evt. (externe) risico's**

De kweek van zagers in een natuurlijk, open en extensief vijversysteem heeft net als viskweek een aantal struikelpunten. Net als vis kunnen ook zagers last hebben van lage zuurstofgehalten die gedurende de nacht kunnen ontstaan. Om de productie en productietijd (8 maanden) te halen die in reguliere zagerkweeksystemen gehaald wordt, zal er bijgevoerd moeten worden. Het voer waar de zagers op groeien brengt waarschijnlijk vervuiling van het systeem met zich mee. Daarnaast is het oogsten arbeidsintensief als het machinaal niet toegestaan is.

Zagerkweek kan geschakeld worden met algen of zeegroenten, waarbij de nutriënten geproduceerd door de zagers als meststof dienen. Zagerkweek kan ook geïntegreerd worden met algenkweek, dat wil zeggen in hetzelfde systeem. Koppeling van teelten geeft naast de voordelen die betrekking hebben op het sluiten van kringlopen ook een opeenstapeling van onzekerheden. Dit geldt met name bij koppelingen met soorten of teeltmethoden die nog niet bekend zijn in Nederlandse omstandigheden.

De aquacultuursector is nog klein in Nederland. De grootste en belangrijkste spelers hierbinnen zijn de traditionele schelpdierkwekers uit Zeeland. Er zijn een viertal zilte groentekwekers, een paar zagerkwekers en enkele viskwekers. De kennis van en ervaring met zilte teelten/aquacultuur is dus nog zeer beperkt.

Indien vervolgens het zout water van dichtbij gehaald moet worden is deze beschikbaarheid beter te benutten door zout (afval)water direct te lozen op de zee, natuurlijk ontdaan van nutriënten en andere vervuilende stoffen. Realisatie via deze route lijkt daarom niet echt haalbaar.

## 11.5 Hergebruik van nutriënten (N)

### 11.5.1 N1 Hergebruik van nutriënten in de kas

#### In aanmerking komende stroom

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom

#### Beschrijving

Bij deze toepassing is het de bedoeling dat de nutriënten N en P (en indien mogelijk ook Ca, K, Mg en SO<sub>4</sub>) selectief worden teruggewonnen uit de concentraatstroom, om opnieuw te kunnen worden gebruikt in de kas. In aanmerking komende technieken voor het selectief verwijderen van nutriënten zijn AD, IX, NF, ED (zie WP5). Omdat bij verder concentreren van de spui van de drain er mogelijk precipitatie van gips en fosfaten optreedt, verdient het waarschijnlijk de voorkeur om nutriënten voorafgaand aan de waterbereiding af te scheiden uit de spui (zie ook WP5).

#### Eisen

In de nutriëntrijke stroom mogen geen hoge concentraties NaCl en groeiremmers aanwezig zijn.

#### Afzetvolume/markt

Voldoende. Gebruik binnen de eigen kas. Deze toepassing heeft de voorkeur boven hergebruik van nutriënten buiten de eigen kas, vooral als het om waterige fracties gaat. Indien de waterstromen centraal (buiten de kas) opgewerkt moeten worden, en transport sowieso noodzakelijk is, zullen de logistieke kosten voornamelijk bepalen of toepassing buiten het bedrijf kosteneffectief kan zijn.

#### Marktwaaarde van product (of stroom)

Bij hergebruik van het restant nutriënten in de kas, wordt optimaal gebruik gemaakt van de waarde van de nutriënten. Deze waarde bedraagt €0,5 /m<sup>3</sup> drainwater met een EC van 1,0 mS/cm.

#### Huidige status

Wordt nog niet toegepast.

#### Opmerking:

Omdat teruggewonnen nutriënten weer ingezet worden in de kas moeten de (deel-)concentraties van de nutriënten bekend zijn voordat deze bijgemengd worden in het voedingswater. Mogelijk dat na opwerking van drainwater de deelconcentraties afgeleid kunnen worden, maar indien andere concentraatstromen bijgemengd worden met onbekende concentratie, moeten de concentraties gemeten worden. Op zich is het niet bezwaarlijk dat nutriëntenconcentraties gemeten moeten worden, dat gebeurt nu ook al met drainwater. De tuinbouw kan in principe met de combinatie van waterstromen goed omgaan, mits de samenstelling bekend en stabiel is (kwantitatief en kwalitatief). Voor de hand ligt het om de hergewonnen stroom te verzamelen en door monsternamen concentraties te bepalen. Voor continu gebruik is het noodzakelijk om dan over de mogelijkheid te beschikken om online de concentratie van N,P,K te kunnen meten met ion-selectieve sensoren. Vooralsnog zijn daartoe geen stabiel werkende sensoren voorhanden.

### 11.5.2 N2 Hergebruik van nutriënten buiten de kas

#### In aanmerking komende concentraatstroom

Toekomstige concentraatstroom

#### Beschrijving

Bij deze toepassing is het de bedoeling dat de nutriënten N en P (en indien mogelijk ook Ca, K, Mg en SO<sub>4</sub>) selectief worden teruggewonnen uit de concentraatstroom, om opnieuw te kunnen worden gebruikt als meststoffen voor toepassingen buiten de kas. Deze optie is relevant in het geval hergebruik in de eigen kas niet mogelijk is. Denk hierbij bijvoorbeeld aan grondgebonden teelt (vollegrondsgroententeelt), akkerbouw, de intensieve melkveehouderij, fruitteelt en de biologische

landbouw. In aanmerking komende technieken voor het selectief verwijderen van nutriënten zijn IX, NF en ED (zie WP5). Ook voor deze toepassing geldt dat met het oog op mogelijke precipitatie van sulfaten en fosfaten het waarschijnlijk de voorkeur verdient om de nutriënten voorafgaand aan de waterbereiding af te scheiden uit de drain (zie ook WP5).

### **Eisen**

In de nutriëntrijke stroom mogen geen hoge concentraties GBM, NaCl en groeiremmers aanwezig zijn.

### **Afzetvolume/markt**

In de vollegrondsgroententeelt is een sterke opkomst van duurdere speciale meststoffen. Vloeibare meststoffen zijn wel interessant indien ze schoon en specifiek zijn. Doordat de marges wat groter zijn liggen daar kansen. Toediening van meststoffen kan ook in vloeibare fracties en in combinatie met spraytechnieken voor precisielandbouw. Snelwerkende stoffen hebben de voorkeur (Swart & Faber, 2008). Aanlevering in waterige oplossing heeft niet de voorkeur bij lange aanvoertrechten (logistieke kosten).

In Nederland is vanwege de intensieve veehouderij sprake van een overschot aan mest dat niet geplaatst kan worden (ca. 4.000 ton overschot op een totale hoeveelheid geproduceerde mest van 70.000 ton). Verwacht wordt dat deze jaarlijkse hoeveelheid met het vrijlaten van de melkquota in 2015 alleen maar groter wordt en het cumulatieve mestoverschot neemt dan ook alleen maar toe. De afzet van meststromen is markt bepaald. Veehouders moeten betalen wanneer zij hun mest bij een akkerbouwer kwijt willen. Zij zullen daarom de maximale hoeveelheid opbrengen op hun eigen land als wettelijk is toegestaan (Vergouwen, 2010).

De afzetmogelijkheden in de biologische landbouw worden niet aanwezig geacht omdat de herkomst van de afvalwaterstroom uit de glastuinbouw geen biologische achtergrond heeft. Afzet in de fruitteelt is vooralsnog onbekend.

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

Bij hergebruik van het restant nutriënten buiten de kas is het de vraag of er optimaal gebruik kan worden gemaakt van de meststoffen. De waarde van de meststoffen bedraagt €0,5 /m<sup>3</sup> drainwater met een EC van 1,0 mS/cm.

### **Huidige status**

Wordt nog niet toegepast.

## **11.5.3 N3 Fosfaatmeststof**

In aanmerking komende concentraatstroom

Toekomstige concentraatstroom

### **Beschrijving**

Bij deze optie is het de bedoeling om het aanwezige fosfaat te laten kristalliseren als bijvoorbeeld struviet (ammonium- of kaliumstruviet) of als calciumfosfaat en het daarna als meststof/halffabricaat af te zetten (Stowa-R2005/1, 2005). Omdat de stikstof met name als nitraat aanwezig zal zijn (en niet als ammonium) lijkt het voor de hand te liggen om het fosfaat als calciumfosfaat of als kaliumstruviet (KMgPO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O) te laten neerslaan. Calciumfosfaat kan als grondstof worden gebruikt voor de fosforzuurproductie (t.b.v. kunstmestindustrie) of voor de productie van fosfor. Kaliumstruviet wordt o.a. door Thermphos gebruikt voor de productie van fosfor.

Struviet is een effectieve bron van nutriënten en heeft als voordeel dat het door de lage oplosbaarheid in water kan fungeren als "slow-release"-fertilizer (Stowa 2010/30). Struviet is minstens zo effectief als monocalciumfosfaten. De mogelijkheden voor de afzet van struviet zijn momenteel nog onduidelijk. In het buitenland (Canada, Japan) is er blijkbaar een afzetmarkt die groot genoeg is om N- en P op commerciële (en dus blijkbaar winstgevend) basis uit afvalwater te verwijderen en als het struviet in de (niche)markt te zetten. In Nederland is in een aantal projecten de effectiviteit van struviet als slow P-releasing kunstmest inmiddels bewezen (Stowa 2010/30). Het wachten is nu op wetgeving en initiatieven vanuit het ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij om grootschaliger toepassing in de praktijk mogelijk te maken.

Dit soort processen is ontwikkeld voor grootschalige toepassingen (> 10 m<sup>3</sup>/h). Het ligt dan ook niet voor de hand om dit soort processen toe te passen bij een telerbedrijf. Immers de concentraatstroom is qua omvang beperkt (max. ca. 1 m<sup>3</sup>/h). Het ligt meer voor de hand om een dergelijke verwerking centraal op te zetten voor een gebied met meerdere telers.

Na de selectieve verwijdering van fosfaat zal de concentraatstroom verder opgewerkt moeten worden (bijv. volgens optie Z1 ingeval het een zoutrijke stroom betreft) of worden geloosd op het riool. Om de stroom te kunnen lozen moet deze mogelijk ontdaan worden van restanten GBM, zie optie L3.

## Eisen

In onderstaande tabel zijn de kwaliteitseisen van fosfaatprecipitaten weergegeven, zoals gehanteerd door Thermphos International en Amfert Fertilizers (Stowa 2010/30).

Tabel 27. Eisen aan producten voor terugwinning van Fosfaat (Stowa, 2010/30).

		Thermphos international B.V.	Amfert Fertilizers B.V. <sup>d</sup>
Droge stof	%	>75	>90
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% van DS	>18	>18
Fe	mg/kg	<10000 <sup>a</sup>	Geen eisen
Zn	mg/kg	<100 <sup>b</sup>	530
Cu	mg/kg	<10 <sup>c</sup>	220
Hg	mg/kg		1
As	mg/kg		20
Cd	mg/kg		14
Cr/Ni/Pb	mg/kg		170
Stikstof	-	Niet aanwezig	Geen eisen

- a Berekend op basis van 40000 ton P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (in mg/kg droge stof) en een maximale hoeveelheid van 2000 ton/jaar  
 b Berekend op basis van 40000 ton P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (in mg/kg droge stof) en een maximale hoeveelheid van 20 ton/jaar  
 c Berekend op basis van 40000 ton P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (in mg/kg droge stof) en een maximale hoeveelheid van 2 ton/jaar  
 d momenteel onderdeel van ICL Fertilizer

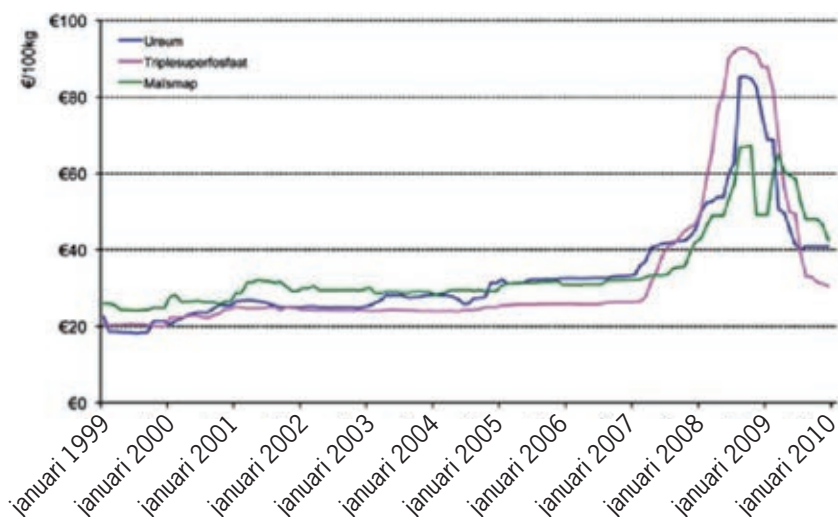
Naast de afzeteisen in bovenstaande tabel is het van belang het calciumgehalte te kennen. Teveel calciumcarbonaat in het product is storend voor het productieproces. Daarnaast moet het product zo droog mogelijk zijn. Dit laatste heeft zowel te maken met het thermische proces van de fosfaatindustrie als met de minimalisering van de transportkosten.

## Afzetvolume/markt

Struviet mag in Nederland nog niet als kunstmeststof worden toegepast. Gezien het aantal initiatieven dat er loopt, is het overigens wel de verwachting dat struviet op termijn als (kunst)meststof wordt toegelaten in Nederland. Struviet is een niet makkelijk oplosbare meststof en als zodanig niet zondermeer, maar na enige bewerking, toepasbaar in de glastuinbouw of akkerbouw.

## Marktwaaarde van product (of stroom)

De marktwaaarde van struviet wordt geschat op 1€00 - 300 /ton (€0,8 - 2,4/kg P) wat overeenkomt met globaal €0,5 -1,0 /m<sup>3</sup> concentraatstroom). Bij gebruik van fosfaatslib door de fosfaatindustrie, wordt rekening gehouden met een opbrengst van €0,25 /kg P of €0,05 /m<sup>3</sup> concentraatstroom (Stowa-R2005/1, 2005). Zie ook bijgaande Figuur met een overzicht van de prijs verschillende soorten kunstmest in de afgelopen 10 jaar (Stowa, 2010/30).



Maismap = ammoniumfosfaat (standaard 20:20);

Triplesuperfosfaat bevat ongeveer 40% P2O5)

Figuur 7. Prijs van verschillende soorten kunstmest in de afgelopen 10 jaar (Stowa, 2010/30).

### Huidige status

Er zijn diverse processen beschikbaar of in onderzoek, om fosfaat op deze wijze te winnen uit afvalwater.

## 11.6 Zoutproductie (Z)

### 11.6.1 Z1 Zoutproducten

#### In aanmerking komende concentraatstroom

Toekomstige concentraatstroom en brijnstroom

#### Beschrijving

Uitgangspunt bij deze toepassing is de productie van een of meerdere zoutproducten. Een voor de hand liggende optie is het gebruik van het ingedikte zout als strooizout. Hiertoe dient de concentraatstroom te worden geconcentreerd en moet uit een slurry een zout als vaste stof kristalliseren. Dit kan worden gerealiseerd door de inzet van een concentratietechniek (brine evaporator) en het gebruik van een brine crystallizer. De combinatie van beide wordt ook wel een zero liquid discharge (ZLD) systeem genoemd (TNO, september 2010).<sup>11</sup> Ook zou een techniek als vrieskristallisatie mogelijk in aanmerking kunnen komen. Bij natstrooien voor gladheidsbestrijding wordt gebruik gemaakt van een 16% CaCl<sub>2</sub> oplossing (of van een 20% NaCl oplossing), welke vlak voor het strooien wordt toegevoegd aan droog zout (NaCl) in een verhouding 2:5. Volgens Rijkswaterstaat zijn er nog geen samenstellingseisen geformuleerd aan calciumchloridepekels. Voor droog strooizout (NaCl) wordt geëist dat het zout minimaal 97% NaCl bevat en maximaal 4% vocht. Het totaalgehalte aan zware metalen mag niet hoger zijn dan 15 ppm (som As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb en Zn). Voor CaCl<sub>2</sub> bestaan dergelijke eisen nog niet (TNO, december 2003).

11 Uit: Brijn rapport: Zero Liquid Discharge (ZLD) (TNO, September 2010).

ZLD is defined as a term of achieving a zero liquid condition from the brine treatment. The benefit of a ZLD system for a conventional brine disposal option is that no discharge permits are required for the facility. Also a ZLD system is more cost-effective when the nearest discharge location is far from the conventional treatment plant. The disadvantage of such a system is the potentially higher capital costs for treatment equipment and more complex operations. Also the high energy costs to force the majority of the water to evaporate quickly, is a big disadvantage.

There are three general type of equipment for a brine ZLD system: Brine concentrator - Also known as a brine evaporator. The concentrator reduces the original brine volume by 95 to 98 percent, and effluent is a two-phase solution. Brine crystallizer -This further heats the concentrated solution from a concentrator to reduce the liquid to slurry that consists of highly saline free liquids and solid crystalline salt particles. Spray dryer - Alternative to the crystallizer that uses heat and forced air.

Eventueel kan ook het aanwezige sulfaat worden teruggewonnen in de vorm van natriumsulfaat of calciumsulfaat. Net als voor calciumchloride geldt, dat de markt voor natriumsulfaat verzadigd is, en dat een daadwerkelijke afzet moeilijk te vinden zal zijn (TNO, december 2003).

Voor deze relatief laagwaardige toepassing van zout worden dus al hoge eisen gesteld aan de zuiverheid (> 97%). Dit geldt ook voor andere alternatieve toepassingen. Daarnaast is zout (NaCl) in veel meer industrieën een afvalstof. Alternatieve industriële toepassingen van zout zijn (TNO, september 2010):

- o Textielindustrie (fixeren van verfstoffen en standaardiseren van kleurpartijen)
- o Metaalverwerkingsindustrie (sec. aluminiumverfijning)
- o Olie- en gasproductie (ingrediënt boorvloeistoffen)
- o Food industrie (kaas pekeldaden)
- o Looierijen en huiden verwerkende industrieën (conserveren en drogen)
- o Fabricage van cosmetica, wasmiddelen en pigmenten in verven en coatings

Het concentraat van de spuisroom bevat ca. 0,8 g/l NaCl en de brijn van de RO 5 g/l NaCl. Daarnaast bevat het concentraat nog andere kationen zoals K, Mg en Ca. Bij indikking zullen dus behalve NaCl ook andere zouten neerslaan zoals calciumcarbonaat, sulfaten (gips), fosfaten, chloriden en carbonaten van calcium, magnesium en kalium.

Opmerking: Na en Cl specifiek verwijderen is moeilijk vanwege goede oplosbaarheid en weinig specifiek t.o.v. andere eenwaardige ionen.

### **Eisen**

*Wat mag er niet in zitten (componenten, concentraties)*

Als het zoutproduct in het milieu terecht kan komen (strooizout), dan zal er in het zout geen door de KRW verboden stoffen in mogen zitten. In dit geval bijvoorbeeld GBM.

*Wat moet er wel inzitten (productspecs)*

Voor het gebruik als strooizout geldt als voorwaarde dat de vaste stof voor meer dan 97% bestaat uit NaCl. Daarnaast worden eisen gesteld aan het vochtgehalte (max. 4%) en het gehalte aan zware metalen (totaal gehalte maximaal 15 ppm).

### **Afzetvolume/markt**

Op jaarbasis wordt in Nederland ca. 200.000 ton strooizout gebruikt.

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

De marktwaaarde van strooizout wordt geschat op 60 euro per ton. Uitgedrukt per m<sup>3</sup> residu betekent dit een waarde van ca. 0,10 €/m<sup>3</sup>. De zoutprijs is sterk afhankelijk is van de zuiverheid. Alleen bij een hoge zuiverheid wordt een dergelijke prijs gegarandeerd.

### **Huidige status**

Bestaand

## **11.7 Lozen (L)**

### **11.7.1 L1 Lozen op zout water**

#### **In aanmerking komende concentraatstroom**

Toekomstige concentraatstroom en brijnstroom

## Beschrijving

Bij deze lozingsoptie wordt de zoute concentraatstroom geloosd op zee. Logistiek is dit een lastige optie. Transport van de zoute concentraatstroom kan plaatsvinden per tankwagen of via een (aan te leggen) collectief afvoerstelsel (in het geval de afstand teler -> zee beperkt is).

Voor het lozen van afvalwater op zeewater moet een watervergunning worden aangevraagd. Er zijn geen algemene normen aan te geven zodat altijd gegarandeerd is dat een vergunning wordt verleend. Vergunningverlening is altijd maatwerk. Afhankelijk van de aard van de lozing en de plaats waar deze plaatsvindt worden/kunnen eisen gesteld worden aan het afvalwater. Zuid-Holland is verantwoordelijk voor het verlenen van vergunningen en ontheffingen aan bedrijven die afvalstoffen willen afvoeren naar de Noordzee. Voor de Waddenzee is dit de Rijkswaterstaat Noord Nederland (Xplorelab, 2010) (Helpdesk RWS, 2010).

In principe lijkt er geen bezwaar tegen lozing van zouten als chlorides, bromides en sulfaten van Na, K en Ca op zee, mits voldaan wordt aan strenge eisen voor zware metalen e.d., en indien de concentraties van deze zouten niet boven die van het ontvangende oppervlaktewater komen.

## Eisen

Het wettelijk kader voor het lozen van afvalwater wordt gegeven in de Waterwet. Op grond van deze wet is het verboden om afvalstoffen, verontreinigende of schadelijke stoffen zonder vergunning in oppervlaktewater te brengen. Hoofduitgangspunt is de verontreiniging zoveel mogelijk te beperken, door implementatie van de stand der techniek. Er wordt onderscheid gemaakt tussen relatief onschadelijke componenten en schadelijke componenten (TNO, december 2003).

Voor relatief onschadelijke stoffen, zoals de van naturen in oppervlaktewater voorkomende stoffen chloride en sulfaat, wordt bij de vergunningverlening de zogenaamde Waterkwaliteitsaanpak gehanteerd. De mate waarin maatregelen ter beperking van de lozing van deze stoffen moeten worden genomen, is daarbij afhankelijk van de gewenste waterkwaliteit. Komt de waterkwaliteitsdoelstelling door de lozing in gevaar, dan dient te worden bezien welke maatregelen noodzakelijk zijn om de emissie terug te dringen.

Voor andere, meer schadelijke stoffen wordt de zogenaamde Emissie-aanpak gehanteerd. Deze aanpak houdt in dat, onafhankelijk van de waterkwaliteitsdoelstellingen, een inspanning moet worden geleverd om verontreiniging te voorkomen. Hierbij wordt, afhankelijk van de eigenschappen van een stof, onderscheid gemaakt tussen lijst I stoffen (zwarte lijst, bijvoorbeeld cadmium en kwik) en lijst II stoffen (grijze lijst, bijvoorbeeld zink en koper). Voor de stoffen van lijst I geldt dat lozingen van de betreffende stoffen moeten worden beëindigd. Sanering aan de bron dient te geschieden door het toepassen van de beste bestaande technieken (bbt). Is een lozing dan nog onaanvaardbaar omdat het om hogere concentraties dan sporen gaat, dan kan dat leiden tot een lozingsverbod.

Voor lijst II geldt in principe ook een saneringsverplichting, en wel door toepassing van de best bestaande technieken volgens het alara-beginsel (= as low as reasonably achievable). Dit betekent dat voor elke stof in principe bekeken moet worden in hoeverre voorkomen kan worden dat die in het milieu terechtkomt. Is toepassing van de best bestaande techniek redelijkerwijs niet mogelijk, dan mogen de best uitvoerbare technieken (but) worden toegepast. Best uitvoerbaar wil zeggen dat rekening wordt gehouden met economische aspecten, dat wil zeggen uit oogpunt van kosten aanvaardbaar te achten voor een normaal renderend bedrijf. De eerder genoemde best bestaande technieken zijn die technieken, waarmee tegen hogere kosten een nog grotere reductie van de verontreiniging wordt verkregen. Deze emissie-aanpak is ook van toepassing op de aanwezige nutriënten N en P in het te lozen afvalwater, brijn of concentraat. Er zijn geen vaste emissie-eisen bekend. De RWZI-eisen die voor lozing op zoet oppervlaktewater worden gehanteerd, kunnen als leidraad dienen voor de lozing op zee (resp. 10 mg/l voor N en 1 mg/l voor P (Neefjes, 2011)).

Voorbeelden van vergunningen voor lozing van zoute afvalwaterstormen worden gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 29. Overzicht enkele vergunningen afvalwaterlozing (TNO, september 2003).

	Eis Cl-gehalte	Eis SO <sub>4</sub> -gehalte	Debiet	Afwatering op
Kisuma te Veendam	25 g/l 16 g/l	geen eis 17 g/l	2.570 m <sup>3</sup> /dag 1.600 m <sup>3</sup> /dag	Eems-Dollard (via VKA)
Nedmag te Veendam	29 g/l	0,45 g/l	13.200 m <sup>3</sup> /dag	Eems-Dollard (via VKA)
Avébé te Veendam	“laag”	geen eis	17.300 m <sup>3</sup> /dag	Eems-Dollard (via VKA)
CMF te Velsen Noord	10 g/l	geen eis	450 m <sup>3</sup> /dag	Noordzeekanaal
AVR-Avira te Duiven	30 g/l	2,5 g/l	geen eis	Riool
AVR te Rozenburg	geen eis	geen eis	geen eis	Nieuwe Waterweg
AVR te Rotterdam	geen eis	geen eis	geen eis	Oude Maas

Naast de in tabel vermelde bedrijven zijn er nog tal van andere bedrijven die zout water lozen, onder andere in de voedings- en genotmiddelen industrie (productie van kaas, bacon, ham, visverwerking), bij elektriciteitscentrales en in de chemische industrie. Een belangrijke bron is de regeneratie van ionenwisselaars met hetzij NaCl of een combinatie van HCl en NaOH ten behoeve van waterontharding.

Uiteraard gelden voor zware metalen wel strengere lozingseisen. Voor nieuwe lozingen rechtstreeks op de Noordzee zijn internationale verdragen (o.a. Ospar verdrag) en Europese richtlijnen (o.a. Lozing van gevaarlijke stoffen, 76/464/EEG) van belang. Voor lozingen op zee gelden enerzijds emissiegrenswaarden, die dienen te worden gerealiseerd door het inzetten van de best beschikbare techniek. Anderzijds gelden waterkwaliteitsdoelstellingen, waarbij geen relatie bestaat met in te zetten technieken voor de reductie van emissies. Er wordt onderscheid gemaakt tussen lijst-1 en lijst-2 stoffen. Lozing van lijst-1 stoffen (“zwarte lijst stoffen”, o.a. cadmium en kwik) dient geheel te worden voorkomen, terwijl lozing van lijst-2 stoffen (“grijze lijst stoffen”, o.a. arseen, chroom, lood, nikkel, koper, zink) zoveel mogelijk dient te worden voorkomen.

Voor het Westland zou de aanwezigheid van hoge concentraties NH<sub>4</sub> in het grondwater kunnen leiden tot eisen ten aanzien van het NH<sub>4</sub>-gehalte (max. 10 mg/l) (Agrimaco, 2010).

#### **Afzetvolume/markt**

In principe onbeperkt. In een te verlenen vergunning zullen waarschijnlijk ook eisen m.b.t. te lozen hoeveelheid worden opgenomen.

#### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

Geen. Er dient rekening mee gehouden te worden dat lozingsheffingen moeten worden afgedragen.

#### **Huidige status**

Lozing (van brijn van RO) op zout water (zee of Nieuwe Waterweg) wordt wel vergund door Rijkswaterstaat. Zo wordt in de praktijk al een zoute afvalwaterstroom van een bedrijf uit Limburg over water (pontoon) vervoerd naar de Nieuwe Waterweg en daar geloosd zonder verdere zuivering (Stowa-R2007/28, 2008). Ook door o.a. de zoutwinindustrie worden zouthoudende afvalstromen onder vergunning geloosd op zee dan wel brak water.

## **11.8 L2 Lozen op (zoet) oppervlaktewater**

#### **In aanmerking komende concentraatstroom**

Huidige afvalwaterstroom, toekomstige concentraatstroom en brijnstroom



### **Beschrijving**

Deze optie gaat ervan uit dat de afvalwaterstroom wordt geloosd op het zoete oppervlaktewater. In veel gevallen zullen de aanwezige zouten in de concentraatstroom een probleem zijn. Bij lozing op oppervlaktewater mag het zoutgehalte uitgedrukt als Cl-gehalte maximaal 200 mg/l bedragen. Het chloridegehalte van de brijnstroom zal waarschijnlijk in de meeste gevallen hoger zijn dan 1 g/l. De lozing van een dergelijke brijnstroom op het oppervlaktewater zal niet worden toegestaan.

Het chloridegehalte van de huidige spuistroom is sterk afhankelijk van het type gewas, maar bedraagt gemiddeld ca. 80 mg/l (excl. tomaten; bij tomaten is chloridegehalte significant hoger). Bij verdere indikking van de spuistroom is de kans groot dat het chloridegehalte van de concentraatstroom de 200 mg/l overstijgt.

### **Eisen**

Om deze stroom te mogen lozen zullen strenge eisen met betrekking tot het gehalte aan zouten, nutriënten, GBM, etc. worden gesteld. Enkele relevante eisen zijn (Besluit Glastuinbouw):

Cl-: < 200 mg/l; Fe 2 g/l; O<sub>2</sub> > 5 mg/l; DOC < 15 mg/l

Voor wat betreft het gehalte van N en P geldt voor oppervlaktewater de volgende MTR (maximaal toelaatbaar risico):

N-totaal: 2,2 mg/l; P-totaal: 0,15 mg/l

Voor de lozing van RWZI-effluent op oppervlaktewater gelden de volgende eisen:

N-totaal: 10 mg/l; P-totaal: 1 mg/l

Met betrekking tot GBM geldt als eis dat het gehalte aan bestrijdingsmiddelen of omzet- of afbraakproducten daarvan de kwaliteit van het oppervlaktewater niet in gevaar mag brengen.

Dit laatste blijkt echter in de praktijk (nog) niet te toetsen door de waterbeheerders aangezien van veel gebieden de normkwaliteit van het oppervlaktewater in glastuinbouwgebieden nog niet in kaart is gebracht.

### **Afzetvolume/markt**

Onbeperkt

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

Geen. N.v.t.

### **Huidige status**

Lozen van huidige afvalwater op oppervlaktewater (of riool) is praktijk. Brijn RO wordt geïnjecteerd in bodem.

## **11.8.1 L3 Lozen op riool**

### **In aanmerking komende concentraatstroom**

Toekomstige concentraatstroom en brijnstroom

### **Beschrijving**

Bij deze toepassing wordt de concentraatstroom (of de brijnstroom) geloosd op het openbare rioolstelsel. De eisen die aan de te lozen afvalwaterstroom zullen worden gesteld zijn mede afhankelijk van op welke RWZI de lozing terecht komt en uiteindelijk in welk oppervlaktewater. Er wordt namelijk per stof een emissie en immissie toets gedaan (mits mogelijk). Hoe groter de RWZI en hoe groter het ontvangende oppervlaktewater hoe meer er geloosd mag worden. Hierbij wordt zowel gekeken naar de gehalten van de stoffen en de vrachten per tijdseenheid. Zouten zijn stoffen die door de RWZI fietsen en een op een in het oppervlaktewater terecht komen. Voor GBM geldt een nullozing. Dat wil zeggen dat deze stoffen niet in het riool terecht mogen komen en dus niet geloosd mogen worden (Caris, P. 2010).

In veel gevallen zullen de aanwezige zouten in de concentraatstroom een probleem zijn. Bij lozing op het riool mag in principe het zoutgehalte uitgedrukt als Cl-gehalte maximaal 200 mg/l bedragen. Het chloridegehalte van de brijnstroom zal waarschijnlijk in de meeste gevallen hoger zijn dan 1 g/l. De lozing van een dergelijke brijnstroom op het riool zal niet worden toegestaan<sup>12</sup>.

Het chloridegehalte van de huidige spuistroom is sterk afhankelijk van het type gewas, maar bedraagt gemiddeld ca. 80 mg/l (excl. tomaten; bij tomaten is chloridegehalte significant hoger). Bij verdere indikking van de spuistroom is de kans groot dat het chloridegehalte van de concentraatstroom de 200 mg/l overstijgt. Op dit moment is de lozing van drainwater op de riolering toegestaan ongeacht het chloridegehalte.

### **Eisen**

Over het algemeen zijn de RWZI's niet gelukkig met dergelijke lozingen omdat dit afvalwater geen koolstofbronnen (BZV) bevatten die in het proces afgebroken kunnen worden.

In tegenstelling tot het bepaalde in het Lozingenbesluit Wvo glastuinbouw is het lozen op het openbaar riool of op oppervlaktewater van drainwater thans toegestaan indien het totale gehalte aan stikstof dat wordt geloosd via het drainwater jaarlijks niet meer bedraagt dat 25 kg per ha glasoppervlak (zie voorschrift 12). Bij een stikstoflozing onder deze grens geldt in het algemeen dat het milieurendement van hergebruik van drainwater niet opweegt tegen de kosten daarvan (Besluit Glastuinbouw: drainwater).

Behalve aan het zoutgehalte (< 200 mg/l Cl) worden ook eisen gesteld aan het gehalte aan GBM. GBM worden maar gedeeltelijk afgebroken in een RWZI. Zie verder ook L2. De aanwezigheid van nutriënten zal niet zo zeer een probleem zijn, omdat deze in de RWZI kunnen worden afgebroken c.q. afgevangen.

Voor lozing op de riolering geldt verder dat de sulfaatconcentratie niet boven de 300 mg/l mag liggen (NEN 6487), de pH moet tussen 6.5 en 10 liggen (NEN 6411) en de temperatuur mag niet 30 °C overschrijden (NEN 6414). Het gemiddelde sulfaatgehalte in de afvalwaterstroom is 477 mg/l, zodat lozen op het riool voor sulfaat mogelijk overschrijdingen tot gevolg heeft.

### **Afzetvolume/markt**

Onbeperkt. Wel moet rekening worden gehouden met de hydraulische capaciteit van de rioolaansluiting.

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

Geen. N.v.t.

### **Huidige status**

Bestaande situatie voor wat betreft de lozing van afvalwater van de glastuinbouw. Voor zoute stromen, zoals bijvoorbeeld de brijn van een RO-installatie is lozing op het riool niet toegestaan.

Een mogelijke variant op het lozen van een zoute afvalwaterstroom op het riool, is de optie om de zoute afvalwaterstroom per tankauto naar de RWZI te transporteren en het hier "gecontroleerd" aan te bieden aan de RWZI. Hierdoor wordt het rioolstelsel niet aangetast (betonrot).

## **11.8.2 L4 Bodeminjectie/disposal lege zoutcavernes**

### **In aanmerking komende concentraatstroom**

Toekomstige concentraatstroom en brijnstroom

---

<sup>12</sup> De lozing van brijn van bestaande RO-installaties is niet toegestaan in de AMVB Glastuinbouw.

### **Beschrijving**

Bij deze toepassing wordt ervan uitgegaan dat de zoute concentraatstroom en de brijnstroom mogen worden geïnjecteerd in de bodem (diepe onderlaag met vergelijkbaar zoutgehalte) dan wel als een zoute slurry of een vaste afvalstof mag worden gestort in een lege zoutkoepel. Momenteel is het toegestaan om de brijn van de RO-installatie te infiltreren in de diepere ondergrond. Ontheffingen voor het lozen van de brijn in de bodem (infiltratie) zal na 2013 naar verwachting enkel onder zeer strikte voorwaarden mogelijk zijn (Brijnbeleid Zuid-Holland). Voor glastuinbouwbedrijven zal hiermee de mogelijkheid tot infiltratie van brijn waarschijnlijk komen te vervallen en andere oplossingen moeten worden gevonden. Bodeminjectie van de toekomstige zoute concentraatstroom lijkt gezien bovenstaande geen realistische optie om rekening mee te houden. Storten van vast of vloeibaar afval in oude lege zout cavernes is in Nederland, in tegenstelling tot in o.a. Duitsland, niet toegestaan. De verwachting is dat het beleid ten aanzien van storten in lege zout cavernes op korte termijn niet zal wijzigen, waardoor ook deze optie afvalt (TNO, december 2003).

### **Eisen**

Voor het lozen van RO-brijn in het 2<sup>e</sup> watervoerende pakket wordt tot 2013 ontheffing verleend, mits er geen andere opties haalbaar zijn. Voor de stort in lege zoutcavernes is een vergunning nodig. In Nederland is het storten van afval in lege zoutcavernes niet toegestaan (wordt geen vergunning voor verleend). Met uitzondering van enkele zouthoudende afvalstromen afkomstig van de zoutwinindustrie. In Duitsland is dit echter wel een veel toegepaste methode van storten. Voor de afvoer/stort naar een lege zoutkoepel dient de concentraatstroom wel eerst te worden ingedikd tot een slurry of een vaste afvalstroom.

### **Afzetvolume/markt**

n.v.t.

### **Marktwaaarde van product (of stroom)**

Negatief. Voor het storten in zoutcavernes (in Dld) moeten stortkosten betaald worden.

### **Huidige status**

Voor het lozen van RO-brijn in het 2<sup>e</sup> watervoerende pakket wordt tot 2013 ontheffing verleend, mits er geen andere opties haalbaar zijn. De verwachting is dat beide opties voor de Nederlandse situatie als niet reëel moeten worden ingeschat.

## **11.8.3 L5 Stort/Landfill**

### **In aanmerking komende concentraatstroom**

Toekomstige concentraatstroom en brijnstroom

### **Beschrijving**

Bij deze optie wordt ervan uitgegaan dat de concentraatstroom en de brijnstroom na verdere concentratie en indikking (kristallisatie) niet meer herbruikbaar zijn en als vaste stof worden gestort op een daarvoor geschikte stortplaats. Het ingedikte zoutafval kan dan bijvoorbeeld in big-bags op een stortplaats worden opgeslagen.

### **Eisen**

Voor het storten van afval gelden specifieke eisen, afhankelijk van het stortregime. Zie hiervoor het Landelijk afvalbeheerplan 2009-2021 (LAP) en de Kaderrichtlijn Afvalstoffen.

Eisen betreffen veelal eisen m.b.t. droge stofgehalte van de te storten materialen, wijze waarop de afvalstoffen zijn opgeslagen c.q. worden aangevoerd en milieu hygiënische eisen (uitloogeisen).

**Wetgeving:**

De werkgroep Emissiereductie Gewasbeschermingsmiddelen Glastuinbouw, met daarin een aantal Waterschappen en het Ministerie van VROM, heeft een voorstel uitgewerkt om sediment (van bijvoorbeeld filterspoelwater) voortaan legaal uit te mogen rijden op open land. Uit proeven met soortgelijke stofstromen is gebleken dat de biologische activiteit in de grond voor voldoende afbraak van de afvalstoffen zorgt en dat (verdund) uitrijden dus geen milieuschade veroorzaakt. De verwachting is dat dit voorstel formeel in de wet wordt opgenomen en dat het in 2011 rechtsgeldig is (Glastuinbouw Koerier, 2010).

**Afzetvolume/markt**

Afhankelijk van beschikbaar stortvolume

**Marktwaarde van product (of stroom)**

Negatief. Storttarieven liggen in de ordegrootte van > €100 /ton (Kosten storten en verbranden van afval 1985 - 2005). Daarboven op komen nog transportkosten.

**Huidige status**

Bestaand







