



Biologisch ontzouten: puur natuur

water van waarde



WLN
Postbus 26
9470 AA Zuidlaren
T: 050 402 2121
F: 050 409 4274
E: info@wln.nl

bezoekadres:
Rijksstraatweg 85
9756 AD Glimmen

Biologisch ontzouten: puur natuur

WLN
Postbus 26
9470 AA Zuidlaren
T: 050-402 2121
F: 050-409 4274
E: info@wln.nl

bezoekadres:
Rijksstraatweg 85
9756 AD Glimmen

| | |
|--------------------------|---|
| Projectnaam: | Biologisch ontzouten RO concentraat |
| Datum: | 1 november 2013 |
| Status: | definitief |
| Auteur: | ir. L.P. Wessels |
| Documentnaam: | R001_Biologisch_ontzouten_RO_concentraat_v 02 |
| Vrijgave | |
| Goedgekeurd door: | Peter van der Maas |
| Opdrachtgever: | Technologische Samenwerking Noordelijke Waterketen |
| Contract nr.: | |



Het kwaliteitsmanagementsysteem van WLN is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2008 en is van toepassing op het op projectmatige basis adviseren op het gebied van watertechnologie.

Ondanks alle zorg die aan de samenstelling van deze uitgave is besteed, kan noch de auteur, noch WLN b.v. aansprakelijkheid aanvaarden voor schade die het gevolg is van enige fout in deze uitgave.

© WLN

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van WLN b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

SAMENVATTING

Ontzouting met behulp van planten, algen of bacteriën, de zogenoemde biologische ontzouting, staat erg in de belangstelling. Onderzoek naar biologische ontzouting vindt onder andere plaats in Egypte, Noord-Amerika, Engeland en Singapore. Ook de Rijksuniversiteit Groningen (RUG) heeft in een verkennende studie de mogelijkheid voor biologische verwerking van concentraat van RO (Reverse Osmosis) installaties m.b.v. halofyten geopperd. Halofyten zijn zoutminnende planten die actief zout opnemen uit water.

In dit rapport is de economische haalbaarheid van het gebruik van een halofytenfilter voor de verwerking van RO concentraat globaal onderzocht. Het lijkt heel moeilijk economisch haalbaar om RO concentraat met halofytenfilters te verwerken. Dit is alleen mogelijk als het gewas, dat van het halofytenfilter wordt geogst, een hoge economische waarde vertegenwoordigt, en die economische waarde ook verzilverd kan worden.

Het meest eenvoudige en goedkoopste alternatief voor de huidige lozing van het RO concentraat, is het bedrijven van de huidige RO bij een lagere recovery. Er is dan wel meer voorzuiveringscapaciteit nodig, maar dit is altijd nog veel goedkoper dan een halofytenfilter of de combinatie van hoge recovery RO met natuurlijke verdamping. Groot voordeel van een lage recovery RO is, dat er geen landoppervlak nodig is. Daarmee is dit alternatief ook het eenvoudigst en snelst te realiseren. Hoewel er bij een lage recovery nog steeds concentraat wordt geloosd op het oppervlaktewater, is de zoutconcentratie in dat concentraat nu veel lager dan bij de huidige bedrijfsvoering van de RO en ongeveer vergelijkbaar met de zoutconcentratie in de afvoer van een halofytenfilter.

INHOUDSOPGAVE

| | |
|---|-----------|
| INLEIDING | 5 |
| 1 BIOLOGISCH ONTZOUTEN | 6 |
| 1.1 LITERATUUR OVERZICHT..... | 6 |
| 1.1.1 Biologische ontzouting door opname van zout door biomassa | 6 |
| 1.1.2 Biologische ontzouting door verdamping door biomassa | 7 |
| 1.2 BSC SCRIPTIE N. GROOT ZEVERT (RUG) | 8 |
| 1.2.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden genoemd in de scriptie | 8 |
| 1.2.2 Aanvullende vragen en opmerkingen | 9 |
| 2 CASE KISUMA | 11 |
| 2.1 UITGANGSPUNTEN BIOLOGISCH ONTZOUTEN..... | 11 |
| 2.2 GLOBALE BUSINESS CASE KISUMA | 11 |
| 2.2.1 Concentraat hoeveelheid, samenstelling en benodigd oppervlak halofytenfilter..... | 11 |
| 2.2.2 Globale raming investeringskosten halofytenfilter..... | 13 |
| 2.2.3 Globale raming operationele kosten halofytenfilter..... | 13 |
| 2.2.4 Globale kosten per m ³ concentraat en per m ³ demiwater | 14 |
| 2.2.5 Globale inschatting opbrengst teelt van Schorrenkruid | 14 |
| 3 ALTERNATIEVEN VOOR BIOLOGISCH ONTZOUTEN | 16 |
| 3.1 NATUURLIJKE VERDAMPING VAN CONCENTRAAT..... | 16 |
| 3.2 LOZING MET LAGE RECOVERY RO..... | 17 |
| 4 VOORLOPIGE CONCLUSIES | 18 |
| 5 LITERATUUR | 19 |

INLEIDING

Biologische ontzouting staat op dit moment wereldwijd erg in de belangstelling. Bij biologische ontzouting worden planten, algen of bacteriën ingezet om water te ontzouten.

Aan de Rijksuniversiteit Groningen (RUG) wordt onderzoek gedaan naar zoutminnende gewassen. Dit onderzoek is met name relevant, omdat verzilting in Nederland een steeds groter probleem wordt. Door het verbouwen van zoutminnende gewassen, kan toch landbouw worden bedreven op een zouter wordende bodem.

Als afgeleide van het onderzoek naar zoutminnende gewassen is het idee geopperd om concentraat van RO (Reverse Osmosis) installaties te verwerken met behulp van zoutminnende planten (halofyten). In plaats van het concentraat te lozen op oppervlaktewater, waar het negatieve effecten op flora en fauna heeft, wordt het concentraat eerst door een halofytenfilter geleid. De halofyten nemen het grootste deel van het zout op in hun celmateriaal. Het op deze wijze deels ontzoute concentraat kan vervolgens worden geloosd op het oppervlaktewater, zonder dat dit negatieve effecten heeft.

Na kennis genomen te hebben van het idee voor inzet van halofyten voor de verwerking van RO concentraat, is in het kader van de Technologische Samenwerking in de Noordelijke Waterketen een project opgezet met als doel de economische haalbaarheid van biologisch ontzouten globaal te verkennen en te vergelijken met andere alternatieven voor concentraatverwerking. Voorliggend rapport geeft een globale verkenning van de mogelijkheden.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 is een kort overzicht gegeven van de literatuur en het voorgenomen of lopende onderzoek naar biologische ontzouting in de wereld. Daarnaast wordt in hoofdstuk 1 de BSc scriptie van N. Groot Zevert van de RUG betreffende inzet van halofytenfilters voor verwerking van RO concentraat kort beschreven en worden nog openstaande vragen aangestipt [1].

In hoofdstuk 2 is een globale case uitgewerkt in kosten. Gekozen is voor de case Kisuma. Eerst is de benodigde oppervlakte van een halofytenfilter voor dit bedrijf berekend, waarna ook de kosten voor dit halofytenfilter (investeringen en exploitatie) zijn ingeschat.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 3 een tweetal alternatieven voor een halofytenfilter beschreven. Hiermee ontstaat meer gevoel voor de economische haalbaarheid van een halofytenfilter ten opzichte van de andere alternatieven.

1 BIOLOGISCH ONTZOUTEN

1.1 Literatuur overzicht

Biomassa kan op verschillende manieren worden gebruikt om water te ontzouten. Alle vormen van het ontzouten van water door middel van planten, bacteriën en algen, worden in de literatuur onder de noemer (directe) biologische ontzouting geplaatst. In deze paragraaf worden de verschillende toepassingen van biologische ontzouting kort beschreven. Biologische ontzouting berust op twee principes:

1. Opname van zouten door algen, bacteriën, planten;
2. Verdamping door planten, gevolgd door condensatie.

1.1.1 Biologische ontzouting door opname van zout door biomassa

Zeewaterontzouting met behulp van algen

Al-Sayed et.al. beschrijven een onderzoek naar ontzouting van zeewater (Rode Zee) met algen: *Scenedesmus* sp. Uit het onderzoek blijkt dat *Scenedesmus* sp. goed kan groeien in 100% zeewater. In een periode van 27 dagen kan, onder optimale condities (met voldoende substraat en licht), 25% van het zout uit het zeewater worden opgenomen door de algen [2].

Zeewaterontzouting met behulp van bacteriën

Aan de universiteit van Glasgow wil men onderzoek gaan doen naar ontzouting van zeewater met behulp van specifieke marine Cyanobacteriën. Voor dit onderzoek is Europese subsidie aangevraagd. Het project is in 2012 begonnen en heeft een omvang van £ 1.040.620,- [3]. Er zijn nog geen resultaten uit dit onderzoek beschikbaar.

Terugwinning van metalen uit RO concentraat

In Singapore wordt onderzoek gedaan naar bacteriën die in staat zijn om metalen (met name calcium, magnesium en kalium) uit concentraat van een zeewater RO te verwijderen. Deze metalen kunnen dan worden teruggewonnen. Het onderzoek bevindt zich nog in de beginfase [4].

Gelijktijdige behandeling van RO concentraat en afvalwater met algen

Aan de New Mexico State University wordt onderzoek gedaan naar algen die een gecombineerde stroom van RO concentraat (van een brak water RO) en afvalwater kunnen behandelen. Als grootste uitdaging zien zij de kweek van een algensoort die goed kan groeien in water met hoge magnesium-, calcium- en sulfaatconcentraties [5].

Algemene nadelen van biologische ontzouting door zoutopname van algen, bacteriën of planten

De productie van drinkwater met behulp van biologische ontzouting door zoutopname in planten, bacteriën of algen heeft een aantal belangrijke nadelen:

- Het resterende zoete water, na zoutopname door de biomassa, is niet biologisch stabiel, niet gedesinfecteerd en niet ontdaan van eventuele andere verontreinigingen dan zout

(bijvoorbeeld organische microverontreinigingen, zware metalen, etcetera). Het zoete water moet derhalve alsnog een uitgebreide zuivering ondergaan om er drinkwater van te maken;

- Biologische processen zijn langzaam ten opzichte van fysische processen (RO, MSF, MED, en dergelijke). Dit betekent dat er grote reactor volumes of landoppervlakten nodig zijn. Dit maakt biologische ontzouting duur in aanschaf en ook lastig realiseerbaar in de nabijheid van steden waar meestal sprake is van ruimtegebrek;
- Om de algen, bacteriën of planten te laten groeien zijn voldoende nutriënten (P, N, C, sporenelementen) nodig. Als er nutriënten moeten worden toegevoegd, is dat een extra kostenpost. Daarbij wordt opgemerkt dat fosfaat bovendien een eindige grondstof is;
- Algen, bacteriën en planten gebruiken licht als energiebron voor de groei. Biologische ontzouting zal dus efficiënter zijn in landen waar gedurende het jaar veel zonlicht beschikbaar is.

1.1.2 Biologische ontzouting door verdamping door biomassa

Ontzouten van water met een halofytenfilter

In Singapore wordt onderzoek gedaan naar de mechanismen van ontzouting en zoutuitscheiding bij mangrove bossen. De idee achter dit onderzoek is om de mechanismen te doorgronden, zodat ze wellicht in de toekomst kunnen worden gebruikt in een gecontroleerd biologisch ontzoutingsysteem [6]. New Water Aquaculture LLC is een bedrijf dat halofyten greenhouses op de markt brengt waarmee drinkwater uit zeewater kan worden geproduceerd. De planten kunnen groeien in het zoute water en transpireren zoet water dat in de kassen wordt gecondenseerd en opgevangen [7]

Algemene nadelen van biologische ontzouting door verdamping door planten

De productie van drinkwater met behulp van biologische ontzouting door transpiratie van planten heeft een aantal belangrijke nadelen:

- Het door de planten uitgescheiden zoete water moet worden gecondenseerd en opgevangen. Dit betekent dat de planten in een afgesloten ruimte (greenhouse) moeten groeien. Dit maakt een dergelijk systeem duur, tenzij er gewassen worden gebruikt die ook een waarde als voedingsmiddel hebben. Wel is het gecondenseerde water in principe schoon, ook ontdaan van zware metalen en organische microverontreinigingen. Een desinfectie is nog wel nodig als nabehandeling;
- Biologische processen zijn langzaam ten opzichte van fysische processen (RO, MSF, MED, en dergelijke). Dit betekent dat er grote volumes of landoppervlakten nodig zijn. Dit maakt biologische ontzouting duur en ook lastig realiseerbaar in de nabijheid van steden waar meestal sprake is van ruimtegebrek;
- Om de planten te laten groeien zijn voldoende nutriënten (P,N, C, sporenelementen) nodig. Als er nutriënten moeten worden toegevoegd, is dat een extra kostenpost. Daarbij wordt opgemerkt dat fosfaat bovendien een eindige grondstof is;
- Planten gebruiken licht als energiebron voor de groei. Biologische ontzouting zal dus efficiënter zijn in landen waar gedurende het jaar veel zonlicht beschikbaar is.

1.2 BSc scriptie N. Groot Zevert (RUG)

De scriptie van Nienke Groot Zevert [1] beschrijft de behandeling van concentraat van RO installaties met behulp van een halofytenfilter. Schorrenkruid wordt genoemd als een mogelijk geschikte halofyt.



Figuur 1: Schorrenkruid (Suaeda maritima)

In de scriptie wordt geschat dat met Schorrenkruid ongeveer 2,67 mol NaCl per m² filteroppervlak kan worden opgenomen uit RO concentraat.

1.2.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden genoemd in de scriptie

In de bachelor scriptie worden al een aantal uitgangspunten en randvoorwaarden genoemd. Deze uitgangspunten en randvoorwaarden moeten worden bevestigd door onderzoek.

Schorrenkruid is, volgens de scriptie, in staat om naar schatting 2,67 mol/m²/jaar NaCl vast te leggen in plantenmateriaal. Deze schatting is op het volgende gebaseerd:

- In de literatuur wordt een getal van 5,5 mmol/gram gegeven als de hoeveelheid zout die kan worden opgenomen door Schorrenkruid;
- Volgens de literatuur kan de plant, bij optimale groeiomstandigheden, 120 mg/dag groeien;
- Uitgegaan is van een beplantingsdichtheid van 25 planten/m² en 180 dagen groei per jaar;
- Uitgegaan is van 90% van de optimale groei van 120 mg/dag per plant, omdat de zoutconcentratie in RO concentraat ongeveer 10% van de optimale zoutconcentratie voor Schorrenkruid is.

Aangenomen is dat een halofytenfilter aan de onderzijde moet zijn afdichtend om lekkage van zout concentraat naar de bodem te voorkomen. Deze afdichting kan bestaan uit een kunstmatig aangebrachte kleilaag of een folie. De planten moeten in een zandsubstraat bovenop de afdichtende laag worden geplant. Dit substraat fungeert ook als een drainage laag. Voor de afvoer van het behandelde concentraat zal echter ook een drainage buizenstelsel moeten worden aangelegd.

Als zoutconcentratie in het RO concentraat is uitgegaan van 11,28 mM NaCl (brijnlocatie 1) en 17 mM NaCl (brijnlocatie 2).

1.2.2 Aanvullende vragen en opmerkingen

Werkelijke zoutconcentratie in het halofytenfilter

De scriptie geeft aan dat de zoutconcentratie 11,28 – 17 mM NaCl is (locatie 1 respectievelijk locatie 2). De optimale NaCl concentratie voor Schorrenkruid is 170 mM. Aangenomen is dat de planten bij 11,28-17 mM een groeisnelheid hebben die 90% van de optimale groeisnelheid bedraagt. Echter, door de zoutopname door de plant, zal het zoutgehalte veel lager zijn, eerder circa 6,5 respectievelijk 9,5 mM (gemiddelde concentratie, berekend uitgaande van een eindconcentratie van 2 mM). De vraag is of de groeisnelheid dan nog steeds 108 mg/dag per plant (=90% van 120) is.

De in de scriptie berekende noodzakelijke halofytenfilter oppervlakte om 500.000 m³ concentraat van locatie 1 te behandelen is 2,11 km². Laten we aannemen dat er ongeveer 50 mm concentraat aanwezig is op het halofytenfilter, dan is dat 100.000 m³ concentraat (~20% van de jaarlijks te behandelen hoeveelheid). Als er dan vervolgens in een etmaal 50 mm regen valt, wordt het aanwezige concentraat plotseling verdund met een factor 50%. De werkelijke concentraties in het halofytenfilter worden dan dus 3,3 respectievelijk 4,8 mM. Wat voor effect heeft een dergelijke plotselinge verlaging van het zoutgehalte op de groei van het Schorrenkruid?

Tweewaardige ionen

In het concentraat van een RO zitten hoge gehalten 2-waardige zouten (Ca, Mg, SO₄). Kunnen ook deze zouten worden opgenomen door het Schorrenkruid, of kan de plant alleen NaCl opnemen? Vaak bestaat de helft van het zout (in mg/l) in RO concentraat uit 2-waardige ionen.

Daarnaast kunnen in het concentraat hogere gehalten zink, koper en aluminium voorkomen. Zijn deze metalen toxisch voor het Schorrenkruid?

Nutriënten

Als in de voorbehandeling voor de RO installatie de uiterste moeite is gedaan om fosfaat te verwijderen (bijvoorbeeld om biofouling te voorkomen), zal in het concentraat van de RO weinig fosfaat aanwezig zijn. Als er nutriënten moeten worden aangevoerd, in welke vorm wordt dit dan gedaan? Afvalwater bijmengen is een optie, maar dit levert mogelijk ook een weer hogere belasting met koper, zink en aluminium op. Tegelijk wordt hiermee ook het zoutgehalte in het halofytenfilter verlaagd.

In veel anti-scalants, die bij een RO installatie worden gebruikt om neerslag van zouten op het membraan te voorkomen, zit fosfaat. Deze anti-scalants komen uiteindelijk in het concentraat terecht.

Hevige regenval

Bij hevige regenval mag het halofytenfilter niet overstromen, want dan lekt het concentraat naar de directe omgeving weg. De directe omgeving zal vaak bestaan uit landbouwgronden, zodat de financiële schade van een eventuele overloop zeer groot kan zijn. Het is dus belangrijk dat het halofytenfilter is ontworpen op de maximale regenwatersituatie. Dit kan door de randen van het halofytenfilter hoger te maken dan het omringende land (kades en berging), en/of door de afvoercapaciteit (leiding + pomp) van het halofytenfilter te vergroten. Beide maatregelen hebben een kostenverhogend effect.

Schaalgrootte en acceptatie

Het lijkt het meest efficiënt om het halofytenfilter als één groot filter te realiseren of in ieder geval grote halofytenfilters dicht bij elkaar te plaatsen. Volgens de scriptie moet worden gedacht aan halofytenfilters van 2,1 en 10,3 km² (locatie 1 respectievelijk locatie 2). Dit is omgerekend 210 respectievelijk 1030 ha!

Ter vergelijking: in 2011 was de gemiddelde grootte van een melkveebedrijf 47 ha en de gemiddelde grootte van een akkerbouwbedrijf 38 ha. Dit betekent dus dat voor een halofytenfilter van 2,1 km² (het kleinste), circa 5-6 boerenbedrijven moeten worden beëindigd. En, om dergelijke grote halofytenfilters efficiënt te kunnen realiseren, moeten deze boerenbedrijven bovendien dicht bij elkaar liggen, zodat één aaneengesloten halofytenfilter kan worden geconstrueerd. De gemiddelde prijs van landbouwgrond in Groningen is momenteel € 4,00 per m². Dit betekent dat een halofytenfilter van 210 ha, alleen al € 8,4 miljoen aan werving van de grond zal gaan kosten.

Wanneer hele grote halofytenfilters worden gerealiseerd, moet bijzondere aandacht worden besteed aan bestemmingsplannen en maatschappelijke acceptatie. Hierbij gaat het onder andere om wijziging van de bestemming van grond, maar ook om acceptatie van meer muggen, een ander aanzien van het landschap, etcetera.

Afvoer zout

Bij de behandeling van RO concentraat met een halofytenfilter, wordt het zout uit het concentraat vastgelegd in plantmateriaal. Om het zout af te voeren, moet derhalve plantmateriaal afgevoerd worden. Dit betekent maaien en het gemaaide materiaal verzamelen en afvoeren. Voor het maaien van gras worden op internet prijzen gevonden variërend van € 10-25 /ha. Dit betreft alleen maaien en nog niet afvoeren. Uitgaande van € 10 /ha, kost één keer maaien € 2.100,- tot € 10.300,- (locatie 1 respectievelijk locatie 2).

Het halofytenfilter moet dusdanig robuust worden geconstrueerd, dat er met zware tractoren op gewerkt kan worden. Dit betekent onder meer dat de water afsluitende laag sterk genoeg moet zijn, zodat deze niet kapot gaat bij het rijden over het filter.

2 CASE KISUMA

Om meer concreet iets over kosten in een praktijksituatie te kunnen zeggen, is in dit hoofdstuk een globale uitwerking gemaakt van een halofytenfilter voor de verwerking van het concentraat uit de RO installatie van de demiwaterplant van Kisuma Chemicals in Veendam.

2.1 Uitgangspunten biologisch ontzouten

Uit de scriptie van N. Groot-Zevert zijn de volgende aannames zonder wijziging overgenomen:

- Groeisnelheid Schorrenkruid 108 gram/plant/dag
- Aantal dagen groei per jaar 180 dagen
- Aantal planten per m² 25
- Zoutopname 5,5 mmol/gr drooggewicht
2,673 mol/m²/jaar

2.2 Globale business case Kisuma

2.2.1 Concentraat hoeveelheid, samenstelling en benodigd oppervlak halofytenfilter

De maximale hoeveelheid RO concentraat in een jaar is 500.000 m³. In 2010 werd 312.000 m³ concentraat geloosd.

De kwaliteit van het concentraat op de locatie Kisuma is sterk wisselend. Het ruwwater voor de demiwaterzuivering wordt onttrokken aan het A.G. Wildervanck kanaal. Dit kanaal wordt gedurende een deel van het jaar gevuld met IJsselmeerwater. Hierdoor wisselt het zoutgehalte van het kanaalwater flink (het chloride gehalte varieert van 30 tot 150 mg/l). In onze berekeningen gaan we uit van het gemiddelde van het minimale en het maximale zoutgehalte in het A.G. Wildervanck kanaal.

Daarnaast heeft de voorzuivering een behoorlijk effect op de concentraat samenstelling. In de voorzuivering wordt namelijk een bezinking toegepast met FeCl₃ dosering. De gemiddelde dosering is ongeveer 30 ppm Fe. Met deze 30 ppm Fe wordt ook 57 mg/l Cl meegedoseerd. Dit chloride komt uiteindelijk in het concentraat terecht.

Uitgaande van de gemiddelde concentraties van zouten in het A.G. Wildervanck kanaal, en uitgaande van een dosering van 30 ppm Fe als FeCl₃, wordt de ruw water kwaliteit zoals weergegeven in tabel 1. In tabel 1 is verder weergegeven welke RO concentraat kwaliteit dit ongeveer geeft bij een recovery van 75% en een (gemakshalve) aangenomen 100% verwijdering van zouten door de RO.

Waar in de scriptie van N. Groot Zevert is uitgegaan van 11,28 mM NaCl, is hier dus sprake van 16,56 mM NaCl, waarbij bovendien een groter deel van de kationen wordt geleverd door calcium en magnesium in plaats van door natrium.

Tabel 1: Waterkwaliteit RO installatie

| Element | Ruw, min mg/l | Ruw, max mg/l | Ruw, gem mg/l | Feed RO, gem mg/l | Feed RO, gem mmol/l | Conc. RO, gem mmol/l |
|-----------|------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Chloride | 30 | 150 | 90 | 147 | 4,14 | 16,56 |
| Sulfaat | 15 | 60 | 37,5 | 37,5 | 0,39 | 1,56 |
| Natrium | 24 | 67 | 45,5 | 45,5 | 1,98 | 7,91 |
| IJzer | 0,3 | 10 | 5,2 | 5,2 | 0,09 | 0,37 |
| Calcium | 25 | 50 | 37,5 | 37,5 | 0,94 | 3,75 |
| Magnesium | 5 | 10 | 7,5 | 7,5 | 0,31 | 1,25 |
| Aluminium | 0,05 | 1,5 | 0,78 | 0,78 | 0,03 | 0,11 |

Het benodigde oppervlak voor een halofytenfilter om 500.000 m³ concentraat per jaar te behandelen met de samenstelling zoals gegeven in tabel 1, bedraagt circa 3,1 km²:

- Zoutopname 2,67 mol/m²/jaar
- Totaal zoutaanbod (16,56 x 500.000) 8.280.000 mol/jaar
- Benodigd oppervlak (8.280.000 / 2,67) 3.101.000 m²

In onderstaande afbeelding is, ter illustratie, een halofytenfilter met 3,1 km² oppervlak weergegeven aan de overzijde van het A.G. Wildervanck kanaal, tegenover de demiwaterplant van Kisuma Chemicals.



Figuur 2: Locatie demiwaterplant Kisuma Chemicals (zwarte cirkel) met 3,1 km² halofytenfilter (lichtblauw gearceerd) aan de overzijde van het A.G. Wildervanck kanaal.

2.2.2 Globale raming investeringskosten halofytenfilter

Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij het berekenen van de investeringskosten:

- | | |
|---|----------------------------|
| • Aanschafkosten landbouwgrond Groningen (Grondprijsmonitor 2011 Dienst Landelijk gebied [8]) | € 4,00 per m ² |
| • Kosten afdichtende folie (raming op basis van Bodemrichtlijn [9]) | € 4,00 per m ² |
| • Graaf- en constructiewerk (schatting) | € 5,00 per m ² |
| • Zandaanvulling (raming op basis van Bodemrichtlijn [9]) | € 3,50 per m ² |
| • Kosten beplanting (25 planten/m ² à € 0,50/plant) | € 12,50 per m ² |
| • Transportleidingen | € 150,00 per m |
| • Overige kosten (onder ander drainagebuizen, etcetera) (raming op basis van Bodemrichtlijn [9]) | € 2,00 per m ² |

Investering

Uitgaande van 3,1 km² oppervlakte op een afstand van 5 km van de demiwaterplant, wordt de volgende benodigde investering berekend voor Kisuma Chemicals:

- | | |
|---|-----------------|
| • Investering aankoop landbouwgrond | € 12,40 miljoen |
| • Beplanting 1 ^e maal | € 38,75 miljoen |
| • Folie, graafwerk, zand, drainage | € 44,95 miljoen |
| • <u>Investering transportleidingen (2x 5 km)</u> | € 1,50 miljoen |
| Totaal | € 97,60 miljoen |

2.2.3 Globale raming operationele kosten halofytenfilter

Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij het berekenen van de exploitatiekosten:

- | | |
|---|----------------------------|
| • Rente landbouwgrond (wordt niet op afgeschreven) | 6% |
| • Rente + afschrijving (Kisuma is industriële plant) (annuïtaire afschrijving 6% in 10 jaar → 13,6%) | 13,6% |
| • Personele kosten NorthWater | 0,5 FTE € 60.000,-/jaar |
| • Maaikosten, inclusief afvoer maaisel | € 25 per ha per keer |
| • Aantal keren maaien per jaar | 4 |
| • % herbeplanting per jaar | 10% |
| • Energieverbruik transport | 0,004 Wh/km/m ³ |
| • Energieprijs | € 0,10/kWh |
| • Kosten voor afvoer maaisel (geen kosten en geen opbrengsten) | € 0 per kg |

Exploitatiekosten

De exploitatiekosten worden hiermee geschat op € 10.999.000,- per jaar:

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| • Rente landbouwgrond | € 0,744 miljoen/jaar |
| • Rente + afschrijving investeringen | € 6,317 miljoen/jaar |
| • Herbeplanting jaarlijks | € 3,875 miljoen/jaar |
| • Maaikosten | € 0,031 miljoen/jaar |
| • Personele kosten | € 0,030 miljoen/jaar |
| • Energiekosten | € 0,002 miljoen/jaar |
| • <u>Kosten afvoer maaisel</u> | <u>€ 0,000 miljoen/jaar</u> |
| Totaal | €10,999 miljoen/jaar |

2.2.4 Globale kosten per m³ concentraat en per m³ demiwater

Voor het met een halofytenfilter verwerken van 500.000 m³ concentraat, bedragen de kosten jaarlijks ongeveer € 10,999 miljoen. Dit is € 22,- per m³ concentraat. Uitgaande van een RO recovery van 75%, betekent 500.000 m³ concentraat, dat er 1.500.000 m³ demiwater is geproduceerd. De kosten voor een halofytenfilter bedragen daarmee circa € 7,33 per m³ demiwater. Dit staat ongeveer gelijk aan 10 maal de huidige prijs van het demiwater.

Op basis van de globale kostenberekening hierboven, kan worden geconcludeerd dat een halofytenfilter voor de verwerking van het RO concentraat alleen rendabel kan zijn, als het gewas zelf een waarde vertegenwoordigt en afgezet kan worden. Op basis van een groeisnelheid van 120 mg per plant per dag, 180 dagen groei per jaar en 25 planten per m², bedraagt de jaarlijkse productie van plantmateriaal ongeveer 0,486 kg/m². Voor 3,1 km² is de totale productie dan ongeveer 1,507 miljoen kg per jaar. Om break even te draaien op kosten, zou de opbrengst ongeveer 10,999 / 1,507 = € 7,30 per kg (~ € 35.478,00 per ha) moeten bedragen.

2.2.5 Globale inschatting opbrengst teelt van Schorrenkruid

In Nederland wordt jaarlijks in totaal ongeveer 100.000 kg zilte groenten gegeten [10]. Ook Schorrenkruid, verwant aan Zeekraal, is eetbaar. Daarnaast kunnen halofyten worden gebruikt voor de productie van grondstoffen met hoogwaardige toepassingen in de chemie, farmacie of cosmetica [11].

Volgens de literatuur is de opbrengst van de teelt van Zeekraal ongeveer 4000-6000 kg/ha/jaar [10]. Dit komt aardig overeen met de opbrengst die volgt uit de BSc scriptie van Nienke Groot Zevert [1], namelijk circa 4860 kg/ha/jaar.

De prijzen voor Zeekraal bedragen ongeveer € 15,- per kg [10]. Dit is wel de restaurant verkoopprijs en niet de prijs die de teler ontvangt.

Vertaald naar het halofytenfilter voor de case Kisuma, betekent dit dat een opbrengst van € 7,30 per kg voor de teler (berekend in paragraaf 2.2.4) wellicht realistisch is. Echter, de jaarlijkse productie van Schorrenkruid op de benodigde 310 ha is circa 1.507.000 kg/jaar. Dit is ongeveer 15 maal de totale consumptie van alle zilte groenten in Nederland. Het kostendekkend krijgen van het halofytenfilter van 310 ha wordt derhalve niet waarschijnlijk geacht, tenzij de markt voor zilte groenten fors kan worden vergroot.

3 ALTERNATIEVEN VOOR BIOLOGISCH ONTZOUTEN

Er zijn andere alternatieven voor het oplossen van het probleem van de verwerking van het concentraat uit RO installaties. Deze worden (kort) gememoreerd in dit hoofdstuk.

3.1 Natuurlijke verdamping van concentraat

Verdamping is in aride gebieden een veel toegepaste techniek om RO concentraat te behandelen. Hierbij wordt vaak gebruik gemaakt van zogenaamde 'evaporation ponds'.



Figuur 3: Evaporation ponds met versproeiing

Evaporation ponds zijn natuurlijk het meest effectief in gebieden met een hoge jaarlijkse verdamping. Daarbij helpt het ook om de recovery van een RO zo hoog mogelijk te laten zijn, zodat een minimum volume aan concentraat hoeft te worden verdampt. Daarnaast kan de verdamping nog wat worden versneld door het concentraat in de lucht te versproeien.

In Nederland is de jaarlijkse verdamping ongeveer 550-600 mm. De jaarlijkse neerslaghoeveelheid is echter groter, circa 800-850 mm. In de maanden oktober t/m maart is er gemiddeld een neerslag overschot van circa 350 mm. In de maanden april t/m augustus is er een gemiddeld neerslag tekort van circa 80 mm.

Om 500.000 m³ concentraat te verdampen in de periode van neerslagtekort, zou ongeveer een oppervlakte van $(500.000 / 0,080 =) 6,25 \text{ km}^2$ nodig zijn. Dit is ongeveer 2 maal zoveel als de oppervlakte die nodig is voor een halofytenfilter ($\sim 3,1 \text{ km}^2$, zie paragraaf 2.2.1.).

Echter, wanneer de recovery van de demiwaterplant zou worden verhoogd naar 90%, zou 'slechts' 200.000 m³ concentraat behoeven te worden verwerkt. Dit kan worden gedaan met verdamping op een oppervlakte van 2,5 km². Dit is 0,6 km² kleiner dan een halofytenfilter. Een dergelijke verdampingsbak is goedkoper dan een halofytenfilter, omdat er geen planten nodig zijn, geen groeisubstraat en geen drainagesysteem. Hiermee worden de kosten ongeveer gehalveerd.

Om een recovery van 90% mogelijk te maken is een extra voorbehandelingstap in de demiwaterplant nodig in de vorm van een kationwisseling. Uit de literatuur is bekend dat recoveries > 90-95% heel goed mogelijk zijn [12].

3.2 Lozing met lage recovery RO

In plaats van een hoge recovery RO kan ook de benadering van een lage recovery RO worden gekozen. Hierbij wordt de RO niet op 75% recovery, maar op 40-50% recovery bedreven en is er geen anti-scalant dosering meer nodig. Als de recovery lager wordt, worden de kosten van de voorzuivering hoger. Dit kan worden geïllustreerd met het volgende fictieve getallenvoorbeeld:

Stel dat de kosten van de voorzuivering ongeveer € 0,30 per m³ voedingswater voor de RO bedragen. Dan zijn de voorbehandelingskosten bij 75% recovery ongeveer € 0,40 per m³ demiwater ($1 / 0,75 * € 0,30$). Daar komen dan de kosten van de RO zelf nog bij. Stel dat deze kosten € 0,30 per m³ demiwater bedragen, dan zijn de totale kosten € 0,70 per m³ demiwater.

Bij een recovery van 50%, worden de kosten van de voorbehandeling ($1 / 0,50 * € 0,30 =$) € 0,60 per m³ demiwater. Met de kosten van de RO daar nog bij, bedragen de totale kosten dan € 0,90 per m³ demiwater. Bij 40% recovery wordt het totaal zelfs € 1,05 per m³ demiwater. Dit is echter nog steeds significant goedkoper dan een RO met 75% recovery en een concentraatverwerking met behulp van een halofytenfilter (~ € 7,33 per m³ demiwater, zie paragraaf 2.2.4).

Het voordeel van een lagere recovery is, dat het concentraat van de RO een veel lager zoutgehalte heeft. Ter vergelijking: bij een recovery van 75% is het zoutgehalte van het concentraat ongeveer 4 maal verhoogd ten opzichte van het voedingswater, terwijl het voedingswater bij een recovery van 50% slechts wordt verdubbeld. Een ander voordeel van een lagere recovery is, dat er geen anti-scalants behoeven te worden gedoseerd (anti-scalants zijn milieuvreemde stoffen).

4 VOORLOPIGE CONCLUSIES

Voor het verwerken van concentraat uit een RO installatie met behulp van halofytenfilters is veel landoppervlak nodig. De aanleg van een halofytenfilter is bovendien erg duur. Voor de verwerking van 500.000 m³ concentraat is ongeveer 310 ha halofytenfilter nodig.

Hoewel de op een halofytenfilter geteelde zilte groenten geconsumeerd worden en zelfs een aanzienlijke economische waarde per kg hebben, is de markt heel klein. Op een oppervlak van 310 ha zou al 15 maal de totale Nederlandse consumptie aan zilte groenten worden geteeld. Derhalve wordt geconcludeerd dat, bij de huidige marktomvang voor zilte groenten, een halofytenfilter geen kostendekkend alternatief kan zijn voor de verwerking van grote hoeveelheden Reverse Osmosis (RO) concentraat.

Een combinatie van hoge recovery RO met natuurlijke verdamping lijkt een goedkoper alternatief voor de verwerking van het RO concentraat in vergelijking met een halofytenfilter. Het benodigde grondoppervlak is iets kleiner en de jaarlijkse kosten zijn veel lager. Probleem bij natuurlijke verdamping is dat er een rest zout overblijft in de verdampingspond. Deze rest moet worden afgevoerd.

Het meest eenvoudige en goedkoopste alternatief voor de huidige lozing van het RO concentraat, is het bedrijven van de huidige RO bij een lagere recovery. Er is dan wel meer voorzuiveringscapaciteit nodig, maar dit is altijd nog veel goedkoper dan een halofytenfilter of de combinatie van hoge recovery RO met natuurlijke verdamping. Groot voordeel van een lage recovery RO is, dat er geen landoppervlak nodig is. Daarmee is dit alternatief ook het eenvoudigst en snelst te realiseren. Hoewel er bij een lage recovery nog steeds concentraat wordt geloosd op het oppervlaktewater, is de zoutconcentratie in dat concentraat nu veel lager dan bij de huidige bedrijfsvoering van de RO en ongeveer vergelijkbaar met de zoutconcentratie in de afvoer van een halofytenfilter.

5 LITERATUUR

[1]

BSc scriptie Rijksuniversiteit Groningen, December 2009

N. Groot Zevert

Biologisch ontzouten, waterzuivering door halofyten

[2]

Nature and Science 2010;8(9) p 69-76

El-Sayed, A.B.; El-Fouly, M.M. and Abou El-Nour, E.A.A.

Immobilized Microalga Scenedesmus sp. For Biological Desalination of Red Sea Water: 1. Effect on Growth

http://www.sciencepub.net/nature/ns0809/10_3015_ns0809_69_76.pdf

[3]

University of Glasgow, EP/J004871/1 (EU project proposal)

Prof. L. Lawton, Dr. M.R. Templeton, Prof. C.A. Biggs, Dr. J.M. Amezaga

Bio-desalination: from cell to tap

<http://gow.epsrc.ac.uk/NGBOViewGrant.aspx?GrantRef=EP/J004871/1>

[4]

Online video (TED TALKS)

Damian Palin

Mining minerals from seawater

http://www.ted.com/talks/damian_palin_mining_minerals_from_seawater.html

[5]

New Mexico State University, Institute for Energy & the Environment (website)

Dr. Maung Thein Myint

Microalgae strain could reduce algae and desalination costs

<http://www.ieenmsu.com/2012/05/04/microalgae-strain-could-reduce-algae-and-desalination-costs/>

[6]

National University of Singapore (website)

Prof. Loh Chiang Shiong

Biological Models of Desalination

http://www.nus.edu.sg/neri/research_programmes_desalination.html

[7]

New Water Aquaculture LLC (website)

50,000 gpd (~ 190 m³/day) Bio-Desalination Plant

www.newwateraquaculture.com

[8]

Dienst Landelijk Gebied, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
Grondprijsmonitor 2011 d.d. juli 2012 (pdf bestand van internet)

[9]

Bodemrichtlijn

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/f-isolatie/f2-methode-bovenafdichting/isolatie-bovenafdichting-kosten>

[10]

Innovatienetwerk, grensverleggend in Agro en Groen

Commerciële analyse van het concept 'Zilte ProefTuin'. Verzilting benutten in plaats van bestrijden in een balans tussen water, landschap en economie (pdf bestand van internet)

[11]

Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek

Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities, essay, literatuurscan en interviews (pdf bestand van internet)

[12]

Desalination 236 (2009) 357-362

S.G.J. Heijman, H. Guo, S. Li, J.C. van Dijk, L.P. Wessels

Zero liquid discharge: heading for 99% recovery in nanofiltration and Reverse Osmosis

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916408006632>