



Ontwerp en werkwijze om emissie uit “Teelt-de- grond-Uit”- systemen te voorkomen

Wat te doen met het jaarlijks neerslagoverschot?

Erik van Os, Tycho Vermeulen, Casper Slootweg, Margreet Bruins en Bart van Tuijl



Referaat

In buitenteelten, die uit de grond in substraat of een recirculerende waterlaag worden geteeld, valt meer regenwater dan de gewassen op jaarbasis nodig hebben. Het neerslagoverschot komt afhankelijk van het gewas in het teeltsysteem terecht en wordt dan vervuild met nutriënten en mogelijk gewasbeschermingsmiddelen geloosd. De grootte van de mogelijk te lozen stroom is onbekend en teeltsysteemafhankelijk. In deze studie is een overzicht gemaakt voor de verschillende teeltsystemen die bij “Teelt de Grond Uit” worden toegepast en wat daar de gevolgen van zijn als het neerslagoverschot moet worden geloosd en hoe groot die stroom is op jaarbasis. Voor alle gewassen wordt een regenwateropvang van 500-1000 m³/ha geadviseerd om na de eerste neerslag het overschot met de meeste nutriënten te kunnen opvangen en om in droge periodes goed gietwater te hebben. Technische oplossingen voor het omgaan met een neerslagoverschot zijn een adequaat systeemontwerp (sla, prei) via waterafvoerende drijvers of afdekken; alleen de eerste neerslag (met de meeste nutriënten) opvangen en dan bij overschrijding van een bepaalde EC te lozen; het scheiden van regenwater en nutriënten via omgekeerde osmose en het concentraat als meststof gebruiken. Het neerslagoverschot bufferen binnen het teeltsysteem leidt niet tot een duurzame oplossing omdat er een permanent neerslagoverschot is op jaarbasis. Bij de systemen in zandbedden (tulp, lelie, vaste planten) wordt alle neerslag in het teeltsysteem opgevangen waarna uitspoeling plaatsvindt. Bij de systemen met goten (laanbomen, aardbei) is het neerslagoverschot gering. Bij NFT-systemen (smalle afgedekte goten) is er geen neerslagoverschot maar een tekort.

Abstract

Field crops, growing out of the soil in substrate or a recirculating water layer, receive more precipitation than crops annually need. The rainwater surplus comes, depending the growing system, into the system and discharged if the volume is too big. The water contains nutrients and possibly plant protection products. The size of potential discharges is unknown. In this study the size of the potential discharge flow was estimated and technical solutions were presented. All crops require rainwater collection of about 500 - 1000 m³/ha to buffer the surplus for dry periods. Technical solutions are an adequate system design of the floating panels avoiding rainwater to entry the system (lettuce, leek) or covering when there is no crop present; collection of only the first precipitation and to discharge the latter part (below a certain EC level); purification of the discharge water via reverse osmosis and reuse the concentrate as fertilizer. Sand bed systems (tulip, lily, perennials) all precipitation is collected within the growing system after which discharge is needed. The buffering of the surplus of precipitation within these growing system is not a sustainable solution because there is annually always a surplus. Trough systems (trees, strawberry) have a minor surplus, while in NFT systems there is even a shortage on rainwater collection.

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

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

1	Samenvatting	5
2	Inleiding	7
3	Waterbalans per gewas	9
3.1	Zomerbloemen, vaste planten	9
3.2	Lelie	10
3.3	Voorjaarsbloeiende bolgewassen (hyacint, tulp)	12
3.4	Gotenteelt - substraat	13
3.5	Gotenteelt - NFT	15
3.6	Prei	16
3.7	Sla (diepe waterlaag)	18
3.8	Conclusies waterbalans	18
4	Technieken voor beheersing	19
4.1	Bassin voor gietwatervoorziening (opvang regenwater of drainwater)	19
4.2	Omgekeerde Osmose	20
4.3	Tijdelijk bedekte teelt	20
4.4	Lozing neerslag na uitspoeling	21
4.5	Afdekken teeltsysteem (winter)	21
4.6	Regenwaterafvoer via de drijvers	22
5	Discussie	25
6	Conclusies en aanbevelingen	27
Bijlage I	Na ⁺ Opname	29
Bijlage II	Kosten wateropslag (KWIN, 2010)	31

1 Samenvatting

Goed gietwater is bij de teelten uit de grond essentieel. Opvang van regenwater is de meest efficiënte methode om aan goed gietwater te komen. In de buitenteelten valt echter meer regenwater dan de gewassen op jaarbasis nodig hebben. Het neerslagoverschot komt afhankelijk van het gewas in het teeltsysteem terecht en wordt dan vervuild met nutriënten en mogelijk gewasbeschermingsmiddelen voordat het weer geloosd wordt. De grootte van de mogelijk te lozen stroom is onbekend en teeltsysteemafhankelijk. In deze studie is een overzicht gemaakt voor de verschillende teeltsystemen die bij “Teelt de Grond Uit” worden toegepast en wat daar de gevolgen van zijn als het neerslagoverschot moet worden geloosd en hoe groot die stroom is op jaarbasis. Per gewasgroep is een inschatting gemaakt van de waterbehoefte en is een globale waterbalans gemaakt om de grootte en het tijdstip van het neerslagoverschot in te kunnen schatten. Vervolgens zijn technieken en methodes geïnventariseerd om het neerslagoverschot te bergen, te zuiveren of te beheersen. Afsluitend zijn teeltsystemen en technieken gekoppeld om een concreet advies te kunnen geven.

Gewassen die een volvelds teeltsysteem hebben (tulp, hyacint, boomteelt, prei, aardbei trayplanten) en in de winter worden doorgeteeld vangen de meeste regen op terwijl het verbruik laag is. Het overschot bevat dan nutriënten die afhankelijk van de concentratie niet geloosd zouden mogen worden. Een aantal gewassen wordt niet in de winter geteeld (sla, lelie, zomerbloemen), hier is het overschot veel kleiner als het systeem leeg is als in de winter de meeste neerslag valt. Gewassen in goten (aardbei, laanbomen) vangen weinig neerslag op, er is maar een klein overschot dat als buffer kan dienen voor droge perioden.

Voor alle gewassen wordt een regenwateropslag geadviseerd van 500 - 1000 m³/ha om een buffer voor droge perioden te hebben en om de eerste neerslag na een droge periode op te kunnen vangen om als gietwater te gebruiken. Opvang tijdens de teelt lijkt meestal geen problemen te geven omdat het verbruik in het algemeen ook hoog is.

Technische oplossingen voor het neerslagoverschot zijn een adequaat systeemontwerp (sla, prei) van de drijvers waardoor regenwater gescheiden kan worden gehouden van de voedingsoplossing; alleen de eerste neerslag (met de meeste nutriënten) op te vangen en daarna (onder een nader te bepalen EC) te lozen; zuivering van het met nutriënten vervuilde regenwater via omgekeerde osmose en het concentraat als meststof gebruiken en het filtraat te lozen; het afdekken van het systeem met name in de winter als er geen gewas is en het gewas te overkappen (aardbeitunnel of een kasconstructie). Bij de systemen in zandbedden (tulp, lelie, vaste planten) wordt alle neerslag in het systeem opgevangen waarna uitspoeling plaatsvindt. Na een bepaalde hoeveelheid regen (in labexperiment bepaald op 40 mm) is het zandbed uitgespoeld en kan worden gespuid op oppervlaktewater. Het labexperiment zal moeten worden omgezet in een praktijkexperiment bij verschillende gewassen. Bij de systemen met goten (laanbomen, aardbei) lijkt het neerslagoverschot in het systeem mee te vallen. Extra metingen zijn hier wenselijk om aan te kunnen tonen dat de noodzaak van extra opvang nihil is. Bij NFT-systemen is er een jaarrond neerslagtekort.

Het neerslagoverschot bufferen binnen het teeltsysteem leidt niet tot een duurzame oplossing omdat er een permanent neerslagoverschot is op jaarbasis. Het neerslagoverschot kan worden verkleind door gedurende het jaar bij extreme neerslag spui toe te laten. Omgekeerde osmose en speciale afdekconstructies lijken in eerste instantie te duur, maar komen in beeld als eerder genoemde oplossingen niet haalbaar zijn.

2 Inleiding

Goed gietwater staat centraal bij de recirculatie in substraatsystemen. Waar in grondteelt de grond nog als buffer optreedt tegen bijvoorbeeld vervuiling en nutriëntenonbalans, komen onvolkomenheden in een substraatsysteem sneller op de wortel terecht. Afhankelijk van het type substraat - organisch, anorganisch of substraatloos - is dit effect erger. Schoon water (zonder natrium, pathogenen, gewasbeschermingsmiddelen en andere organische vervuiling) is daarom een van de belangrijkste voorwaarden voor "Teelt-de-grond-uit", het onderzoeksprogramma waarbij voor 9 vollegrondsgewassen wordt onderzocht welke perspectieven er zijn om via een grondloze teelt de emissie van nutriënten naar het oppervlakte- en grondwater te verminderen. Schoon water wordt in de praktijk verkregen uit de opvang van regenwater, zuiveren van grondwater via omgekeerde osmose of door bronwater op te pompen. Per saldo hebben de open teelten te maken met een netto water overschot per hectare. Het lijkt daarmee lastiger om het neerslagoverschot - eventueel vervuild met nutriënten - te beheersen dan de gietwatervoorziening zelf. Voor systemen waar niet al het regenwater wordt ingevangen, zoals de goot-systemen, moet wel gezocht worden naar een goede alternatieve waterbron.

In dit rapport wordt verslag gedaan van een studie naar de mogelijkheden van regenwateropvang, de grootte van de benodigde opslag en de grootte van de eventuele spui op het oppervlaktewater en of deze stroom is vervuild met nutriënten. Tevens wordt verslaggedaan van mogelijkheden om het regenwater buiten de stroom van de recirculerende voedingsoplossing te houden. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de teeltsystemen die in het onderzoek bij de 9 gewassen het meest worden toegepast. Bij de resultaten worden aanbevelingen gedaan voor zowel onderzoek (welke informatie moet spoedig "boven water" komen) als telers ("waar moet ik op rekenen bij de aanleg van een teeltsysteem?") zodat daar bij de opschalingsprojecten rekening mee kan worden gehouden.

Hoofdstuk 3 gaat in op de waterbehoefte en waterbalans per gewasgroep. Hoofdstuk 4 geeft de beschikbare technieken voor wateropvang, zuivering en beheersing van het neerslagoverschot. Hoofdstuk 5 maakt de koppeling tussen gewas en systemen via een discussie van de uitkomsten uit vorige hoofdstukken. In hoofdstuk 6 volgen conclusies en aanbevelingen.

3 Waterbalans per gewas

3.1 Zomerbloemen, vaste planten



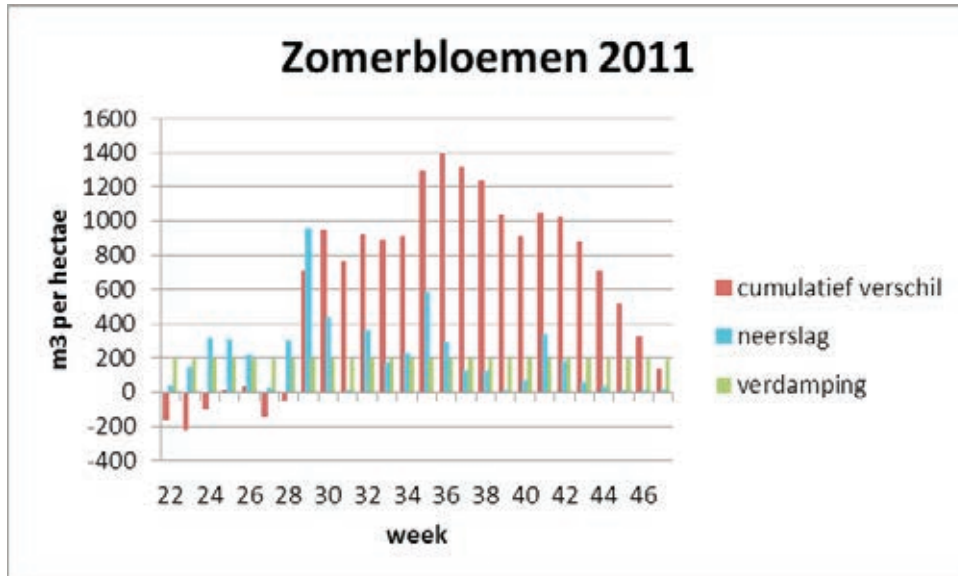
In Tabel 1 staan de gemeten verdamping van zomerbloemen gedurende het teeltseizoen 2011 en de bijbehorende neerslag in die periode. Tevens zijn cijfers opgenomen van de langjarige gemiddelden, de referentieverdamping van het KNMI (grasmat) en de cijfers van een nat en een droog jaar.

Tabel 1: Verdamping en neerslag in een teelt van zomerbloemen in m^3/ha

	Zomerbloemen wk 22 t/m 47 2011	Langjarige gemiddelden heel jaar
Neerslag m^3/ha	5340	
Verdamping m^3/ha	5200	
Totaal neerslagoverschot	140	
Maximale weekoverschot	1390	
Maximale weektekort	220	
Referentie verdamping KNMI	3810	5427
Langjarig gem neerslag	4650	8128
Neerslag droog jaar (1996)	4308	5757
Neerslag nat jaar (1998)	6683	12396
Ref verdamping droog jaar	3900	
Ref verdamping nat jaar	3561	
Som maandextremen neerslag	10560	

De geregistreerde zomerbloementeelt was een teelt in zandbakken. De verdamping betreft de verdamping van het hele systeem (gewas plus substraat). De verdamping was alleen als totaal over de gehele teeltperiode gemeten; dit is in de onderstaande Figuur en de berekening van het verschil, gelijkelijk over de hele teeltperiode uitgesmeerd. De neerslag valt op de zandbakken (oppervlaktebenutting ca. 90%), het drainwater is het neerslagoverschot en bevat nutriënten. Deze oplossing kan niet op de sloot geloosd worden.

De balans (neerslag-verdamping) komt over de hele teeltperiode uit op ongeveer nul. 2011 was een nat jaar; in een droog jaar zal er een klein tekort zijn. Hiervoor moet voorafgaande aan de teelt dus een voorraadjie water worden gespaard. Het maximale weekoverschot in 2011 was 1400 m³/ha, deels veroorzaakt door extreme neerslag in week 29 (Figuur 1.). Zoveel ruimte zou er dus in het bassin moeten zijn, om geen spui te hebben. Gezien het neerslagpatroon mag worden gesproken van een calamiteit en zou in die week een ander spuiregiem moeten gelden (zie ook 3.8). Opslagcapaciteit van 1000 m³/ha lijkt echter wel gewenst.



Figuur 1: Overzicht wekelijkse verdamping en neerslag gedurende de teeltperiode.

Gezien het gewas kan voor een teelt van vaste planten dezelfde getallen worden aangenomen. Mogelijk dat bij het telen van verschillende gewassen de waterbehoefte en -overschot wat worden uitgemiddeld. Opslagcapaciteit wordt dan bedrijfsspecifieker (zie 3.2).

Voor de teelt van zomerbloemen in bakken is het neerslagoverschot in de winter geen probleem, omdat de bakken in de koelcel overwinteren.

Het teeltsystemen van vaste planten in zandbedden wordt in de winter niet benut. Er ontstaat dan een neerslagoverschot, dat opgevangen of afgevoerd moet worden. Opvang van alle neerslag is geen noodzaak, omdat deze hoeveelheid gedurende de teelt niet opgebruikt zal worden en er dus per saldo water overblijft. In eerste instantie zal het zandbed door de regen worden uitgespoeld (Figuur 4.), dit water bevat nutriënten en zal opgevangen moeten worden. Na ca. 40 mm regen zou het zandbed schoongespoeld zijn en kan de overige neerslag op de sloot worden geloosd. In fig.1 is een strategie te overwegen om de in week 29 gevallen 100 mm na niet allemaal te bergen, maar alleen de eerste ca. 40 mm en de overige 60 mm als nagenoeg schoon water naar de sloot te laten lopen. Deze mogelijkheid is sterk afhankelijk van de intensiteit van de neerslag: alles in 1 of 2 dagen of regelmatig verdeel over 7 dagen.

3.2 Lelie

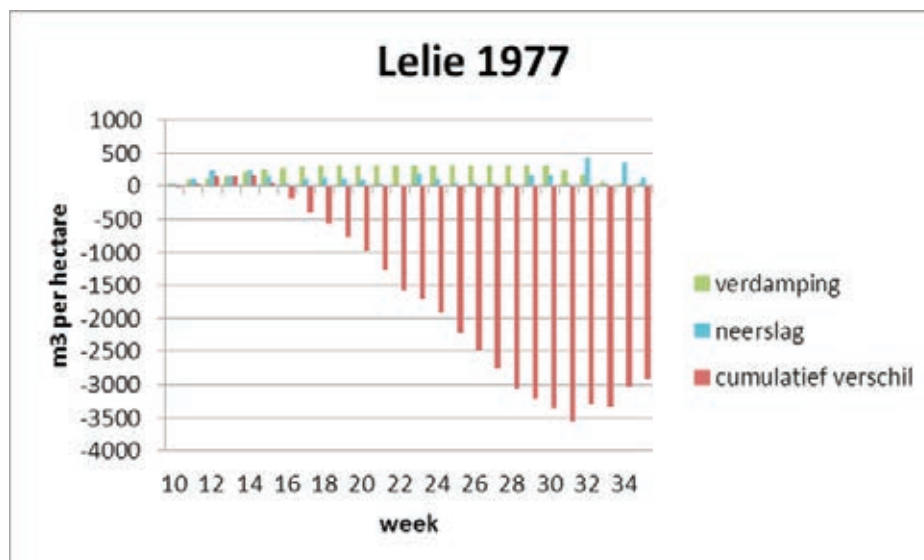
In Tabel 2 staat de gemeten verdamping van een reguliere lelieteelt gedurende het teeltseizoen 1977 en de bijbehorende neerslagcijfers voor die periode. Tevens zijn cijfers opgenomen van de langjarige gemiddelden, de referentieverdamping van het KNMI (grasmat) en de cijfers van een nat en een droog jaar.

Tabel 2: Verdamping en neerslag in een lelieteelt in de volle grond in m³/ha

	Lelie wk 10 t/m 35 1977	Langjarige gemiddelden heel jaar
Neerslag m ³ /ha	2890	
Verdamping m ³ /ha	5810	
Totaal neerslagoverschot	-2920	
Maximale weekoverschot	310	
Maximale weektekort	300	
Referentie verdamping KNMI	3950	5427
Langjarig gem neerslag	3480	8128
Neerslag droog jaar (1996)	2064	5757
Neerslag nat jaar (1998)	4835	12396
Ref verdamping droog jaar	4509	
Ref verdamping nat jaar	4394	

Een reguliere lelieteelt in het relatief droge jaar 1977 laat een flink neerslagtekort zien. De verdamping is in deze metingen alleen de gewasverdamping, maar de lelie is een dicht gewas, met hoge verdamping zodat de verdamping uit de grond relatief beperkt zal zijn.

Voor de lelie zal dus een flinke voorraad regenwater opgespaard moeten worden.



Figuur 2: overzicht verdamping en neerslag gedurende een teelt van lilies in de volle grond.

Door de hoge verdamping van lelie is het neerslagoverschot klein of afwezig en dus heel anders als bij de zomerbloemen.

3.3 Voorjaarsbloeiende bolgewassen (hyacint, tulp)

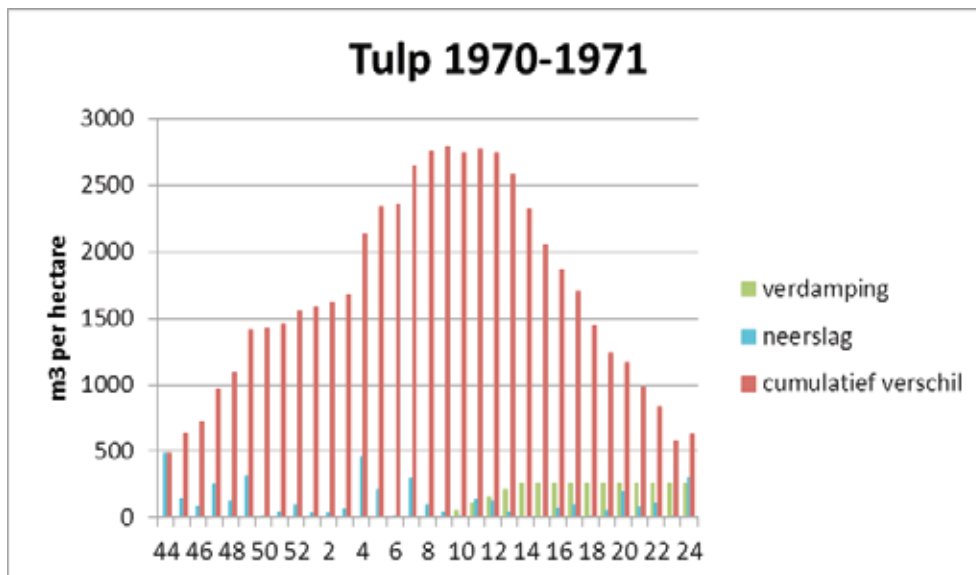
In Tabel 3 staat de gemeten verdamping van een reguliere tulpen teelt gedurende het teeltseizoen 1970-1971 en de bijbehorende neerslagcijfers voor die periode. Tevens zijn cijfers opgenomen van de langjarige gemiddelden, de referentieverdamping van het KNMI (grasmat) en de cijfers van een nat en een droog jaar.

Tabel 3: Verdamping en neerslag in een teelt van tulp in de volle grond in m³/ha

	Tulp wk 44 t/m 24 1970-71	Langjarige gemiddelden heel jaar
Neerslag m3/ha	4020	
Verdamping m3/ha	3400	
Totaal neerslagoverschot	630	
Maximale weekoverschot	2850	
Maximale weektekort	260	
Referentie verdamping KNMI	2550	5427
Langjarig gem neerslag	4750	8128
Neerslag droog jaar (1996)	3371	5757
Neerslag nat jaar (1998)	6291	12396
Ref verdamping droog jaar	2735	
Ref verdamping nat jaar	2661	

Tulpen en hyacinten worden in het najaar geplant. Na de planting duurt het lang voordat er gewas staat, zodat het maximale neerslagoverschot oploopt tot bijna 3000 m³ per ha. Ditzelfde zal gelden voor de hyacint. Het totale neerslagoverschot is 'slechts' 620 m³ per ha; een groot deel van het overschot van de winter is dus nodig om de verdamping in het voorjaar te compenseren.

De verdamping is hier weer de gewasverdamping, maar de tulp is al snel na de start in het voorjaar bodembedekkend. De cijfers komen uit een reguliere teelt.



Figuur 3: Overzicht verdamping bij tulp en neerslag in een teelt in de volle grond

Uit de grafiek blijkt dat er midden in de winter een neerslagoverschot van bijna 3000 m³ per hectare ontstaat. Het zou een enorm bassin vereisen om dit op te vangen. Aan het einde van teelt is, door de verdamping van het gewas, het neerslagoverschot teruggelopen tot 630 m³.

Bij tulp en hyacint geldt dat het neerslagoverschot groot is waardoor eerst uitspoeling van nutriënten optreedt. Als er niet wordt bijgemest in de natte winterperiode zal het drainage water nagenoeg schoon worden (zie 3.8) en is opvang niet nodig. Het opvangbassin kan ca. 1000 m³/ha zijn om de voorjaarsperioden met droogte op te vangen en de eerste neerslag en uitspoeling van nutriënten op te vangen. Wat er nog meer valt zal via de sloot moeten worden afgevoerd. Metingen zullen duidelijk moeten maken om hoeveel nutriënten dit gaat.

In de huidige teelt van voorjaarsbloeiende bolgewassen (o.a. tulp en hyacint), wordt rond het planten van de bollen een basisbemesting toegediend. Naast deze basisbemesting bevat de grond vaak ook nog stikstof uit eerder toegediend organisch materiaal (stalmest, compost).

De toediening van stikstof in het najaar lijkt effect te hebben op de kwaliteit van de geoogste bol. Vooral bij de hyacintenteelt voor de broeierij lijkt toediening van mest in het najaar gunstig voor het aantal nagels (bloemetjes) in de tros. Voor de teelt van plantgoed van hyacint lijkt een najaarsbemesting minder belangrijk. De (gemeten) stikstofopname van het gewas vindt vrijwel uitsluitend in het voorjaar plaats. In een droog voorjaar kan de stikstofbemesting, die in het voorjaar gegeven wordt, relatief laat beschikbaar komen voor de plant, waardoor een najaarsbemesting wel waardevol kan zijn. Als kan worden afgezien van een najaarsbemesting, kan, tot een voorjaarsbemesting, het drainwater in de ondergrond worden geïnfiltreerd voor later gebruik, of worden afgevoerd via het oppervlaktewater.

3.4 Gotenteelt - substraat



Gewassen met een teeltsysteem in potten of (kleine) containers: containerteelt boomteelt, hei, begonia, vaste planten, maar ook aardbei op wachtbedden. Alle regen komt in het recirculatiesysteem en wordt gerecirculeerd. Gezien het neerslagoverschot moet er worden geloosd. Hierin zitten nutriënten. Bemestingsniveau in de boomteelt is niet hoog, maar onbekend is welke EC het drainwater of het te spuien water zal hebben. Op moment dat bij regen de EC acceptabel laag is (politieke keuze), zal lozing op de sloot kunnen plaatsvinden. Hier is nader onderzoek nodig naar de EC van het te lozen water.

De teelt van bomen in goten of grote containers (o.a. laanbomen) is een ander systeem. In de boomteelt in goten zijn in de zomer van 2012 metingen gedaan om de waterstromen in beeld te brengen. Hier kan ook emissie optreden bij overvloedige regenval. Het oppervlak van de goot of container is beperkt t.o.v. het grondoppervlak. Uit metingen is gebleken dat de bomen in de goten niet, zoals gedacht, niet altijd als een parapluie werken en zo uitspoeling voorkomen, maar ook wel als een trechter, waardoor de uitspoeling juist groter is dan gedacht. Per gewas(stadium) is dit echter nog niet onderbouwd. De netto neerslag in het systeem is een factor 0.5 tot 1.4 maal de bruto neerslag op eenzelfde oppervlakte, waar geen bomen staan. De gemiddelde factor was 1.06. Als realistische worst case wordt aangenomen dat 2x zoveel neerslag in het systeem komt als het netto gootoppervlak. De factor is variabel en per regenbui afhankelijk van de intensiteit, de windsnelheid en -richting, het gewas, tijd van het jaar.

De waterstromen voor drie meetperiodes staan in onderstaande tabel. De gegeven waarden gelden per netto m² gootoppervlak.

Tabel 4. De waterstromen in een boomteelt in goten in drie meetperiodes. De gegeven waarden gelden per netto m² gootoppervlak.

Periode	Input		Output		
	Watergift (l/m ²)	Neerslag (l/m ²)	Drainage (l/m ²)	Verdamping gewas plus substraat (l/m ²)	Verandering watergehalte substraat (l/m ²)
23/4-30/6	53.9	158.6	50.8	122.8	38.9
juli	59.6	87.4	45.8	89.8	11.5
augustus	201.0	48.6	35.5	214.1	0.0

Uit de tabel blijkt dat er in de periode 23/4 - 30/6 en in de maand juli een neerslagoverschot was. De benodigde watergift plus de neerslag was hoger dan de verdamping. In de maand augustus was er flink neerslagtekort. Ook bij de laanbomen zal dus het drainwater moeten worden opgevangen en hergebruikt om emissie in natte periodes te voorkomen en om een buffer te hebben voor droge periodes.

Om de benodigde opslagcapaciteit (bassingrootte) te beperken kunnen de goten of containers worden afgedekt. Volledig afdekken is niet noodzakelijk als het drainwater wordt opgevangen. Een zekere waterbuffer (voorraad) is toch noodzakelijk om droge periodes te kunnen overbruggen. Er moet dan wel een voorziening worden getroffen om het drainwater op het gewenste voedingsniveau te kunnen brengen in geval van fertigatie. In het geval van het gebruik van gecontroleerd vrijkomende meststoffen, kan er bij hergebruik van drainwater een risico zijn van een te hoge voedingstoestand van het substraat, mede afhankelijk van de kwaliteit van het beregeningswater.

3.5 Gotenteelt - NFT



Kleinere gewassen die met loopruimte tussen de rijen geteeld worden op goten - NFT-goten, maar ook de reguliere teelt in substraatbalen - heeft te maken met jaarrond een neerslagtekort. Dergelijke systemen komen vooral voor in de teelt van aardbeien, maar ook in experimentele systemen voor Delphinium (kwekerij N.G. Wigchert BV). Het gewas verdampt - vergelijkbaar aan de zomerbloementeelt en preiteelt - in de orde van grootte van 3000-5000 m³/ha.

Vanwege de grote afstand tussen de goten en het afschermen van de goten tegen lichtinval (en daarmee ook tegen regeninval) maakt dat in naar schatting slechts 10% van het regenwater zich direct mengt met het voedingswater. Dit is 650 m³ per ha per jaar.

Het hebben van schoon gietwater is vooral in deze substraatloze (-arme) systemen erg belangrijk. Het is nog niet voldoende bekend hoe in deze systemen een gezond, ziekte-weerbaar systeem ingericht kan worden. Het gebruiken van schoon gietwater is daarom een eerste vereiste. Ook om natrium-ophoping te voorkomen zijn schone bronnen nodig. Zoals beschreven zijn dit regenwater, RO of goed bronwater.

3.6 Prei



- Teeltsysteem: vijver met drijvende platen, ruimtebenutting 80 planten/m². Alle regen valt dus op het systeem; het teveel moet, met nutriënten, worden afgevoerd.
- Referentiegewasverdamping KNMI Volkel
 - o 2012 1,05 mm per dag
 - o 2012 Dacom Vredepeel, 1,60
- Gewasfactor prei gesteld 0,7 voor het gehele jaar:
 - o Gewasfactor is 1 als grondpreigewas is volgroeid
 - o Er is altijd een gewas van verschillende leeftijden omdat om de 2 weken wordt geplant en geoogst.

Tabel 5: Gemiddelde verdamping per dag (l/m²) voor prei op water in verschillende teelten in 2010 - 2012

	aantal dagen teelt				gemiddelde gewasverdamping prei		
	Pl.datum	2010	2011	2012	2010	2011	2012
teelt 1	Eind mrt	62	51	74	1.26	2.72	1.64
teelt 2	Eind mei	43	49	69	2.47	3.74	2.20
teelt 3	Half juli	49	57		1.83	2.20	1.99
teelt 4	Eind aug	124	83		0.38	0.58	

- Neerslag: gemiddeld 800 mm per jaar
 - o Prei verdamping 2010/2011: 300 - 500 mm
 - o Overschot 300 - 500 mm per jaar
 - o Indien in winter niet wordt doorgeteeld (3 maanden, dec - feb) is er geen gewas
 - o Dit komt overeen met ongeveer 200 mm regen. Overschot vermindert dan tot ongeveer 100 - 300 mm.
 - o Het regendeel wordt niet opgeslagen (200 mm), het overschot met voedingsoplossing wordt wel opgeslagen (100 - 300 mm)
 - o Indien in winter wel wordt doorgeteeld moet bovenstaand overschot van 300-500 mm in zijn geheel worden opgeslagen, omdat het via het systeem wordt afgevoerd, het bevat nutriënten.
 - o 100 mm = 100 l/m² = 1000 m³/ha.

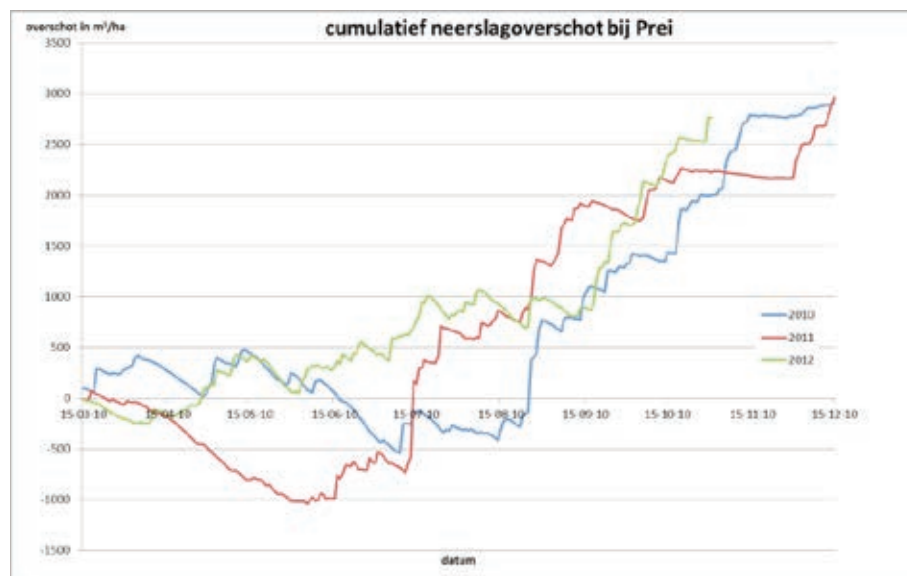
In Figuur 4. is te zien dat bij preiteelt in de weergegeven jaren 2010, 2011 en 2012 er jaarlijks zowel een periode met watertekort als met wateroverschot is.

- Watertekort in de periode maart- augustus, is per jaar verschillend van lengte en volume (Tabel 6). In 2011 liep het tekort gedurende 15 maart - 14 juli 2011 het hoogst op: tot 576m³/ha. Dit betekent dat, gemiddeld, voor het voorjaar een opslagcapaciteit van 500 -1000 m³/ha gewenst is.
- Het wateroverschot begint rond augustus tot aan het einde van de teelt in december. In die periode is er een overschot van ca. 3000m³. In de periode half december tot half maart, in de periode zonder teelt, wordt het volume verder vergroot met orde grootte 2000m³/ha. Bij ene opslagcapaciteit van 500 -1000 m³/ha zal een deel moeten worden afgevoerd in de winter. Ook hier verdient het aanbeveling de EC te meten en een norm proberen vast te stellen waaronder geloosd mag worden.

De resultaten van het neerslagoverschot zijn indicatief. In deze jaren was het voorjaar droog, gevolgd door een natte zomer. Andere weerjaren laten mogelijk een aangepast beeld zien.

Tabel 6: Waterstromen van 15 maart - 15 december in preiteelt van 2010, 2011 en 2012

	2010	2011	2012
Neerslag m ³ /ha	6695	6827	6531 (t/m 31 okt)
Verdamping m ³ /ha	3785	3867	3768
Periode met tekort	17 jun- 25 aug	15 mrt - 14 jul	15 mrt - 27 april
Cumulatief tekort (m ³)	154	576	42
Overschot begint rond:	26 augustus	15 juli	28 april
Tot 15 december opgelopen tot totaal (m ³)	3187	4113	2847 (t/m 31 okt)



Figuur 4: Cumulatief neerslagoverschot bij prei in periode 2010-2012

De periode met watertekort in het eerste gedeelte van de teelt, kan worden opgevangen door water in een bassin op te slaan. Voor de jaren 2010 en 2012 voldoet een bassin van 500m³. Het droge voorjaar in 2011 vraagt meer aanvullend water, een bassin van 500 m³ is dan onvoldoende.

3.7 Sla (diepe waterlaag)



Gewassen op drijvers op een dikke waterlaag van ca. 10-25 cm zoals sla en prei, meestal bedden van 1,5 - 2m breed. Hier komt alle regen in het systeem, vergelijkbaar met 3.5. Tijdens de teelt verdunt het water en bemesting moet worden aangevuld. In winter geen teelt dusdan kan neerslag direct naar de sloot. Hoewel: 25 cm voedingsoplossing kan aan einde van de teelt in de herfst wel enigszins worden gebuikt maar niet helemaal. 1 maand teelt verbuikt ca. 2mm per dag x 30 dg = 60 mm. Gemiddelde neerslag in een maand is ca. 70 mm. Dus het waterpeil zakt niet heel veel en je voegt toch nutriënten toe. Een opslagcapaciteit van 500-1000 m³/ha kan hier het voorjaarsstekort compenseren terwijl in de winter de neerslag naar de sloot kan worden afgevoerd.

3.8 Conclusies waterbalans

Afhankelijk van het gewas en het teeltsysteem is het neerslagoverschot in de winterperiode klein of groot:

- Zomerbloemen en vaste planten, lelie: geen winterteelt, de eerste ca. 40 mm neerslag opvangen in een tank van 500-1000 m³/ha, de overige neerslag, met lage EC, weg laten lopen naar sloot.
- Tulp, hyacint, boomteelt, sla, prei: teelt gedurende de winter, neerslagoverschot bevat nutriënten en moet worden opgevangen. Per gewas zijn er nuances, voor tulp/hyacint zal een EC niveau moeten worden bepaald waaronder kan worden gespuid. Sla wordt niet in winter geteeld, maar teeltsysteem heeft een groot volume, een deel moet worden opgeslagen, de rest na verdunning met regen worden afgevoerd. Bij prei, maar ook tulp is de te lozen hoeveelheid mede afhankelijk van een afdekking van het gewas in de winter.
- Goten en potten in goten (aardbei, laanbomen); 30 - 50% van het oppervlak is goot en kan waarschijnlijk in systeem worden gebufferd. Het overige water valt naast de goot en kan naar oppervlakte- of grondwater.
- Bij alle gewassen wordt geadviseerd een regenwateropslag van 500-1000 m³/ha aan te leggen om een buffer te hebben voor een voorjaarsstekort en een winteroverschot.
- In zomerperiode tijdens de teelt en met grote neerslaghoeveelheden moet bij alle gewassen het neerslagoverschot worden opgevangen. Misschien niet alles, maar wel een beperkte hoeveelheid (zie 3.8) als het substraat in korte tijd wordt schoongespoeld. Een dag of week hoeveelheid neerslag zal bepaald moeten worden waarboven spui naar de sloot toegestaan is.

4 Technieken voor beheersing

4.1 Bassin voor gietwatervoorziening (opvang regenwater of drainwater)

Gegeven de gewasbehoefte (verdamping) en de te bufferen neerslag kan berekend worden hoe groot de capaciteit van dan wel de regenopvang dan wel de drainopvang zou moeten zijn. In 3.9 wordt geadviseerd een opslagcapaciteit van 500-1000 m³/ha te hebben om droge en natte perioden op te kunnen vangen. Tabel 7. geeft de kosten van de verschillende alternatieven op basis van de KWIN (2010). Voor hergebruik van het water kan gedacht worden aan ontsmetting. Ook deze kengetallen zijn opgenomen in het overzicht.

Tabel 7: Kostprijsberekening gietwatervoorziening Teelt de Grond Uit (jaarbehoefte = 5000m³/ha. Capaciteit = 50 m³/dag); (KWIN, P.C.M. Vermeulen, 2010).

		nieuwwaarde (€)	jaarkosten per hectare (€)		
			van	tot	
Omgekeerde Osmose					
Bron, boorput en retourbron		pm			
Retour tot 5 mS/cm	100 m ³ /dag	32.000	1740	2100	
Retour tot 10 mS/cm	100 m ³ /dag	34.000	1860	2160	
Bassin Grondprijs: 10€/m ²					
1000 m ³ op 850 m ²		11.000	1935	2310	Relevant voor:
2000 m ³ op 1350 m ²		14.000	2685	3060	
3000 m ³ op 2000 m ²		16.000	3450	3825	lelie
tank 1375 m ³		20.000	2259	2775	meeste gewassen
tank 1700 m ³		24.000	2604	3144	lelie
bronwater					
bron slaan		pm			
pomp + leidingen		pm			
ontijzering	6-8 m ³ /h	11.500	935	1020	
	10-12m ³ /h	15.500	793	963	
ontsmetting (voor 4-5 ha)					
verhitting	2.5 m ³ /u	28.500	1800	2000	Geschikt bij:
	10 m ³ /u	52.500	3333	3667	lage drain
UV (excl silo's en zandfilter)	10 m ³ /u	30.000	1333	2667	50% drain
					50% drain

De meeste Teelt-de-grond-Uit systemen (volvelds systemen (tulp, prei), maar ook de boomteelt en sla) hebben jaarrond voldoende gietwater door het invangen van regenwater. Opslag van regenwater (ca. €2000 per ha/jaar voor 1000 m³) is echter niet altijd de goedkoopste waterbron. Bronwater van goede kwaliteit (natriumgehaltes <0,2 mmol/l) is vaak goedkoper. Ontzouting bij hogere natriumcijfers maakt het water duurder (gemiddeld €1/m³). Per bedrijf zal dan ook gekeken moeten worden wat de meest effectieve optie is.

Alle systemen hebben (periodiek) te maken met grotere drainvolumes dan nodig voor de dagvoorraad (=de dagelijks bereide voedingsgift). Overtollig regenwater in het systeem moet daarom tijdelijk worden opgeslagen om te worden hergebruikt. In het teeltseizoen gaat het hierbij om dagen of weken.

Ontsmetting wordt gangbaar toegepast in de substraatteelt onder glas. Ook in de open teelt is dit zeer aan te raden om verspreiding van ziekten in het systeem te reduceren. Voor systemen met veel water (bassins en NFT-systemen) is dagelijkse, volledige ontsmetting onhaalbaar. Nader onderzoek moet aantonen of het zinvol en (economisch) haalbaar is voor deze systemen om dagelijks delen van het water te ontsmetten om zo een populatie pathogenen laag te houden.

4.2 Omgekeerde Osmose

Teveel aan regenval dat in het teeltsysteem terecht komt wordt via een overloop afgevoerd en gezuiverd door een RO installatie. Het concentraat bevat de voedingselementen en wordt hergebruikt op eigen bedrijf. Het filtraat is schoon (regen)water dat op de sloot kan worden geloosd. Voor de RO-installatie is een ultrafiltratie filter gemonteerd om grove en middelfijne delen vooraf weg te vangen en onnodige vervuiling van de RO membranen te voorkomen.

Kosten van de gehele RO unit (incl UF) bedragen ca € 1300 per ha bij een waterbehandeling van minder dan 500 m³/ha en € 2400 bij 1250 m³/ha/jr (Bron: proj. Glastuinbouw Waterproof: RO op spuiwater). De RO levert 20% volume met een hoge EC wat kan worden hergebruikt en 80% volume schoon water wat geloosd kan worden. Het concentraat kan ook pathogenen bevatten. Overwogen moet worden of het concentraat direct kan worden hergebruikt of dat het moet worden ontsmet.

Overschot 100-300 mm regenwater is 1000 - 3000 m³/ha; geschatte jaarkosten: € 2400/ha/jr. Als 2000 m³ met RO wordt behandeld blijft er voor opslag ca. 20% x 2000 = 400 m³ nodig, terwijl 80% (1600 m³) schoon water mag worden geloosd.

4.3 Tijdelijk bedekte teelt

Regenwater kan ook buiten het teeltsysteem gehouden worden door het aanbrengen van (tijdelijke) bedekkingen. De algemene kostenplaatjes zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8: Schatting aanschaf en jaarkosten van bedekking (KWIN, 2010)

	aanschafkosten (€/m ²)	Jaarkosten (€/m ²)	Opmerkingen
Kas (>4 hectare)	28,-/33,-	4.7	teeltvoordeel door klimaatsturing
permanente tunnel	19.5	5.1	teeltvoordeel
verplaatsbare tunnel	9.5	2.6	gebruik voor winterafdekking
plastic kap ('aardbeienkap')	2.6	0.3	Exclusief regenwateropvang

Bouwen van een koude kas of een permanente tunnel zal ongetwijfeld op problemen met Gemeenten stuiten (niet toegestaan in Bestemmingsplannen) en is alleen in incidentele gevallen een alternatief, de kosten zijn ook aanzienlijk. Een verplaatsbare tunnel dekt slechts een deel van het teeltoppervlak af en is nauwelijks een alternatief om regenwater buiten het systeem te houden. Door het onvoorspelbare karakter van de neerslag is dit geen echte oplossing die massaal kan worden toegepast.

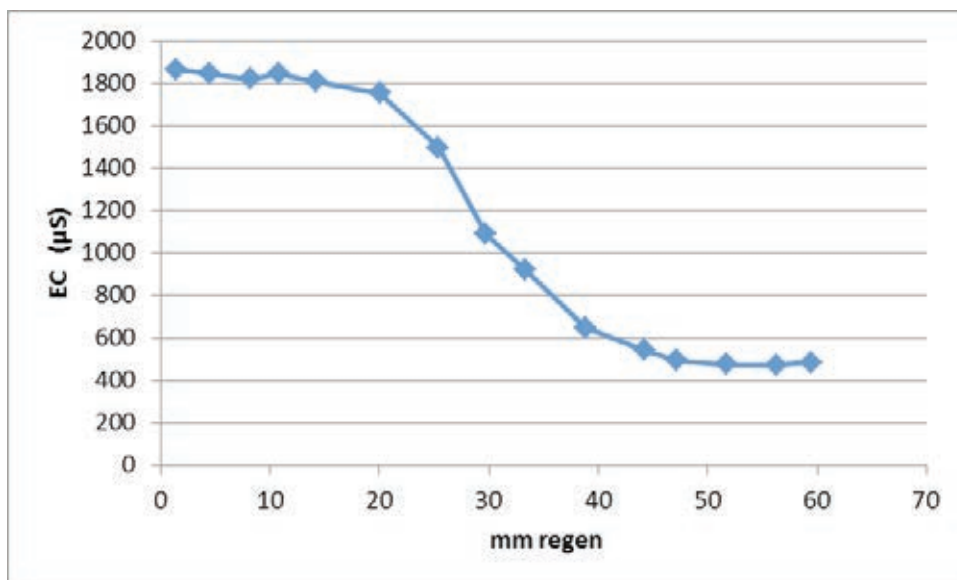
Een aangepaste aardbeienkap (afhankelijk van gewas) is mogelijk een oplossing voor rijenteelten (o.a. nft, laanbomen,

aardbeien). Ruimtelijk worden hier minder eisen aan gesteld, maar mogelijkheden zullen toch plaatselijk bekeken moeten worden.

4.4 Lozing neerslag na uitspoeling

Als er gekozen wordt voor een substraat dat gemakkelijk uitspoelt - bijvoorbeeld grof zand - is het mogelijk om het drainwater op te vangen totdat de meststoffen uitgespoeld zijn, waarna het drainwater kan worden geloosd op het oppervlaktewater of worden opgeslagen. Grof zand, zoals gebruikt in de proeven met zomerbloemen en vaste planten bleek in een laboratoriumproef al na een hoeveelheid van 40 mm regen volledig te zijn uitgespoeld (Figuur 5.).

Geredeneerd vanuit de teelt suggereert deze uitspoelingscurve dat het regenwater zich beperkt mengt met het voedingswater. Daarbij geeft het aan dat een neerslag van 10 mm leidt tot een EC daling in de bovenste substraatlaag van 0,8 mS. Dit kan ongunstige effecten hebben voor de groei van de plant. Nader onderzoek zou moeten uitwijzen na welke EC-daling weer fertigatie moet plaatsvinden - eventueel tijdens de regenbui. Op basis van deze eerste analyse lijkt dit principe mogelijkheden te bieden voor de teelt in zandbedden om het neerslagoverschot als er geen gewas aanwezig is af te voeren naar de sloot. Ook in zomerse perioden met gewas en veel regen kan gesteld worden dat niet al het drainwater hoeft te worden opgeslagen.



Figuur 5: EC-verloop in het drainwater uit een kolom van 25 cm zand. De kolom was verzadigd met een voedingsoplossing van EC 1.8 mS (= 1800 µS) en werd behandeld met leidingwater (EC 0.5 mS).

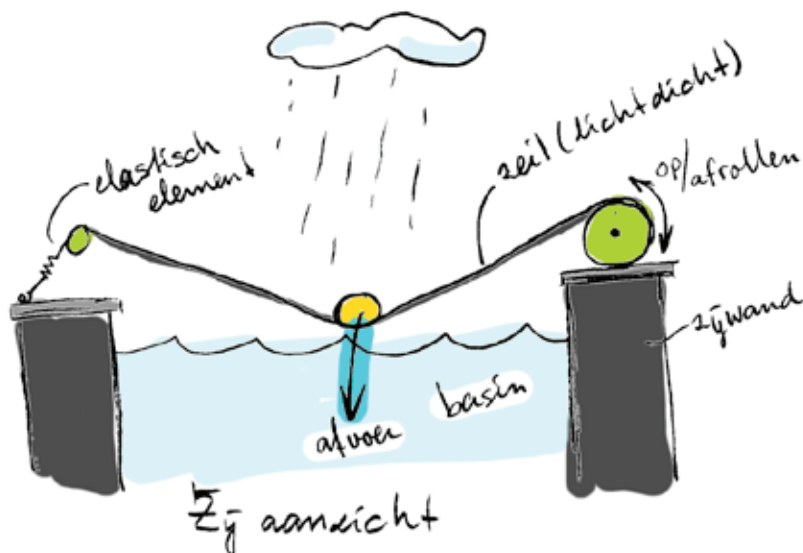
4.5 Afdekken teeltsysteem (winter)

Het afdekken van het teeltsysteem met zandbedden gedurende de winterperiode is een andere mogelijkheid om emissie van meststoffen te voorkomen. Na het planten en het geven van de basisbemesting wordt het hele teeltsysteem afgedekt en het water dat op de afdekking valt kan worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Er zal een zekere hoeveelheid moeten worden opgeslagen in een bassin om een eventueel neerslagtekort in het voorjaar te kunnen overbruggen. Het afdek materiaal moet wel gasdoorlatend zijn om de bollen in de winter niet te verstikken. Tevens zal vóór het afdekken de bodemvochtigheid op peil gebracht moeten worden.

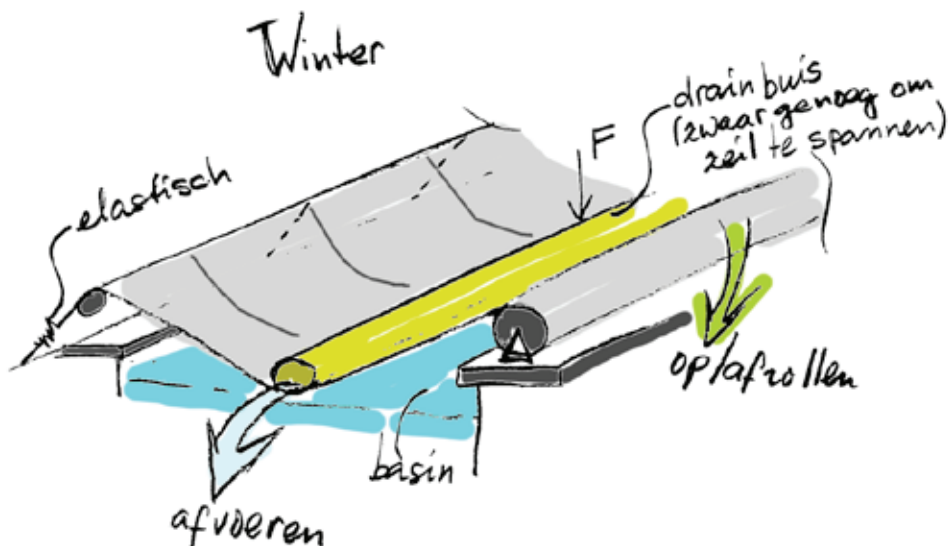
Een punt van aandacht bij afdekking is de vorstbescherming. Een vorstbescherming van stro kan op het waterdichte afdek materiaal worden aangebracht. In dat geval is het aanzien van het systeem niet anders dan van een traditionele teelt. Er moet dan wel een voorziening worden bedacht om het stro niet te laten wegwaaien. De vorstbescherming kan natuurlijk ook onder het afdek materiaal worden aangebracht.

Bij de beddensystemen op water (sla, prei) is een andersoortige afdekking mogelijk (Figuur 6. en 7.). Er is hier vanuit gegaan dat er geen gewas staat (lichtdicht plastic). De afvoer in het midden van het bed via een drainbuis heeft constructietechnisch de voorkeur boven een nok constructie waarbij het midden het hoogste punt is (nok). Het teveel aan regenwater tijdens de teelt wordt met dit systeem niet afgevoerd.

In de winter, als het systeem zonder gewas staat, kan je de voedingsoplossing na de laatste oogst afpompen en in een tank opslaan of in het bassin laten staan. In het eerste geval is er een opslag nodig van ca. 900 -2250 m³/ha (gebaseerd op 90% ruimtebenutting en 10 - 25 cm waterhoogte). Daarna kan al het regenwater in de winter via het systeem naar de sloot lopen. Het afdeksysteem (Figuur 6. en 7.) is er echter op gebaseerd dat de voedingsoplossing in het systeem blijft staan en het winterse regenwater, of sneeuw, bovenlangs wordt afgevoerd.



Figuur 6: Schets om voedingsoplossing in de teeltvijver in de winter af te dekken; zijaanzicht



Figuur 7: Schets om voedingsoplossing in de teeltvijver in de winter af te dekken; in perspectief

4.6 Regenwaterafvoer via de drijvers

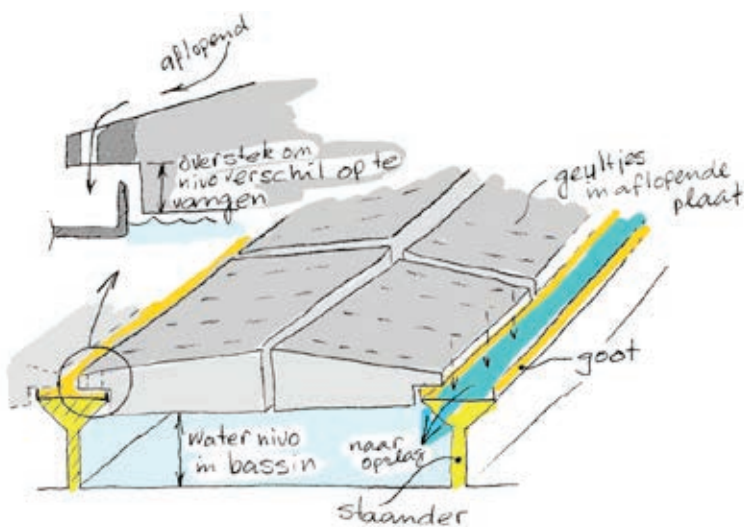
Regenwater verdunt ongewenst de voedingsoplossing. Daarom is het belangrijk om het teeltsysteem zo te ontwerpen dat het hemelwater afgevoerd wordt. Door hemelwater op te vangen en op te slaan kan naar eigen behoefte water aan het teeltsysteem worden toegevoegd. Figuur 7. en Figuur 8. laten een schets zien om platen zodanig te ontwerpen dat het hemelwater in breedte dan wel in de lengte van de vijver wordt afgevoerd. Figuur 9. schetst de verbinding tussen de

afvoergeultjes in de lengterichting van de platen. De verbinding tussen platen worden weergegeven Figuur 10. Magneten kunnen gebruikt worden maar ook een variant van het messing-en-groef systeem kan verder worden uitgewerkt.

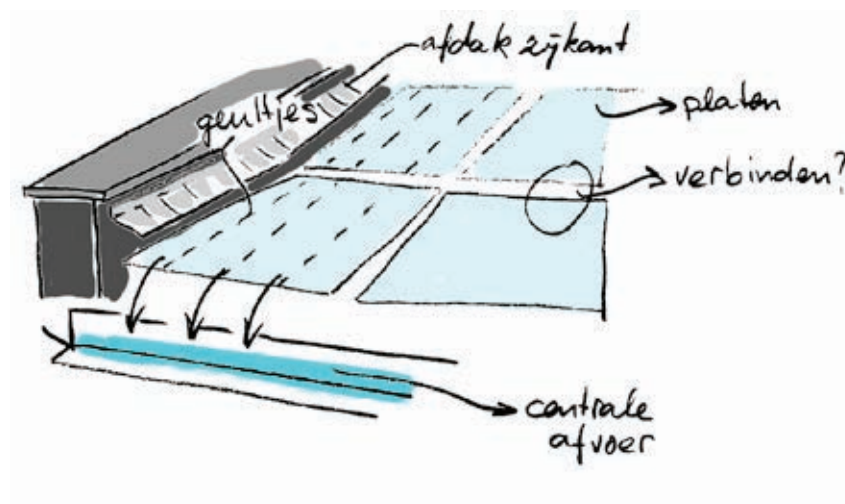
Afloop van het regenwater in de breedterichting (Figuur 8.) hoeft maar een paar graden te zijn om water goed af te voeren. Een stortbui tijdens een teelt kan redelijk worden afgevoerd. De afvoergoot aan de zijkant moet dan ook iets aflopen in de lengterichting.

Layout van platen met overstek zorgt ervoor dat de platen niet snel kapot gaan, het is steviger 'dakrand met overstek'. Platen zijn ook in spiegelbeeld te gebruiken. De zijafvoergoot en het verstek moeten wel rekening houden met het verschil in waterhoogte gedurende het seizoen. De waterhoogte kan constant worden gehouden, maar ook als buffer voor regenwateropvang worden gebruikt. Afstemming is nodig.

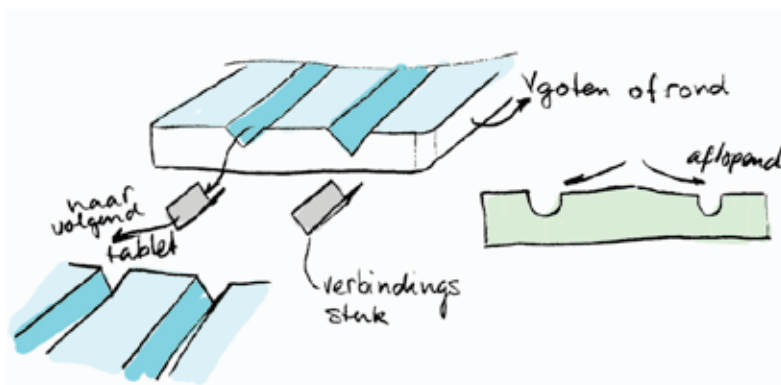
Afloop van het regenwater in de lengterichting (Figuur 9.) betekent een horizontaal systeem, de afstroomhoeveelheid is dan beperkt. Onduidelijk is wat de afvoercapaciteit van een dergelijk systeem over 50m lengte is. In dit geval moet de verbinding tussen de platen min of meer waterdicht zijn (Figuur 10. en 11.), maar niet kwetsbaar (breuk tijdens handling) of uit losse onderdelen.



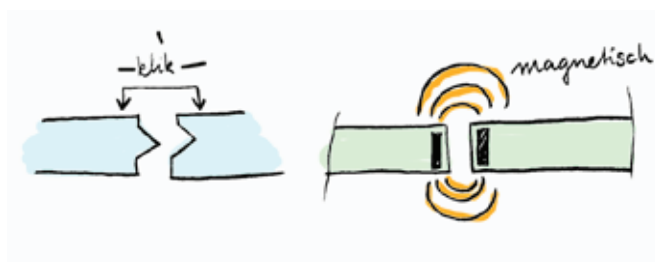
Figuur 8: Schets van hemelwaterafvoer in de breedterichting van de vijver.



Figuur 9: Schets van hemelwaterafvoer in de lengterichting van de teeltplaten in de vijver



Figuur 10: Verbinden van geultjes in de lengte richting van de teeltvijver



Figuur 11: Mogelijke verbindingen voor de teeltplaten in de teeltvijver

Tabel 9: Overzicht van voor- en nadelen van regenwaterafvoer via drijvers en afdekking teeltsysteem

onderdeel	Voordeel	nadeel
Afvoer in breedte van de teeltvijver (Figuur 8.)	Water kan buiten systeem worden afgevoerd, korte afvoer weg van water Keuze of aflopend water wegvloeit dan wel wordt opgevangen	Lekkage op overgan plaat - goot Waterpeil in de vijver niet flexibel Verstopping van de goot
Afvoer in lengte teeltvijver (Figuur 9.)	Beperkte plaats voor wateropvang	Lange weg voor regenwater; Lekkage tussen platen Zijkant afgedekt maakt lastiger platen eruit te halen Goedkoper door rechte zijwand
Verbinding geultjes lengte richting (Figuur 10.)	Gemakkelijk aan te brengen	Kunnen minder optimaal passen waardoor lekkage optreedt
Verbinding teeltplaten 'klik' (Figuur 11.)	Snel Beperkt lekkage tussen platen	Snel vervormen/kapot
Verbinding teeltplaten 'magneet' (Figuur 11.)	Snel Beperkt lekkage tussen platen door	Magneten roesten; lekwater ertussendoor Bij vervuiling minder goed afsluitend
Zeilafdekking boven voedingsoplossing (Figuur 6. en 7.)	Sluit goed af voor hemelwater Voedingsoplossing kan in vijver blijven; ergonomische aanbreng en verwijder optie	Folie kan kapot gaan;

Financieel lijkt afvoer in de breedte (Figuur 8.) het meest aantrekkelijk, dit kan in het (toekomstig) ontwerp worden meegenomen. Andere beschreven methodieken vragen toch een aanzienlijke investering terwijl er financieel geen voordelen voor de teler zijn.

5 Discussie

In hoofdstuk 3 is een schatting gemaakt van de grootte van het probleem van het neerslagoverschot.

Afhankelijk van het gewas en het teeltsysteem varieert het neerslagoverschot in de winterperiode, maar er is een grote kans dat tijdens de teelt er zowel een neerslagoverschot als een tekort kan ontstaan. Analyse van de neerslaggegevens van Rotterdam gedurende 20 jaar laten zien dat in elke maand van het jaar een tekort (droge periode van 3-5 weken) of een overschot ($>100\text{mm}$ per maand) mogelijk is. Daarom zal ingespeeld moeten worden om een opslagcapaciteit te hebben van $500 - 1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ om te voorkomen dat er in het voorjaar een tekort aan water is. Deze opslag kan gemakkelijk worden gevuld met het neerslagoverschot in de winter. Fijntuning zal moeten plaatsvinden bij welke EC gespuid mag worden op de sloot. Dit is enerzijds afhankelijk van het neerslagpatroon en anderzijds van het teeltsysteem (zandbedden met of zonder gewas; dikke waterlaag zonder (sla) of met (prei) gewas. De eerste uitspoeling uit het substraat bevat de meeste nutriënten en moet worden opgevangen. Daarna (na ca. 40mm) daalt de EC sterk en beneden een bepaalde waarde zou gespuid moeten kunnen worden (politieke keuze). Aangezien dit nu uit een lab-proef komt, zal dat ook in een praktijkproef moeten worden getoetst.

Ook in zomerse perioden met extreme neerslag zal bepaald moeten worden wanneer gespuid kan worden. Bijvoorbeeld boven een etmaal intensiteit van 50mm of een week intensiteit van 100mm mag worden gespuid (nader onderzoek). Van belang hierbij is of de EC in het recirculerende water onmiddellijk wordt aangevuld of pas na verloop van tijd (enkele dagen). Directe EC aanpassing leidt tot veel verspilling aan meststoffen. Per gewas/teeltsysteem zal de voedingssamenstelling vrij constant zijn waardoor per EC of m^3 spui kan worden bepaald hoeveel kg N en P worden geloosd. Op basis hiervan kunnen op termijn emissienormen worden opgesteld, analoog aan de glasteelten.

In hoofdstuk 4 zijn mogelijke oplossingsrichtingen aangegeven om het neerslagoverschot te beheersen:

1. Voorkomen dat neerslag de voedingsoplossing in het teeltsysteem verdund. Dit kan b.v. door het teeltsysteem, de platen met preiplanten en de wanden, zo te ontwerpen dat het hemelwater buiten het systeem terecht komt. Naar keuze kan een deel van de neerslag opgevangen worden om minder aanvullend water te hoeven gebruiken bijvoorbeeld bij de start van de teelt.
2. De uit de vijver afkomstige voedingsoplossing kan met Omgekeerde Osmose worden gezuiverd. De geconcentreerde voedingsoplossing (ca. 10-20%) kan worden opgeslagen, in een afgedekte silo. De schone oplossing (80-90% van het oorspronkelijke volume) kan zover als nodig worden geloosd.
3. Hogere wanden van de vijver geven extra opslagcapaciteit, namelijk $100\text{m}^3/\text{cm}/\text{ha}$ voor de overvloedige neerslag. Grootste nadeel is dat jaarlijks een neerslagoverschot bestaat en er dus altijd oplossing teveel is, het regenwater is verrijkt met nutriënten en mag dus niet geloosd worden, een aanvullende oplossing is nodig.
4. Leeg-geogoste vijvers kunnen in de teeltvrije (winter)periode worden gebruikt als wateropslag. Wel moet de laatste voedingsoplossing elders worden opgeslagen. De opslagcapaciteit van de vijver waar de prei op een waterlaag groeide van 10cm , levert dit $1000\text{m}^3/\text{ha}$ wateropslag. Afstemming is een uitdaging.
5. Voorkomen dat neerslag in de vijvers komt gedurende de periode half december - half maart. Dit kan door de vijvers af te dekken met zwart folie. Nagegaan moet worden of het systeem de neerslag goed afvoert. Lekkage en windgevoeligheid zijn risicofactoren en economisch zijn er hoge kosten aan verbonden.

Aangezien het neerslagoverschot een permanent karakter heeft op jaarbasis verdient het aanbeveling om eerst het systeemontwerp zodanig aan te passen dat voorkomen wordt dat regenwater in het teeltsysteem komt (Figuur 8.). Bufferen in het teeltsysteem is geen duurzame oplossing. Afdekken als er geen gewas staat is technisch wel perspectiefvol, maar economisch lijkt het prijzig (wel investering, geen productiewinst, wel wateropvang). Gebruik van omgekeerde osmose op de spui is met name zinvol als OO ook gebruikt wordt voor gietwaterbereiding. Waarschijnlijk kan dan een gunstig economisch perspectief geboden worden.

Tabel 10: Samenvatting teeltsystemen en oplossingsrichtingen voor emissiebeperking

	Basin (m3/ha)	Systeem tijdelijk verwijderen/ leeg	Systeem tijdelijk afdekken (winter)	R.O. voor spui-reiniging	Zand-uitspoel- ings strategie (par 4.4)	Overkap-ping
Zomerbloem - zandbed	1000- 1400		+	Calamiteiten- toepassing	+	+
Zomerbloem - bakken	1000- 1400	+		Calamiteiten toepassing	+	+
Bollen - lelie	3500		-	Reguliere toepassing	-	-
Bollen - voorjaarsbloei	1000		+	Calamiteiten toepassing	+	-
Gotenteelt - substraat	500	+	+	In principe niet nodig	+	+
Gotenteelt - NFT*	1000- 1400			Calamiteiten toepassing	+	+ dan wel een andere vorm voor invangen van regenwater
Basins - prei, bladgewas, zomerbloem	500-1000		+	Calamiteiten toepassing		+

+: nuttig; per systeem zal minimaal één van deze strategieën toegepast moeten worden.

-: niet nuttig

Leeg veld: niet relevant

* enige systeem met een jaarrond neerslagtekort. Het systeem moet gebruik maken van RO, regenwateropvang (2/3 van het teeltoppervlak) of beschikken over bronwater.

6 Conclusies en aanbevelingen

Uit voorgaande metingen, berekeningen, beschouwingen en brainstormsessies worden de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan:

- Perspectieven van opslag, zuiveren, systeemaanpassing, afdekken zijn aangegeven als afzonderlijke onderdelen. Geen integrale oplossing voor elke gewas(groep) kan worden gegeven gezien eerder genoemde onzekerheden van technische en economische haalbaarheid. Per teeltsysteem zou met de meest perspectiefvolle oplossingen een economische evaluatie moeten plaatsvinden;
- Voor alle gewassen bestaat een neerslagoverschot afhankelijk van gewas, teeltperiode en teeltsysteem;
- Voor alle gewassen is een regenwateropslag van minimaal 500 - 1000 m³/ha noodzakelijk. Dit voorkomt met name in het voorjaar een watertekort en kan in de winter een buffer zijn om water met nutriënten op te slaan;
- Per gewas en/of teeltsysteem zal bepaald moeten worden onder welke EC gespuid mag worden op oppervlaktewater of riool om het neerslagoverschot kwijt te raken. Hiervoor zullen per systeem metingen moeten worden uitgevoerd op de spui (m³ en EC, N en P samenstelling);
- Bij de systemen in zandbedden (tulp, lelie, vaste planten) wordt alle neerslag in het systeem opgevangen waarna uitspoeling plaatsvindt. Na een bepaalde hoeveelheid regen (in labexperiment bepaald op 40mm) is het zandbed uitgespoeld en kan worden gespuid op oppervlaktewater. Het labexperiment zal moeten worden omgezet in een praktijkexperiment bij verschillende gewassen;
- Bij de systemen op water (sla, prei) moet eerst onderzocht worden of een systeemaanpassing mogelijk is om het grootste deel van het neerslagoverschot buiten het teeltsysteem te houden;
- Bij de systemen met goten (laanbomen, aardbei) lijkt het neerslagoverschot in het systeem mee te vallen. Extra metingen zijn hier wenselijk om aan te kunnen tonen dat de noodzaak van extra opvang nihil is.
- Bij NFT-systemen is er een jaarrond neerslagtekort. Door regenwater op een andere manier in te vangen kan toch jaarrond met schoon gietwater gewerkt worden - om zo Na-ophoping te voorkomen.
- Het neerslagoverschot bufferen binnen het teeltsysteem leidt niet tot een duurzame oplossing omdat er een permanent neerslagoverschot is op jaarbasis. Het neerslagoverschot kan worden verkleind door gedurende het jaar bij extreme neerslag spui toe te laten;
- Omgekeerde osmose en speciale afdekconstructies lijken in eerste instantie te duur, maar komen in beeld als eerder genoemde oplossingen niet haalbaar zijn.

Bijlage I Na⁺ Opname

Onderstaande tabel geeft cijfers van Na-opname uit proeven (met verschillend aanbod) en uit de reguliere teelt.

Gewas	Deel	Na-aanbod	Na-gehalte Gewas	Schade
Phlox	wortels	normale teelt	37 mmol/kg	
Aconitum	knollen	normale teelt	74 mmol/kg	
Pioen	blad	normale teelt	0.1 - 0.2 g/kg ds	
Aster Monte Cassino kasteelt	plant	Na 0 - 20 mmol/l	Na-opname 6% van aanbod	Vanaf 5mmol al minder hergroei
Lelie C. King broei	bloemtak	Na 12, EC 2.8	142 mmol/kg	nee
Lelie Stargazer broei	bloemtak	Na 0, EC 1.5	46 mmol/kg	nee
Lelie Stargazer broei	bloemtak	Na 3, EC 1.8	123 mmol/kg	korter dan 0 Na
Lelie Stargazer broei	bloemtak	Na 12, EC 2.8	415mmol/kg	gelijk aan 3 Na
Lelie div cv's	bloemtak broei	normale broei	31 - 130 mmol/kg	
Lelie	bol	normale teelt	11 - 22 mmol/kg	
Lelie	gewas aug	normale teelt	4.5 - 9.5 g/kg ds	
Lelie	bol aug	normale teelt	0.6 - 1.5 g/kg ds	
Hyacint	bol	normale teelt	0.14 - 0.18 g/kg ds	
Tulp	gewas + bol	N proef mrt-jun	gem 55 ± 102 min 7, max 560 mmol/kg	

Bijlage II Kosten wateropslag (KWIN, 2010)

Wateropslag						
Waterbassin (incl. graafwerk, zeil en taludbekleding)	500 m ³ op 500 m ²	6.500	8.000		10%	5%
	1000 m ³ op 850 m ²	9.500	12.000		10%	5%
	2000 m ³ op 1350 m ²	12.500	15.000		10%	5%
	3000 m ³ op 2000 m ²	15.000	17.500		10%	5%
	4000 m ³ op 2500 m ²	17.000	19.000		10%	5%
	8400 m ³ op 4050 m ²	28.000	35.000		10%	5%
	17000 m ³ op 8100 m ²	45.000	55.000		10%	5%
Watertanks (metalen golfplaten) compleet gemonteerd, excl. evt. graafwerk:	10 m ³	1.000	1.600		10%	2%
	25 m ³	1.700	2.200		10%	2%
	50 m ³	2.200	3.000		10%	2%
	70 m ³	2.650	3.750		10%	2%
	100 m ³	2.950	4.250		10%	2%
	200 m ³	5.050	6.500		10%	2%
	500 m ³	8.000	10.500		10%	2%
	800 m ³	11.300	15.000		10%	2%
	1000 m ³	16.000	18.500		10%	2%
	1375 m ³	18.700	23.000		10%	2%
	1700 m ³	21.500	26.000		10%	2%

Bron: kwin 2010

