

# Effecten van brijnsystemen ten behoeve van de gietwatervoorziening in het Westland op de gebruiksfuncties van het grondwatersysteem

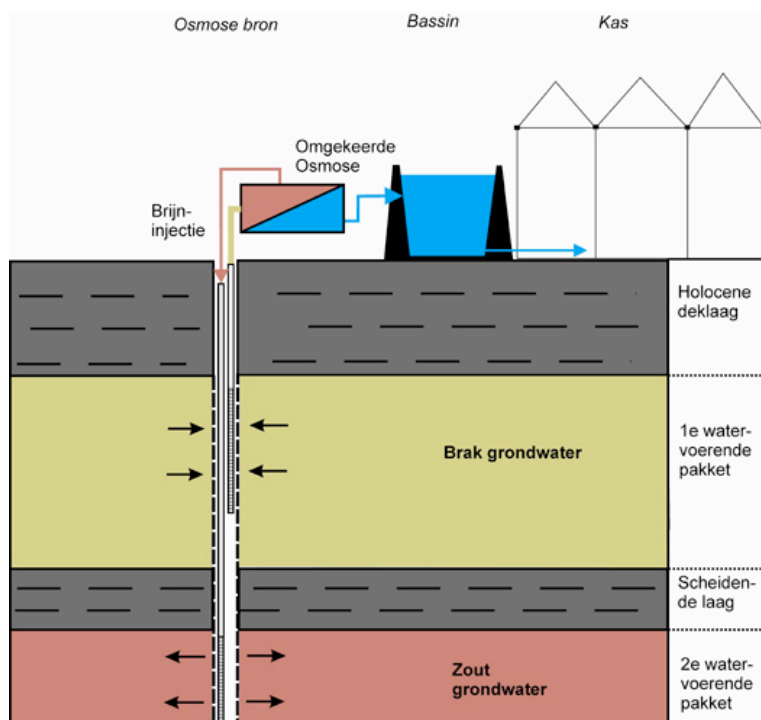
Janneke Klein<sup>1)</sup>, Klaasjan Raat<sup>2)</sup>, Marta Faneca Sanchez<sup>1)</sup>, Gualbert Oude Essink<sup>1)</sup>, Marcel Paalman<sup>2)</sup>, Richard Vermeulen<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Deltares, <sup>2)</sup> KWR, <sup>3)</sup> Provincie Zuid-Holland

Deltares en KWR hebben de effecten onderzocht van brijnsystemen op de grondwaterkwaliteit en gebruiksfuncties van het grondwatersysteem in de Westlandse glastuinbouw. Met behulp van een modelinstrumentarium is de invloed van brijnsystemen op de chlorideconcentratie aan maaiveld en in het eerste en tweede watervoerende pakket gekwantificeerd. De resultaten laten zien dat het autonome proces van verzilting/verzoeting van het grondwater in het Westland overheersend is ten opzichte van de lokale effecten van brijnsystemen. Doorvertaald naar de huidige gebruiksfuncties lijken de effecten zeer beperkt.

## Brijnsystemen

In glastuinbouwgebied het Westland is veel gietwater nodig voor de beregening van gewassen. Tuinbouw- en boomteeltbedrijven gebruiken hiervoor overwegend regenwater, dat wordt opgeslagen in bovengrondse bassins. Als er onvoldoende regenwater aanwezig is op het bedrijf, met name tijdens de zomerperiode of in een droog voorjaar, wordt gebruikgemaakt van grondwater als aanvullende bron. Het grondwater wordt onttrokken uit het eerste watervoerende pakket op een diepte van ongeveer 30 tot 40 m -NAP (zie afbeelding 1) en is van nature brak tot zout.. Met omgekeerde-osmose-membranen (reverse osmosis, RO), die wel water maar geen zouten doorlaten, wordt uit het brakke water zoet permeaat gewonnen, dat na toevoeging van mineralen en voedingsstoffen als gietwater gebruikt wordt. Zouten en andere stoffen blijven achter in het oorspronkelijke water. Dit zeer zoute water, 'brijn' genoemd, is een restproduct van de ontzilting en moet worden afgevoerd. In het Westland gebeurt dit door het te injecteren in het tweede watervoerende pakket (op 60 tot 100 m -NAP).



**Afbeelding 1. Schematische weergave van de ondergrond met daarin het proces van gietwaterproductie uit brak grondwater (brijnsysteem)** Brak tot zout grondwater wordt onttrokken uit het eerste watervoerende pakket. Na ontzilting via omgekeerde osmose wordt het sterk zoute restwater (brijn) in het tweede watervoerende pakket geïnjecteerd.

Ook dit pakket bestaat van nature uit brak tot zout grondwater. De meeste RO-installaties zijn ingesteld op een rendement van 50%, wat betekent dat er uit elke opgepompte liter grondwater een halve liter gietwater en een halve liter brijn wordt geproduceerd. Ten opzichte van het opgepompte brakke grondwater zijn in dit brijn de concentraties van alle stoffen ongeveer verdubbeld. De combinatie van het onttrekken van grondwater en het injecteren van brijn zal in het vervolg van dit artikel met de term 'brijnsysteem' aangeduid worden.

Opslag van brijn kan negatieve gevolgen hebben voor de grondwaterkwaliteit van de ontvangende aquifer. Beleid en vergunningverlening zijn in principe terughoudend ten aanzien van de acceptatie van brijninjecties in het grondwater. Dit is een probleem voor de aanvullende gietwatervoorziening van veel tuinders. Door de rijksoverheid is in samenwerking met andere betrokken overheden en de sector ten behoeve van het Activiteitenbesluit een 'beleidskader goed gietwater' opgesteld. Dit beleidskader is voor gemeenten een handvat bij het beoordelen van aanvragen voor een ontheffing ten behoeve van een brijnlozing. Uitgangspunt hierbij is dat brijnlozingen zoveel mogelijk voorkomen moeten worden door eerst te kijken naar mogelijke alternatieven. Deze benadering wordt ook uitgedragen door de Technische Commissie Bodem (TCB).

In het verleden is in verschillende studies gekeken naar de gevolgen van brijnsystemen voor de grondwaterkwaliteit en naar de kans dat brijn terugstroomt van het tweede naar het eerste watervoerende pakket [1, 2, 3]. Het meest recente onderzoek [4], waarover dit artikel gaat, is van Deltares en KWR, in overleg met de provincie Zuid-Holland, LTO Glaskracht en het Productschap Tuinbouw. Het brengt de effecten van brijnsystemen in de glastuinbouw op de grondwaterkwaliteit en gebruiksfuncties van het grondwatersysteem in het Westland in kaart met een numerieke analyse. Er is gekeken naar gebruiksfuncties aan maaiveld en in het eerste en tweede watervoerende pakket. Voorbeelden van gebruiksfuncties zijn zwemwaterlocaties, natuurparels (oppervlaktewatersysteem), drinkwater, gietwater en warmte-koude-opslag (WKO)-systemen.

### **Omvang brijnsystemen**

Het Westland is het grootste glastuinbouwgebied van Nederland en is de belangrijkste economische sector in het stadsgewest Haaglanden. Volgens de landbouwtellingen (CBS, 2010) zijn er circa 1190 bedrijven met een omvang van in totaal ongeveer 2300 ha.

Een sluitend overzicht van het aantal en de ligging van grondwateronttrekkingen en brijninjecties ontbreekt echter voor het Westland. In afbeelding 2 zijn de locaties weergegeven die een ontheffing hebben voor het lozen van brijn [5].



***Afbeelding 2. Locaties van glastuinbouwbedrijven in het Westland die een ontheffing hebben voor het lozen van brijn (ijkjaar 2010)***

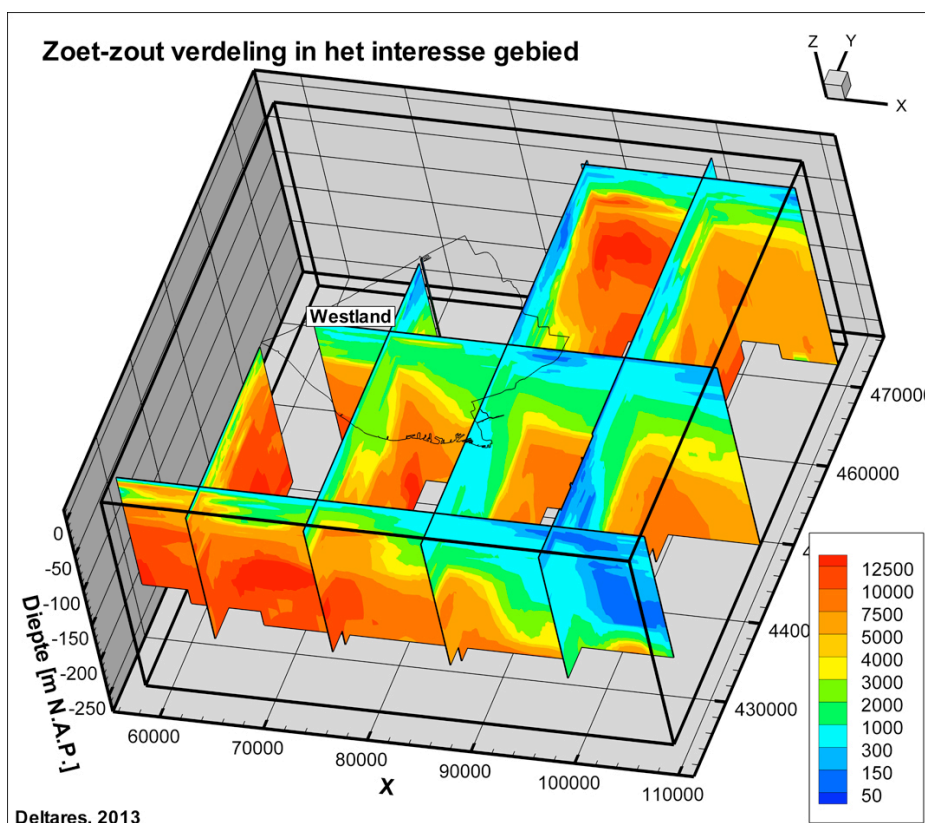
In werkelijkheid zijn waarschijnlijk veel meer brijnsystemen operationeel. Het aantal verleende ontheffingen voor brijninjectie bedroeg in 2012 ongeveer 550 voor heel Zuid-Holland, waarvan bijna een derde deel voor het Westland. Over de laatste maanden van 2012, toen bekend was dat ontheffingen geldig blijven tot 10 jaar na de inwerkingtreding van het Activiteitenbesluit per 1 januari 2013, nam het aantal aanvragen toe.

Ook de totale omvang van de onttrekking en injectie (in m<sup>3</sup> per jaar) is niet goed bekend. Van de bekende onttrekkingen en injecties is niet goed geregistreerd hoeveel vergunningsruimte er is en op welke dieptes onttrokken en geïnjecteerd wordt. Op basis van schattingen van de watervraag in het Westland denken wij dat de totale jaarlijkse grondwateronttrekking ten behoeve van de gietwatervoorziening 1,3 Mm<sup>3</sup> is in een gemiddeld jaar en 3,6 Mm<sup>3</sup> in een droog jaar. Bij een recovery ('opbrengst') van de omgekeerde-osmose-installatie van 50% resulteert dit op jaarbasis in respectievelijk 0,6 en 1,8 Mm<sup>3</sup> te injecteren brijn.

### Geologie en chlorideconcentratie

De bodemopbouw van het Westland is schematisch weergegeven in afbeelding 1. Onder de slechtdoorlatende deklaag bevinden zich de pleistocene goeddoorlatende zandpakketten (watervoerende pakketten), die worden begrensd door slechtdoorlatende (klei)lagen, ook wel scheidende lagen genoemd. Het eerste watervoerende pakket bevindt zich op circa 20 tot 40 m -NAP. De eerste scheidende laag, tussen het eerste en tweede watervoerende pakket, bestaat uit kleiige rivierafzettingen en is daardoor sterk variabel van dikte (tussen de 5 en 15 meter) en doorlatendheid. Het tweede en derde watervoerende pakket hebben doorgaans een kleinere doorlatendheid dan het eerste, maar vormen samen wel een dikker pakket tot op zeker 100 m -NAP.

Het zoutgehalte (chlorideconcentratie) in het grondwater in het Westland varieert sterk met de diepte en in de ruimte (afbeelding 3).



**Afbeelding 3. Zoutgehalte (mg Cl/l) van het grondwater (0-250 m -NAP) in de provincie Zuid-Holland, met het Westland specifiek aangegeven**

Het grondwater is bijna overal brak. Zowel het eerste als het tweede en derde watervoerende pakket bestaan uit brak tot zout grondwater, waarbij de chlorideconcentratie over het algemeen toeneemt met de diepte.

### **Westlandmodel**

De gecombineerde effecten van onttrekking van grondwater uit het eerste watervoerende pakket enerzijds en de injectie van brijn in het tweede watervoerende pakket anderzijds op de chlorideconcentratie van het grondwater zijn berekend met een dichtheidsafhankelijk grondwatermodel, dat speciaal voor deze studie in het Westland is ontwikkeld ('Westlandmodel'). Het is gebaseerd op het PZH-model [6, 7]. De gebruikte softwarecode is MOCDENS3D [8, 9, 10].

Het Westlandmodel is een stationair dichtheidsafhankelijk grondwatermodel dat de grondwaterstroming en het zouttransport simuleert in het gebied begrensd door Den Haag, Delft, Maassluis en Hoek van Holland. De invoer van het model bestaat onder andere uit de geologie, de chlorideconcentratie van het grondwater in de ruimte en diepte, grondwateraanvulling, drainage en ligging van sloten en rivieren. Daarnaast vormen de locaties, dieptes, debieten en onttrekkings- en injectieperiodes van de onttrekkingen en injecties door de glastuinbouw belangrijke input. Aangezien de exacte diepte, debieten en periodes van de onttrekkingen en injecties niet bekend zijn, is voor deze parameters een gemiddelde schatting aangenomen. De debieten zijn afgeleid uit de geschatte gietwatertekorten in gemiddelde en droge jaren. De cellen waar het model mee rekent zijn 50 bij 50 meter in het horizontale vlak en variëren in het verticale vlak tussen 2,5 meter dicht aan het oppervlak tot 10 meter op een diepte van 300 m - NAP. Door deze relatief gedetailleerde modelopbouw kunnen de regionale processen als gevolg van brijnsystemen goed in kaart gebracht worden.

Met het Westlandmodel zijn de volgende gegevens en processen in het gebied in kaart gebracht:

1. stijghoogtes in het eerste en tweede watervoerende pakket;
2. grondwaterstromingspatronen;
3. relatie tussen eerste en tweede watervoerende pakket;
4. kwel- en infiltratiegebieden;
5. verdeling van zoet, brak en zout grondwater;
6. transport van brijn naar het eerste watervoerende pakket en het maaiveld als gevolg van brijninjecties in het tweede watervoerende pakket.

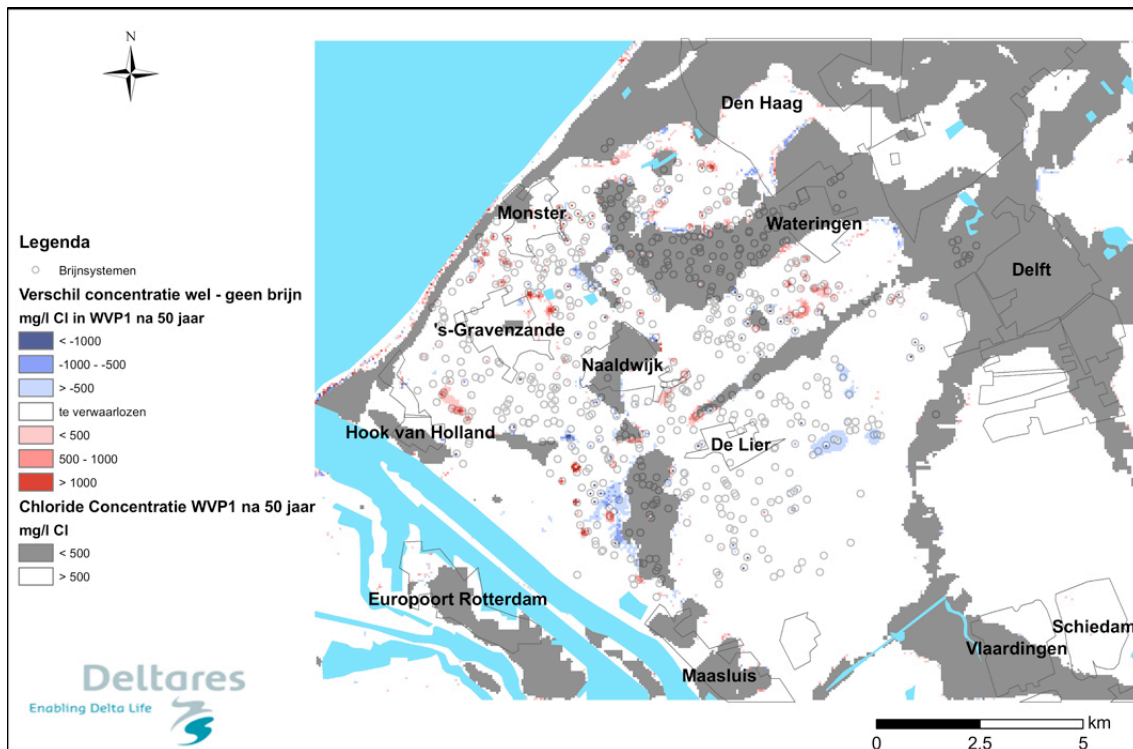
Het model is voor een periode van 90 jaar doorgerekend. Door autonome ontwikkelingen verandert de chlorideconcentratie van nature al in de loop van de jaren [11]. Daarom is de autonome verandering met en zonder de brijnsystemen doorgerekend met het model. De modelresultaten zijn gevisualiseerd als de verandering in de chlorideconcentratie ten gevolge van de brijnsystemen, ofwel het verschil tussen autonoom zonder en autonoom met brijnsystemen. Op deze manier zien we alleen de effecten van de brijnsystemen.

Behalve het hierboven beschreven referentiescenario zijn ook twee gevoeligheidsscenario's doorgerekend:

1. een scenario met hogere onttrekkingen en injecties, waarmee een situatie met drogere zomers is gesimuleerd;
2. een scenario met een lagere weerstand van de eerste scheidende laag; de weerstand van de eerste scheidende laag bepaalt mede de terugstroming van brijn naar het eerste watervoerende pakket.

## Gevolgen van brijnsystemen voor de chlorideconcentraties in het Westland

Voor het eerste en tweede watervoerende pakket zijn voor periodes van 10, 50 en 90 jaar kaarten gemaakt van de netto-effecten van brijnsystemen op de chlorideconcentratie. De effecten na 50 jaar in het eerste watervoerende pakket zijn weergegeven in afbeelding 4. Vooral op lokale schaal zijn effecten van brijnsystemen te zien op de chlorideconcentratie. Afhankelijk van onder andere de achtergrond-chlorideconcentratie (van 'nature' aanwezig) gaat het om verzoeting of verzilting. De verklaring hiervoor is de ruimtelijke variatie van de chlorideconcentratie en het voorkomen van inversies (brak boven zoet water) in het eerste watervoerende pakket. Immers: als water onttrokken wordt, kan het diepere zoete water omhoog komen. Met de tijd zal deze verzoeting echter in verzilting omslaan omdat het tweede watervoerende pakket zouter wordt vanwege de brijninjecties.



**Afbeelding 4. Effect van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste watervoerende pakket na 50 jaar.** Blauwe kleuren geven aan dat het systeem verzoet als gevolg van de brijnsystemen. Rode kleuren geven aan dat het systeem verzilt. De achtergrondconcentratie van chloride is aangegeven met grijs (chlorideconcentratie lager dan 500 mg/l) en wit (chlorideconcentratie hoger dan 500 mg/l). De rode rondjes geven de locaties aan waar de grootste effecten plaatsvinden.

De brijnsystemen werken voornamelijk verziltend in zones waar de chlorideconcentratie van nature al hoger is dan 500mg/l ('witte' gebieden in afbeelding 4). In gebieden met een chlorideconcentratie lager dan 500 mg/l (grijze gebieden) is weinig verzilting als gevolg van brijnsystemen te zien. In het zuiden en westen van het gebied is het effect van brijnsystemen groter dan in het oosten. Dit komt doordat de weerstand van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket hier lager is, en er in dit deel van het gebied hoge onttrekkingsdebieten voorkomen. De weerstand van de scheidende laag is een belangrijke factor bij het effect van de brijninjecties. Waar de weerstand van de scheidende laag kleiner is dan ongeveer 250 dagen, leidt brijninjectie doorgaans tot verzilting van het eerste watervoerende pakket. Dit effect blijft echter lokaal en wordt niet regionaal. Scenarioberekeningen met hogere onttrekkings- en injectiedebieten laten verzilting en verzoeting op meer plekken zien en met een hogere intensiteit. Ook hier blijven de effecten lokaal.

Geconcludeerd kan worden dat de effecten van brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste en tweede watervoerende pakket lokaal zijn. Op regionale schaal is de autonome verzilting/verzoeting van het grondwater in het Westland overheersend ten opzichte van de effecten van brijnsystemen. De grootste verandering in chlorideconcentratie als gevolg van brijnsystemen treedt op in de eerste 50 jaar. Daarna is de concentratieverandering minder opvallend.

### **Brijnsystemen en huidige gebruiksfuncties grondwatersysteem**

De resultaten van de modelstudie voor de chlorideconcentratie zijn gebruikt om de effecten van brijnsystemen op de huidige gebruiksfuncties van het grondwatersysteem te bepalen op de drie diepteniveaus maaiveld, eerste en tweede watervoerende pakket.

#### ***Maaiveld***

Op maaiveldniveau zijn er geen effecten van brijnsystemen op de gebruiksfuncties, zoals zwemwaterlocaties, natuurgebieden en waterparel De Banken bij 's Gravenzande.

#### ***Eerste watervoerende pakket***

De glastuinbouw is zelf de belangrijkste gebruiker van het eerste watervoerende pakket. Waar de weerstand van de scheidende laag klein is, kunnen de grondwaterwinningen ten behoeve van gietwater verzilten als gevolg van brijninjectie. De verzilting is echter beperkt en per locatie verschillend. Mogelijk gevolg voor tuinders is – op termijn – een afname van het rendement van de ontziltingsinstallatie (RO). Daarbij gaan we ervan uit dat de weerstand van de scheidende laag overal intact is. Is dat niet het geval, bijvoorbeeld doordat bij aanleg van injectieputten de doorboorde kleilagen niet goed zijn hersteld of door toekomstige infrastructurele werken, dan kan als gevolg van kortsluitstroming verzilting sneller optreden en schiet de tuinder zich, zagezegd, in zijn eigen voet.

De tweede belangrijke gebruiksfunctie van het eerste watervoerende pakket is drinkwaterwinning. De locatie Solleveld ligt tegen het Westland aan bij Monster. Brijnsystemen hebben geen aantoonbaar effect op deze winning [4].

#### ***Tweede watervoerende pakket***

In het tweede watervoerende pakket hebben de veranderingen in de waterkwaliteit geen noemenswaardig effect op het functioneren van warmte-koude-opslag (WKO)-systemen, aangezien zout geen belemmering vormt voor de werking van WKO's [4]. Brijnsystemen kunnen door veranderingen in de grondwaterstroming mogelijk wel de efficiency van het WKO-systeem negatief beïnvloeden. Of en in welke mate dit plaats heeft, is niet meegenomen in de analyse.

#### **Tot slot**

Voor het Westland hebben we middels deze regionale modelstudie laten zien dat de effecten van brijninjecties op de huidige gebruiksfuncties alleen lokaal optreden en dat ze ondergeschikt zijn aan de regionale autonome verzilting/verzoeting in het gebied.

De resultaten van deze studie kunnen gebruikt worden door overheden bij beleidsafwegingen rond de duurzaamheid van deze systemen en de ruimtelijke vertaling in beleidskaders voor bodem en ondergrond.

Het is aan de betrokken instanties om te bepalen of brijnsystemen passen in een duurzaam bodemgebruik. Daarbij gaat het niet enkel om effecten op gebruiksfuncties, maar ook om zaken als het 'Prevent and Limit'-principe uit de Grondwaterrichtlijn, dat vereist dat injectie in de ondergrond niet tot concentratieverhoging van geselecteerde stoffen (chloride, maar ook bijvoorbeeld zware metalen) leidt. De Grondwaterrichtlijn biedt het recht om, onder bepaalde omstandigheden, uitzonderingen toe te staan. Een afweging die gemaakt kan worden is of eventuele negatieve effecten van brijninjectie op de



waterkwaliteit opwegen tegen mogelijke voordelen van gebruik van brak grondwater, zoals in het Westland zekerstelling van de watervoorziening. Het bevoegd gezag is hier aan zet.

#### Literatuur

- [1] Klein, J. & Passier, H.F. (2009). Ondergrond en grondwaterkwaliteit in relatie tot brijnlozingen in de provincie Zuid-Holland. Deltares-rapport 0912-0124.
- [2] Klein, J. & Passier, H.F. (2010). Aanvullende beoordeling milieu-eigen stoffen brijn en grondwaterkwaliteit Provincie Zuid-Holland. Deltares-rapport 1202192-000-BGS-0004.
- [3] Klein, J., Faneca Sánchez, M., Baaren, E. van (2011). Systeemkennis ondergrond Westland ten behoeve van gietwatervoorziening glastuinbouw. Deltares-rapport 1205189-000-BGS-0005.
- [4] Faneca Sánchez, M., Raat, K.J., Klein, J., Paalman, M., Oude Essink, G. (2012). Effecten van brijninjectie op de grondwaterkwaliteit en functies in het Westland. Deltares rapport 1205897-000-BGS-0007, KWR rapport 2012.096.
- [5] Provincie Zuid-Holland (2010). Beleid voor brijnlozingen in de bodem in de glastuinbouw- en boomteeltsector.
- [6] Minnema, B., Kuijper, B., Oude Essink, G.H.P. (2004). Bepaling van de toekomstige verzilting van het grondwater in Zuid-Holland. TNO-rapport NITG 04-189-B.
- [7] Oude Essink, G.H.P., Baaren, E.S. van, Vliet, M. van (2008). Verkennende studie klimaatverandering en verzilting grondwater in Zuid-Holland. Deltares-rapport 2008-U-R0322/A.
- [8] Oude Essink, G.H.P. (1998). Simuleren van 3D dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming: MOCDENS3D. *Stromingen* 4(1): 5-23.
- [9] Oude Essink, G. H. P. (2000). Zoutwaterintrusie in het grondwatersysteem van de Kop van Noord-Holland: een toepassing van de drie-dimensionale computer code MOCDENS3D. *Stromingen* 6(3): 9-21.
- [10] Vugt, A. van, Oude Essink, G.H.P., Biesheuvel, A. (2003), Modelleren van het zoet-zout grondwatersysteem op Texel, *Stromingen*, 9(1), 33-46.
- [11] Oude Essink, G.H.P., E.S. van Baaren, and P.G.B. de Louw (2010). Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands, *Water Resour. Res.*, 46, W00F04, doi: 10.1029/2009WR008719.