

Effecten van brijninjectie op de grondwaterkwaliteit en functies in het Westland



Effecten van brijninjectie op de grondwaterkwaliteit en functies in het Westland

Deltares: Marta Faneca Sanchez, Janneke Klein, Gualbert Oude
Essink
KWR: Klaasjan Raat, Marcel Paalman

1205897-000

Titel:





Effecten van brijninjectie op de grondwaterkwaliteit en functies in het Westland

Opdrachtgevers:

Provincie Zuid-Holland, Productschap Tuinbouw

Rapportnummer Deltares: 1205897-000-BGS-0007

Rapportnummer KWR: 2012.096

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2012	Marta Faneca Sanchez (Deltares)		Hilde Passier		Hilde Passier	
		Klaasjan Raat (KWR)					
		Janneke Klein (Deltares)					
		Marcel Paalman (KWR)					
		Gualbert Oude Essink (Deltares)					

Status

definitief

Samenvatting

Doel

Doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de effecten van de gecombineerde onttrekking van grondwater en brijninjectie ten behoeve van de glastuinbouw op de grondwaterkwaliteit en gebruiksfuncties van het grondwater(systeem) in het Westland.

Aanpak

Deze studie is uitgevoerd door Deltares en KWR in overleg met vertegenwoordigers van de Provincie Zuid-Holland, LTO Glaskracht en het Productschap Tuinbouw. Voor deze studie zijn data verzameld over de aard (locatie en diepte) en omvang van de brijninjecties in het Westland, de gebruiksfuncties, alsmede het beleid en de wet- en regelgeving. Er is een modelinstrumentarium ontwikkeld om de effecten van brijninjecties op de chlorideconcentratie in het grondwater te kwantificeren. De resultaten hiervan zijn in kaarten verwerkt. De effecten van de brijninjecties op veranderingen in de chlorideconcentratie zijn beschreven voor verschillende diepteniveaus: aan het maaiveld en in het eerste en tweede watervoerend pakket. De veranderingen in chlorideconcentratie zijn doorvertaald naar effecten op gebruiksfuncties op deze diepteniveaus. De modelresultaten in termen van chlorideconcentraties zijn als indicator gebruikt om ook voor andere milieu-eigen stoffen iets te kunnen zeggen over de verspreiding en effecten op de gebruiksfuncties.

Resultaten

Effecten brijninjectie op chlorideconcentratie

Uit de modelresultaten van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De effecten van de gecombineerde onttrekking van grondwater en brijninjectie op de chlorideconcentraties in het grondwater zijn lokaal, zowel in het eerste als in het tweede watervoerend pakket. Afhankelijk van onder andere de achtergrond chlorideconcentratie (van 'nature' aanwezig) gaat het om verzoeting of verzilting.
- Het regionale, autonome proces van verzilting/verzoeting van het grondwater in het Westland is overheersend ten opzichte van de effecten van brijninjectie in zowel het eerste als tweede watervoerend pakket.
- De grootste verandering in chlorideconcentratie (verzilting of verzoeting) treedt op in de eerste 50 jaar. Daarna is de verandering in chlorideconcentratie minder opvallend, onder andere vanwege de constante injectieconcentratie.
- Het verziltende effect van brijninjecties in het eerste watervoerend pakket treedt vooral op in zones waar de chlorideconcentratie van nature hoger is dan 500 mg/l.

Effecten brijninjectie op gebruiksfuncties ondergrond

Uit de modelresultaten van dit onderzoek blijkt dat de relevante gebruiksfuncties aan het maaiveld en in het eerste en tweede watervoerend pakket weinig tot geen nadelige effecten van het injecteren van brijn in het tweede watervoerend pakket ondervinden. Hieronder volgt een toelichting per diepteniveau en gebruiksfunctie:

Aan maaiveld zijn er geen effecten van brijninjectie op de gebruiksfuncties zoals de zwemwaterlocaties, natuurgebieden en waterparel De Banken bij 's Gravenzande.

- In het eerste watervoerend pakket zijn de effecten van brijninjectie:
 - o voor de glastuinbouw: effecten op grondwaterwinningen ten behoeve van gietwater zijn aanwezig, maar beperkt en per locatie verschillend. Mogelijk gevolg voor tuinders is – op termijn - een afname van het rendement van de behandelingsapparatuur voor ontzouting (RO);

- o voor drinkwaterwinlocatie Solleveld (tegen het Westland aan gelegen grondwaterbeschermingsgebied Monster): geen aantoonbaar effect.
- In het tweede watervoerend 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. Brijninjecties kunnen door veranderingen in de grondwaterstroming mogelijk wel de efficiency van het WKO-systeem negatief beïnvloeden. De efficiency van een WKO-systeem wordt namelijk mede bepaald door de aanwezigheid van grondwaterstroming. Als brijninjecties in de directe nabijheid van een WKO-systeem plaatsvinden, kan de warm-/koudwaterbel worden beïnvloed.

Effecten brijninjectie op verspreiding van andere stoffen

Op basis van de modelresultaten van de verandering in chlorideconcentratie, kan voor de verspreiding van nutriënten, zware metalen en andere sporenelementen van het tweede naar het eerste watervoerend pakket worden geïnduceerd dat dit alleen lokaal tot een (beperkte) concentratietoename zal leiden. De verspreiding van zware metalen wordt verder beperkt door hechting (sorptie) aan de bodemmatrix in de slechtdoorlatende lagen.

Effecten brijninjectie in relatie tot het beleid

Beleidsmatig is van belang dat brijninjectie in het tweede watervoerend pakket strijdig is met de uitgangspunten van het Prevent and Limit principe uit de Grondwaterrichtlijn vanwege de toename van de concentratie van verontreinigende stoffen. Vanuit het landelijke beleidskader "Goed gietwater glastuinbouw" (I&M, 2012) is aangegeven om eerst via een voorkeursvolgorde een brede integrale afweging te maken met betrekking tot de meest duurzame bron voor gietwater in de glastuinbouw. Denk daarbij aan alternatieven als (meer) collectieve voorzieningen voor hemelwateropvang en/of productie bij een drinkwaterbedrijf en/of opwerking effluent (afvalwater) door een RWZI of andere individuele oplossingen zonder brijnlozingen. In de voorkeursladder komt het er uiteindelijk op neer dat brijnlozingen het liefst zoveel als mogelijk worden voorkomen en er gekeken wordt naar beschikbare alternatieven.

Een afweging die gemaakt kan worden is of eventuele negatieve effecten van brijninjectie op de waterkwaliteit wel of niet opwegen tegen mogelijke voordelen van gebruik van brak grondwater, zoals in het Westland zekerstelling van de watervoorziening. De wijze van toetsing is een beleidskeuze die valt binnen belangenafwegingen van het bevoegd gezag.

De Grondwaterrichtlijn biedt lidstaten het recht om, onder bepaalde omstandigheden, uitzonderingen toe te staan op maatregelen ter voorkoming of beperking van de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater. Zo kan met een individuele toestemming (onthefving of vergunning) afgeweken worden van het verbod op lozing van verontreinigende stoffen in het grondwater. Uitzonderingen moeten op transparante criteria worden gebaseerd en in de stroomgebiedplannen worden gedetailleerd. De betrokken grondwaterlichamen moeten goed worden gemonitord. Gebiedsspecifiek maatwerk is een eerste vereiste.

Effecten brijninjectie in relatie tot andere gebieden

Voor andere gebieden kan de aanpak van het onderhavige onderzoek als referentiekader dienen. Of brijninjectie past binnen een duurzaam bodemgebruik is afhankelijk van gebiedsspecifieke factoren zoals lokale (geo)hydrologie, aard en ligging van de gebruiksfuncties. Om uitspraken te kunnen doen over andere gebieden dan het Westland zijn gebiedsspecifieke studies nodig.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Probleemstelling	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Aanpak	2
2	Brijninjectie en gebruiksfuncties in het Westland	3
2.1	Grondwaterwinning en brijninjectie	3
2.2	Karakterisering van het Westland	4
2.3	Bodemopbouw en grondwatersysteem Westland	4
2.4	Gebruiksfuncties in het Westland	5
2.4.1	Functies gelegen aan maaiveld	5
2.4.2	Functies die gebruik maken van het eerste watervoerend pakket	8
2.4.3	Functies die gebruik maken van het tweede watervoerend pakket	11
3	Effect van brijninjectie op de grondwaterkwaliteit	15
3.1	Opzet	15
3.2	Resultaten van het scenariotype Case Referentie	17
3.2.1	Effecten op maaiveld	17
3.2.2	Effecten in het eerste watervoerend pakket	17
3.2.3	Effecten in het tweede watervoerend pakket	20
3.3	Gevoeligheidsanalyse modellering	21
3.3.1	Resultaten van het scenariotype Case Hogere Debieten	21
3.3.2	Resultaten van het scenariotype Case Lagere Weerstand Eerste Scheidende Laag	22
3.4	Effect van brijninjecties op andere waterkwaliteitsparameters	24
3.4.1	Eerdere studies met betrekking tot grondwaterkwaliteit	24
3.4.2	Effect brijninjecties op andere waterkwaliteitsparameters	26
4	Gevolgen van brijn op de gebruiksfuncties in het Westland	27
4.1	Effect van brijn op functies aan maaiveld	27
4.2	Effect van brijn op functies in het eerste watervoerend pakket	27
4.3	Gebruiksfuncties tweede watervoerend pakket	28
4.4	Past brijninjectie binnen duurzaam bodemgebruik?	29
5	Conclusies	31
6	Referenties	35

Bijlage(n)

A Beleidskader voor injectie brijn	A-1
A.1 Europees beleidskader	A-1
A.2 Nederlands juridisch kader	A-1
A.3 Landelijk beleid	A-2
A.4 Brijnbeleid Provincie Zuid Holland	A-2
A.5 Kabinet: 'Verleende ontheffing van brijninjecties 10 jaar verlengd'	A-3
A.6 TCB advies 'lozingen van brijn bij agrarische activiteiten' (2010)	A-3
A.7 TCB 'Advies Grondwater' (2012)	A-4
B Watervoorziening glastuinbouw Westland	B-1
B.1 Gietwatervoorziening in het Westland	B-1
B.2 Ligging vergunde grondwateronttrekkingen en brijninjecties	B-2
C Bodem en grondwatersysteem Westland	C-1
C.1 Bodemopbouw en geologie Westland	C-1
C.2 Hydrologie, grondwaterstroming	C-2
C.3 Zoet-zoutverdeling in de bodem van het Westland	C-4
C.4 Chemische samenstelling van brak grondwater: Nederland	C-4
C.5 Chemische samenstelling van brak grondwater: Westland	C-5
C.5.1 Aanbeveling grondwaterkwaliteit	C-7
D Aanpak inschatting ligging en omvang brijninjecties in het Westland	D-1
D.1 Beschikbare informatie	D-1
D.2 Uitgangspunten en aannames	D-2
E Modelopbouw	E-1
E.1 Modelcode	E-2
E.2 Modelafmetingen	E-2
E.3 Model randvoorwaarden	E-3
E.4 Geologie	E-4
E.5 Chlorideconcentratie	E-6
E.6 Onttrekkingen en brijnsystemen	E-8
E.7 Aannames en aanbevelingen model	E-9
F Kaarten effecten brijnsystemen op de chlorideconcentratie	F-1

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

In de glastuinbouw is de permanente beschikbaarheid van voldoende water van een goede kwaliteit een belangrijke randvoorwaarde voor de gewasproductie. Als primaire waterbron maakt de glastuinbouw gebruik van hemelwater. Echter, in tijden van droogte is er een mismatch tussen de watervraag en het wateraanbod en is de tuinder aangewezen op een alternatieve gietwaterbron.

In het Westland is het gangbaar om als alternatieve gietwaterbron grondwater te gebruiken. Dit brakke grondwater wordt onttrokken uit het eerste watervoerend pakket (ca. 15 – 30 m–NAP) en voldoet in beginsel niet aan de eisen van kwalitatief goed gietwater. Door ontzilting middels omgekeerde osmose (reversed osmosis, RO) kan dit grondwater wel geschikt gemaakt worden als gietwater. De zoute reststroom (membraanconcentraat of brijn) die bij ontzilting overblijft, wordt op grotere diepte in het tweede watervoerend pakket geborgen (geïnjecteerd). Bij een RO rendement van 50% bevat de brijn een zoutconcentratie die ongeveer 2 maal zo hoog is als oorspronkelijk aanwezig in het onttrokken grondwater.

Opslag van brijn kan negatieve gevolgen hebben voor de grondwaterkwaliteit van de ontvangende aquifer. Beleid en vergunningverlening zijn terughoudend ten aanzien van de acceptatie van brijninjecties in het grondwater. Dit is een bedreiging voor de gietwatervoorziening van veel tuinders. Momenteel wordt vanuit de overheid ten behoeve van het Activiteitenbesluit het Beleidskader “Goed omgaan met brijninjectie glastuinbouw” voorbereid (zie Bijlage A voor een uitgebreide beschrijving van het beleidskader voor injectie van brijn). In studies naar de effecten van brijninjectie is vooral gekeken naar de gevolgen van injectie voor waterkwaliteitsnormen, maar is geen koppeling gemaakt naar gebruiksfuncties.

Van belang is te weten hoe de huidige interactie (stroming) tussen het eerste en tweede watervoerend pakket in het Westland is, en hoe deze beïnvloed wordt door winning van brak grondwater uit het eerste watervoerend pakket door de glastuinbouw en injectie van brijn in het tweede watervoerend pakket. Dit is helaas tot nu toe niet bekend. Klein et al. (2011) hebben wel een indicatieve berekening uitgevoerd naar de gevolgen van onttrekking en injectie op de freatische grondwaterstand (in de deklaag). Conclusie was dat winning en injectie een verwaarloosbaar effect hebben op de freatische grondwaterstand (uitgaande van een grondwatervraag in het Westland van 4,2 miljoen m³). Ook bleek dat injectie in het tweede watervoerend pakket nagenoeg geen effect heeft op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket, hetgeen lijkt te impliceren dat het natuurlijke grondwaterstromingspatroon maar weinig beïnvloed wordt door brijninjecties. Aangezien dit slechts indicatieve berekeningen betreft, zijn aanvullende hydrologische analyses nodig.

1.2 Doelstelling

Doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de effecten van de gecombineerde onttrekking van grondwater en brijninjectie ten behoeve van de glastuinbouw op de grondwaterkwaliteit en gebruiksfuncties van het grondwater(systeem) in het Westland. Voorbeelden van gebruiksfuncties zijn drinkwater, gietwater en WKO-systemen. Ook wordt gekeken naar de mogelijke beïnvloeding van het oppervlaktewatersysteem.

1.3 Aanpak

Deze studie is uitgevoerd door Deltares en KWR in overleg met vertegenwoordigers van de provincie Zuid-Holland, LTO Glaskracht en het Productschap Tuinbouw.

KWR heeft zich in deze studie gericht op het in beeld brengen over de aard (locatie en diepte) en omvang van de brijninjecties in het Westland, de gebruiksfuncties, alsmede het beleid en de wet- en regelgeving.

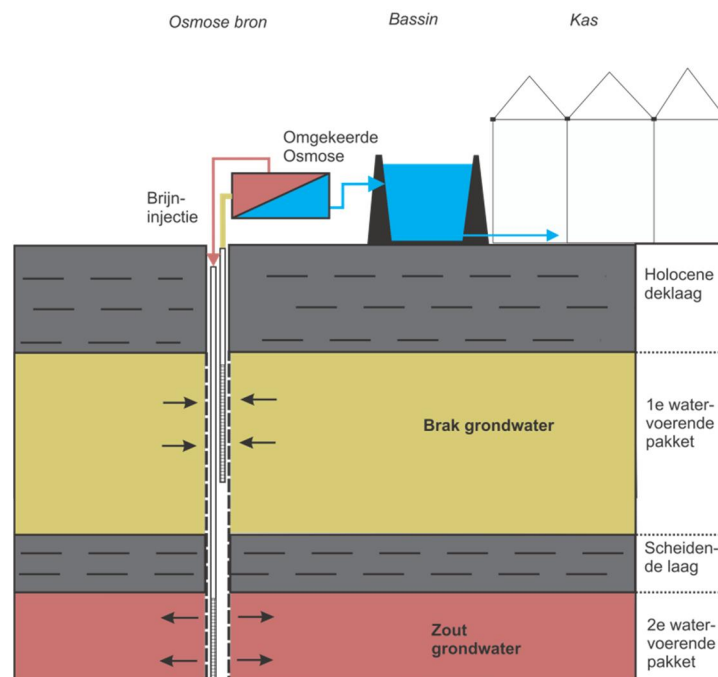
Deltares heeft voor deze studie een modelinstrumentarium ontwikkeld om de effecten van brijninjecties op de chlorideconcentratie in het grondwater te kwantificeren. De resultaten hiervan zijn in kaarten verwerkt en de effecten van de brijninjecties op veranderingen in de chlorideconcentratie aan maaiveld, in het eerste en tweede watervoerend pakket zijn beschreven.

Gezamenlijk zijn de veranderingen in chlorideconcentratie doorvertaald naar effecten op gebruiksfuncties op de verschillende diepteniveaus. De modelresultaten in termen van chloride zijn als indicator gebruikt om ook voor andere milieu-eigen stoffen iets te zeggen over de verspreiding en effecten op de gebruiksfuncties.

2 Brijninjectie en gebruiksfuncties in het Westland

2.1 Grondwaterwinning en brijninjectie

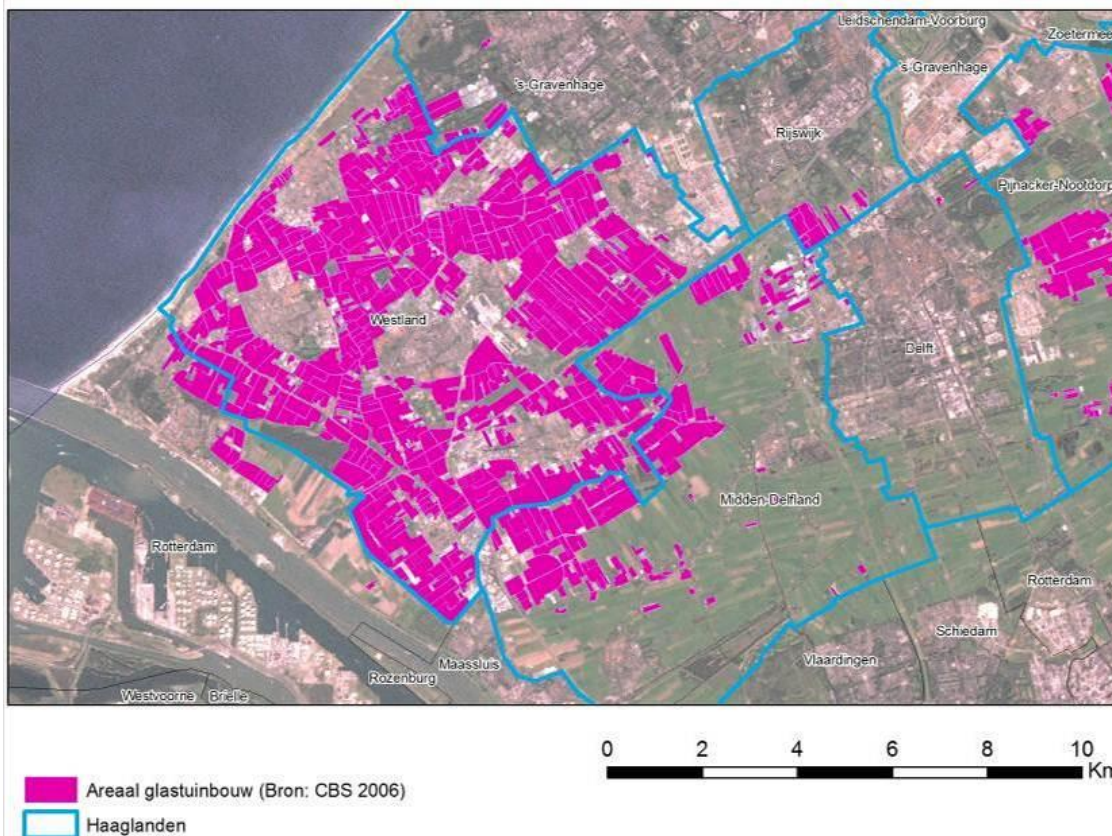
Tuinders maken als aanvullende gietwaterbron veelal gebruik van grondwater. Dit grondwater wordt in het Westland gewonnen uit het eerste watervoerend pakket, is brak en moet daarom eerst worden ontzilt om als gietwater gebruikt te kunnen worden. Ontzilting wordt gedaan door middel van omgekeerde osmose (reversed osmosis, RO). Hierbij wordt het grondwater onder druk over een membraan geleid, waarbij na de passage van het membraan water ontstaat waar zich praktisch geen zouten in bevinden (gietwater). Aan de andere kant van het membraan hopen de zouten uit het grondwater zich op. Deze zoute oplossing wordt brijn genoemd en wordt op grotere diepte in het tweede watervoerend pakket geïnjecteerd. Bij een rendement van 50% bevat dit brijn een zoutconcentratie (vooral natriumchloride) welke ongeveer het dubbele is van de oorspronkelijke zoutconcentratie van het grondwater (indikkingsfactor van 2). In Figuur 2.1 is het proces van gietwaterproductie schematisch weergegeven. Bijlage B gaat in op de watervoorziening van glastuinbouwgebied Westland.



Figuur 2.1 Procedé van gietwaterproductie d.m.v. omgekeerde osmose. Brak/zout grondwater wordt onttrokken uit het eerste watervoerend pakket. Na ontzilting via omgekeerde osmose wordt de brijn in het tweede watervoerend pakket (brak/zout grondwater) geïnjecteerd.

2.2 Karakterisering van het Westland

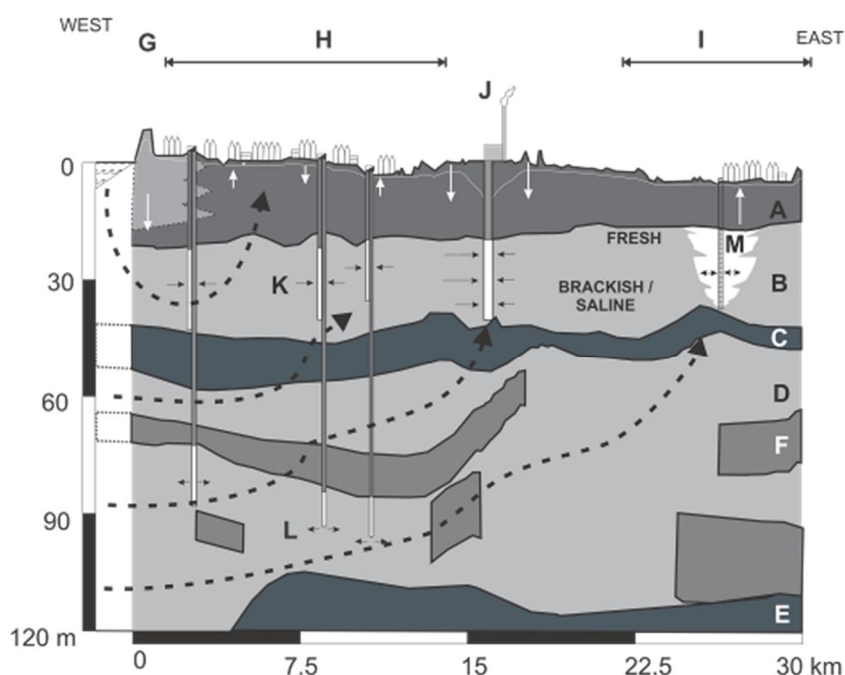
Het Westland omvat het grootste glastuinbouwgebied van Nederland en is de belangrijkste economische sector in het stadsgewest Haaglanden. Volgens de CBS landbouwstellingen (CBS, 2010) zijn er ca. 1190 bedrijven met een omvang van 2280 ha (zie Figuur 2.2). Ongeveer 360 bedrijven telen groenten (ca. 1010 ha) en ca. 830 bedrijven sierteelt (1270 ha).



Figuur 2.2 Areal aan glastuinbouwbedrijven in het Westland.

2.3 Bodemopbouw en grondwatersysteem Westland

De bodemopbouw en het grondwatersysteem van het Westland worden in Figuur 2.3 kort samengevat. Onder de slechtdoorlatende deklaag (A) bevinden zich de Pleistocene goeddoorlatende zandpakketten (aquifers of watervoerend pakketten), die worden begrensd door slechtdoorlatende (klei)lagen (C, F), ook wel scheidende lagen of aquitards genoemd. Het eerste watervoerend pakket (B) bevindt zich op circa 20 tot 40 m-mv (meter beneden maaiveld). Het tweede en derde watervoerend pakket (D) hebben doorgaans een kleinere doorlatendheid dan het eerste, maar vormen samen wel een veel dikker pakket tot op zeker 100 m-mv. Tuinders maken gebruik van het grondwater uit het eerste watervoerend pakket en injecteren het brijn in het tweede watervoerend pakket. Zowel het eerste als het tweede en derde watervoerend pakket bestaan uit brak grondwater, waarbij de chlorideconcentratie in het algemeen hoger is in de diepere pakketten. Een uitgebreide beschrijving van de bodemopbouw en het grondwatersysteem van het Westland wordt gegeven in Bijlage C.



Figuur 2.3 Doorsnede van het Westland naar het Oostland. A = Holocene deklaag, B = watervoerend pakket 1, C = slechtdoorlatende laag 1, D = watervoerend pakket 2 en 3, E = slechtdoorlatende laag 3, F = lokale kleilaag, G = duingebied, H = Westland, I = Oostland, J = onttrekking vml. DSM, K = onttrekking t.b.v. glastuinbouw, L = injectie brijn t.b.v. glastuinbouw.

2.4 Gebruiksfuncties in het Westland

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is het van belang om inzicht te hebben in de huidige en toekomstige gebruiksfuncties van het gebied. Voor deze studie zijn vooral die functies van belang die gebruik maken van het (grond)watersysteem. De relevante functies worden onderverdeeld in 3 lagen:

1. functies gelegen aan maaiveld;
2. functies die gebruik maken van het eerste watervoerend pakket;
3. functies die gebruik maken van het tweede watervoerend pakket.

2.4.1 Functies gelegen aan maaiveld

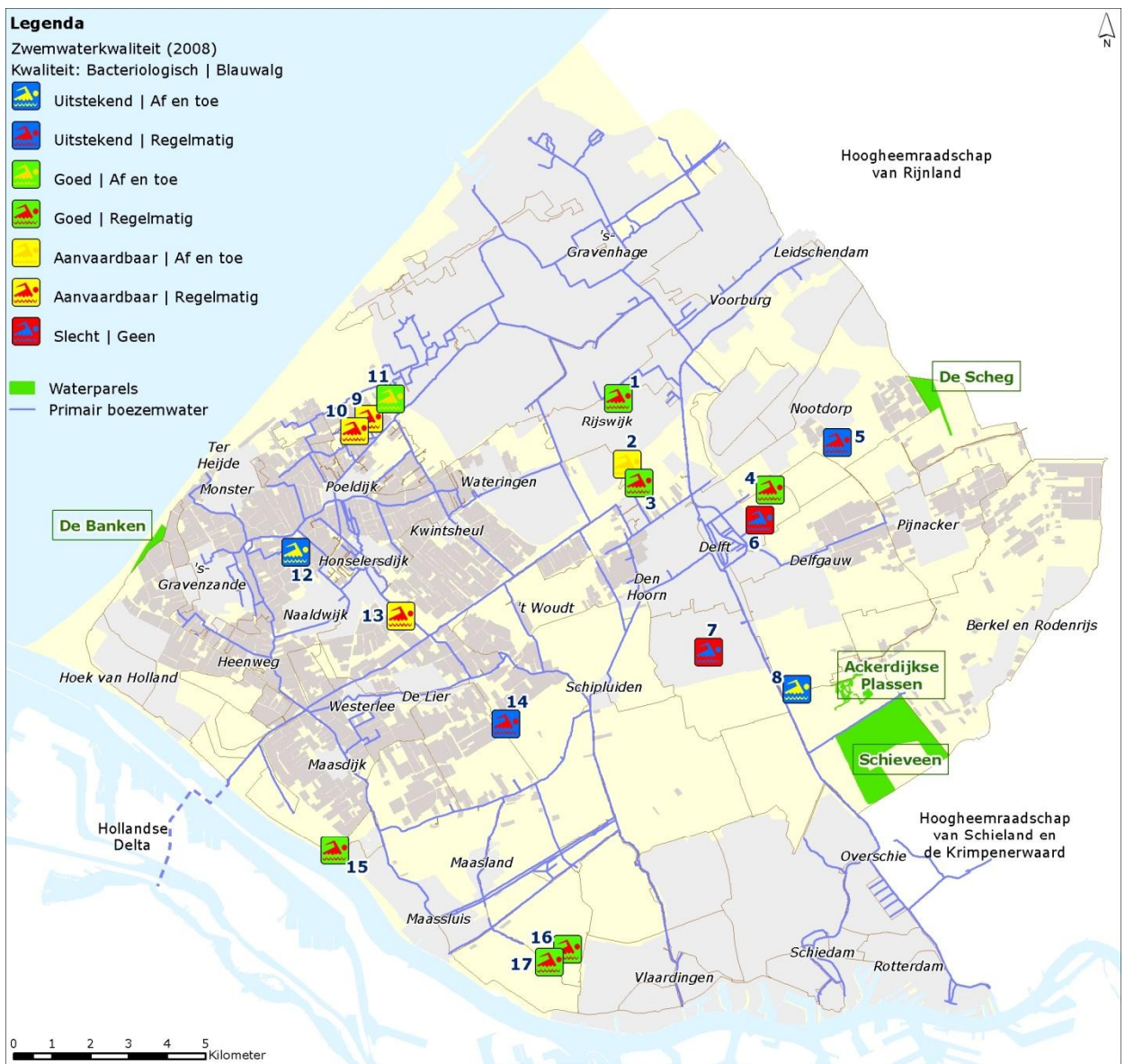
In het Westland zijn verschillende functies aan maaiveld te onderscheiden. Circa 2300 ha van het gebied wordt bedekt door glastuinbouwbedrijven (zie Figuur 2.2). Daarnaast zijn vooral het oppervlaktewatersysteem (KRW-waterlichamen), zwemwaterlocaties en de natuurparels relevant (figuren 2.4 en 2.5). Verwacht wordt dat deze functies niet of nauwelijks beïnvloed worden door injectie van brijn, en dat als er beïnvloeding is, dit alleen op zeer lange termijn (mogelijk) zal plaats hebben. Dit is nader gekwantificeerd in hoofdstuk 3. Overige gebruiksfuncties aan of dichtbij het oppervlak (deklaag) zijn ondiepe infrastructuur (o.a. spoorwegtunnels en parkeergarages) en het stedelijk gebied van Delft. Effecten van brijninjectie zijn voor deze functies niet relevant omdat hierbij de grondwaterkwantiteit een belangrijkere rol speelt dan de grondwaterkwaliteit.

De effecten van brijn op het oppervlaktewatersysteem worden in deze studie als maatgevend beschouwd (lees: meest kritisch) voor de andere functies aan maaiveld. De verklaring hiervoor is dat als brijn een effect heeft op maaiveld, dit zich zal uiten in kwel van zout grondwater in het oppervlaktewatersysteem. In het waterbeheerplan van Delfland 2010-2015 worden geen concrete doelwaarden voor de chlorideconcentratie van het oppervlaktewater gegeven. In deze studie wordt uitgegaan van een grenswaarde van 200 mg Cl/l, welke de grenswaarde is voor de karakterisering van een zoetwater lichaam conform de Kaderrichtlijn

Water. Het Hoogheemraadschap van Delfland stelt als eis dat de waterkwaliteit zich niet mag verslechteren. In de huidige situatie zijn stoffen als benzo(a)pyreen, fluorantheen, koper, zink, chroom, benzo(a)antraceen, imidacloprid, carbendazim, pirimicarb en stikstof en fosfaat de grootste probleemstoffen in het oppervlaktewater.



Figuur 2.4 KRW oppervlaktewaterlichamen in het beheersgebied van Delfland (bron: Waterbeheerplan Delfland 2012-2015, Hoogheemraadschap van Delfland).



- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 Put te Werve, zwemgedeelte | 10 Oostmadeplas, zuidzijde |
| 2 Avonturen speelplaats Tubasin | 11 Plas Madestein, Loosduinen |
| 3 Zwemvijver Wilhelminapark | 12 Plas prinsenbos |
| 4 Delftse Hout | 13 Waterskiplas Wollebrand |
| 5 Dobbepas | 14 Kraaiennest, zwemplas |
| 6 Waterspeeltuin Korftlaan | 15 Oranjeplas |
| 7 Waterspeeltuin Tanthof | 16 Krabbeplas, zijtak surfplas |
| 8 Naturistenplas Delft | 17 Krabbeplas, zwemplas |
| 9 Oostmadeplas, noordzijde | |

Figuur 2.5 Zwemwaterlocaties en natuurplets in het waterbeheergebied van Delfland
 (bron: Waterbeheerplan Delfland 2010-2015, Hoogheemraadschap van Delfland).

2.4.2 Functies die gebruik maken van het eerste watervoerend pakket

Relevante functies die gebruik maken van grondwater uit het eerste watervoerend pakket zijn de glastuinbouw en de drinkwatervoorziening. De glastuinbouw maakt voor de aanvullende gietwatervoorziening gebruik van water afkomstig uit het eerste watervoerend pakket. Ook is het eerste watervoerend pakket in een aantal gebieden in het Westland geschikt om gietwater ondergronds te bergen.

Grondwateronttrekkingen ten behoeve van de glastuinbouw

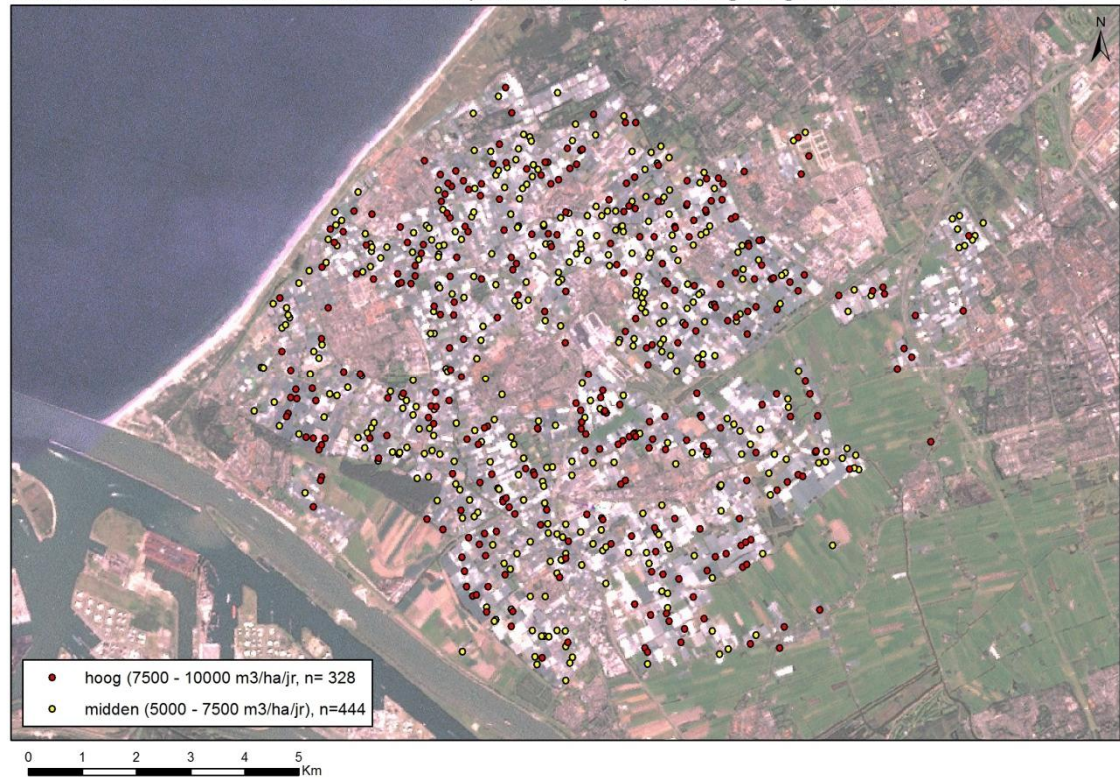
De glastuinbouw in het Westland maakt als aanvullende gietwaterbron vaak gebruik van grondwater. Dit grondwater wordt in de regel onttrokken aan het eerste watervoerend pakket (zie Figuur 2.1). Doordat dit water brak/zout is en niet voldoet aan de vereiste kwaliteit van gietwater, wordt dit water via het procedé van omgekeerde osmose ontzilt. Het ontzilte water wordt als gietwater gebruikt in de kas. Het residu, de zoute brijn oplossing, wordt in het tweede watervoerend pakket geïnjecteerd.

Figuur 2.6 geeft de locatie van de glastuinbouwbedrijven in het Westland met een gemiddeld waterverbruik en een hoog waterverbruik. Deze indeling is gemaakt op basis van het type gewas wat geteeld wordt (Paalman et al., 2011). Of al deze bedrijven ook daadwerkelijk grondwater onttrekken en ook brijn lozen is niet duidelijk. De locaties geven wel een indruk van de vermoedelijk maximale omvang van de grondwateronttrekkingen door de glastuinbouw in het Westland. Voor een meer specifieke toelichting wordt verwezen naar Bijlage B.

Omdat het onttrokken water behandeld wordt met een RO, worden geen specifieke kwaliteitseisen aan dit water gesteld door de tuinders. Wel neemt het energieverbruik van RO's toe bij hogere zoutconcentraties, maar dit speelt pas echt een rol bij chlorideconcentraties van ca. >10.000 mg/l (of TDS >20.000mg/l; Stuyfzand & Raat, 2010). Ook geldt dat injectie in principe niet mag leiden tot een achteruitgang van de grondwaterkwaliteit van de injectieaquifer. Dit wordt mede bepaald door de kwaliteit van het onttrokken water in het eerste watervoerend pakket.

In Figuur 2.7 zijn de locaties weergegeven die een ontheffing hebben voor het lozen van brijn (Provincie Zuid-Holland, 2010a), waarbij wordt opgemerkt dat inmiddels meerdere ontheffingen voor het lozen van brijn zijn verstrekt. In werkelijkheid zijn er waarschijnlijk veel meer grondwateronttrekkingen en brijninjecties operationeel. Voor een inschatting van het totaal aantal wordt verwezen naar Bijlage D en hoofdstuk 3.

Overzichtskaart Westland - Glastuinbouw (substraatteelt) met hoog tot gemiddeld waterverbruik



Figuur 2.6 Locaties van glastuinbouwbedrijven met een gemiddeld en hoog waterverbruik per ha.

Overzichtskaart Westland - Brijnlozingen met ontheffing

Figuur 2.7 Locatie van glastuinbouwbedrijven die een ontheffing hebben voor het lozen van brijn (ijkjaar 2010).

Onttrekking voormalige DSM Delft

Naast de vele, relatief kleine onttrekkingen door de glastuinbouw, is in het Westland sprake van een grootschalige onttrekking van grondwater door (voormalig) DSM te Delft. De grondwateronttrekking bij Delft heeft een significante invloed op de grondwaterstroming in het Westland. Het huidige doel van deze grondwateronttrekking is voorkomen dat de grondwaterstand in de omgeving gaat stijgen en schade aan gebouwen tot gevolg heeft. Het onttrokken water wordt niet gebruikt, maar via een pijpleiding direct geloosd op de Noordzee. Er worden dus ook geen kwaliteitseisen aan het onttrokken water gesteld.

Drinkwater

In het noordwesten van het studiegebied ligt in de duinen het grondwaterbeschermingsgebied voor de winning van ruwwater voor de drinkwaterbereiding (winlocatie Monster (Solleveld); zie Figuur 2.8). Waterbedrijf Dunea infiltreert hier voorbehandeld oppervlaktewater dat na bodempassage weer wordt opgepompt en verder wordt behandeld tot drinkwater. Opgemerkt wordt dat de winning van ruwwater ook op grotere diepte plaatsvindt.

Het water dat Dunea infiltreert, moet voldoen aan het infiltratiebesluit. Dit besluit stelt grenzen aan de kwaliteit van het in de duinen geïnjecteerde water (Wuijts & Van Rijswick, 2007) en kan zodoende als referentiekader dienen voor toetsing van de mogelijke effecten van brijninjectie op het grondwaterbeschermingsgebied. Meest relevante stoffen zijn (Wuijts & Van Rijswick, 2007): natrium (120 mg/l), chloride (200 mg/l), minerale olie (200 mg/l), stikstof (N, 5.6 mg/l), fosfaat (0.4 mg P₂O₅/l), ammonium (2.5 mg/l), koper (0.015 mg/l), zink (0.065 mg/l), nikkel (0.015 mg/l), cadmium (0.0004 mg/l) en chroom (0.002 mg/l).

Overzichtskaart Westland - Grondwaterbeschermingsgebieden



Figuur 2.8 Grondwaterbeschermingsgebied Monster (winningslocatie Solleveld).

Ondergrondse gietwaterberging

Ondergrondse gietwaterberging in het Westland bevindt zich in de onderzoeksfase. Het eerste watervoerend pakket lijkt het meest geschikt om gietwater in de ondergrond te bergen en weer terug te winnen door de tuinder. Belangrijk is wel dat wanneer een tuinder meer water (hemelwater) ondergronds gaat bergen en terugwinnen er voor de teelten minder grondwater als aanvullende gietwaterbron nodig is en als gevolg daarvan minder brijninjectie.

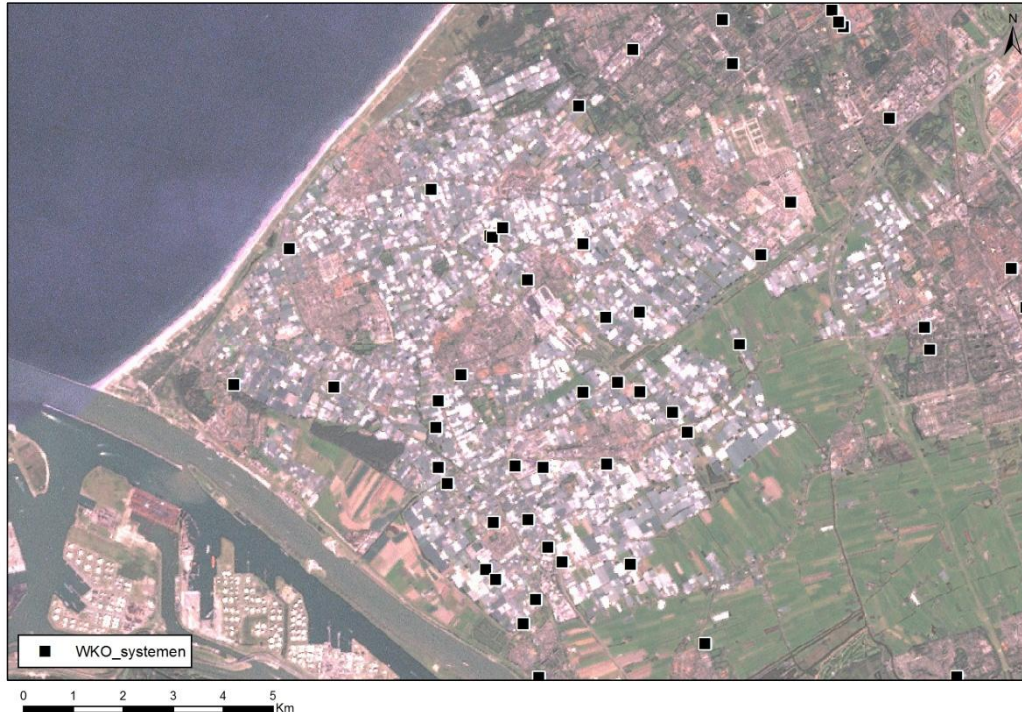
2.4.3 Functies die gebruik maken van het tweede watervoerend pakket

Warmte Koude Installaties (WKO)

In het Westland zijn er inmiddels enkele tientallen WKO-installaties in bedrijf (Figuur 2.9). Bij WKO-systemen wordt opgewarmd of afgekoeld water opgeslagen in de ondergrond en naar behoefte benut door het water weer op te pompen. De volgende systemen worden onderscheiden:

- Open systemen, ook wel open warmte-/koudeopslag (WKO) systemen genoemd. Karakteristiek is dat grondwater actief door aquifers wordt gepompt voor het opslaan en terugwinnen van warmte of koude.
- Gesloten systemen, ook wel gesloten WKO of bodemwarmtewisselaars genoemd. Hierbij wordt een vloeistof door gesloten, ondergrondse buizen gepompt.

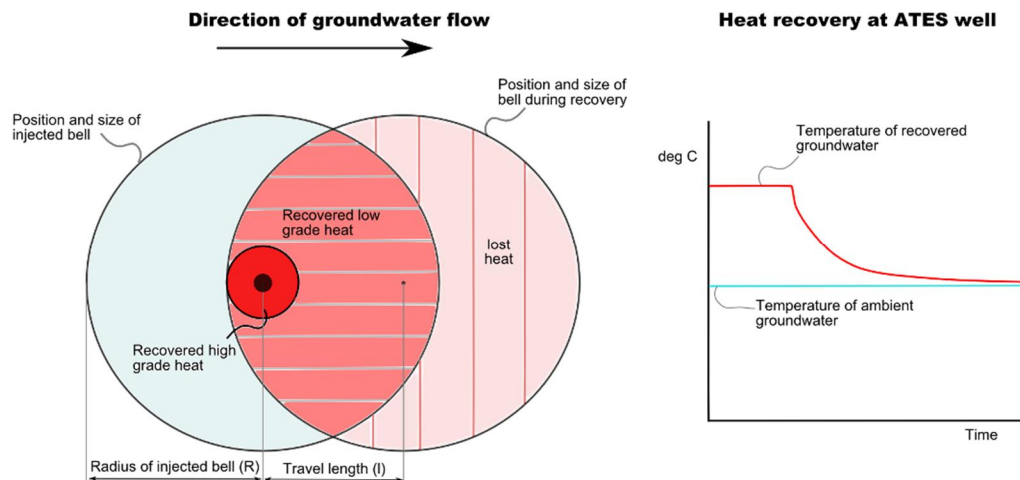
Overzichtskaart Westland - WKO systemen (2010)



Figuur 2.9 WKO-installaties in het Westland (opmerking: vermoedelijk een onderschatting van de werkelijkheid).

WKO-systemen stellen in principe geen eisen aan de grondwaterkwaliteit. Een punt van aandacht is wel de corrosiebestendigheid van de WKO-systemen en installaties. Brak en zout water hebben een sterkere corroderende werking dan zoet water. Aangezien de huidige WKO-systemen in het Westland zijn geïnstalleerd in een brak grondwatersysteem, mag verwacht worden dat hiermee rekening is gehouden.

In het Westland worden open WKO-systemen geplaatst in het tweede watervoerend pakket. In dit pakket vindt ook brijninjectie plaats. Figuur 2.10 laat zien dat de efficiency van een WKO-systeem mede bepaald wordt door de aanwezigheid van grondwaterstroming. Als brijninjecties in de directe nabijheid van een WKO-systeem plaatsvinden, kan de warm-/koudwaterbel worden beïnvloed en kan deze van invloed zijn op de efficiency van het WKO-systeem. Aanbevolen wordt dan ook bij plaatsing van WKO-systemen rekening te houden met mogelijke beïnvloeding van de grondwaterstroming door de brijninjectie.



Figuur 2.10 Conceptueel model van het effect van achtergrondstroming op de efficiency van open WKO-systemen.

Effecten van WKO-systemen op het grondwatersysteem

Zowel open- als gesloten WKO-systemen kunnen het grondwatersysteem (negatief) beïnvloeden. Gesloten WKO-systemen pompen een vloeistof door gesloten, ondergrondse buizen. Deze vloeistof bevat veelal een koelmiddel, zoals glycol. Er is weinig bekend over de mogelijke risico's op lekkage van deze middelen naar het grondwatersysteem.

De risico's van open WKO-systemen zijn wel goed gedocumenteerd. Bonte et al. (2011, 2010, 2009, 2008) onderscheiden de volgende faalmechanismen:

- Omdat een gesloten energiebalans vrijwel nooit gerealiseerd wordt, is een structurele stijging (of daling) van de temperatuur van het grondwater niet uit te sluiten. Dit stimuleert bacteriële groei en het oplossen van DOC;
- Door het herhaaldelijk oppompen en injecteren van water worden verschillende, boven elkaar liggende watertypen gemixt. Het gevolg is dat ondiep grondwater versneld infiltreert naar de diepere ondergrond, zodat de verticale redox zonering verstoord wordt en metalen (o.a. arseen) oplossen. Daarnaast worden eventueel aanwezige puntvervuilingen gemobiliseerd en nemen de concentraties van een aantal macro-ionen (Cl, SO₄) toe;
- Introductie van fecale bacteriën in grondwater en versnelde groei van heterotrofe micro-organismen;
- Het ontstaan van preferente verticale stroombanen door onzorgvuldige afwerking van het boorgat, zodat verontreinigd water versneld in diepere aquifers terecht komt;
- Het intrekgebied kan wijzigen doordat WKO-systemen grondwater van buiten het intrekgebied aantrekken.

De grootte van de effecten is enerzijds afhankelijk van het ontwerp (diepte van de putten, de temperatuur van het geïnjecteerde water en het productievolume) en anderzijds van de aquifer eigenschappen (gradiënten in grondwaterkwaliteit, conductiviteit en anisotropie). De grootste effecten zijn te verwachten door verticale mixing van watertypen, zodat de reistijd van diffuse of puntverontreinigingen naar de pompput verkleind wordt.

3 Effect van brijninjectie op de grondwaterkwaliteit

De effecten van brijninjectie op de chlorideconcentratie van het grondwater zijn berekend met behulp van een dichtheidsafhankelijk grondwatermodel waarin tevens het transport van zoet, brak en zout water wordt gemodelleerd. De details van de schematisatie, opbouw en invoer van het model staan beschreven in Bijlage E.

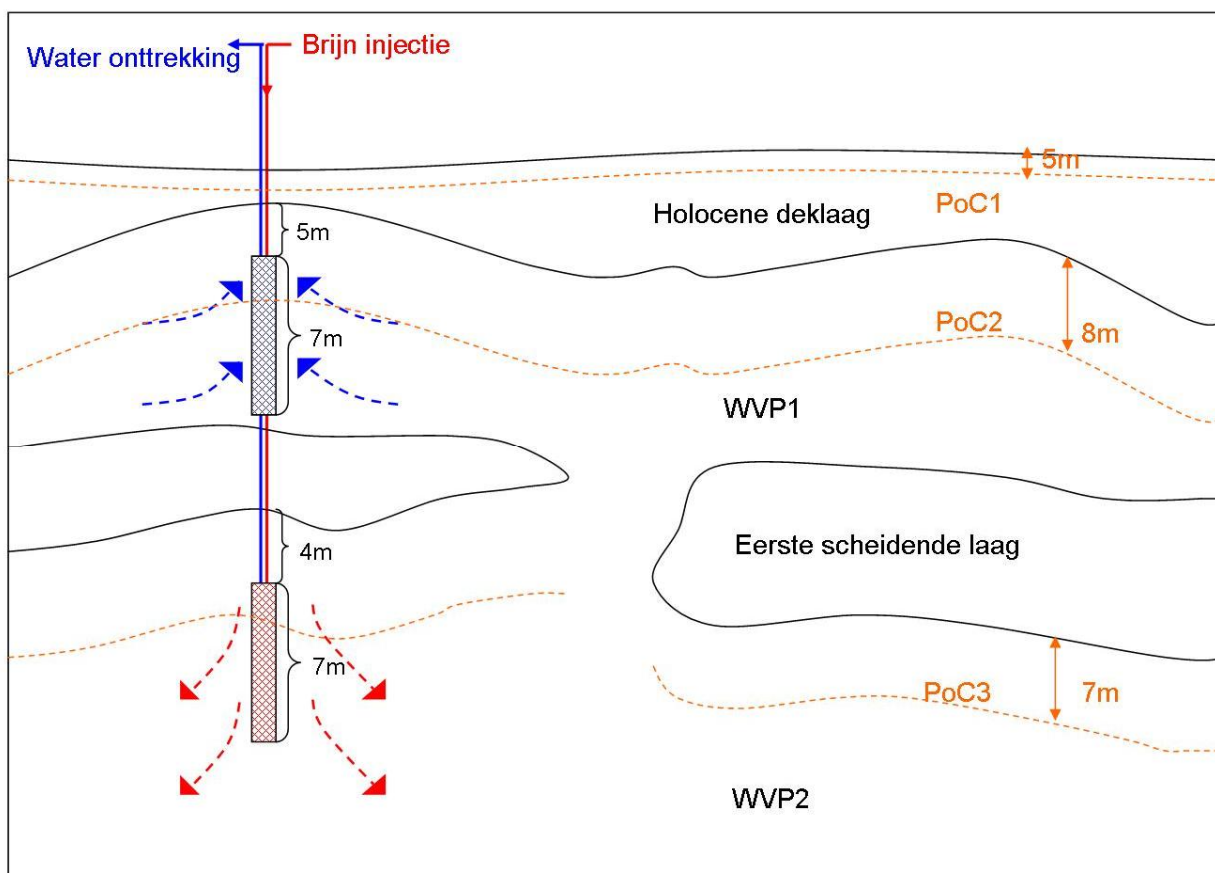
In dit hoofdstuk worden de effecten van de gecombineerde onttrekking van grondwater en brijninjectie ten behoeve van de glastuinbouw in het Westland op de chlorideconcentratie in de vorm van kaarten gepresenteerd. De keuze van de kaarten en de elementen die daarop te zien zijn, zijn samen met Provincie Zuid Holland (PZH), Productschap Tuinbouw (PT) en LTO Glaskracht besproken. Doel van de kaarten is het in beeld brengen van de effecten van brijnsystemen op de belangrijkste maatschappelijke functies (zie hoofdstuk 2). Het model is doorgerekend voor een tijdspanne van 90 jaar. De effecten zijn gevisualiseerd voor 10, 50 en 90 jaar. De tijdshorizon van 50 jaar is door de stakeholders (PZH, PT en LTO Glaskracht) als meest relevant gekozen en de resultaten hiervan worden gepresenteerd in dit hoofdstuk. In Bijlage F staan de resultaten na 10 en na 90 jaar weergegeven.

Omdat er meer gebruiksfuncties in het eerste watervoerend pakket dan in het tweede watervoerend pakket aanwezig zijn, concentreren we ons in dit hoofdstuk meer op het eerste dan op het tweede watervoerend pakket.

3.1 Opzet

De effecten van de brijninjectiesystemen op de chlorideconcentratie zijn op bepaalde diepteniveaus onderzocht, die op basis van de ligging van de maatschappelijke functies gedefinieerd zijn. Op deze diepteniveaus zijn oppervlakken gedefinieerd waar naar de effecten op de chlorideconcentratie gekeken wordt. Deze oppervlakken noemen we *Planes of Compliance* (PoC). Er zijn drie PoC's gedefinieerd (Figuur 3.1):

- Op 5 meter beneden maaiveld (PoC1), om de effecten op het oppervlaktewatersystemen in beeld te brengen.
- In het midden van het eerste watervoerend pakket (PoC2), 8 meter beneden de onderkant van de Holocene deklaag. Met deze PoC kunnen de effecten in drinkwateronttrekkingen en andere onttrekkingen worden geïdentificeerd.
- In het midden van het tweede watervoerend pakket (PoC3), ofwel 7 meter beneden de onderkant van de eerste scheidende laag, om de effecten op WKO's te karteren.



Figuur 3.1 Schematische weergave van de ondergrond met de locatie van de onttrekking van grondwater, de injectie van brijn en de locaties van de Planes of Compliance (PoC's, diepteniveaus) waar de effecten van brijnsystemen geanalyseerd zijn. WVP1: eerste watervoerend pakket (20-40 m-mv); WVP2 en WVP3: tweede en derde watervoerend pakket (tot ca. 100 m-mv).

Om de effecten van brijnsystemen inzichtelijk te krijgen is het model gerund voor een situatie zonder en met brijnsystemen. Door de resultaten van beide kaarten met elkaar te vergelijken zien we de effecten van de brijnsystemen en niet van de autonome verandering in chlorideconcentratie. Aangezien grondwater als bron van gietwater veelal alleen in de zomer wordt gebruikt, is in de modelscenario's met brijnsystemen, het brijnsysteem (onttrekking en injectie) in het model alleen aangezet van mei tot september en uitgezet in de andere maanden van het jaar.

Er is één referentiescenario gedraaid en er zijn twee typen scenario's gedraaid als gevoeligheidsanalyse:

1. Case Referentie: in de referentiescenario's (met en zonder brijnsystemen) is gerekend met het injectie/onttrekkingsregime zoals weergegeven in Bijlage D;
2. Case Hogere Debieten: scenario met hogere onttrekkings- en injectiedebieten (zoals in een droog jaar zou worden toegepast) met dezelfde injectie/onttrekkingsperiode als bij het referentiescenario (zie Bijlage E);
3. Case Lage Weerstand Eerste Scheidende Laag: scenario's met en zonder brijnsystemen waarbij is gerekend met een lagere weerstand van de eerste scheidende laag.

Belangrijk is te realiseren dat niet met een gemiddelde situatie voor de glastuinbouwgebieden gewerkt kan worden. Juist de heterogeniteit binnen de glastuinbouwgebieden zorgt ervoor dat brijnlozingen op bepaalde plekken een risico vormen binnen een glastuinbouwgebied en op andere plekken niet. Bepaalde invoerparameters van het model zijn relatief onzeker terwijl ze

van groot belang in de resultaten van het model zijn. Om deze reden zijn het scenariotype Case Hogere Debieten en Case Lage Weerstand Eerste Scheidende Laag voor het eerste watervoerend pakket doorgerekend.

3.2 Resultaten van het scenariotype Case Referentie

Om de effecten van de brijnsystemen te kwantificeren, is er een vergelijking gemaakt tussen het scenario met en zonder brijnsystemen.

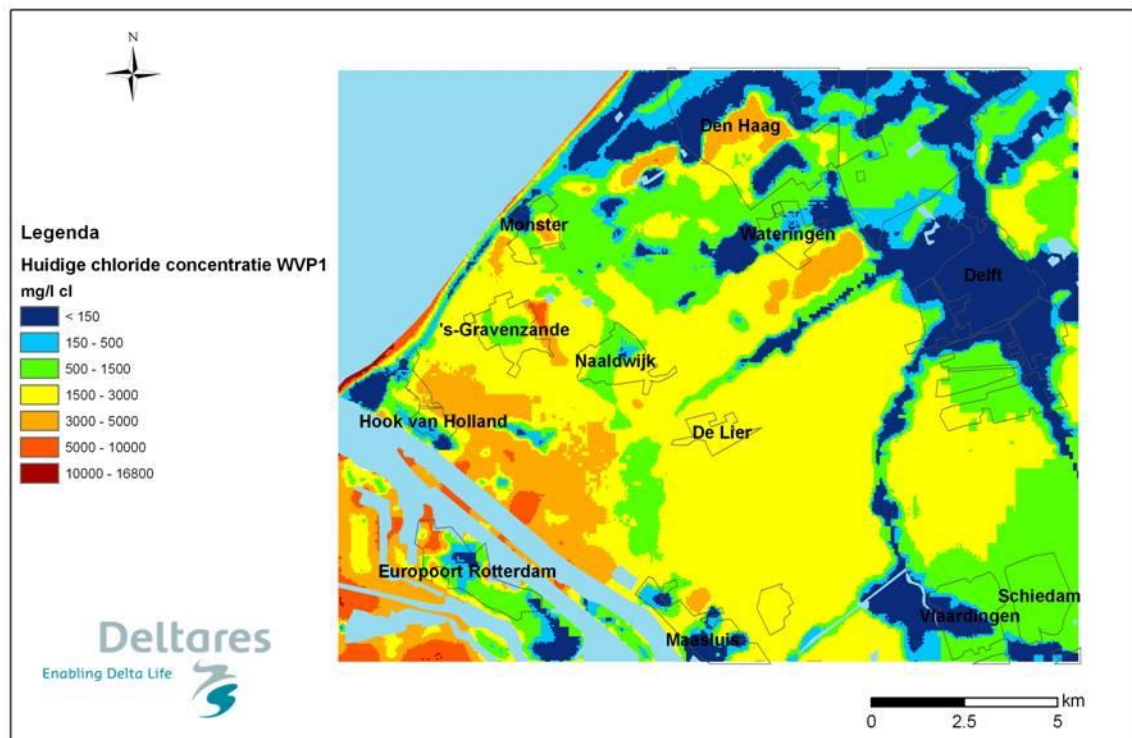
3.2.1 Effecten op maaiveld

Om de effecten van brijninjecties op maaiveld te kunnen voorspellen, is naar de resultaten van het model op 5 meter beneden maaiveld gekeken.

Op deze diepte zijn de effecten na zowel 10, 50 als 90 jaar te verwaarlozen. Om deze reden zijn er geen kaarten weergegeven.

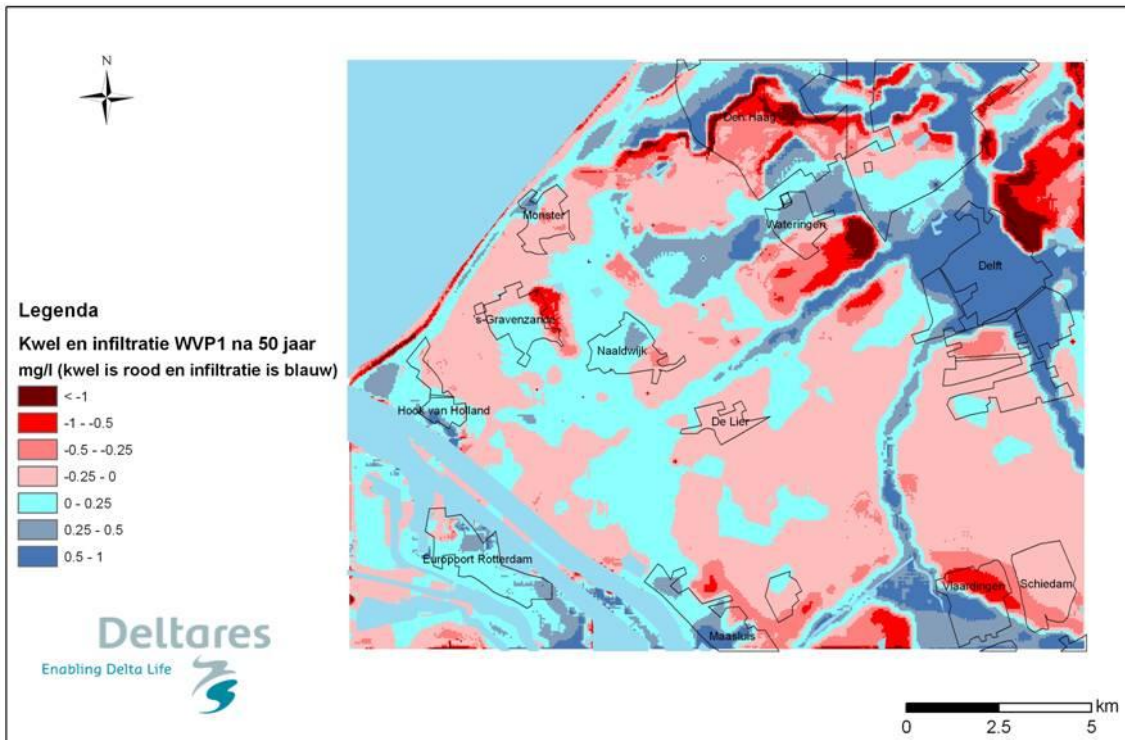
3.2.2 Effecten in het eerste watervoerend pakket

Figuur 3.2 laat de huidige chlorideconcentratie in het midden van het eerste watervoerend pakket zien als er geen brijnsystemen in werking zouden zijn. In de figuur is te zien dat het grondwatersysteem bijna overal brak is behalve in infiltratiegebieden (zie Figuur 3.3), waar het grondwater zoet is.

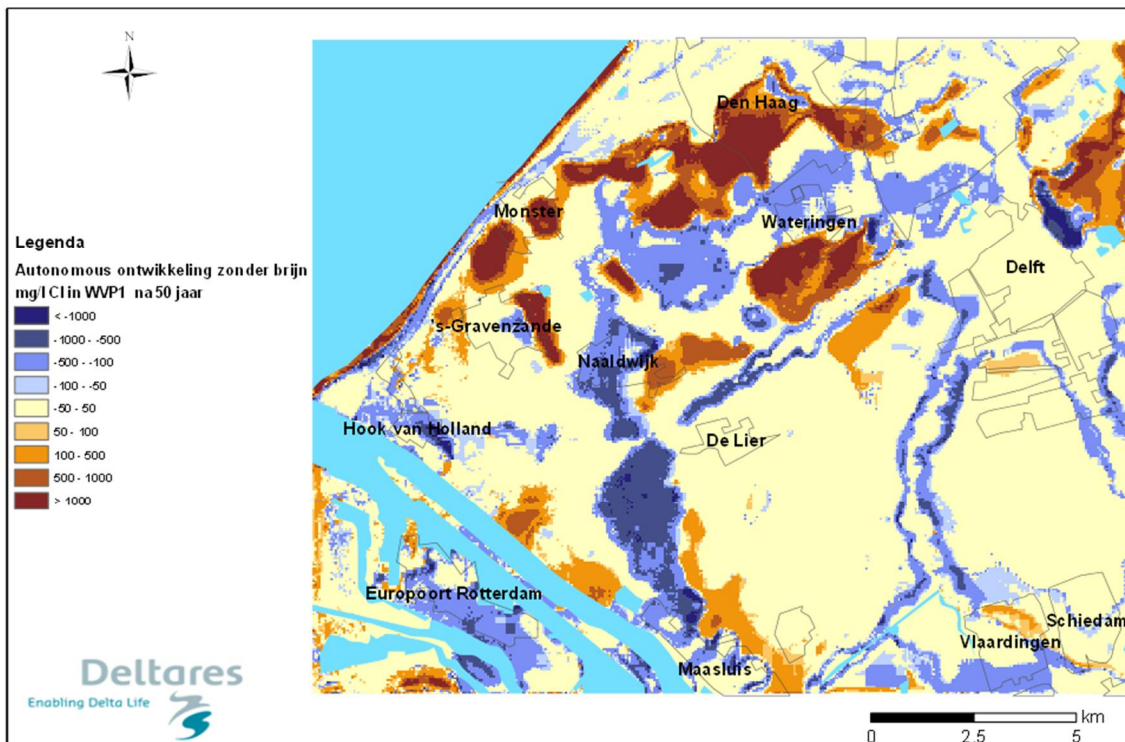


Figuur 3.2 Huidige chlorideconcentratie in het midden van de onttrekkingsdiepte in het eerste watervoerend pakket.

De autonome ontwikkeling in de chlorideconcentratie van het gebied na 50 jaar, als er geen brijninjectiesystemen in het gebied zouden zijn geweest, is weergegeven in Figuur 3.4. Blauwe kleuren geven aan dat het gebied verzoet in de komende 50 jaar, en bruine kleuren geven aan dat het gebied verzilt. Dit figuur laat zien dat delen van het gebied verzoeten met meer dan 500 mg/l chloride. Andere delen van het gebied verzilten met meer dan 1000 mg/l chloride. Deze gebieden komen goed overeen met de kwel en infiltratie zones (zie Figuur 3.3), waarbij verzoeting optreedt in infiltratiegebieden en verzilting in kwelgebieden.



Figuur 3.3 Kwel en infiltratie in het eerste watervoerend pakket in het studiegebied na 50 jaar.

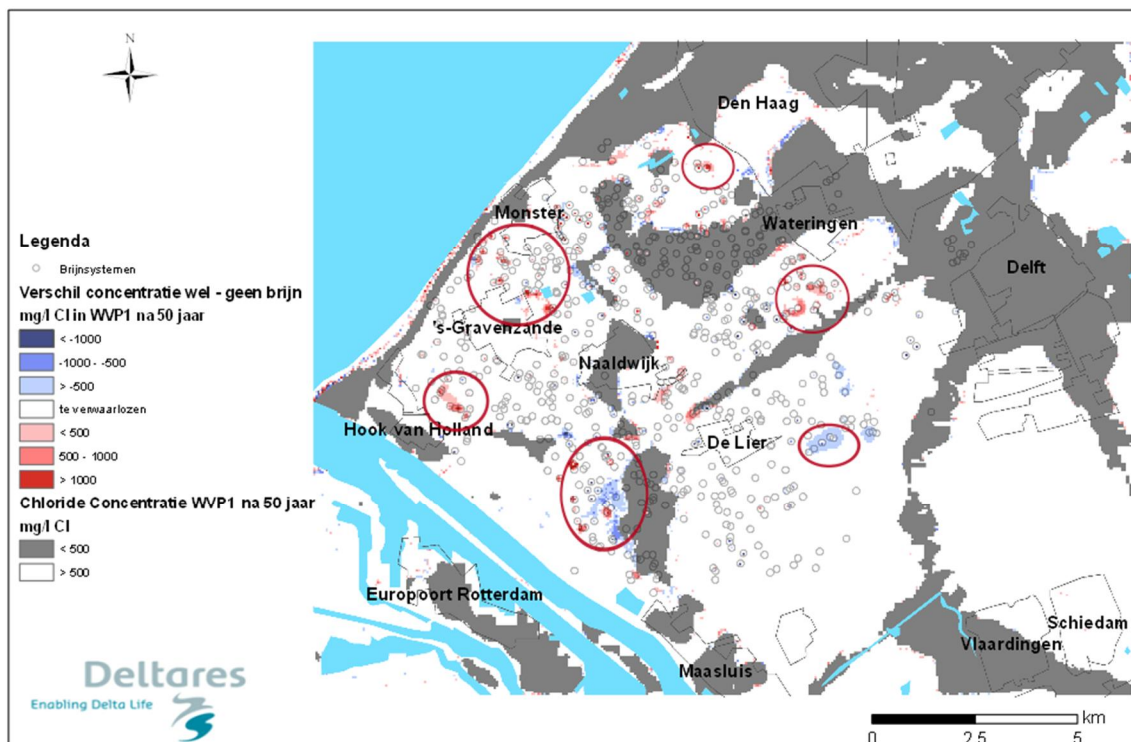


Figuur 3.4 Autonome ontwikkeling van de zoet-brak-zout verdeling in het eerste watervoerend pakket van het gebied in de volgende 50 jaar zonder brijnsystemen. Blauwe kleuren geven versoeting aan en bruine kleuren geven verzilting aan.

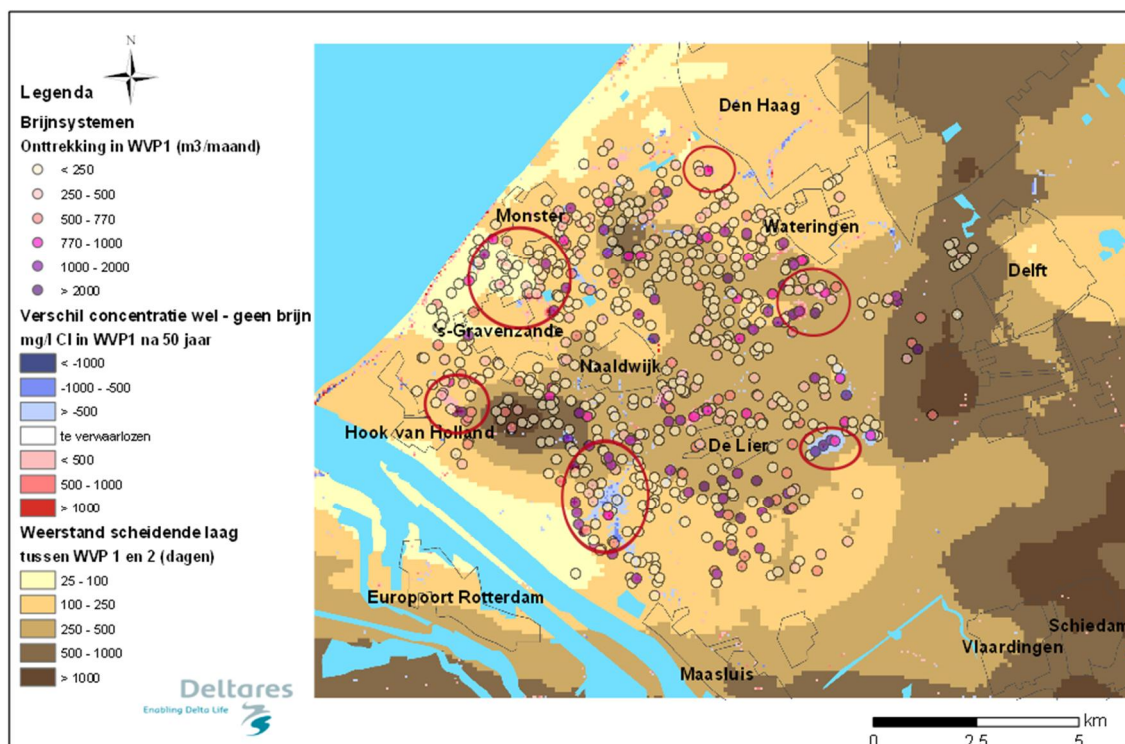
De effecten op de chlorideconcentratie in het gebied met brijnsystemen na 50 jaar zijn in Figuur 3.5 te zien. Als eerste valt op dat de effecten erg lokaal zijn. De effecten kunnen zowel

verzoeting als verzilting van het watervoerend pakket betekenen. De reden hiervoor is dat het eerste watervoerend pakket heterogeen is wat betreft chlorideconcentratie en er komen redelijk veel inversies voor (zout water boven zoet water – zie profielen in Figuur E.6 in Bijlage E). Als er water onttrokken wordt, kan het diepere zoete water omhoog komen. Met de tijd zal deze verzoeting echter in verzilting omslaan omdat het tweede watervoerend pakket zouter is en steeds zouter wordt vanwege de brijninjecties (zie figuren F.2 en F.4 in Bijlage F – figuren na 90 jaar). In Figuur 3.5 is weergegeven of de achtergrondconcentratie van chloride in het eerste watervoerend pakket hoger (wit) of lager (grijs) is dan 500 mg/l (over 50 jaar met de autonome verandering). In de figuur is te zien dat de verziltingseffecten van de brijnsystemen voornamelijk in zones voorkomen waar de chlorideconcentratie van nature al hoger dan 500mg/l is. In de gebieden met een chlorideconcentratie lager dan 500 mg/l is minder verzilting te zien.

De effecten van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie zijn niet homogeen voor het hele gebied. In het zuiden en westen van het gebied zijn de effecten groter dan in het oosten. Figuur C.2 in Bijlage C laat zien dat de weerstand van de slechtdoorlatende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket lager is in het westen en zuiden dan in het centrum en oosten van het gebied. De lage weerstand gecombineerd met hoge onttrekkingsdebieten (zie Figuur 3.6) heeft een groter effect van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie van het eerste watervoerend pakket tot gevolg.



Figuur 3.5 Effect van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket na 50 jaar, scenariotype Case Referentie. Blauwe kleuren geven aan dat het systeem verzoet als gevolg van de brijnsystemen en 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.



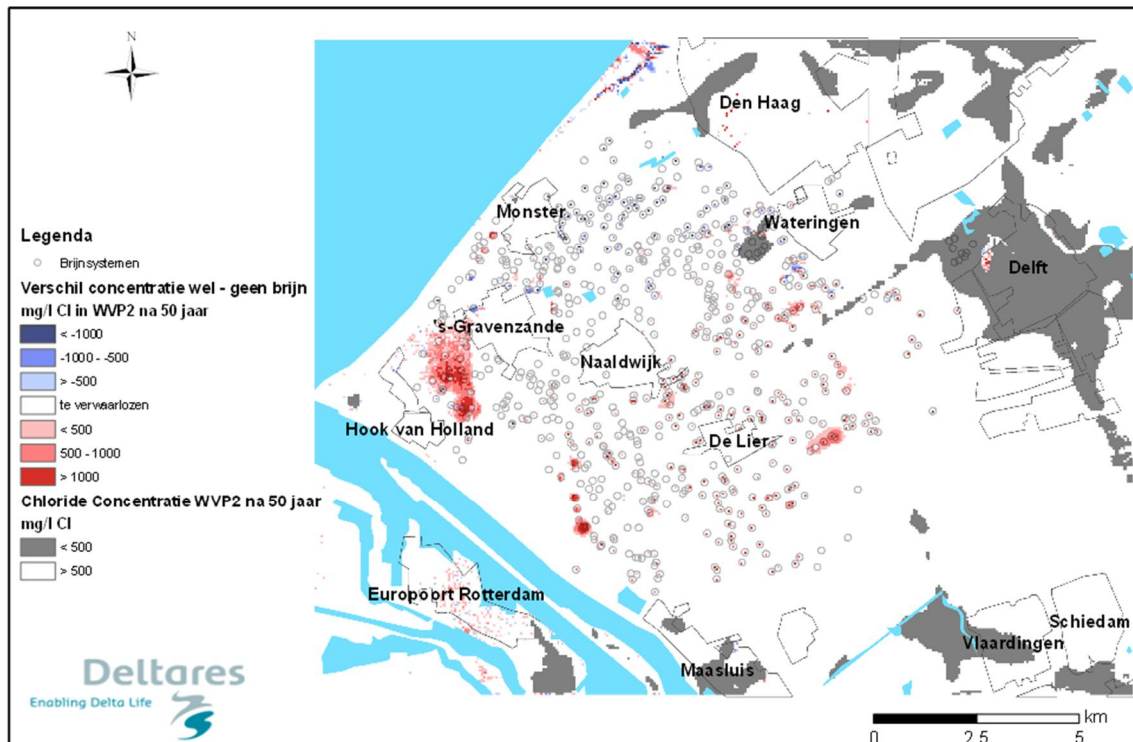
Figuur 3.6 Weerstand van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket, debieten van de onttrekkingen van de brijnsystemen in het eerste watervoerend pakket en effecten van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket na 50 jaar. De rode rondjes geven de locaties aan waar de grootste effecten plaats vinden.

In het onderzoeksgebied heeft de laterale grondwaterstroming een sterke gradiënt vanwege de grote onttrekking van de DSM in Delft (zie Figuur C.3 in Bijlage C). De verziltings- en verzoetingseffecten als gevolg van de brijninjecties zijn echter (erg) lokaal en worden niet verplaatst vanwege de grondwaterstroming.

Hierboven is naar een tijdsperiode van 50 jaar gekeken. Als de veranderingen in chlorideconcentratie na 10 en 90 jaar worden beschouwd (zie Figuren F.1 en F.2 in Bijlage F), is te zien dat er minder verandering in de chlorideconcentratie tussen 50 en 90 jaar optreedt dan tussen 10 en 50 jaar. De trend is dus dat door de constante injectieconcentratie van brijn (chlorideconcentratie van de brijninjectie blijft constant over de tijd in het model) de eerste 50 jaar een verandering in de chlorideconcentratie merkbaar is, daarna gaat de verzilting/verzoeting naar een dynamische evenwichtssituatie.

3.2.3 Effecten in het tweede watervoerend pakket

De kaart van de effecten van de brijnsystemen op het tweede watervoerend pakket na 50 jaar is weergegeven in Figuur 3.7 en de kaarten na 10 en 90 jaar zijn opgenomen in Bijlage F (Figuren F.3 en F.4). In het tweede watervoerend pakket zijn de effecten van de brijnsystemen, zoals verwacht, groter dan in het eerste watervoerend pakket omdat de brijninjectie in deze laag plaats vindt. Met name in het gebied tussen Hoek van Holland en 's-Graveland is er een grote zone te zien die na 10 jaar al sterk verzilt is. In de eerste 50 jaar is er een grote verandering in chlorideconcentratie te zien vanwege brijn, daarna lopen de verzilting en verzoeting naar een dynamische evenwichtssituatie vanwege de constante injectieconcentratie. Daarom is er minder verandering in chlorideconcentratie tussen 50 en 90 jaar dan tussen 10 en 50 jaar. De verzilte gebieden zijn door grondwaterstroming na 90 jaar niet veel verplaatst.



Figuur 3.7 Effect van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het tweede watervoerend pakket na 50 jaar, scenariotype Case Referentie. Blauwe kleuren geven aan dat het systeem verzoet als gevolg van de brijnsystemen en 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).

3.3 Gevoeligheidsanalyse modellering

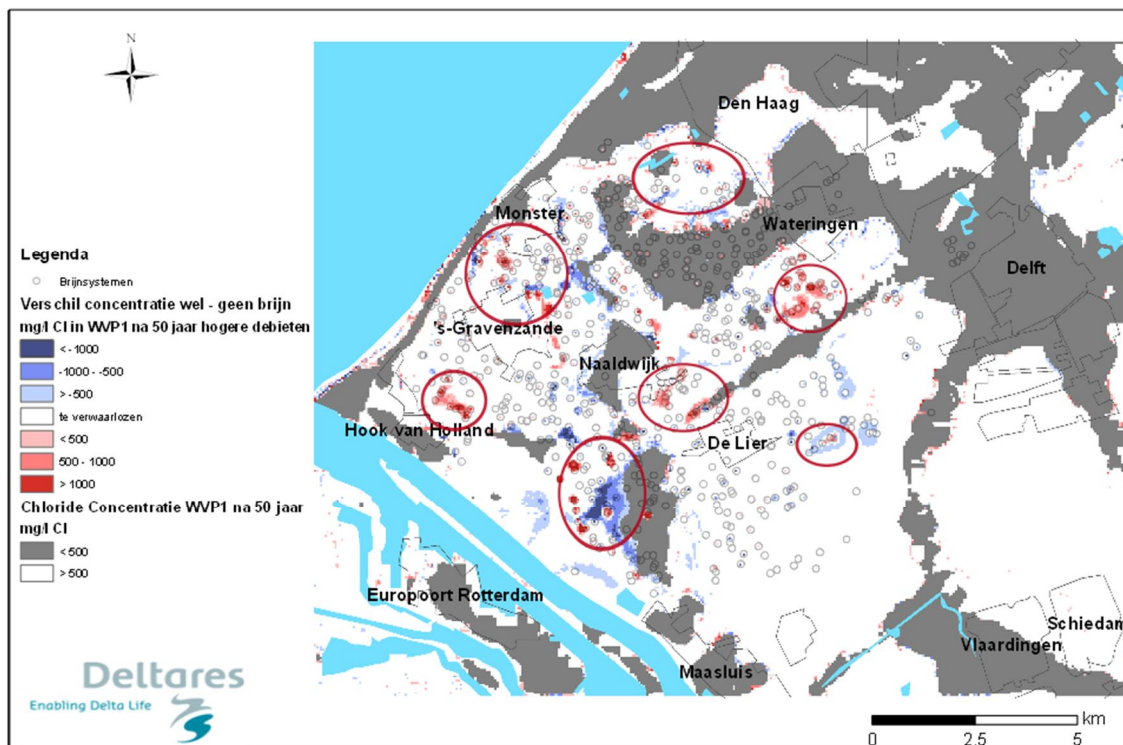
Als gevoeligheidsanalyse voor de resultaten van de modellering zijn twee scenario's op het eerste watervoerend pakket gedraaid:

1. Case Hogere Debieten: Scenario met hogere onttrekkings- en injectiedebieten met dezelfde injectie/onttrekkingsperiode als bij het referentiescenario (zie Bijlage E);
2. Case Lage Weerstand Eerste Scheidende Laag: Scenario's met en zonder brijnsystemen met een lagere weerstand van de eerste scheidende laag.

3.3.1 Resultaten van het scenariotype Case Hogere Debieten

In het scenariotype Case Hogere Debieten wordt een situatie gesimuleerd met droge zomers, waardoor de debieten van de onttrekkingen, en dus ook de brijninjecties, hoger zijn. De onttrekkings- en injectieperiodes blijven hetzelfde maar de debieten zijn ongeveer 3 keer hoger dan in het referentie scenario. De resultaten van dit scenario zijn alleen voor het eerste watervoerend pakket weergegeven.

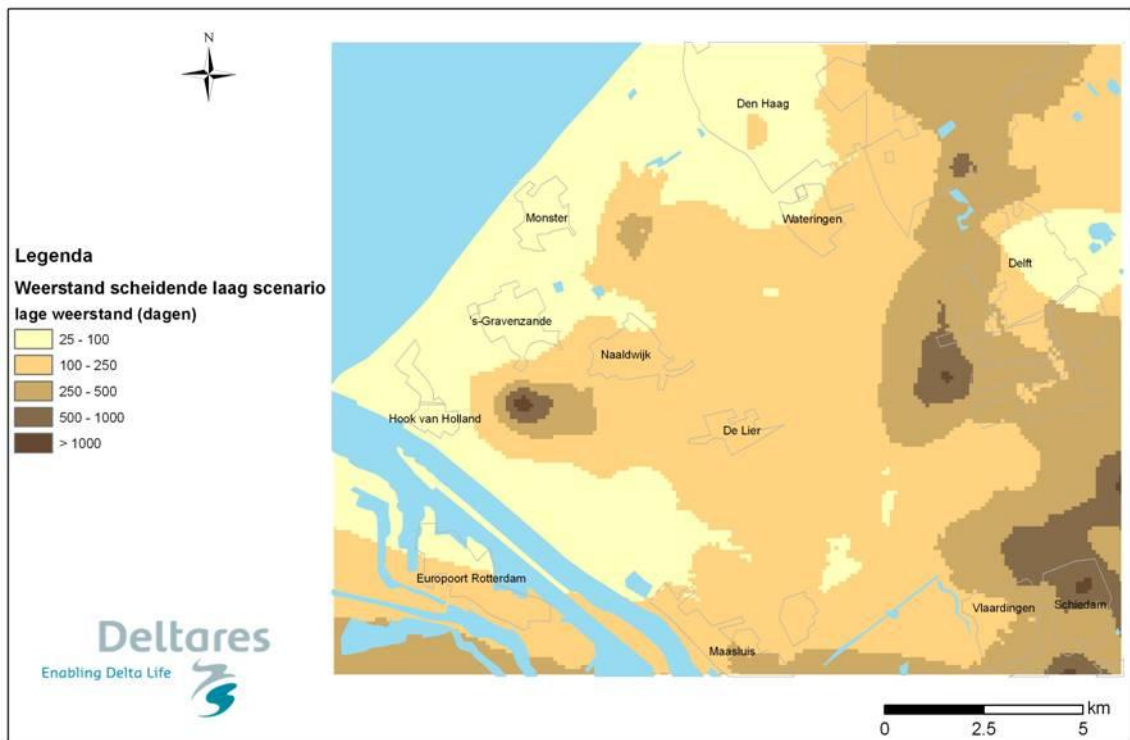
In Figuur 3.8 is te zien dat het gevolg van de onttrekking en injectie met hogere debieten in het eerste watervoerend pakket is dat de verzilting en verzoeting op meer plekken en met een hogere intensiteit voorkomt. Het blijft echter een lokaal effect en wordt niet verspreid vanwege de achtergrondgrondwaterstroming.



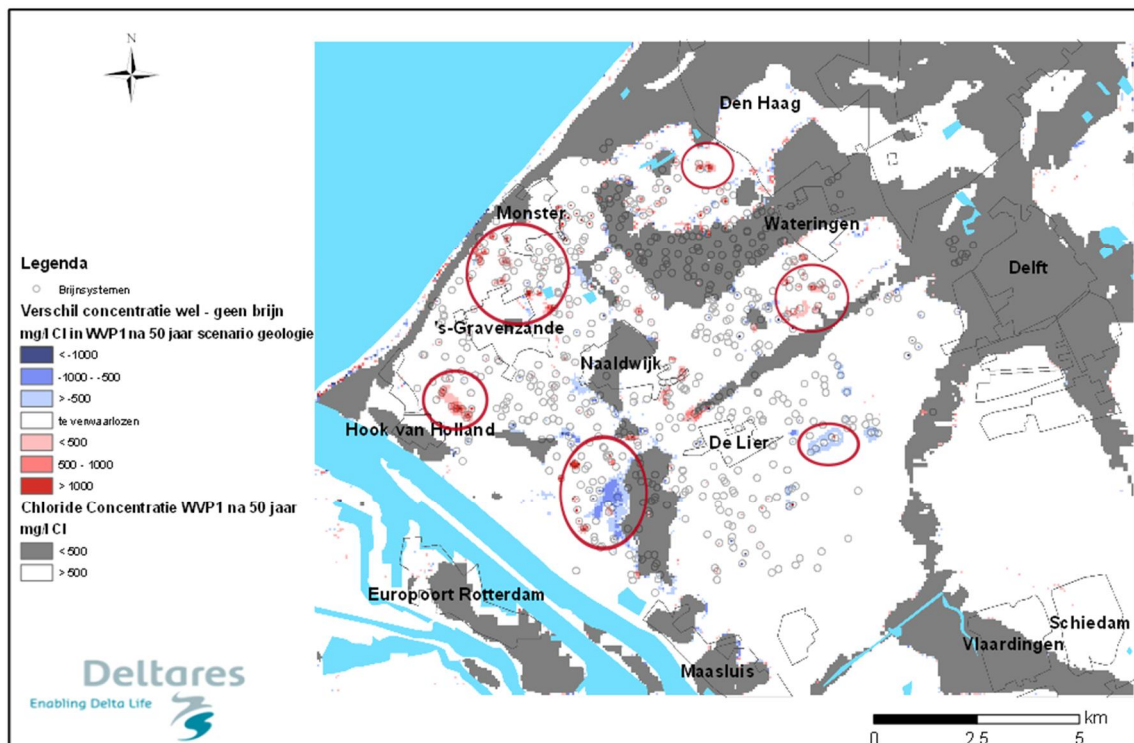
Figuur 3.8 Effect van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket na 50 jaar in het scenariotype Case Hogere Debieten met hogere onttrekkings- en injectiedebieten. Blauwe kleuren geven aan dat het systeem verzoet als gevolg van de brijnsystemen en rode kleuren geven aan dat het systeem verzilt. De achtergrond (natuurlijke) chlorideconcentratie is aangegeven met grijs (chlorideconcentratie kleiner dan 500mg/l) en wit (chlorideconcentratie hoger dan 500mg/l). De rode rondjes geven de locaties aan waar de grootste effecten plaats vinden.

3.3.2 Resultaten van het scenariotype Case Lagere Weerstand Eerste Scheidende Laag

De weerstand van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket is een belangrijke parameter die deels de terugstroming van brijn bepaalt. Om deze reden is in het scenariotype Case Lagere Weerstand Eerste Scheidende Laag de weerstand van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket verlaagd. De verticale hydraulische conductiviteit is twee keer zo groot gemaakt waardoor de weerstand lager wordt. De resultaten van dit scenario zijn alleen voor het eerste watervoerend pakket weergegeven. Figuur 3.9 laat de weerstand van de scheidende laag voor dit scenario zien.



Figuur 3.9 Weerstand van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket, zoals gebruikt voor het scenariotype Case Lagere Weerstand Eerste Scheidende Laag.



Figuur 3.10 Effect van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket na 50 jaar in het scenariotype Case Lage Weerstand met lagere weerstand in de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket. Blauwe kleuren geven aan dat het systeem verzoet als gevolg van de brijnsystemen. Rode kleuren geven aan dat het systeem verzilt. De achtergrond (natuurlijke) chlorideconcentratie is aangegeven met grijs (chlorideconcentratie kleiner dan 500mg/l) en wit (chlorideconcentratie hoger dan 500mg/l). Rode rondjes geven aan waar de grootste effecten plaats vinden.

De verzilting en verzoeting van het eerste watervoerend pakket in het scenariotype Case Lage Weerstand als gevolg van brijnsystemen, zijn intenser dan bij het scenariotype Case Referentie (zie Figuur 3.10). Het verschil tussen beide scenario's is echter klein, hoewel de weerstand van de scheidende laag in bepaalde plekken met 1000 dagen verlaagd is. In het zuiden en oosten van het gebied, waar de weerstand van de scheidende laag in Case Referentie al laag was, zijn de grootste effecten te zien, maar zelfs hier zijn de effecten op regionale schaal beperkt. Een lagere weerstand van de scheidende laag veroorzaakt dus geen grotere concentratieveranderingen in het grondwatersysteem ten opzichte van Case Referentie.

3.4 Effect van brijninjecties op andere waterkwaliteitsparameters

Voor het Westland is er een redelijk goed zicht op de (ruimtelijke) regionale voorkomens van zoet, brak en zout grondwater en de bijbehorende chlorideconcentraties. De discussie rondom de effecten van brijninjectie beperkt zich echter niet tot chloride, maar richt zich ook op waterkwaliteitsparameters als nutriënten, zware metalen, enkele sporenelementen en milieuvreemde stoffen. Wij hebben slechts een beperkt beeld van de chemische samenstelling van het water in de watervoerend pakketten ten aanzien van deze parameters. Belangrijkste reden hiervoor is de beperkte data beschikbaarheid.

3.4.1 Eerdere studies met betrekking tot grondwaterkwaliteit

Milieu-eigen stoffen

Klein & Passier hebben twee studies uitgevoerd naar de grondwaterkwaliteit in relatie tot brijnlozingen in de provincie Zuid-Holland (2009, 2010). De meest gedetailleerde, maar nog altijd beperkte informatie is afkomstig uit deze studies. De resultaten van beide studies worden hieronder besproken.

In Klein & Passier (2009) zijn N-percentielwaarden voor milieu-eigen stoffen in het grondwater en brijn in Zuid-Holland bepaald, waarbij is aangenomen dat het brijn een factor 2 verdikt grondwater uit het eerste watervoerend pakket is. Een N-percentielwaarde komt overeen met de getalswaarde waarvan N% uit een dataset een lagere waarde heeft (zie ook Bijlage C). Klein & Passier (2009) bepaalden N-percentielwaarden voor het Westland en Oostland samen, omdat door de beperkte datadichtheid het niet mogelijk was percentielwaarden te berekenen voor het Westland alleen. Uit deze analyse bleek dat (zie ook Bijlage C):

- voor chloride, lood en zink de concentraties (P50) van brijn op eenzelfde (lood) of lager (chloride, zink) niveau ligt dan die van het tweede watervoerend pakket (injectieaquifer);
- voor chroom, nikkel, arseen, cadmium, koper en ammonium concentraties (P50) van brijn op een hoger niveau te liggen dan die van het tweede watervoerend pakket (injectieaquifer);
- voor barium, door de grote spreiding in concentraties in het brijn, geen uitspraken gedaan kunnen worden;
- voor alle genoemde sporenelementen, uitgezonderd barium (in zowel het tweede watervoerend pakket als het brijn), de concentratie (P50) van het brijn onder de landelijke streefwaarde voor diep grondwater ligt. Opgemerkt wordt dat barium, net als veel andere elementen en nutriënten, veelvuldig in hoge concentraties voorkomt in brak grondwater (Stuyfzand & Raat, 2010), en dat de landelijke streefwaarden voor deze stof (in brakke milieus) weinig relevant zijn.

In Klein & Passier (2010) zijn voor een aantal milieu-eigen stoffen gemeten concentraties in het brijn vergeleken met concentraties in het grondwater in het tweede watervoerende pakket (in vijf glastuinbouwgebieden in de Provincie Zuid-Holland). Deze vergelijking kon gemaakt worden voor de stoffen chroom, lood, koper, zink, cadmium, arseen, nikkel, antimoon,

molybdeen, kobalt, barium, ammonium, nitraat, chloride en sulfaat. Getoetst is of brijninjectie voldoet aan het beleid en de regelgeving wat betreft de ondergrond. In lijn met de filosofie van de Kaderrichtlijn Water en het Prevent and Limit-principe van de Grondwaterrichtlijn gaat het om het voorkomen van toevoegen van stoffen ('gevaarlijke' stoffen) of om het beperken ('niet-gevaarlijke' stoffen). Uit de in Klein & Passier (2010) voorgestelde toetsing bleek dat voor de gevaarlijke stoffen cadmium, lood, arseen en antimoon geldt dat brijnlozing in het tweede watervoerende pakket strijdig is met het Prevent principe uit het Prevent and Limit artikel uit de Grondwaterrichtlijn. Voor de niet-gevaarlijke stoffen kobalt, vanadium, barium, chloride, sulfaat en ammonium geldt dat de concentraties in het brijn zodanig zijn dat lozing niet voldoet aan het Limit principe uit het Prevent and Limit artikel van de Grondwaterrichtlijn. Hierbij wordt opgemerkt dat het grondwater in het Westland valt onder het grondwaterlichaam Zout Rijn-West. Voor dit grondwaterlichaam wordt een chloridenorm niet relevant geacht. Tevens overschrijden de barium- en vanadiumconcentratie in het brijn een aantal maal de interventiewaarde (uit de circulaire van VROM (2000)).

Discussie wijze van toetsing

Er zijn verschillende manieren om te toetsen of brijninjectie in het tweede watervoerend pakket tot grondwaterkwaliteitsverslechtering zal leiden. In paragraaf 3.3 van Klein & Passier (2010) wordt hier uitgebreid op ingegaan. Zo kan uit het oogpunt van bescherming naar de P90 van brijn gekeken worden. Als bijvoorbeeld de P50 van brijn genomen wordt, bestaat de kans dat je opvult naar de norm. Voor normstelling geldt in principe dat wanneer er een duurzame situatie moet worden gehandhaafd, waarbij geen menselijke invloed mag optreden, wordt uitgegaan van de natuurlijke achtergrondconcentratie. Deze natuurlijke achtergrondconcentratie wordt ingeschat door de mediane achtergrondconcentratie, oftewel de 50-percentiel waarde. Indien wel menselijke invloed geaccepteerd wordt op de concentraties, of wanneer juist getoetst moet worden of een natuurlijk systeem door mensen beïnvloed is, heeft het de voorkeur uit te gaan van het 90-percentiel.

De uiteindelijke keuze voor de toetswaarden en toetscriteria is een beleidskeuze die valt binnen de belangenafwegingen van het bevoegd gezag.

Milieuvreemde stoffen

Bovenstaande studies zijn beperkt tot milieu-eigen stoffen. Eventuele milieuvreemde stoffen, zoals bestrijdingsmiddelen, in het eerste watervoerend pakket kunnen alleen afkomstig zijn vanaf maaiveld en vanuit oppervlaktewatersystemen en dan alleen in de infiltratiegebieden (zie paragraaf 3.2.2). In de Evaluatie Brijnbeleid (Provincie Zuid-Holland, 2010b) staat beschreven dat bedrijven die een ontheffing aanvragen verplicht zijn om de gehalten aan milieuvreemde stoffen in brijn te analyseren. In de Evaluatie Brijnbeleid wordt geconcludeerd dat milieuvreemde stoffen in de geëvalueerde periode niet zijn aangetoond. Aandachtspunt is echter dat bepaalde stoffen weldegelijk in de analyses zijn aangetroffen, maar dat de concentraties onder het meetbereik (de detectiegrens) van de gehanteerde analysemethode waren en dat voor een aantal parameters deze detectiegrens hoger was dan de streefwaarde zoals vastgelegd in de vigerende Circulaire Bodemsanering 2009. Volgens dezelfde circulaire zouden de analyses moeten worden uitgevoerd volgens de zogenaamde AS3000 norm. Uit de detectiegrenzen in de rapportage blijkt niet dat deze analysenorm is aangehouden.

3.4.2 Effect brijninjecties op andere waterkwaliteitsparameters

In deze studie zijn alleen modelberekeningen uitgevoerd voor chloride. Deze modelresultaten kunnen een indicatie geven over het verspreidingsgedrag van de bovengenoemde stoffen en de risico's voor gebruiksfuncties. In paragraaf 3.2.3 werd duidelijk dat het geïnjecteerde brijn zich binnen het tweede watervoerende pakket weinig verplaatst. Verspreiding van parameters als zware metalen en nutriënten binnen het tweede watervoerende pakket zal dan ook beperkt zijn. Paragraaf 3.2.2 laat zien dat geïnjecteerd brijn slechts zeer lokaal ook naar het eerste watervoerende pakket stroomt en daar tot een verhoging van de chlorideconcentratie zal leiden. Dit gaat dan ook op voor andere kwaliteitsparameters, die alleen lokaal kunnen toenemen in het eerste watervoerende pakket. Verspreiding van metalen als koper, zink en cadmium naar het eerste watervoerende pakket zal verder worden beperkt en vertraagd (retardatie) door mogelijke sorptie in de slecht doorlatende lagen aan klei en ijzerverbindingen.

4 Gevolgen van brijn op de gebruiksfuncties in het Westland

4.1 Effect van brijn op functies aan maaiveld

Aangezien de effecten van brijnsystemen op het maaiveld zeer klein zijn (paragraaf 3.2.1), worden op basis van de modelresultaten geen effecten op de maatschappelijke functies aan maaiveld verwacht (oppervlakte water, zwemwaterlocaties, waterparels, TOP-verdrogingsgebieden, natuurgebieden en EHS).

4.2 Effect van brijn op functies in het eerste watervoerend pakket

De gebruiksfuncties van het eerste watervoerend pakket zijn de onttrekkingen ten behoeve van de glastuinbouw, de onttrekking in Delft van voormalig DSM en de drinkwaterwinning bij Monster (winningslocatie Solleveld).

Onttrekkingen grondwater door de glastuinbouw

Het injecteren van brijn is gekoppeld aan het onttrekken van grondwater ten behoeve van de gietwatervoorziening.

De huidige chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket is in de kwelgebieden overwegend tussen de 1500 en 5000 mg/l. Op basis van de modelresultaten zal op enkele plekken op termijn (periode 50 jaar) de chlorideconcentratie (lokaal) toenemen met zo'n 500 tot 1000 mg/l. Incidenteel kan de concentratietoename > 1000 mg/l zijn (zie Figuur 3.5).

De resultaten met hogere debieten (Figuur 3.7) geeft aan dat als gevolg van de onttrekking en injectie de verzilting en verzoeting op meer plekken en met een hogere intensiteit voorkomt, waarbij het vanwege de achtergrondwaterstroming een lokaal effect blijft.

Relatief ongunstig is een situatie op bedrijfsniveau waarbij:

- sprake is van een autonoom verziltende situatie (aanvoer van zout grondwater);
- een scheidende laag met een lage weerstand tussen het eerste en tweede watervoerend pakket;
- met relatief hoge onttrekkings- en injectiedebieten op één locatie en waarbij onttrekking en injectie dicht (boven/onder) bij elkaar geplaatst zijn.

De tuinder zal in loop van jaren merken dat de EC van het onttrokken water langzaam oploopt.

Voor tuinders zal deze concentratietoename vermoedelijk weinig problemen opleveren, alleen het rendement van de RO zal mogelijk (iets) afnemen. Eventuele lokale concentratietoenames van andere parameters (nutriënten, zware metalen, sporenelementen) zijn voor tuinders minder relevant.

Drinkwatervoorziening

Ter plekke van de drinkwaterwinning van Monster treedt er geen verzilting op. Direct ten oosten van dit gebied treedt wel een verzilting op, maar dit is vooral te wijten aan het autonome verziltingsproces. Brijninjecties hebben hier geen verziltende werking.

Brijninjecties die plaatsvinden in het Westland hebben dus geen negatieve gevolgen voor de drinkwatervoorziening. Opgemerkt wordt dat in andere delen van Zuid-Holland brijninjectie en drinkwatervoorziening wel kunnen botsen. Gebiedsspecifiek onderzoek, vergelijkbaar met deze studie, is nodig om dit uit te zoeken.

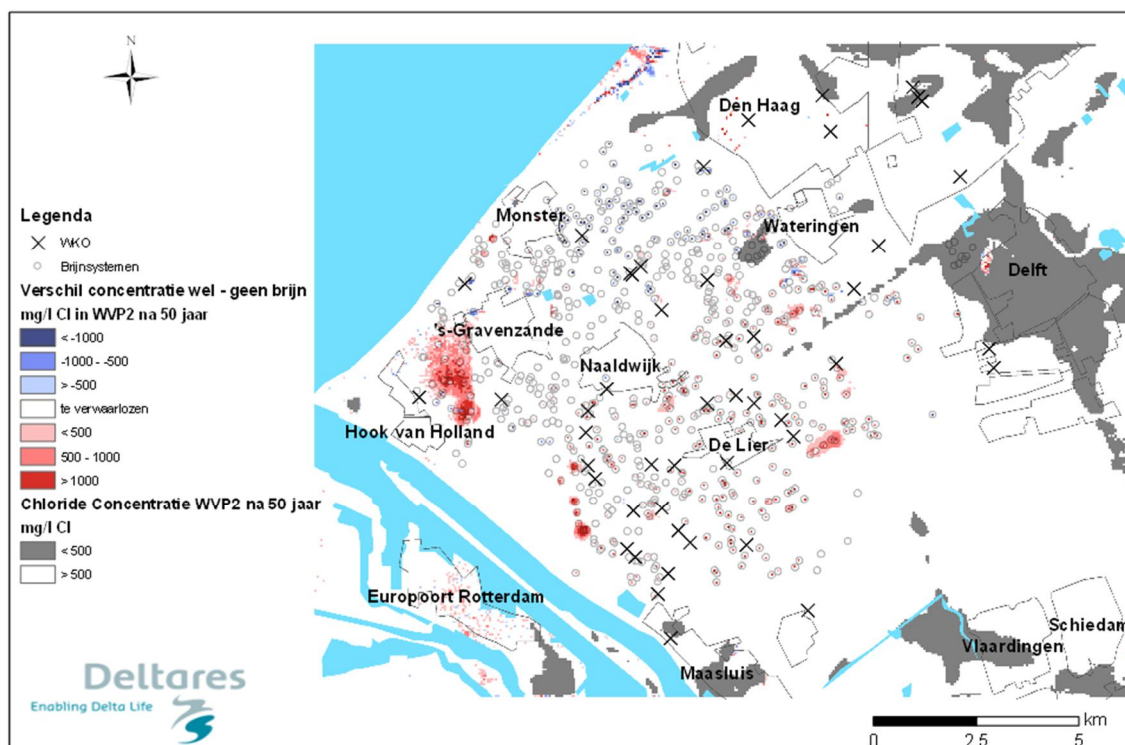
Grondwateronttrekking voormalig DSM Delft

Brijninjecties hebben geen effect op de chlorideconcentraties van de grondwateronttrekking van de voormalige DSM in Delft. Eerder al is opgemerkt dat dit onttrokken water niet wordt gebruikt, maar via een pijpleiding direct wordt geloosd op de Noordzee. Er worden dus ook geen kwaliteitseisen aan het onttrokken water gesteld.

4.3 Gebruiksfuncties tweede watervoerend pakket

WKO-systemen

De enige gebruiksfunctie van het tweede watervoerend pakket zijn de WKO's. In Figuur 4.1 is de ligging van deze systemen weergegeven tegen de achtergrond van veranderende chlorideconcentraties in het tweede watervoerend pakket als gevolg van brijninjecties. Op basis van expert judgement kan gesteld worden dat zout geen belemmering vormt voor de werking van WKO's. Wel kan het zoutgehalte van belang zijn in verband met de benodigde corrosiebestendigheid van de toe te passen materialen. Echter, aangezien de huidige WKO-systemen in het Westland zijn geïnstalleerd in een brak grondwatersysteem, mag verwacht worden dat de gebruikte materialen reeds voldoende corrosiebestendig zijn. In paragraaf 2.4.3 werd opgemerkt dat brijninjecties in de directe nabijheid van een WKO-systeem de efficiency van het WKO-systeem kan beïnvloeden. Op basis van de beschikbare gegevens kunnen we hier geen duidelijkheid over geven.



Figuur 4.1 Effect van de brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het tweede watervoerend pakket na 50 jaar en de ligging van de WKO-systemen. Blauwe kleuren geven aan dat het systeem verzoet als gevolg van de brijnsystemen en rode kleuren geven aan dat het systeem verzilt. De achtergrondconcentratie van chloride is aangegeven met grijs (chlorideconcentratie kleiner dan 500 mg/l) en wit (chlorideconcentratie hoger dan 500 mg/l).

Het is van belang hier te melden dat open WKO-systemen zelf veelal een sterke versturende werking hebben van het grondwatersysteem (Bonte et al., 2008). Voor het Westland is onduidelijk in hoeverre het lokale effect van (een deel van de) brijninjecties en versturende werking door open-WKO's zich tot elkaar verhouden. Tevens wijzen wij op de mogelijke risico's van gesloten WKO-systemen (of warmtewisselaars). Deze systemen pompen een

vloeistof door gesloten, ondergrondse buizen. Deze vloeistof bevat veelal een koelmiddel, zoals glycol. Zeer weinig is bekend over de mogelijke risico's op lekkage van deze systemen.

4.4 Past brijninjectie binnen duurzaam bodemgebruik?

In 2010 heeft de Technische Commissie Bodem (TCB) een advies uitgebracht over de infiltratie van brijn in de ondergrond (zie Bijlage A). De TCB vindt dat het lozen van brijn, voor zover ontstaan bij het geschikt maken van brak grondwater voor benutting als gietwater in de tuinbouw, niet past binnen de randvoorwaarden van duurzaam bodemgebruik. De TCB betwijfelt of:

- het gebruik van grondwater, in dit geval als gietwater, voor een oneindige tijd geleverd kan worden;
- of gebruik van grondwater voor ander gebruik, bijvoorbeeld drinkwater, wordt aangetast.

Onze resultaten geven aan dat de effecten van brijninjectie op de waterkwaliteit van het eerste en tweede watervoerend pakket beperkt zijn, zowel wat betreft chloride als het merendeel van nutriënten, zware metalen en sporenelementen. In het eerste watervoerend pakket is de autonome verzilting een veel belangrijker proces, dat op termijn in grote delen van het Westland voor een "natuurlijke" verzilting zal zorgen. Verder wordt uitgegaan van normaal gebruik van de RO installatie en dat voorkomen wordt dat milieuvreemde stoffen vanuit de kas met de brijn in het grondwater terecht komen.

Brijninjectie heeft in het Westland nauwelijks tot geen negatieve gevolgen voor de watervoorziening ten behoeve van de glastuinbouw, de drinkwatervoorziening bij Monster, en de WKO-systemen in het tweede watervoerend pakket. Ook de effecten van brijn op de functies aan maaiveld (oppervlaktewater, natuur, zwemwater) zijn verwaarloosbaar. De twijfels van de TCB of brijninjectie past binnen een duurzaam bodemgebruik worden met deze studie genuanceerd.

Deze conclusie gaat alleen op voor het Westland, en niet noodzakelijkerwijs voor andere gebieden in Zuid-Holland of Nederland. Of brijninjectie wel of niet past binnen een duurzaam bodemgebruik is afhankelijk van gebiedsspecifieke factoren als lokale (geo)hydrologie, aard en ligging van de gebruiksfuncties. Om uitspraken te kunnen doen over andere gebieden dan het Westland zijn gebiedsspecifieke studies nodig, waarbij de aanpak en resultaten van onderhavige studie als referentie kan dienen.

De discussie rondom het wel of niet toestaan van brijninjecties wordt veelal versmald tot de vraag of injectie resulteert in een concentratietoename van enkele specifieke waterkwaliteitsparameters (chloride, nutriënten, zware metalen). Als de toetsing uitgevoerd wordt op de wijze zoals door Klein & Passier (2010) is gedaan, blijkt brijnlozing niet te voldoen aan de Prevent and Limit principes uit de Grondwaterrichtlijn. In de Grondwaterrichtlijn (GWR) staat dat lidstaten het recht hebben om, onder bepaalde omstandigheden, uitzonderingen toe te staan op maatregelen ter voorkoming of beperking van de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater. In een recent artikel van Pelamonia & Keessen over de regulering van ontziltingsinstallaties ten behoeve van de zoetwatervoorziening wordt aangegeven dat lozing van brijn in grondwater op basis van de KRW problematisch is, maar dat dit niet hoeft te betekenen dat het ontoelaatbaar is (Pelamonia & Keessen, 2012). In hetzelfde artikel wordt aangegeven dat de KRW een juridisch instrument biedt om lozingen toe te staan: de verlening van individuele toestemming. Door het verkrijgen van een individuele toestemming (onthefing of vergunning) voor de inbreng van verontreinigende stoffen, de zogenaamde 'input', is het mogelijk om van het verbod op de directe lozing van verontreinigende stoffen in het grondwater af te wijken. Een belangrijke voorwaarde voor deze uitzonderingsgrondslag is dat de bevoegde instanties (Gedeputeerde Staten) hebben vastgesteld dat de betrokken grondwaterlichamen goed worden gemonitord.

De vraag die gesteld moet worden, is of de effecten van brijninjectie op de waterkwaliteit niet moet worden gewogen tegen mogelijke voordelen van gebruik van brak grondwater, zoals in het Westland de zekerstelling van de watervoorziening. De facto gebeurt dit nu bij de vergunningverlening van WKO-systemen: toepassingen van WKO wordt sterk bevorderd (energiebesparing!), ondanks mogelijke negatieve gevolgen voor het grondwatersysteem, zoals een sterke ondergrondse menging van verschillende watertypen (Bonte et al., 2008).

Belangrijk is om behalve naar de 'gevolgen en effecten' van brijn op het grondwatersysteem ook integraler te kijken en 'gevolgen en effecten' van de activiteit te beschouwen in samenhang met 'nut en noodzaak'. In het rapport "Duurzaam gebruik van de ondergrond" (TCB, 2012b) wordt door de TCB gesteld dat een duurzaamheidsafweging een brede afweging is van belangen gestoeld op de drie pijlers planet, people en profit. In een duurzaamheidsafweging speelt naast het gebruik van de bodem ook het maatschappelijk belang mee en de mate waarin het gebruik van de ondergrond bijdraagt aan een maatschappelijk belang (nut en noodzaak). Daarnaast is het van belang om de 'effecten en gevolgen' van de ingreep in beeld te brengen. De TCB geeft aan dat in een duurzaamheidsafweging de 'effecten en gevolgen' van het gebruik van de ondergrond de tegenhanger zijn van 'nut en noodzaak'. In het TCB 'advies grondwater' (TCB, 2012a) worden bouwstenen voor een afwegingskader gegeven.

Recentelijk is er voor gietwater een beleidskader "Goed gietwater glastuinbouw" opgesteld (I&M, 2012). Dit mede naar aanleiding van de mogelijk negatieve gevolgen van brijn op de grondwaterkwaliteit. Hierbij is aangegeven om eerst via een voorkeursvolgorde een brede integrale afweging te maken met betrekking tot de meest duurzame bron voor gietwater in de glastuinbouw. Denk daarbij aan alternatieven als (meer) collectieve voorzieningen voor hemelwateropvang en/of productie bij een drinkwaterbedrijf en/of opwerking effluent (afvalwater) door een RWZI of andere individuele oplossingen zonder brijnlozingen. In de voorkeursladder komt het er uiteindelijk op neer dat brijnlozingen het liefst zoveel als mogelijk worden voorkomen en er gekeken wordt naar beschikbare alternatieven.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De relevante gebruiksfuncties op de verschillende diepteniveaus in de ondergrond van het Westland ondervinden weinig tot geen nadelige effecten van het injecteren van brijn in het tweede watervoerend pakket. Deze hoofdconclusie volgt uit onderstaande resultaten en conclusies.

Brijninjecties en de chlorideconcentratie

Uit de modelresultaten van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De effecten van de gecombineerde onttrekking van grondwater en brijninjectie op de chlorideconcentraties in het grondwater zijn lokaal, zowel in het eerste als in het tweede watervoerend pakket. Afhankelijk van onder andere de achtergrond chlorideconcentratie (van 'nature' aanwezig) gaat het om verzoeting of verzilting.
- Het regionale, autonome proces van verzilting/verzoeting van het grondwater in het Westland is overheersend ten opzichte van de effecten van brijninjectie in zowel het eerste als tweede watervoerend pakket.
- De grootste verandering in chlorideconcentratie (verzilting of verzoeting) treedt op in de eerste 50 jaar. Daarna is de verandering in chlorideconcentratie minder opvallend, onder andere vanwege de constante injectieconcentratie.
- Het verziltende effect van brijninjecties in het eerste watervoerend pakket treedt vooral op in zones waar de chlorideconcentratie van nature hoger is dan 500 mg/l.

Brijninjecties en het grondwatersysteem

- De weerstand van de eerste scheidende laag is een belangrijke factor bij het effect van de brijninjecties op het eerste watervoerend pakket. Daar waar de weerstand van de scheidende laag klein is, zeg lager is dan ongeveer 250 dagen, is een effect van de brijninjecties op de chlorideconcentratie te zien. De effecten blijven echter lokaal en worden niet regionaal.
- Bij hogere debieten van bestaande onttrekkingen en injecties zal de verzilting en verzoeting op meer plekken optreden en met een hogere intensiteit gebeuren. Het blijft echter een lokaal en geen regionaal effect.
- De grote voormalig-DSM-onttrekking van grondwater in Delft lijkt geen effect te hebben op de laterale verplaatsing van de verziltings- en verzoetingsgebieden in het onderzoeksgebied.

Brijninjecties en de verspreiding van andere stoffen

Op basis van de modelresultaten van de verandering in chlorideconcentratie, kan voor de verspreiding van nutriënten, zware metalen en andere sporenelementen van het tweede naar het eerste watervoerend pakket worden geïnduceerd dat dit alleen lokaal tot een (beperkte) concentratietoename zal leiden. De verspreiding van zware metalen wordt verder beperkt door hechting (sorptie) aan de bodemmatrix in de slechtdoorlatende lagen.

Brijninjecties en gebruiksfuncties ondergrond

Uit de modelresultaten van dit onderzoek blijkt dat de relevante gebruiksfuncties aan het maaiveld en in het eerste en tweede watervoerend pakket weinig tot geen nadelige effecten van het injecteren van brijn in het tweede watervoerend pakket ondervinden. Hieronder volgt een toelichting per diepteniveau en gebruiksfunctie:

- Aan maaiveld zijn er geen effecten van brijninjectie op de gebruiksfuncties zoals de zwemwaterlocaties, natuurgebieden en waterparel De Banken bij 's Gravenzande.

- In het eerste watervoerend pakket zijn de effecten van brijninjectie:
 - o voor de glastuinbouw: effecten op grondwaterwinningen ten behoeve van gietwater zijn aanwezig, maar beperkt en per locatie verschillend. Bovendien is de autonome verzilting hier doorgaans dominant in vergelijking met de effecten van brijninjecties. Mogelijk gevolg voor tuinders is – op termijn – een afname van het rendement van de behandelingsapparatuur voor ontzouting (RO);
 - o voor drinkwaterwinlocatie Solleveld (tegen het Westland aan gelegen grondwaterbeschermingsgebied Monster): geen aantoonbaar effect.
- In het tweede watervoerend 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. Brijninjecties kunnen door veranderingen in de grondwaterstroming mogelijk wel de efficiency van het WKO-systeem negatief beïnvloeden. De efficiency van een WKO-systeem wordt namelijk mede bepaald door de aanwezigheid van grondwaterstroming. Als brijninjecties in de directe nabijheid van een WKO-systeem plaatsvinden, kan de warm-/koudwaterbel worden beïnvloed. Aanbevolen wordt om bij plaatsing van nieuwe WKO-systemen rekening te houden met mogelijke beïnvloeding door brijninjecties.

Brijninjecties en het beleid

Beleidsmatig is van belang dat brijninjectie in het tweede watervoerend pakket strijdig is met de uitgangspunten van het Prevent and Limit principe uit de Grondwaterrichtlijn vanwege de toename van de concentratie van verontreinigende stoffen. Vanuit het landelijke beleidskader "Goed gietwater glastuinbouw" (I&M, 2012) is aangegeven om eerst via een voorkeursvolgorde een brede integrale afweging te maken met betrekking tot de meest duurzame bron voor gietwater in de glastuinbouw. Denk daarbij aan alternatieven als (meer) collectieve voorzieningen voor hemelwateropvang en/of productie bij een drinkwaterbedrijf en/of opwerking effluent (afvalwater) door een RWZI of andere individuele oplossingen zonder brijnlozingen. In de voorkeursladder komt het er uiteindelijk op neer dat brijnlozingen het liefst zoveel als mogelijk worden voorkomen en er gekeken wordt naar beschikbare alternatieven.

Een afweging die gemaakt kan worden is of eventuele negatieve effecten van brijninjectie op de waterkwaliteit wel of niet opwegen tegen mogelijke voordelen van gebruik van brak grondwater, zoals in het Westland zekerstelling van de watervoorziening. De wijze van toetsing is een beleidskeuze die valt binnen belangenafwegingen van het bevoegd gezag.

De Grondwaterrichtlijn biedt lidstaten het recht om, onder bepaalde omstandigheden, uitzonderingen toe te staan op maatregelen ter voorkoming of beperking van de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater. Zo kan met een individuele toestemming (onthefving of vergunning) afgeweken worden van het verbod op lozing van verontreinigende stoffen in het grondwater. Uitzonderingen moeten op transparante criteria worden gebaseerd en in de stroomgebiedplannen worden gedetailleerd. De betrokken grondwaterlichamen moeten goed worden gemonitord. Gebiedsspecifiek maatwerk is een eerste vereiste.

Vertaling naar andere gebieden

Voor andere gebieden kan de aanpak van het onderhavige onderzoek als referentiekader dienen. Of brijninjectie past binnen een duurzaam bodemgebruik is afhankelijk van gebiedsspecifieke factoren zoals lokale (geo)hydrologie, aard en ligging van de gebruiksfuncties. Om uitspraken te kunnen doen over andere gebieden dan het Westland zijn gebiedsspecifieke studies nodig.

5.2 Aanbevelingen

Enkele aandachtspunten en aanbevelingen die uit de modelstudie volgen zijn (zie paragraaf E.7 voor een uitgebreide beschrijving):

- Gebruik als input van het model de werkelijke ligging, diepte en debieten van de brijnsystemen. Dit geeft mogelijke wijzigingen in het patroon van verandering van chlorideconcentratie in het eerste en tweede watervoerend pakket;
- Een aanpassing van de randvoorwaarden van het model zou vooral op de processen die dicht bij het maaiveld plaats vinden een verbetering betekenen;
- Neem de verandering van de geïnjecteerde chlorideconcentratie mee in de modellering;
- Trek het GeoTOP-model door tot en met de onderkant van de eerste scheidende laag, dit zou een verbetering zijn voor de modelresultaten;
- Kwantificeer de hydraulische weerstand op de relevante schaal, waarmee het proces van onttrekking/injectie van brijn zich afspeelt, op basis van de lithologische informatie uit het GeoTOP-model.

Wat betreft de grondwaterkwaliteit hebben we de volgende aanbeveling:

- In de huidige situatie is de nulsituatie van het tweede watervoerend pakket, voordat gestart werd/wordt met de brijnlozingen, nauwelijks bekend. Er zijn te weinig peilbuizen beschikbaar om voor het Westland een goede karakterisatie van de grondwaterkwaliteit te maken. Daarnaast wordt er ook niet structureel gemonitord wat in het tweede watervoerend pakket gebeurt met de kwaliteit van het water nadat gestart is met de brijnlozingen. Hierdoor is het effect van brijnlozingen op de grondwaterkwaliteit in het tweede watervoerend pakket niet exact bekend. Om het effect van lozingen van brijn op de grondwaterkwaliteit van het tweede watervoerend pakket beter in beeld te krijgen en om de risico's van brijnlozingen te beperken wordt aanbevolen om de grondwaterkwaliteit ruimtelijk uitgebreider en systematischer te gaan monitoren.

6 Referenties

Agrimaco, 2010. Alternatieven voor brijn in Zuid-Holland, kosten en milieu-effecten.

Besluit van 30 november 2009, houdende regels ter uitvoering van de milieudoelstellingen van de Kaderrichtlijn Water (Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water 2009). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden. Jaargang 2010, 15.

Bonte, M., Van den Berg, G., Van Wezel, A., 2008. Bodemenergiesystemen in relatie tot grondwaterbescherming. Bodem 5: 22-2.

Bonte M. Van den Berg, G., Boukes, H., Dammers, P., Jennekens, O., Van der Moot, N., Oosterhof, A., Six, S., Smits, F., 2009. Hoe combineren we drinkwater met bodemenergiesystemen? KWR-rapport BTO 2009.017.

Bonte, M. & Van Meerkerk, M., 2010. Bodemverontreinigingen en risico's voor drinkwatervoorziening. KWR rapport BTO 2010.035.

Bonte, M., Stuyfzand, P., Van den Berg, G.A., Hijnen, W.A.M., 2011. Effects of aquifer thermal energy storage on groundwater quality and the consequences for drinkwater production: a case study from the Netherlands: Water Science & Technology 36.9, p. 1922-1931.

Busschers, F.S., Weerts, H.J.T., Wallinga, J., Cleveringa, P., Kasse, C., De Wolf, H., Cohen, K.M., 2005. Sedimentary architecture and optical dating of Middle and Late Pleistocene Rhine-Meuse deposits – fluvial response to climate change, sea-level fluctuation and glaciation. Netherlands Journal of Geosciences, 84(1): 25-41.

CBS, 2010. Landbouwtellingen.

Circulaire bodemsanering 2009 (bijlage 1: streefwaarden grondwater, interventiewaarden bodemsanering, indicatieve niveaus voor ernstige verontreiniging, bodemtypecorrectie en meetvoorschriften), Staatscourant Nr. 67, 7 april 2009.

I&M, 2012. Beleidskader 'Goed gietwater glastuinbouw'.

Klein, J. & Passier, H.F., 2009. Ondergrond en grondwaterkwaliteit in relatie tot brijnlozingen in de provincie Zuid-Holland. Deltares-rapport 0912-0124.

Klein, J. & Passier, H.F., 2010. Aanvullende beoordeling milieu-eigen stoffen brijn en grondwaterkwaliteit Provincie Zuid-Holland. Deltares-rapport 1202192-000-BGS-0004.

Klein, J., Faneca Sánchez, M., Van Baaren, E., 2011. Systemkennis ondergrond Westland ten behoeve van gietwatervoorziening glastuinbouw. Deltares-rapport 1205189-000-BGS-0005.

Konikow, L.F., Goode, D.J., Hornberger, G.Z., 1996. A three-dimensional method-of-characteristics solute-transport model (MOC3D); U.S.G.S. Water-Resources Investigations Report 96-4267, 87 pp.

Meer met Bodem Energie, 2012. Rapport 2 – Literatuuronderzoek Overzicht van kennis en onderzoeksvragen rondom bodemenergie, Eindrapport, 256 pp.

McDonald, M.G. & Harbaugh, A.W., 1988. A modular three-dimensional finite difference ground-water flow model. U.S.G.S. Techniques of Water-Resources Investigations, Book 6, Chapter A1, 586 pp.

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.

Oude Essink, G.H.P., 1998. Simuleren van 3D dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming: MOCDENS3D. Stromingen 4(1): 5-23.

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.

Oude Essink, G.H.P., Van Baaren, E.S., Van Vliet, M., 2008. Verkennende studie klimaatverandering en verzilting grondwater in Zuid-Holland. Deltares-rapport 2008-U-R0322/A.

Oude Essink, G.H.P., Van Baaren E.S., De Louw, P.G.B., 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. Water Resour. Res., 46, W00F04, doi:10.1029/2009WR008719.

Paalman, M., Appelman, W., Raterman, B., 2011. Watervraag concentratiegebieden glastuinbouw in Zuid-Holland. KWR Watercycle Reserach Institute, Nieuwegein.

Passier, H.F. & Broers, H.P., 2004. Haalbaarheidsstudie gebiedsspecifieke streefwaarden in het grondwater van Noord- en Zuid-Holland. TNO-rapport, NITG 04-184-B.

Pelamonia, J. & Keessen, A.M., 2012. Adaptatie aan klimaatverandering: de regulering van ontziltingsinstallaties ten behoeve van de zoetwatervoorziening. Universiteit Utrecht. Milieu en Recht afl. 8 p.544 – 553.

Provincie Zuid-Holland, 2010a. Beleid voor brijnlozingen in de bodem in de glastuinbouw- en boomteeltsector.

Provincie Zuid-Holland, 2010b. Evaluatie Brijnbeleid. Tussentijdse evaluatie van interim beleid provincie Zuid-Holland. Registratienummer: WA-MS20100110.

Raat, K.J., Stuyfzand, P.J., Boukes, H., Oosterhof, A.T., 2011. Water quality changes following deep well injection of BWRO concentrate. Results from the BWRO pilots Noardburgum and Zevenbergen. BTO 2011.105(s). KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, the Netherlands.

Roelofsen, F., Goorden, N., Buma, J., Van Gessel, S., Goes, B., De Lange, G., Van Meerten, H., Van Oostrom, N., Oude Essink, G., Sperna Weiland, F., Veldkamp, H., Vergoesen, T., Verkaik, J., Gehrels, H., 2008. Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht), Onderzoek

naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Technisch rapport. Deltares rapport 2008-U-R1084/A.

Stuyfzand P.J. & Stuurman, R.J., 2008. Origin, distribution and chemical mass balances for brackish and saline groundwaters in the Netherlands. In: G. Barrocu (ed) Proceedings 1st SWIM-swica Joint Saltwater Intrusion Conference, Cagliari-Baia de Chia, Sept. 24–29 2006, pp 151–164.

Stuyfzand, P.J. & Raat, K.J., 2010. Benefits and hurdles of using brackish groundwater as a drinking water source in the Netherlands. Hydrogeology Journal, 18(1): 117-130. DOI 10.1007/s10040-009-0527-y.

VROM, 2000. Circulaire “Streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering”. Staatscourant 24 februari 2000, nr. 39/pag. 8.

Van Vugt, A., Oude Essink, G.H.P., Biesheuvel, A. (2003), Modelleren van het zoet-zout grondwatersysteem op Texel, Stromingen, 9(1), 33-46.

Wuijts, S. & Van Rijswijk, H.F.M.W., 2007. Drinkwateraspecten en kaderrichtlijn water. RIVM 734301028/2007.

A Beleidskader voor injectie brijn

Voor het lozen van brijn in de ondergrond is een vergunning nodig, of eigenlijk een ontheffing van het Lozingenbesluit. Momenteel is de provincie hiervoor het bevoegd gezag, maar deze situatie wijzigt. In december 2011 heeft het kabinet aangegeven dat overheden en bedrijfsleven in samenspraak een kader op zullen stellen voor generieke toetsing van nieuwe brijninjecties. Het Activiteitenbesluit zal het nieuwe 'voertuig' worden waarbinnen lozingen van brijn worden beoordeeld.

A.1 Europees beleidskader

Het Europese juridische kader voor waterkwaliteit wordt gevormd door de Kaderrichtlijn Water (KRW), de Richtlijn Prioritaire Stoffen (RPS) en de Grondwaterrichtlijn (GWR).

Voor grondwater gaat het hierbij om het bereiken van een goede chemische – en kwantitatieve toestand. Om dit te bereiken moeten de lidstaten ter implementatie van de KRW waterkwaliteitseisen, stroomgebiedbeheerplannen en maatregelenprogramma's vaststellen. Deze waterkwaliteitsdoelen moeten in beginsel in 2015 zijn bereikt. Om een 'goede toestand' te bereiken zijn er waterkwaliteitsnormen vastgesteld. In Nederland zijn deze kwaliteitseisen geïmplementeerd in het Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water (BKMW, 2009).

Op grond van de Richtlijn Prioritaire Stoffen (RPS) en de Grondwaterrichtlijn geldt voor lozingen dat deze –afhankelijk van de stoffen die in de lozing- voorkomen danwel beperkt moet worden ('prevent and limit'). Artikel 6 van de GWR is hierbij van belang. In dit artikel wordt van de lidstaten vereist dat maatregelen worden getroffen om de lozing van verontreinigende stoffen te beperken. Dit met als doel om ervoor te zorgen dat de goede chemische toestand van het grondwater niet verslechtert en aanhoudende stijgende trend in het grondwater veroorzaakt. Bij deze maatregelen moet rekening worden gehouden met de beste milieupraktijken en de best beschikbare technieken die in de toepasselijke Europese wetgeving worden genoemd. De Grondwaterrichtlijn (punt (18)) biedt lidstaten het recht om, onder bepaalde omstandigheden, uitzonderingen toe te staan op maatregelen ter voorkoming of beperking van de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater.

In een recent artikel van Pelamonia & Keessen over de regulering van ontziltingsinstallaties ten behoeve van de zoetwatervoorziening wordt aangegeven dat lozing van brijn in grondwater op basis van dit artikel problematisch is, wat niet betekent dat het ontoelaatbaar is (Pelamonia & Keessen, 2012).

In hetzelfde artikel geven Pelamonia & Keessen aan dat de KRW een juridisch instrument biedt om lozingen toe te staan: de verlening van individuele toestemming. Door het verkrijgen van een individuele toestemming (ontheffing of vergunning) voor de inbreng van verontreinigende stoffen, de zogenaamde 'input', is het mogelijk om van het verbod op de directe lozing van verontreinigende stoffen in het grondwater af te wijken. Een belangrijke voorwaarde voor deze uitzonderingsgrondslag is dat de bevoegde instanties (Gedeputeerde Staten) hebben vastgesteld dat de betrokken grondwaterlichamen goed worden gemonitord.

A.2 Nederlands juridisch kader

Lozingenbesluit bodembescherming

In het Lozingenbesluit wordt in artikel 2, lid 1c aangegeven dat: 'het Lozingenbesluit niet van toepassing is van ter plaatse opgepompt grondwater in dezelfde laag als waar het werd opgepompt, indien daaraan, na onttrekking geen verontreinigende stoffen zijn toegevoegd, de concentratie van verontreinigende stoffen niet door een bewerking zijn toegenomen en/of daaraan geen warmte is toegevoegd'.

Op basis hiervan is bij het injecteren van brijn in het grondwater het Lozingenbesluit van toepassing.

In artikel 25 staat dat het bevoegd gezag voor een door hem vast te stellen termijn van ten hoogste vier jaar ontheffing kan verlenen, indien wordt aangetoond dat:

a. een aansluiting op de riolering of een andere wijze van afvoer van de vloeistof niet mogelijk is en

b. in de overige vloeistoffen geen stoffen voorkomen als bedoeld in de bij dit besluit behorende Bijlage C of deze stoffen daarin voorkomen met een - wat betreft de stoffen van lijst I zodanig geringe toxiciteit, persistentie en (bio)accumulatie, of - wat betreft de stoffen van lijst II - zodanig geringe schadelijke werking dat ook op de lange termijn geen gevaar voor verontreiniging van de bodem bestaat.

In Bijlage III van het lozingenbesluit wordt de lijst van stoffen weergegeven. Stoffen die in lijst I voorkomen zijn o.a.: minerale olie, PAK's, cadmium, organische halogeenverbindingen. Stoffen die lijst II voorkomen zijn o.a.: koper, nikkel, barium, chroom, chloride, ammoniak, sulfaten.

A.3 Landelijk beleid

Recentelijk is er voor gietwater een beleidskader "Goed gietwater glastuinbouw" opgesteld (I&M, 2012). Dit mede naar aanleiding van de mogelijk negatieve gevolgen van brijn op de grondwaterkwaliteit. Hierbij is aangegeven om eerst via een voorkeursvolgorde een brede integrale afweging te maken met betrekking tot de meest duurzame bron voor gietwater in de glastuinbouw. Denk daarbij aan alternatieven als (meer) collectieve voorzieningen voor hemelwateropvang en/of productie bij een drinkwaterbedrijf en/of opwerking effluent (afvalwater) door een RWZI of andere individuele oplossingen zonder brijnlozingen. In de voorkeursladder komt het er uiteindelijk op neer dat brijnlozingen het liefst zoveel als mogelijk worden voorkomen en er gekeken wordt naar beschikbare alternatieven.

A.4 Brijnbeleid Provincie Zuid Holland

De provincie Zuid-Holland geeft aan dat voor het lozen van afvalwater in de bodem een ontheffing dient te worden aangevraagd in het kader van het Lozingenbesluit bodembescherming. Vanaf 4 juli 2013 verandert de Provincie de vergunningverlening van brijnlozingen. In de lopende overgangperiode (tot en met 3 juli 2013) dient voor het lozen van brijn in alle gevallen een ontheffing te worden aangevraagd en te zijn verleend. Uitgangspunt voor het verkrijgen van ontheffing is dat onderzocht wordt of aan de Streefwaarde voor milieuvreemde stoffen wordt voldaan. Daarnaast moet onderzoek worden gedaan naar mogelijke andere afvoerwijzen voor het brijn. Vanaf 4 juli 2013 (dus na de overgangperiode) kan alleen een ontheffing worden verleend als aangetoond is dat wordt voldaan aan alle voorwaarden van het Lozingenbesluit bodembescherming.

Opgemerkt wordt dat vermoedelijk vanaf 1-1-2013 het Lozingenbesluit bodembescherming opgaat in het Activiteitenbesluit en de gemeenten vermoedelijk de bevoegde instantie worden.

Relevant is ook het onderscheid tussen milieuvreemde en milieu-eigen stoffen in het beleid.

Milieuvreemde stoffen zijn stoffen die niet van nature in onze omgeving voorkomen (bv. pesticiden). Voor milieuvreemde stoffen gelden bestaande normen die voor heel Nederland gelijk zijn, ongeacht de toestand van bodem en grondwater.

Milieu-eigen stoffen komen echter van oorsprong wel (in enige mate) in de omgeving voor. Voorbeelden zijn chloride en arseen. Bij het vaststellen van een norm voor een milieu-eigen stof wordt rekening gehouden met het feit dat de omgeving "gewend" is aan de gehalten die van nature in bodem- en grondwater voorkomen. Daarom mag bij het vaststellen van zo'n norm rekening gehouden worden met regionale omstandigheden. Het resultaat hiervan zijn de zogenaamde "regionale" streefwaarden. De normen voor milieu-eigen stoffen moet nog ontwikkeld worden. Pas na de overgangperiode zal aan deze normen getoetst worden.

A.5 Kabinet: 'Verleende ontheffing van brijninjecties 10 jaar verlengd'

Eind vorig jaar heeft het kabinet een besluit genomen ten aanzien van brijnlozingen. In dit besluit wordt aangegeven dat overheden en bedrijfsleven in samenspraak een kader op zullen stellen voor generieke toetsing van nieuwe brijninjecties. Dit Activiteitenbesluit zal het nieuwe 'voertuig' moeten worden waarbinnen lozingen van brijn worden beoordeeld. In het Activiteitenbesluit wordt onderscheid gemaakt tussen bestaande ontheffingen en nieuwe ontheffingen.

Bestaande lozingen (ontheffingen)

Het kabinet geeft aan dat in het Activiteitenbesluit een overgangsrecht wordt opgenomen voor bestaande lozingen van brijn in de bodem vanuit de glastuinbouw. Dit overgangsrecht is alleen van toepassing op gevallen waarvoor door het bevoegd gezag reeds ontheffing is verleend voor de inwerkingtreding van het Activiteitenbesluit. Bepaald is dat de reeds verleende ontheffing voor het lozen van brijn in de bodem verlengd wordt tot 10 jaar na de inwerkingtreding van het Activiteitenbesluit. Dit onder de voorwaarde dat het bedrijf ook beschikt over een gietwaterbassin voor de opvang van hemelwater van tenminste 500 m³ per hectare.

Nieuwe lozingen

Ook voor nieuwe lozingen van brijn in de bodem blijft een individuele toestemming van het bevoegd gezag nodig, dit gelet op de vereisten van de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn. Het ministerie stelt momenteel in samenspraak met bedrijfsleven, provincies, gemeenten en waterschappen een kader op voor een generieke toetsing van nieuwe gevallen. Hierbij is nog wel een lokale component aan de orde. Dit volgt uit het Europees recht. Mochten hierbij zaken naar voren komen die zich lenen voor algemene regels dan zullen die worden opgenomen.

Voor een deel van de bestaande lozingen is geen vergunning of ontheffing verleend. De provincie is hiervoor op dit moment het bevoegd gezag. Door het kabinet wordt aangegeven dat de provincie in samenspraak met het bedrijfsleven alsnog een regeling gaat treffen, vóór de inwerkingtreding van het besluit.

A.6 TCB advies 'lozingen van brijn bij agrarische activiteiten' (2010)

In 2010 heeft de TCB een advies gegeven over de infiltratie van brijn in de ondergrond. De TCB vindt dat het lozen van brijn, voor zover ontstaan bij het geschikt maken van brak grondwater voor benutting als gietwater in de tuinbouw, niet past binnen de randvoorwaarden van duurzaam bodemgebruik. De TCB twijfelt:

- of het gebruik van grondwater, in dit geval als gietwater, voor een oneindige tijd geleverd kan worden;
- of gebruik van grondwater voor ander gebruik, bijvoorbeeld drinkwater, wordt aangetast.

De reden voor deze twijfels is dat infiltratie van brijn (in meer of mindere mate) kan resulteren in een verhoging van de concentratie aan chloride en enkele andere milieu-eigen stoffen, vooral metalen, in grondwater in het ontvangende watervoerend pakket (Klein & Passier, 2010). Ook zouden er lokaal verontreinigingen vanuit een bedrijf in de bodem kunnen achterblijven, alhoewel de TCB opmerkt dat hiervoor geen data voorhanden zijn. Voorts geeft de TCB aan dat op sommige plekken, waar geen waterscheidende (klei)laag aanwezig is tussen het eerste en tweede watervoerend pakket, het brijn mogelijk weer in het eerste watervoerend pakket terecht komt (en daar voor een gestage verzilting zorgt).

De TCB vindt het van belang dat de tuinbouw prioriteit gaat geven aan waterbesparing en hergebruik van water en stelt een voorkeursvolgorde voor: (1) beperken van waterverbruik,

(2) optimaal gebruik van hemelwater, (3) gebruik van ongezuiverd oppervlaktewater, (4) gebruik van zoet grondwater, (5) gebruik van grondwater DSM (Zuid-Holland), (6) hergebruik afvalwaterstromen (RWZI Harnaschpolder), (7) gebruik oppervlaktewater, (8) gebruik leidingwater en, tenslotte, (9) gebruik van brak grondwater.

De TCB ziet het oppompen van brak water en lozen van brijn dus als laatste optie. De TCB hecht aan een aantal voorwaarden voor het lozen van brijn:

- de chlorideconcentratie van brijn komt ongeveer overeen of is lager dan de chlorideconcentratie van het watervoerend pakket;
- de concentratie van andere stoffen in brijn voldoen aan de voor deze stoffen in het ontvangende water gestelde normen;
- er dient een waterscheidende laag aanwezig te zijn tussen de laag waaruit het grondwater wordt opgepompt en de laag waarin het brijn wordt geloosd;
- een collectief systeem voor oppompen en lozen is het uitgangspunt;
- er vindt monitoring plaats van het grondwater in zowel eerste als tweede watervoerend pakket en van het te lozen brijn. Doel van de monitoring is het verifiëren aan het stand still principe.

A.7 TCB 'Advies Grondwater' (2012)

De TCB geeft aan dat het 'Advies Grondwater' geldt als een eerste aanzet voor een toetsingskader van de beïnvloeding van grondwater door menselijke activiteiten. Geadviseerd wordt om het concept van ecosysteemdiensten te gebruiken als verbindend kader voor grondwaterbeleid. In het advies bepleit de TCB een heldere samenhang tussen een landelijk toetsingskader en lokale afwegingskaders. In het landelijke toetsingskader worden normen en beoordelingswijzen beschreven voor beïnvloedingen van de kwaliteit en kwantiteit van het grondwater. Op lokaal en gebiedsniveau zijn afwegingskaders nodig, die aansluiten bij dit toetsingskader. In het advies worden bouwstenen voor dergelijke afwegingskaders genoemd. In dit advies wordt een meer integrale benadering voorgestaan tussen "nut en noodzaak" en de "gevolgen en effecten".

B Watervoorziening glastuinbouw Westland

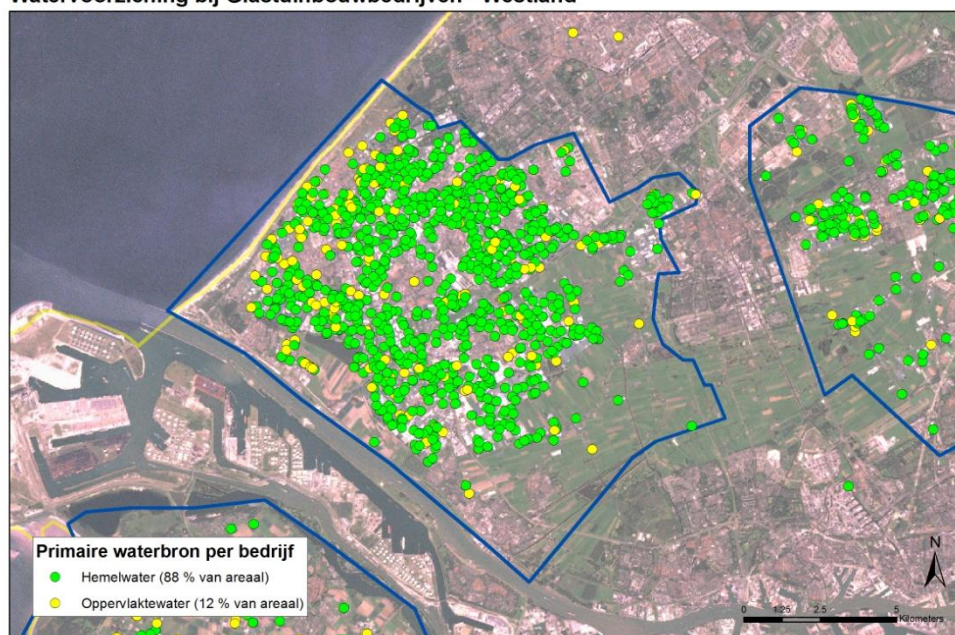
B.1 Gietwatervoorziening in het Westland

Het Westland is in omvang het grootste glastuinbouwgebied van Nederland. Het totale areaal glastuinbouw bedraagt ca. 2300 ha. De gemiddelde grootte van een bedrijf ligt rond de 2 ha. In Tabellen B.1 en B.2 en Figuren B.1 en B.2 zijn achtereenvolgens het aantal bedrijven, type teelt en areaal (ha) van de grondgebonden en substraatteelt weergegeven, als ook waterverbruik en watertekort.

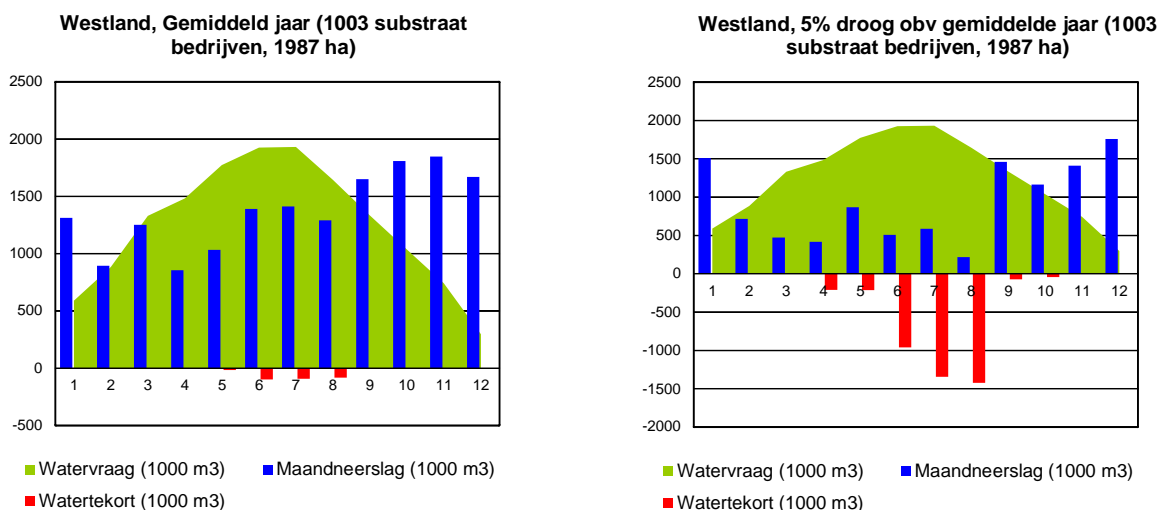
Tabel B.1 Teelten, bedrijven en areaal in het Westland.

Teelt	Substraatteelt		Grondgebonden teelt		Bedrijven (Aantal)	Areaal (ha)
	Bedrijven (Aantal)	Areaal (ha)	Bedrijven (Aantal)	Areaal (ha)		
Groenteteelt	192	756	168	264	360	1020
Sierteelt	811	1231	23	43	834	1274
Totaal	1003	1987	191	307	1194	2294

Watervoorziening bij Glastuinbouwbedrijven - Westland



Figuur B.1. Ruimtelijke weergave van de glastuinbouwbedrijven in het Westland, onderverdeeld naar bedrijven die of hemelwater (substraat) of oppervlaktewater (grondgebonden) als primaire bron gebruiken.



Figuur B.2 Weergave van het waterverbruik (groen), wateraanbod (blauw) en watertekort (rood) in m3 (x 1000) voor de substraatteelt in het Westland in een gemiddeld jaar en in een 5% droog jaar.

In Figuur B.2 (Paalman et al., 2011) is te zien dat voor substraatteelt in sommige maanden de watervraag groter is dan dat er water valt. Dit zou betekenen dat er dan een tekort aan water is, maar doordat de bedrijven een bergingsbassin hebben is er dan nog geen sprake van een watertekort. Dit treedt wel op als het bassin leeg is, dan is sprake van een watertekort (rood) en is een aanvullende waterbron noodzakelijk. De grondgebonden teelten hebben in beginsel geen secundaire aanvullende waterbron nodig. Dit geldt zolang de kwaliteit van het oppervlaktewater voldoet aan de gestelde norm.

In een gemiddeld jaar is er in het Westland een totaal watertekort van ca. 0.3 miljoen m3; in een droog jaar loopt dit tekort op tot ca. 4.2 miljoen m3. Dit tekort wordt aangevuld met een secundaire bron. Er van uitgaande dat grondwater als secundaire bron wordt gebruikt, resulteert dit in een geschatte (brak) grondwateronttrekking van 0.3 (gemiddeld jaar) tot 4.2 miljoen m3 (droog jaar). Bij een recovery van de omgekeerde osmose installatie van 50% resulteert dit op jaarbasis in respectievelijk 0.15 en 2.1 miljoen m3 concentraat.

Tabel B.2 Totale watervraag en wateraanbod in het Westland

	Totale watervraag m ³ (x1000)	Hemelwater (primaire bron) m ³ (x1000)		Secundaire bron m ³ (x1000)
		Gemiddeld	5% droog	
Substraatteelt	16.554	16.415	11.084	289
Grondgebonden teelt	2.298			4.268
Totaal	18.842			

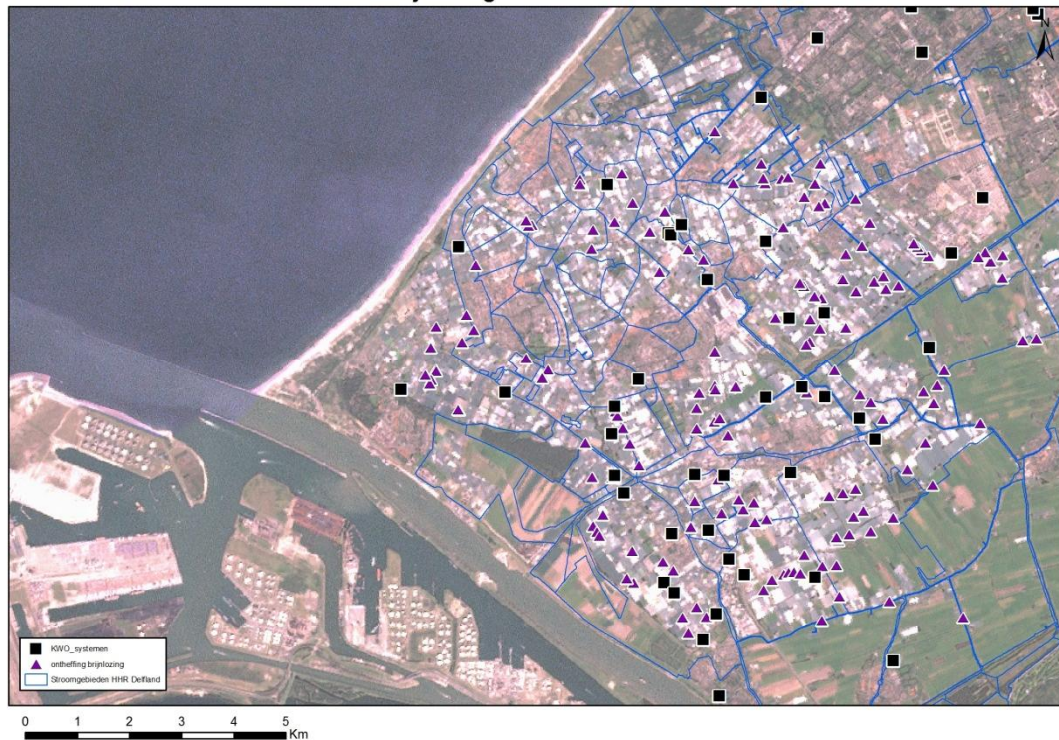
B.2 Ligging vergunde grondwateronttrekkingen en brijninjecties

Een goed sluitend overzicht van het aantal en de ligging (x,y) van grondwateronttrekkingen en concentraatinjecties ontbreekt voor het Westland. Ook de totale omvang van de onttrekking en injectie (in m3 per jaar) is niet goed bekend. Dit heeft een tweetal oorzaken:

- Bij de provincie zijn alleen de brijninjecties bekend waarvoor een ontheffing is aangevraagd (Figuur B.3). Een onbekend aantal tuinders injecteert brijn zonder dat ze beschikt over een ontheffing. Ter informatie: het aantal verleende ontheffingen voor brijninjectie bedroeg 388 voor heel Zuid-Holland in 2010 (Westland: 159). Nog steeds worden ontheffingen aangevraagd. Sterker: sinds bekend is dat ontheffingen geldig blijven tot 10 jaar na de inwerkingtreding van het Activiteitenbesluit, neemt het aantal

- aanvragen toe. Momenteel (juni 2012) staat de teller op ca. 550 voor geheel Zuid-Holland (verleende en aangevraagde ontheffingen).
- Van de bekende onttrekkingen en injecties is niet goed geregistreerd hoeveel vergunningsruimte er is en op welke dieptes onttrokken en geïnjecteerd wordt. Overigens: ook als dit wel goed geregistreerd werd, gaf dit slechts een beperkt beeld van de werkelijke onttrekking en injectie. Brak grondwater wordt immers alleen ingezet als de watervraag niet door het aanbod van hemelwater wordt gedekt. De werkelijke onttrekking wisselt zodoende sterk binnen en tussen een jaar.

Overzichtsk kaart Westland - KWO en Brijnlozingen



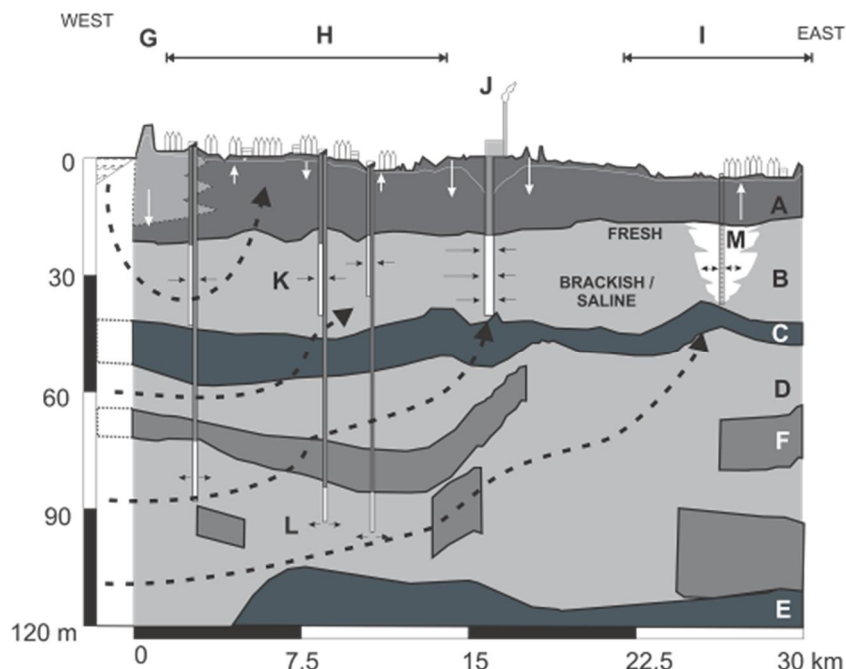
Figuur B.3. Ruimtelijke spreiding van bedrijven (locaties) in het Westland die een ontheffing hebben voor het injecteren van brijn in de ondergrond. Ook zijn de locaties van de WKO-systemen weergegeven.

C Bodem en grondwatersysteem Westland

C.1 Bodemopbouw en geologie Westland

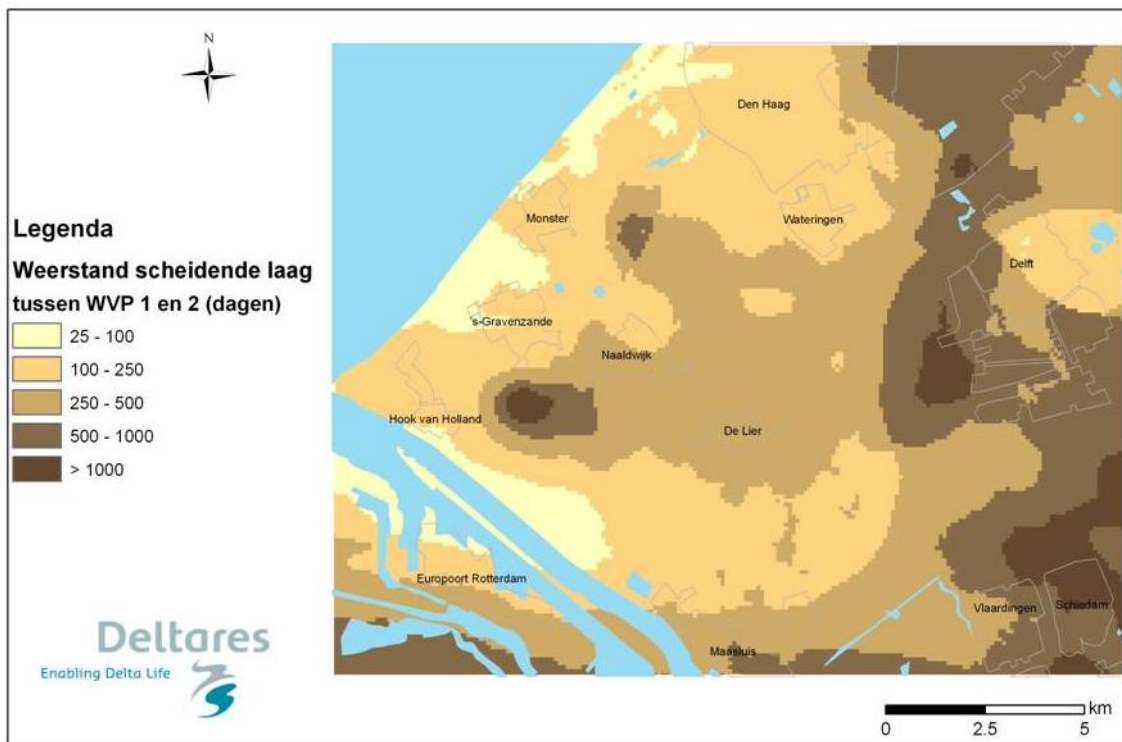
Gelegen aan de westelijke rand van de Nederlandse Delta, kent het Westland met name de laatste ca. 10,000 jaar (Holoceen) een sterke invloed van de nabijgelegen kust. Onder het maaiveld, dat ongeveer op zeeniveau ligt, bevindt zich een pakket van ca. 20 m met zowel wadafzettingen (zand, silt, klei) en lagunaire afzettingen (silt, klei, veen) uit deze periode, die doorgaans matig tot slechtdoorlatend zijn. Ruimtelijk is behoorlijk veel variatie aanwezig in deze deklaag. Zo lijkt de deklaag in de kustzone aanzienlijk zandiger en dus doorlatender. Door eerdere inbraken van de zee in het gebied wordt de grens tussen zoet en zout grondwater in de bovenkant van deze deklaag aangetroffen.

Onder de slechtdoorlatende deklaag bevinden zich de Pleistocene goeddoorlatende zandpakketten (aquifers of watervoerend pakketten), die worden begrensd door slechtdoorlatende (klei)lagen, ook wel scheidende lagen of aquitards genoemd. Het eerste watervoerend pakket bevindt zich op circa 20 tot 40 m-mv (meter beneden maaiveld). In het zuiden is dit watervoerend pakket enigszins dunner, terwijl het meer naar het noorden juist dikker wordt aangetroffen, tot circa 50 m-mv. Dit bovenste watervoerend pakket bestaat uit grindhoudende rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Urk (noordelijke helft Westland). De Formatie van Kreftenheye is over het algemeen behoorlijk grof van aard en is goed doorlatend (Busschers et al., 2005).



Figuur C.1: Doorsnede van het Westland naar het Oostland. A = Holocene deklaag, B = watervoerend pakket 1, C = slechtdoorlatende laag 1, D = watervoerend pakket 2 en 3, E = slechtdoorlatende laag 3, F = lokale kleilaag, G = duingebied, H = Westland, I = Oostland, J = onttrekking vml. DSM, K = onttrekking t.b.v. glastuinbouw, L = injectie brijn t.b.v. glastuinbouw.

De eerste slechtdoorlatende laag (SDL-1) bestaat uit eenheden van de Formatie van Waalre en plaatselijk Stramproy. Gezien de aard van deze slechtdoorlatende laag (kleiige rivierafzettingen) is het zeer aannemelijk dat deze laag niet in het gehele gebied aanwezig is, terwijl ook de dikte en de doorlatendheid ervan (uitgedrukt in de weerstand) in het gebied sterk wisselend zijn. De heterogeniteit is te zien in Figuur C.2, dit is de weerstand zoals hij ook in het Westland model is meegenomen.



Figuur C.2 Verwachte scheidende werking eerste scheidende laag in het Westland, zoals meegenomen in het Westland model.

De veelal aangesloten tweede en derde watervoerend pakketten hebben doorgaans een kleinere doorlatendheid, maar vormen samen wel een veel dikker pakket tot op zeker 100 m-mv. Ook deze pakketten bestaan uit rivierafzettingen (Formatie van Peize en Waalre) en worden plaatselijk doorsneden door kleilagen.

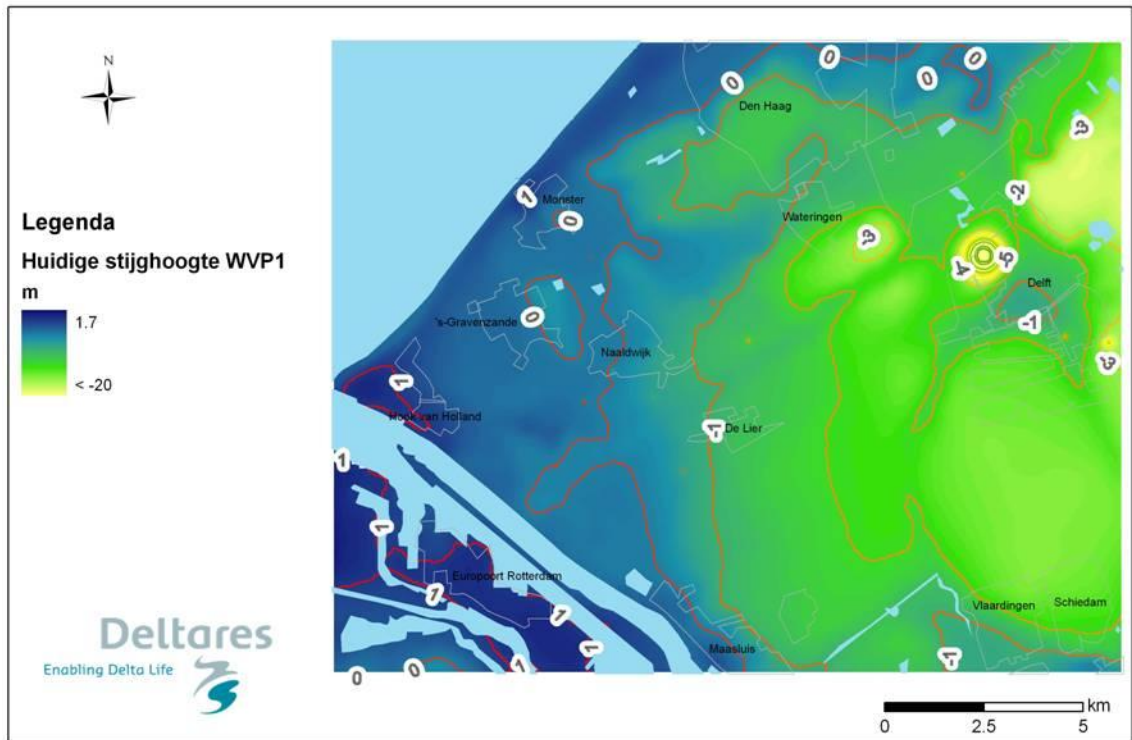
C.2 Hydrologie, grondwaterstroming

In hydrologisch opzicht wordt het Westland vooral beïnvloed door de volgende factoren:

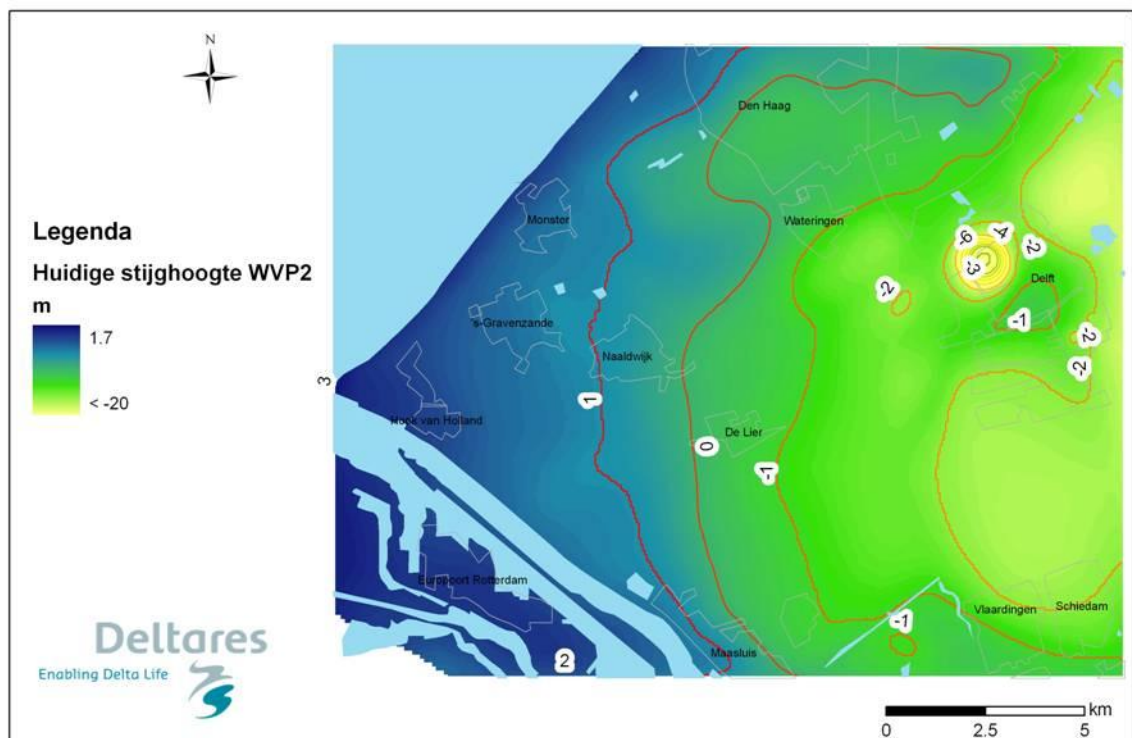
- De ligging van de Noordzee aan de (noord)westzijde, met een gemiddeld constant niveau (~ NAP);
- De ligging van de droogmakerijen ten oosten van Delft met een zeer diep drainageniveau (-4 tot -6 m NAP);
- Een grote grondwateronttrekking op het voormalige DSM terrein in Delft, die tevens voor een grote verlaging van de grondwaterstand zorgt.

Een gevolg is dat de grondwaterstroming in het Westland plaatsvindt van west naar oost (Oude Essink et al., 2010; Roelofsen et al., 2008). De hoogste stroomsnelheden zijn hierbij waar te nemen nabij de voormalige DSM onttrekking (> 20 m/jaar), terwijl stroomsnelheden aan de westzijde van het Westland aanzienlijk lager zijn (~ 5 tot 10 m/jaar). In de regio zijn verder verhoogde stroomsnelheden waar te nemen op de overgang van hoger gelegen land

naar de dieper gelegen percelen. In Figuur C.3 en C.4 zijn de stijghoogtes in respectievelijk het eerste en het tweede watervoerend pakket weergegeven zoals gebruikt in het Westland model. Als de isohypsen (lijnen van gelijke stijghoogte) dicht bij elkaar liggen, betekent dit een hoge stroomsnelheid en als ze ver uit elkaar liggen een lage stroomsnelheid.



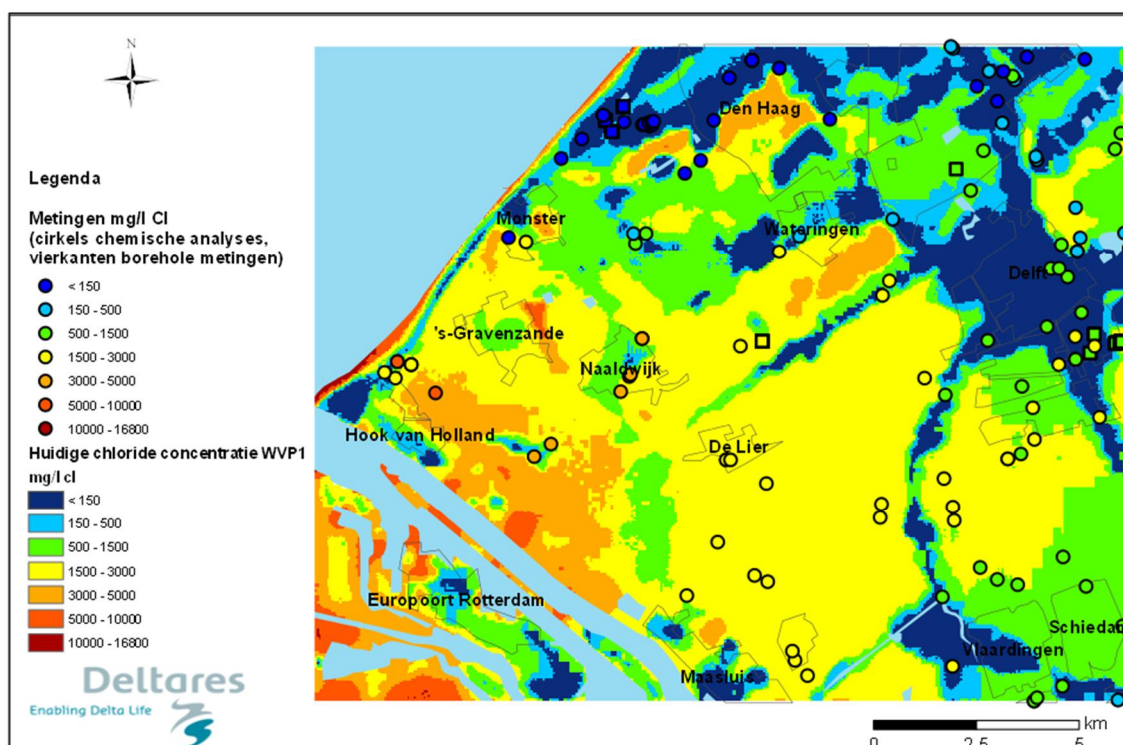
Figuur C.3: Inschatting stroomsnelheden in het eerste watervoerend pakket.



Figuur C.4: Inschatting stroomsnelheden in het tweede watervoerend pakket.

C.3 Zoet-zoutverdeling in de bodem van het Westland

Het zoutgehalte (chlorideconcentratie) in het grondwater in het Westland varieert sterk met de diepte en in de ruimte. Figuur C.5 laat de chlorideconcentratie op 7 meter onder de deklaag in het eerste watervoerend pakket zien, zoals deze ook in het Westland model is gebruikt. Het grondwatersysteem is bijna overal brak, behalve in infiltratiegebieden waar het zoet is. In de figuur zijn ook metingen van de chlorideconcentratie weergegeven. Deze metingen geven aan dat op bepaalde plekken de gemeten en berekende chlorideconcentratie goed overeen komen en dat op andere plekken het model een zoetere concentratie geeft dan de metingen.



Figuur C.5 Chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket op 7 meter onder de deklaag en een vergelijking met chlorideconcentratie metingen op dezelfde diepte.

C.4 Chemische samenstelling van brak grondwater: Nederland

Injectie van membraanconcentraat in diepere aquifers leidt tot een verandering van de chemische waterkwaliteit van de ontvangende aquifer. Deze verandering betreft zowel verhogingen als verlagingen van individuele stofconcentraties. Voorwaarde voor vergunningverlening van concentraatinjectie is dat injectie niet leidt tot een verslechtering van de waterkwaliteit in de injectieaquifer. Doorgaans wordt gesproken van een verslechtering van de waterkwaliteit als injectie resulteert in een concentratietoename van een of enkele parameters, ongeacht of injectie ook tot verlaging van concentraties van andere stoffen leidt.

Het is zodoende van een belang een goed beeld te hebben van de samenstelling van de winaquifer (waaruit water wordt onttrokken ten behoeve van de gietwatervoorziening), zodat de samenstelling van het concentraat kan worden geschat, als van de doelaquifer.

Het onderscheid tussen zoet, brak en zout grondwater wordt gemaakt op basis van de chlorideconcentratie, maar deze indeling doet geen recht aan de diversiteit in andere chemische parameters van deze watertypes. Brak grondwater in Nederland betreft in het algemeen anoxisch paleowater (niet antropogeen beïnvloed) (Stuyfzand & Raat, 2010). Ten opzichte van zoet grondwater kenmerkt brak grondwater zich (van nature) dikwijls door hoge concentraties van nutriënten en (sporen)elementen als ammonium, sulfaat, fosfaat, methaan,

fluoride, ijzer, mangaan, boor, barium, strontium, lithium en diverse andere zware metalen (Stuyfzand & Stuurman, 2008; Passier & Broers, 2004).

In vergelijking met zoet grondwater hebben wij slechts een beperkt beeld van de samenstelling van brak grondwater in Nederland. De ruimtelijke verspreiding van brak grondwatertypes is doorgaans complex, zeker als de herkomst samenhangt met diverse trans- en regressies, soms resulterend in inversies in de chlorideconcentratie in de ondergrond. Hierdoor kunnen met de diepte, binnen één watervoerend pakket grote variaties in stofconcentraties voorkomen. Een voorbeeld is de aquifer waarin in de brakwaterpilot in Noardburgum (waterbedrijf Vitens) membraanconcentraat wordt geïnjecteerd. Diverse parameters kennen een zeer grote variatie binnen een verticale afstand van 14 meter, bijvoorbeeld chloride 400 – 4500 mg/l; sulfaat <2 – 160; ammonium 0.7 – 4.4; strontium 800 – 6000 ug/l; barium 160 – 1700; arseen <1.0 – 3.1 en nikkel <1.0 – 2.4 (Raat et al., 2011). Deze grote variatie maakt het moeilijk (zo niet onmogelijk) één waterkwaliteit aan deze aquifer toe te kennen.

C.5 Chemische samenstelling van brak grondwater: Westland

Milieu-eigen stoffen

Passier & Broers (2004) hebben een verkenning uitgevoerd naar chemische samenstelling van grondwaterlichamen, waaronder brak grondwater, in Noord- en Zuid-Holland. Voor het brakke grondwaterlichaam in het zuidelijke deel van Zuid-Holland (inclusief het Westland) is dit een eerste serieuze verkenning van de chemische samenstelling inclusief sporenelementen. Achterliggend doel van deze studie was het definiëren van gebiedsspecifieke streefwaarden voor een selectie elementen. Belangrijke conclusie was dat het voor het zuidelijke deel van Zuid-Holland voor veel elementen niet mogelijk is streefwaarden vast te stellen, vanwege een gebrek aan voldoende metingen.

Door Klein & Passier (2009, 2010) zijn in opdracht van de Provincie Zuid-Holland twee studies uitgevoerd naar de chemische samenstelling van het eerste en tweede watervoerend pakket in Zuid-Holland (respectievelijk de winaquerifer van brak grondwater en de injectieaquifer voor concentraat). In Klein & Passier (2009) is de provincie opgedeeld in vijf voor de glastuinbouw belangrijke gebieden, waaronder het Westland. Deze studies richten zich op die stoffen waarop door de Provincie Zuid-Holland wordt getoetst bij de vergunningverlening van brijninjecties. De lijst omvat de stoffen nitraat, nitriet, ammonium, totaal fosfaat, fluoride, chloride, bromide, sulfaat, chroom, lood, koper, zink, cadmium, arseen, nikkel, kwik, antimoon, tin, seleen, molybdeen, vanadium, kobalt en barium. Het voorkomen van nitraat en nitriet in zowel brak grondwater als concentraat mag worden uitgesloten, aangezien beide waters anaeroob zijn (indringing van zuurstof in de RO installatie zal direct resulteren in ijzerneerslagen en dus uitval van de RO; ook concentraat zal anoxisch blijven). De N-percentielwaarden voor deze stoffen in het grondwater en brijn in Zuid-Holland zijn bepaald, waarbij is aangenomen dat het brijn een factor 2 verdikt grondwater uit het eerste watervoerend pakket is. Een N-percentielwaarde komt overeen met de getalswaarde waarvan N% uit een dataset een lagere waarde heeft (zie ook Bijlage C). Klein & Passier (2009) bepaalden N-percentielwaarden voor het Westland en Oostland samen, omdat door de beperkte datadichtheid het niet mogelijk was percentielwaarden te berekenen voor het Westland alleen. Uit deze analyse bleek dat (zie ook Bijlage C):

- voor chloride, lood en zink de concentraties (P50) van brijn op eenzelfde (lood) of lager (chloride, zink) niveau ligt dan die van het tweede watervoerend pakket (injectieaquifer);
- voor chroom, nikkel, arseen, cadmium, koper en ammonium concentraties (P50) van brijn op een hoger niveau te liggen dan die van het tweede watervoerend pakket (injectieaquifer);
- voor barium, door de grote spreiding in concentraties in het brijn, geen uitspraken gedaan kunnen worden;

- voor alle genoemde sporenelementen, uitgezonderd barium (in zowel het tweede watervoerend pakket als het brijn), de concentratie (P50) van het brijn onder de landelijke streefwaarde voor diep grondwater ligt. Opgemerkt wordt dat barium, net als veel andere elementen en nutriënten, veelvuldig in hoge concentraties voorkomt in brak grondwater (Stuyfzand & Raat, 2010), en dat de landelijke streefwaarden voor deze stof (in brakke milieus) weinig relevant zijn.

In Klein & Passier (2010) zijn gemeten concentraties in het brijn vergeleken met concentraties in het grondwater in het tweede watervoerend pakket (in vijf glastuinbouwgebieden in de Provincie Zuid-Holland). Deze vergelijking kon gemaakt worden voor de stoffen chroom, lood, koper, zink, cadmium, arseen, nikkel, antimoon, molybdeen, kobalt, barium, ammonium, nitraat, chloride en sulfaat. Getoetst is of brijninjectie voldoet aan het beleid en de regelgeving wat betreft de ondergrond. In lijn met de filosofie van de Kaderrichtlijn Water en het Prevent and Limit-principe van de Grondwaterrichtlijn gaat het om het voorkomen van toevoegen van stoffen ('gevaarlijke' stoffen) of om het beperken ('niet-gevaarlijke' stoffen). Je wilt dus voorkomen dat je stoffen toevoegt boven de natuurlijke achtergrondconcentratie in een gebied zodat de grondwaterkwaliteit in het gebied niet verslechtert. Met toetsing aan een bepaalde toetswaarde kunnen we zeggen of de concentratie verhoogd wordt door het lozen van brijn. Hiertoe is bij de gevaarlijke stoffen de P90 in het brijn aan de P50 van het tweede watervoerend pakket getoetst. Voor de niet-gevaarlijke stoffen is de P90 in het brijn aan de landelijke streefwaarden voor diep grondwater getoetst.

Uit deze toetsing bleek:

- Voor de gevaarlijke stoffen cadmium, lood, arseen en antimoon geldt dat brijnlozing in het tweede watervoerend pakket strijdig is met het uitgangspunt van de KRW dat alle nodige maatregelen zijn genomen met de bedoeling om te voorkomen dat deze gevaarlijke stoffen in het grondwater ingebracht worden (Prevent principe uit het Prevent and Limit artikel uit de Grondwaterrichtlijn).
- Voor de niet-gevaarlijke stoffen kobalt, vanadium, barium, chloride, sulfaat en ammonium geldt dat de concentraties in het brijn zodanig zijn dat een verhoging van de concentraties in het tweede watervoerend pakket niet is uit te sluiten dan wel dat de concentraties van het brijn boven de landelijke streefwaarde liggen. Lozing voldoet vanuit de overwegingen die zijn gekozen voor de toetsing niet aan het Limit principe uit het Prevent and Limit artikel van de Grondwaterrichtlijn. Waarschijnlijk geldt dit ook voor fosfaat, maar deze beoordeling kan niet worden uitgevoerd door het ontbreken van gegevens uit het tweede watervoerend pakket. De bariumconcentratie overschrijdt in 12 brijnmonsters, en de vanadiumconcentratie in 2 brijnmonsters, zelfs de interventiewaarde (uit de circulaire van VROM (2000)).

De uiteindelijke keuze voor de toetswaarden en toetscriteria zijn beleidskeuzes die vallen binnen de belangenafwegingen van het bevoegd gezag.

Het geringe aantal beschikbare brijnanalyses (18) liet niet toe om uitspraken te doen over de vijf deelgebieden apart. Voor een dergelijke analyse zijn minstens 10 metingen van brijnconcentraties per deelgebied nodig, die bij voorkeur statistisch willekeurig worden getrokken uit de bedrijven in het deelgebied. Aanbevolen wordt de kwaliteit van het tweede watervoerend pakket systematisch te karakteriseren zodat een beter beeld van de grondwaterkwaliteit in het tweede watervoerend pakket verkregen wordt. Ook is het nuttig om de veranderingen in de tijd, die kunnen ontstaan door brijnlozingen op een aantal locaties van glastuinbouw in Zuid-Holland te gaan monitoren. Dan kunnen effecten van brijnlozing op de grondwaterkwaliteit gevolgd worden, ook de effecten die niet rechtstreeks uit de concentratieverschillen tussen brijn en grondwater kunnen worden afgeleid.

Milieuvreemde stoffen

Eventuele milieuvreemde stoffen, zoals bestrijdingsmiddelen, in het eerste watervoerend pakket kunnen alleen afkomstig zijn vanaf maaiveld en vanuit oppervlaktewatersystemen en dan alleen in de infiltratiegebieden (zie paragraaf 3.2.2).

Gedurende de overgangperiode geldt voor tuinders met een ontheffing voor brijnlozing een onderzoeksplicht, waaronder het (laten) uitvoeren van onderzoek naar milieuvreemde stoffen in het brijn. Tot en met januari 2010 zijn er in totaal 15 rapportages ontvangen van brijnanalyses van (clusters van) bedrijven. In het totaal zijn hierin 63 bedrijven vertegenwoordigd. De resultaten hiervan staan gerapporteerd in de evaluatie van het brijnbeleid (Provincie Zuid-Holland, 2010b). In de studie zijn de brijnmonsters van 15 analyserapportages getest op bestrijdingsmiddelen. In de Evaluatie Brijnbeleid wordt geconcludeerd dat milieuvreemde stoffen in de geëvalueerde periode niet zijn aangetoond. Aandachtspunt is echter dat bepaalde stoffen weldegelijk in de analyses zijn aangetroffen, maar dat de concentraties onder het meetbereik (de detectiegrens) van de gehanteerde analysemethode waren en dat voor een aantal parameters deze detectiegrens hoger was dan de streefwaarde zoals vastgelegd in de vigerende Circulaire Bodemsanering 2009. Volgens dezelfde circulaire zouden de analyses moeten worden uitgevoerd volgens de zogenaamde AS3000 norm. Uit de detectiegrenzen in de rapportage blijkt niet dat deze analysenorm is aangehouden.

In samenvatting: wij hebben slechts een beperkt beeld van de chemische samenstelling (uitgezonderd chloride) van het grondwater in de watervoerende pakketten in het Westland. Belangrijkste reden hiervoor is de beperkte data beschikbaarheid.

C.5.1 Aanbeveling grondwaterkwaliteit

In de huidige situatie is de nulsituatie van het tweede watervoerend pakket, voordat gestart werd/wordt met de brijnlozingen, nauwelijks bekend. Er zijn te weinig peilbuizen beschikbaar om voor het Westland een goede karakterisatie van de grondwaterkwaliteit te maken. Daarnaast wordt er ook niet structureel gemonitord wat in het tweede watervoerend pakket gebeurt met de kwaliteit van het water nadat gestart is met de brijnlozingen. Hierdoor is het effect van brijnlozingen op de grondwaterkwaliteit in het tweede watervoerend pakket niet exact bekend. Om het effect van lozingen van brijn op de grondwaterkwaliteit van het tweede watervoerend pakket beter in beeld te krijgen en om de risico's van brijnlozingen te beperken wordt aanbevolen om de grondwaterkwaliteit ruimtelijk uitgebreider en systematischer te gaan monitoren.

D Aanpak inschatting ligging en omvang brijninjecties in het Westland

Als primaire waterbron maakt de glastuinbouw gebruik van hemelwater dat wordt opgeslagen in bassins. De watervraag wordt in de zomermaanden en/of in tijden van droogte niet gedekt door het (opgeslagen) hemelwater. Grondwater, afkomstig uit het eerste watervoerend pakket, wordt dan veelal gebruikt als aanvullende gietwaterbron. Dit brakke grondwater wordt ontzilt door omgekeerde osmose. Het concentraat dat daarbij ontstaat wordt teruggeïnjecteerd in het tweede watervoerend pakket. Doorgaans wordt ontzilt met een recovery van 50%. De helft van de hoeveelheid opgepompt brak grondwater wordt dus weer als concentraat teruggeïnjecteerd in de ondergrond.

Een goed, sluitend overzicht van het aantal grondwateronttrekkingen en concentraatinjecties ontbreekt voor het Westland. Ook de totale omvang van de onttrekking en injectie (in m³ per jaar) is niet goed bekend. Dit heeft een aantal oorzaken:

- Bij de provincie zijn alleen de brijninjecties bekend waarvoor een ontheffing is aangevraagd. Een onbekend aantal tuinders injecteert brijn zonder dat ze beschikt over een ontheffing.
- Het aantal verleende ontheffingen voor brijninjectie bedroeg 388 voor heel Zuid-Holland in 2010 (Westland: 159). Nog steeds worden ontheffingen aangevraagd. Sterker: sinds bekend is dat ontheffingen geldig blijven tot 10 jaar na de inwerkingtreding van het Activiteitenbesluit, neemt het aantal aanvragen toe. Momenteel (juni 2012) staat de teller op ca. 550 voor geheel Zuid-Holland (verleende en aangevraagde ontheffingen).
- Van de bekende onttrekkingen en injecties is niet goed geregistreerd hoeveel vergunningsruimte er is en op welke dieptes onttrokken en geïnjecteerd wordt. Overigens: ook als dit wel goed geregistreerd werd, gaf dit slechts een beperkt beeld van de werkelijke onttrekking en injectie. Brak grondwater wordt immers alleen ingezet als de watervraag niet door het aanbod van hemelwater wordt gedekt. De werkelijke onttrekking wisselt zodoende sterk binnen en tussen een jaar.

D.1 Beschikbare informatie

Sluitende informatie over locatie en omvang van onttrekkingen en injecties ontbreekt dus. Een schatting van onttrekking en injectie kan wel gemaakt worden op basis van bestaande gegevens als bedrijfstypen en –omvang. Twee eerdere studies zijn hierbij van belang:

- Alternatieven voor brijn in Zuid-Holland, kosten en milieu-effecten (Agrimaco, 2010). Deze studie schat de totale watervraag uit grondwater in het Westland op 4.6Mm³. Daarvan wordt ca. 40% afgedekt door bestaande onttrekkingsvergunningen en de daaraan gekoppelde ontheffingen. Met andere woorden: naar schatting 60% van de watervraag wordt gedekt door onttrekkingen en injecties waarvoor geen ontheffing is aangevraagd. Bij deze studie is een databestand geleverd met daarin de locatie (x,y) van de bekende onttrekkingen. Dit bestand dekt dus minder dan de helft van het geschatte werkelijke aantal onttrekkingen.
- Watervraag concentratiegebieden in Zuid-Holland (Paalman et al., 2011). Deze studie geeft een schatting van het watervraag en het watertekort in het Westland. De studie maakt gebruik van de landbouwtellingen van het CBS (CBS, 2010). De watervraag is bepaald op basis van de teelt, neerslagpatroon en grootte van de bassins. Op basis van de CBS data is de locatie, de omvang en de teelt van een bedrijf bekend. In deze studie wordt voortgebouwd op deze dataset.

D.2 Uitgangspunten en aannames

- De CBS landbouwtellingen (CBS, 2010) en verwerking van deze data naar de watervraag en watertekort wordt als uitgangspunt gebruikt voor het bepalen van de hoeveelheden brijn (Paalman et al., 2011). Bekend is de locatie, teelt en omvang van het bedrijf. Vervolgens zijn de teelten onderverdeeld naar watergebruiksklassen: laag, gemiddeld en hoog. Teelten met een watergebruik van $< 5000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ zijn laag, gemiddeld is tussen 5000 en $7500 \text{ m}^3/\text{jaar}$ en hoog is tussen 7500 en $10.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$.
- Bedrijven met een hoog en gemiddeld watergebruik maken gebruik van RO als aanvullende gietwaterbron. Onbekend is welk bedrijf een RO installatie heeft en welke geen. Aangenomen wordt dat voor bedrijven met een hoog watergebruik een aanvullende gietwaterbron noodzakelijk is. Dit ook daar voor een aantal teelten de watervraag hoger is dan de hoeveelheid neerslag per ha. Voor teelten met een gemiddeld watergebruik is het de vraag of deze als aanvullende gietwaterbron gebruik maken van een RO. In een periode van watertekort kunnen ze het bassin aanvullen vanuit een andere bron, zoals oppervlaktewater of leidingwater. De gietwaterkwaliteit gaat hiermee achteruit, maar hiermee kan wel een droge periode overbrugd worden. In deze studie gaan we ervan uit dat bedrijven met een gemiddeld watergebruik ook een RO installatie hebben. Vermoedelijk is dit een overschatting van de werkelijke situatie.
- De grondgebonden teelten maken geen gebruik van een RO installatie. De grondgebonden teelten zijn minder kritisch ten aanzien van de waterkwaliteit dan de substraatteelten. Aangenomen wordt dat deze bedrijven geen RO installatie bezitten.
- Recirculatie en benutten van condenswater. In de kas is sprake van een bepaalde efficiëntie in het gebruik van water. Dit door het recirculeren van water en het opvangen en hergebruiken van condenswater. Aangenomen wordt dat dit ca. 15% is van de totale watervraag.
- Voor het neerslagpatroon wordt uitgegaan van een gemiddeld maandelijks neerslagpatroon ($830 \text{ mm}/\text{jaar}$), waarbij eens per 10 jaar een droog jaar ($540 \text{ mm}/\text{jaar}$) voorkomt (Paalman et al., 2011).
- De recovery van de omgekeerde osmose installaties is 50% (indikkingsfactor 2). De omvang (m^3/jaar) van een brijninjectie bedraagt dus de helft van de grondwateronttrekking, de andere helft is gietwater.
- Ontwikkeling watervraag op langere termijn. De watervraag en dus ook de hoeveelheid te injecteren brijn kan in de tijd veranderen. Van invloed hierop zijn zoal de teeltkeuze, klimaatveranderingen (langere drogere perioden), ruimtelijke ordening van het gebied, technologische ontwikkelingen en beleidsmatige wijzigingen. Het is nu niet te zeggen of op langere termijn de hoeveelheid brijn zal toe- of afnemen.
- Injecteren van brijn in het tweede watervoerend pakket vindt periodiek plaats. De hoeveelheid geïnjecteerd brijn wordt verdeeld over een periode van 5 maanden (mei-september). In de overige maanden (oktober – april) wordt geen brijn geïnjecteerd.
- Inschatting van duur en frequentie en periode in het jaar dat RO nodig is. Voor een droog jaar is het watertekort redelijk goed in te schatten op basis van de grootte van het bassin, de duur van de droge periode (neerslaghoeveelheid) en watervraag vanuit de tuinder. Voor een jaar met een gemiddeld neerslagpatroon en nat jaar is dit lastiger te bepalen. Dit daar door het jaar heen schommelingen zijn in de hoeveelheid neerslag en het van het moment afhangt of de tuinder nog voldoende gietwater in het bassin heeft en aanvullend gietwater nodig heeft. Zelfs in een nat jaar kan de tuinder te maken hebben met een aanvullende gietwatervraag. Voorbeeld is het jaar 2011, wat overall een nat jaar was maar met een extreem droog voorjaar. Daarnaast kunnen klimaatveranderingen van invloed zijn op de duur en frequentie van een droge periode. Vooral voor teelten met een hoge watervraag kan de hoeveelheid aanvullend gietwater dan ook in een gemiddeld en zelfs nat jaar nog aanzienlijk zijn.

Uit bovenstaande blijkt dat de hoeveelheid brijn dat jaarlijks wordt geïnjecteerd niet exact te berekenen is, maar wel op basis van de uitgangspunten en aannames benaderd kan worden

met inachtneming van een bandbreedte. In deze studie hanteren we 2 scenario's: namelijk een referentie scenario en een hoog scenario, waarbij het hoog-scenario 3 keer hoger is dan het referentiescenario.

In Tabel D.1 en Tabel D.2 worden de hoeveelheden grondwateronttrekking en brijninjecties in het referentiescenario en hoog-scenario weergegeven.

Tabel D.1 Geschatte aanvullende grondwateronttrekking en brijninjectie ($m^3/ha/jr$) voor substraatteelten in een gemiddeld en droog jaar (referentie scenario).

Waterverbruiks-klasse	Grondwateronttrekking ($m^3/ha/jaar$)		Brijninjectie ($m^3/ha/jaar$)	
	Gemiddeld	Droog	Gemiddeld	Droog
Jaartype				
Laag (<5000 m^3)	0	0	0	0
Midden (5000 - 7500 m^3)	100	550	50	225
Hoog (7500 - 10.000 m^3)	1200	3250	600	1625

Tabel D.2 Geschatte aanvullende grondwateronttrekking en brijninjectie ($m^3/ha/jr$) voor substraatteelten in een gemiddeld en droog jaar (hoog-scenario).

Waterverbruiks-klasse	Grondwateronttrekking ($m^3/ha/jaar$)		Brijninjectie ($m^3/ha/jaar$)	
	Gemiddeld	Droog	Gemiddeld	Droog
Jaartype				
Laag (<5000 m^3)	0	0	0	0
Midden (5000 - 7500 m^3)	300	1650	150	1825
Hoog (7500 - 10.000 m^3)	3600	9750	1800	4875

Volgens deze methode schatten wij de totale grondwateronttrekking ten behoeve van de gietwatervoorziening in het Westland op 1.3 Mm^3/jr in een gemiddeld jaar en op 3.75 Mm^3/jr in het referentiescenario en tussen respectievelijk 3.75 en 10.8 Mm^3/jr in het hoog-scenario (zie tabel D.3).

In de studie van Agrimaco (2010) wordt de hoeveelheid brijninjecties in het Westland geschat op ca. 4.6 Mm^3/jr .

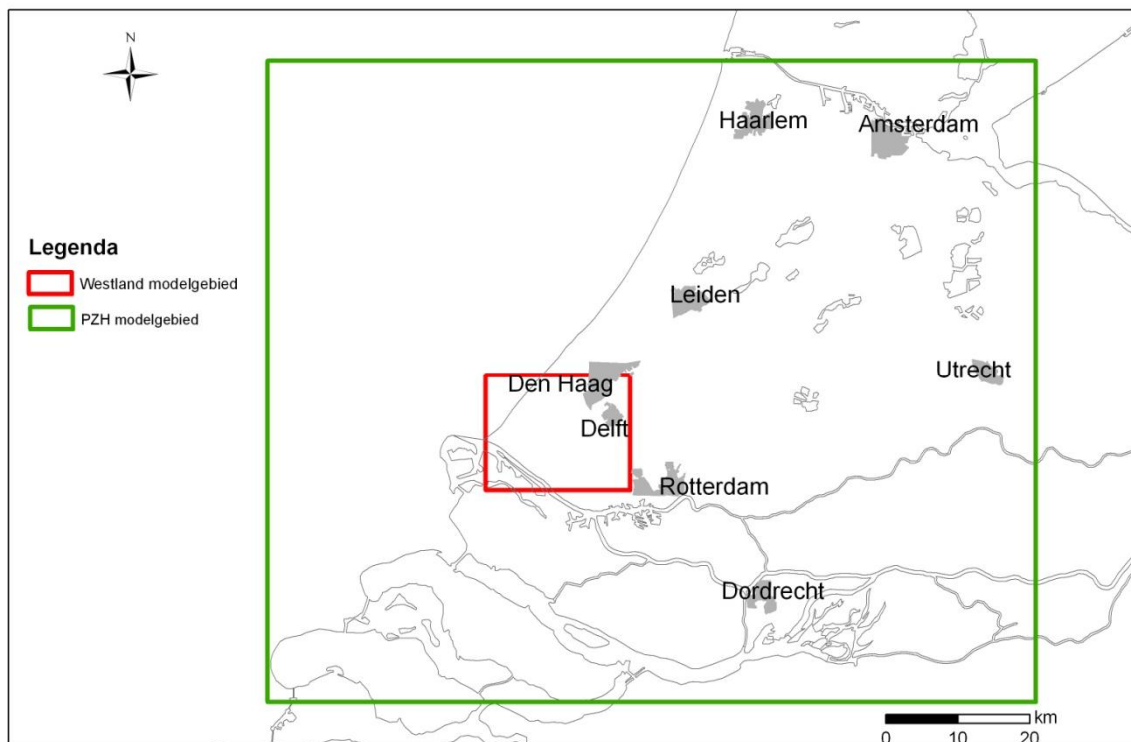
Het totaal aantal onttrekkingen en brijninjecties komt in deze berekening op 772. Hiervan vallen 328 bedrijven in de categorie met een hoog watergebruik. In 2010 waren en 159 ontheffingen bij de provincie aangevraagd. Inmiddels is dit aantal hoger.

Tabel D.3 Aantal bedrijven, oppervlakte, geschatte aantal onttrekkingen en totale onttrekkingshoeveelheid in het Westland, ingedeeld naar watergebruiksklasse.

Waterverbruiks- klasse	Aantal bedrijven	Totaal oppervlakte (ha)	Aantal onttrekkingen / injecties	Grondwateronttrekking (Mm ³ /jr)	
				Gemiddeld jaar (ref-hoog)	Droog jaar (ref-hoog)
Midden (7500 m ³)	444	570	444	0.05-0.15	0.3-0.9
Hoog (10.000 m ³)	328	1029	328	1.2-3.6	3.3-9.9
Totaal				1.35-3.75	3.6-10.8

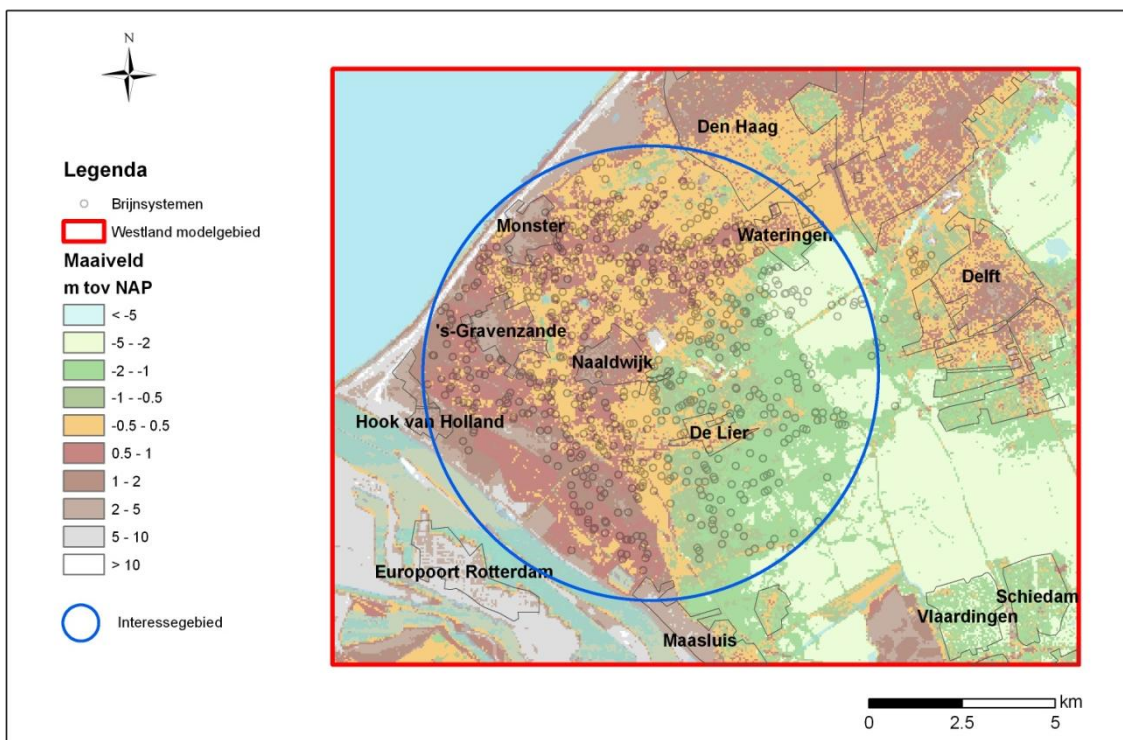
E Modelopbouw

Het model dat is ontwikkeld voor deze studie is gemaakt op basis van het PZH model (Minnema et al. 2004, OudeEssink et al. 2008). Figuur E.1 laat het modelgebied van het PZH model en het modelgebied van het Westland model, wat gemaakt is voor deze studie, zien. De meeste invoerparameters en concepten om het Westland model te maken zijn uit het PZH model gehaald. De nieuwe invoer bestaat uit een nieuwe geologie, een verbeterde chlorideconcentratie verdeling in het grondwater, en toegevoegd nieuwe onttrekkingen en brijnsystemen. Tevens is het Westland model fijner in de horizontale (cellen van 50x50m² in plaats van 250x250m²) en in de verticale (55 modellagen in plaats van 40) gemaakt in vergelijking met het PZH model met als doel de regionale processen als gevolg van brijnsystemen goed in kaart te kunnen brengen.



Figuur E.1 Modelgebied PZH model en Westland model.

Het Westland model is een stationair dichtheidsafhankelijk grondwatermodel dat de grondwaterstroming en het zout transport simuleert in het gebied begrensd door Den Haag, Delft, Maassluis en Hoek van Holland. Het interesse gebied wordt gedefinieerd door de ligging van de brijnsystemen en is in Figuur E.2 aangegeven.



Figuur E.2 Hoogtekaart van het model- en interessegebied van het Westland model en de ligging van de brijnsystemen.

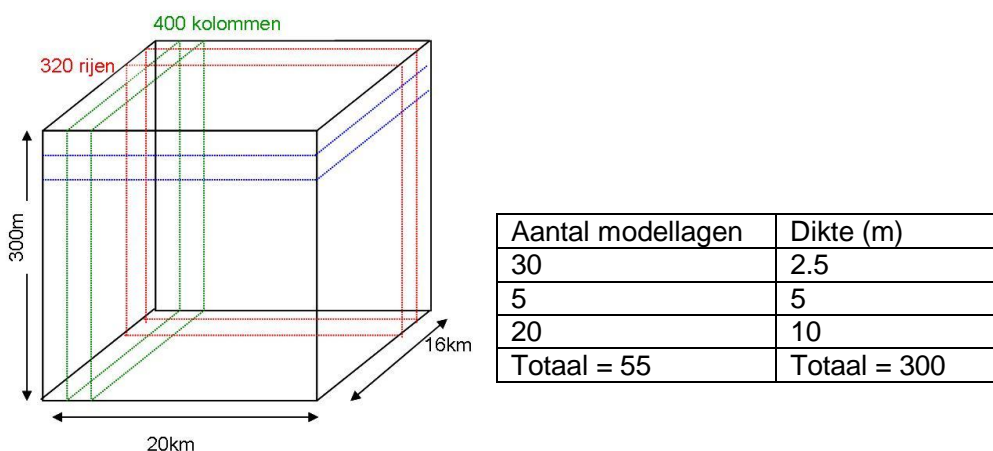
Het Westland grondwatermodel wordt gebruikt om de volgende gegevens en processen in het gebied in kaart te brengen: stijghoogtes in het eerste en tweede watervoerend pakket, grondwaterstromingspatronen, relatie tussen eerste en tweede watervoerend pakket, kwel- en infiltratiegebieden, zoet, brak en zout grondwaterverdeling en transport van brijn naar het maaiveld en eerste watervoerend pakket als gevolg van brijninjecties in het tweede watervoerend pakket.

E.1 Modelcode

De softwarecode gebruikt voor het PZH en ook voor het Westland model is MOCDENS3D (Oude Essink, 1998, 2000; Van Vugt et al., 2003). MOCDENS3D is gebaseerd op de integratie van twee codes MODFLOW (McDonald & Harbaugh, 1988) en MOC3D (Konikow et al., 1996).

E.2 Modelafmetingen

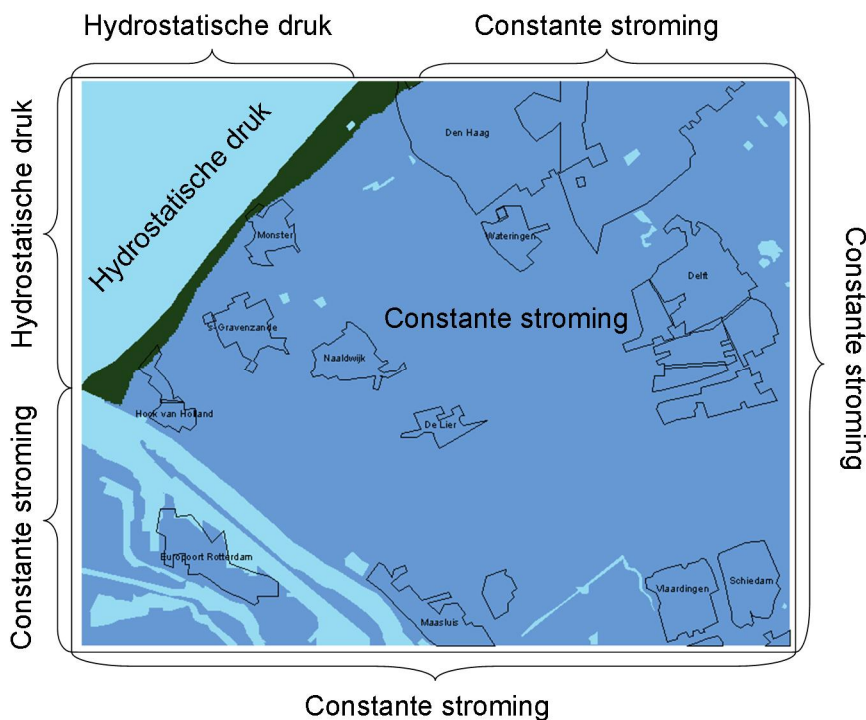
De modelafmetingen staan weergegeven in Figuur E.3. Het Westland model omvat een gebied van 20 bij 16 km en is 300 meter diep (van 0 tot -300 m t.o.v. NAP). De modelcellen zijn 50x50m². Van west naar oost zijn er 400 cellen en van noord naar zuid 320. Het model bestaat uit 55 lagen met diktes die variëren tussen de 2,5 meter in het ondiepe systeem tot 10 meter in het diepe systeem.



Figuur E.3 Modelafmetingen Westland model in 3D.

E.3 Model randvoorwaarden

De onderrand van het model is op -300 m NAP gezet, daar is de geohydrologische basis overal aanwezig en dit is aangenomen als een *no flow boundary*. In het noorden, oosten en zuiden van het model zijn de stijghoogtes en chlorideconcentraties van het PZH model gebruikt als randvoorwaarden. Met behulp van een *general head boundary* zijn de stromingen in deze zijranden gemodelleerd als constante stroming. Aan de westrand bevindt zich de zee. De zee is gemodelleerd met een peil van -0.09 m NAP die ook met behulp van een *general head boundary* als constante stroming randvoorwaarde wordt gezet. Ook in de zee is de stijghoogte in de diepte gedefinieerd als hydrostatische drukverdeling met chlorideconcentraties van 16800 mg/l. De bovenrandvoorwaarden (grondwateraanvulling, oppervlaktewater en drainage) zijn ook als *general head boundary* gemodelleerd voor het gehele gebied behalve in de duinen. De aanname voor deze keuze is dat het water dat via de grondwateraanvulling in het gebied komt, door de drainage geheel doorgevoerd wordt naar de sloten, waardoor de stijghoogte altijd constant blijft en zorgt voor een constante stroming. Deze aanname is voor het PZH model gemaakt, en is nu voor het Westland model ook gebruikt. De grondwateraanvulling in de duinen is constant over het hele jaar gezet met een waarde van 0.7 mm/dag. De randvoorwaarden staan weergegeven in Figuur E.4



Figuur E.4 Randvoorwaarden van het Westland model. De donker groene streep stelt de duinen voor, waar een constante grondwateraanvulling van 0.7 mm/d is opgelegd.

E.4 Geologie

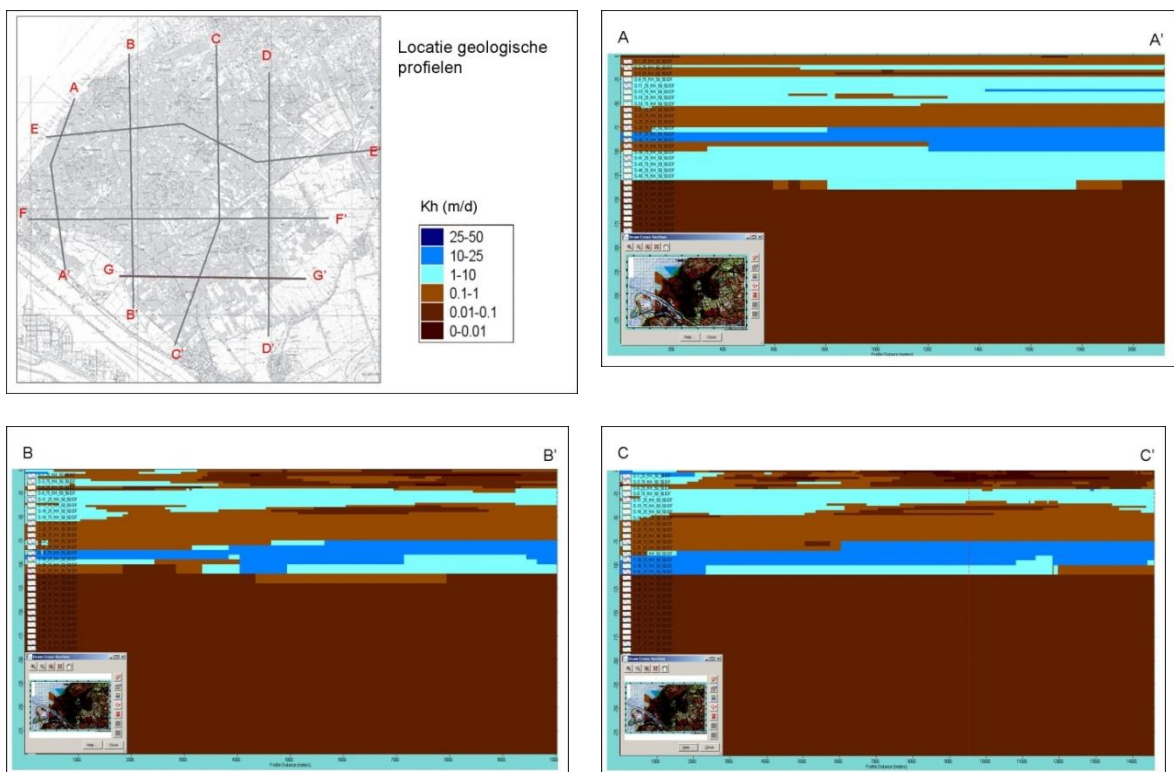
De geologie en de hydraulische parameters die voor het model gebruikt worden, zijn gemaakt door TNO op basis van het GeoTOP-model en REGIS II. Het volgende proces is gevolgd om de geologie te creëren:

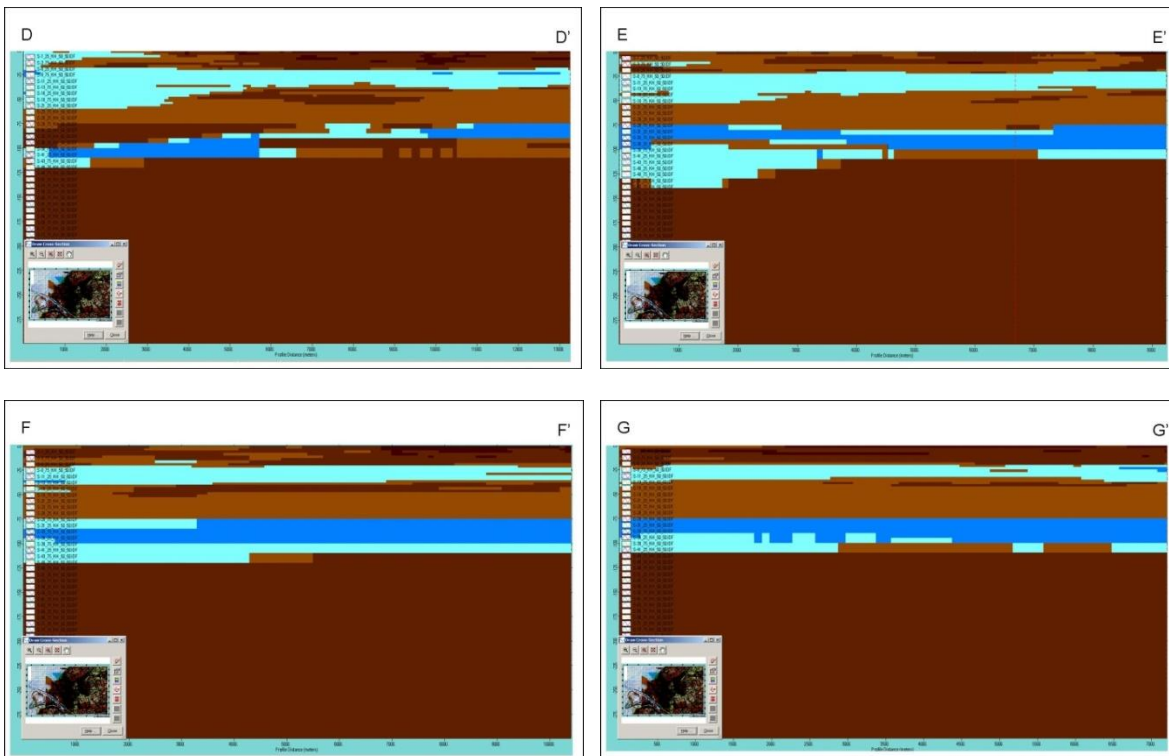
1. Voor de bovenste 50 m zijn de resultaten van de GeoTOP 3D modellering gebruikt. In het GeoTOP-model wordt voor iedere voxel (3D cellen) van 100x100x0.5 m een schatting gemaakt van de lithologie, gebaseerd op de omliggende boringen en de geologische kennis van de ontstaanswijze van de sedimenten in het gebied. Eerst worden lithostratigrafische eenheden onderscheiden en een 2D lagenmodel berekend. Vervolgens worden de voxels in iedere geologische eenheid gevuld met een lithoklasse (veen, klei, zandige klei, fijn zand, matig grof zand en grof zand). Dit wordt een aantal keren herhaald met behulp van een Monte Carlo techniek, waarna de meest waarschijnlijke lithologische klasse wordt bepaald en tevens een mate van onzekerheid kan worden berekend, bijvoorbeeld 65% kans op klei, 30% kans op veen en 5% kans op zand, met als meest waarschijnlijke lithologie klei.

2. Aan iedere lithologische klasse van de onderscheiden geologische eenheden wordt een horizontale en verticale doorlatendheid toegekend. De doorlatendheden zijn afkomstig uit de REGIS database, waarin per lithostratigrafische eenheid en per lithoklasse een doorlatendheid is gegeven. Bij het toekennen van de doorlatendheid is gebruik gemaakt van de onzekerheid in de lithologische klasse: de doorlatendheden die zijn toegekend aan de voxels zijn een gewogen gemiddelde van de lithologische klassen die kunnen voorkomen. De weging is gebaseerd op de kans op voorkomen en is uitgevoerd door de logaritmische waarde van de doorlatendheid van ieder lithologische klasse te berekenen en deze vervolgens naar rato van het aandeel van de lithologische klasse mee te laten tellen in de berekening van de gemiddelde doorlatendheid van desbetreffende voxel.

3. Het resultaat van stap 2 is een 3D voxel model van 100x100x0.5 meter met in iedere voxel een logaritmische horizontale hydraulische conductiviteit (kh) en verticale hydraulische conductiviteit (kv).
4. Voor de hydrologische modellering is een grid vereist van 50x50x2.5 meter voor de bovenste 75 meter. Dit vereist een verschaling van de kh en kv van 100x100x0.5 m. Deze verschaling is uitgevoerd door het gemiddelde te berekenen voor een 100x100x2.5 m voxel op basis van de 100x100x0.5 m voxel. Vervolgens is deze waarde teruggetransformeerd door de exp te nemen.
5. Voor het deel onder de 50 m is het REGIS II model gebruikt, welke is geparametriseerd met kh en kv. Dit model is naar voxels van verschillende dikte (afhankelijk van de diepte) omgewerkt, door een vergelijkbare procedure toe te passen als bij 4. Van het REGIS model zijn geen onzekerheden van de lithologie bekend, wel is de doorlatendheid ruimtelijk geïnterpoleerd.
6. De omzetting naar een 50x50 m grid is uitgevoerd door het oorspronkelijke 100x100 m grid te verdelen in 4 gridcellen van 50x50m.

Figuur E.5 laat de horizontale hydraulische conductiviteit van enkele profielen zien.



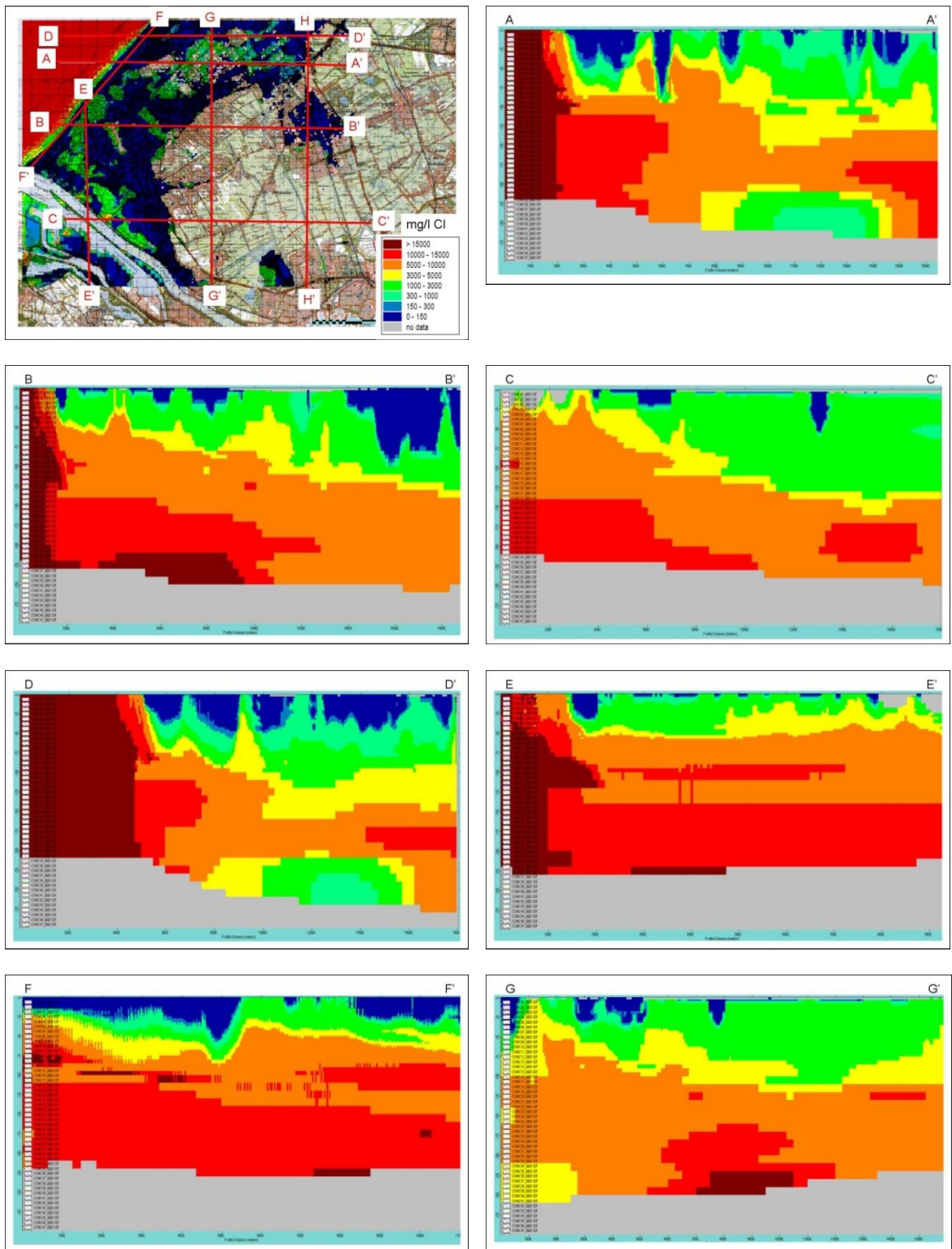


Figuur E.5 Profielen van de hydraulische conductiviteit van het gebied (verticale schaal van 0 tot -300 m met stappen van 25 m).

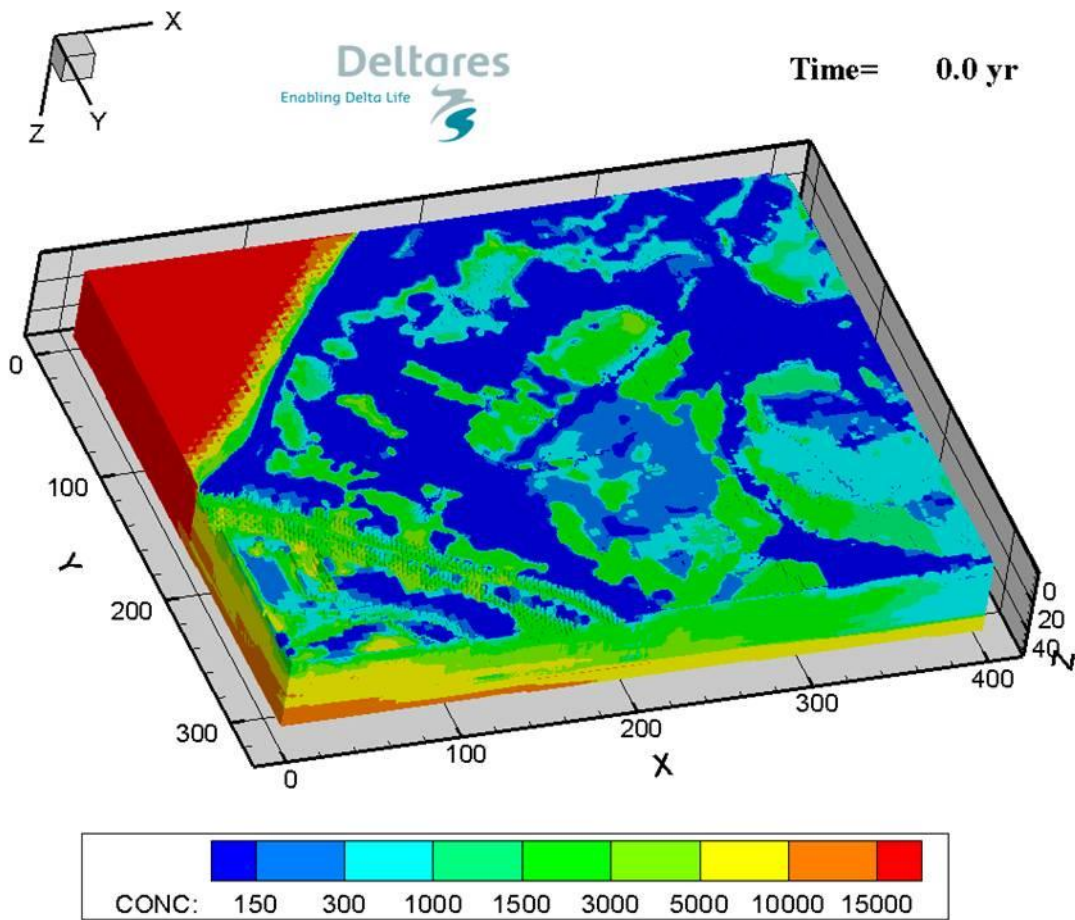
E.5 Chlorideconcentratie

De initiële chlorideconcentratie verdeling van het grondwater is gebaseerd op de resultaten van het PZH model. De initiële verdeling is in het Westland model gestopt en het model is een aantal jaar doorgerekend om de initiële fouten van het chlorideveld voor dit model eruit te halen. Na 50 jaar bleek het model in natuurlijk evenwicht te zijn en bleken alle incongruenties eruit te zijn. Deze chlorideconcentratie verdeling is genomen als initiële chlorideconcentratie verdeling voor het model.

Figuur E.6 laat profielen van de initiële chlorideconcentratie verdeling zien en Figuur E.7 laat een 3D beeld van het chlorideconcentratie verdeling zien. Daarnaast is in Figuur C.5 van Bijlage C een vergelijking van metingen en de initiële chlorideconcentratie verdeling weergegeven.



Figuur E.6. Profielen van de chlorideconcentratie verdeling in het grondwater.

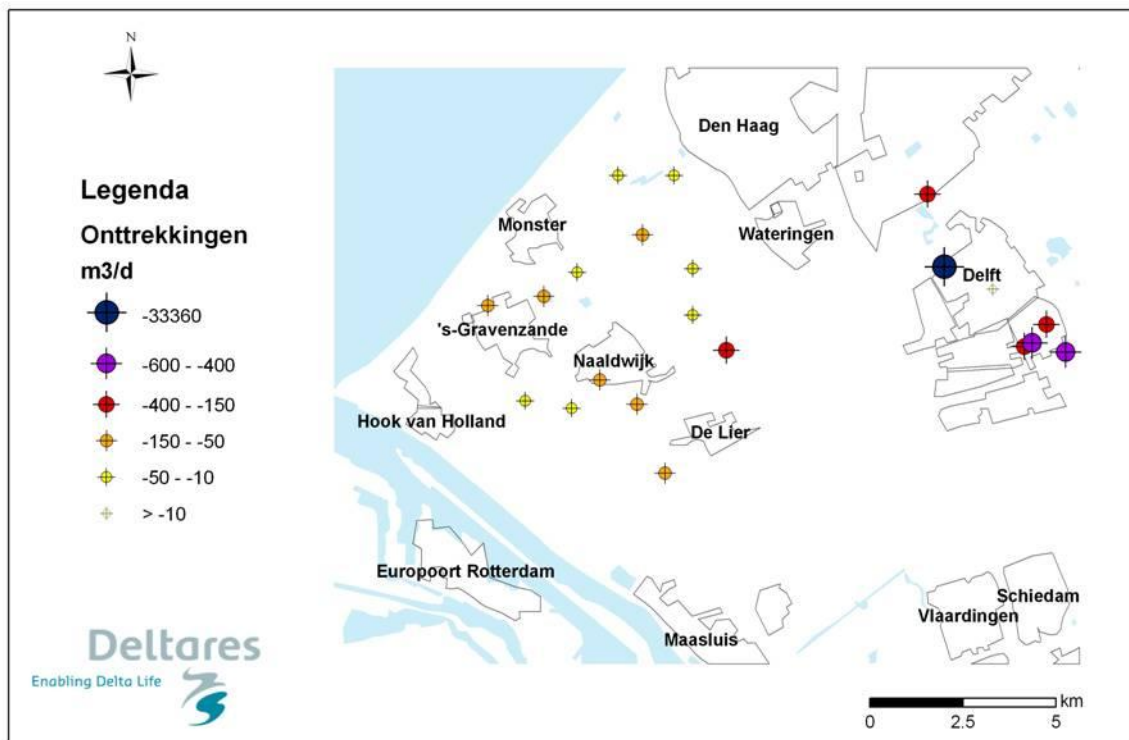


Figuur E.7 3D verdeling van de chlorideconcentratie zoals meegenomen in het Westland model.

E.6 Onttrekkingen en brijnsystemen

In het model zijn de onttrekkingen meegenomen zoals gedefinieerd in het PZH model (zie Figuur E.8 voor de ligging en debieten van de onttrekkingen).

De ligging van de onttrekkingen en injecties van de brijnsystemen is weergegeven in hoofdstuk 2.



Figuur E.8 Onttrekkingen in het modelgebied met de debieten en locaties uit het PZH model.

E.7 Aannames en aanbevelingen model

Aanpak van de studie

Voor deze studie hebben we gebruik gemaakt van, op basis van de karakteristieken van bedrijven, ingeschatte informatie over de locaties, diepte en debieten van de brijnsystemen (zie Bijlage D), omdat geen andere informatie beschikbaar was. Dit geeft enige onzekerheid in de resultaten. Gezien het effect van de geologie op de resultaten van het model, zou nauwkeuriger informatie over de locaties van de brijnsystemen, de diepten van de filters en de onttrekkings- en injectiedebieten een mogelijke wijziging in de patronen van de verandering van de chlorideconcentratie in het eerste en tweede watervoerend pakket geven.

Modelaanpak

Het model dat we in deze studie hebben gebruikt is gebaseerd op het relatief grove PZH model. Een aanpassing van de randvoorwaarden van het model zou een verbetering betekenen, vooral op de processen die dicht bij het maaiveld plaats vinden. Een tweede aandachtspunt bij de modelaanpak is dat de concentratie die geïnjecteerd wordt, constant gehouden is in de hele simulatieperiode. In werkelijkheid zal deze concentratie echter variëren doordat delen het eerste watervoerend pakket verzilten en delen verzoeten (met name vanuit de autonome verzilting/verzoeting en op lokale schaal ook vanwege onttrekkingen de injecties ten behoeve van de glastuinbouw). Het verdient aanbeveling deze verandering van chlorideconcentraties mee te nemen in de modellering.

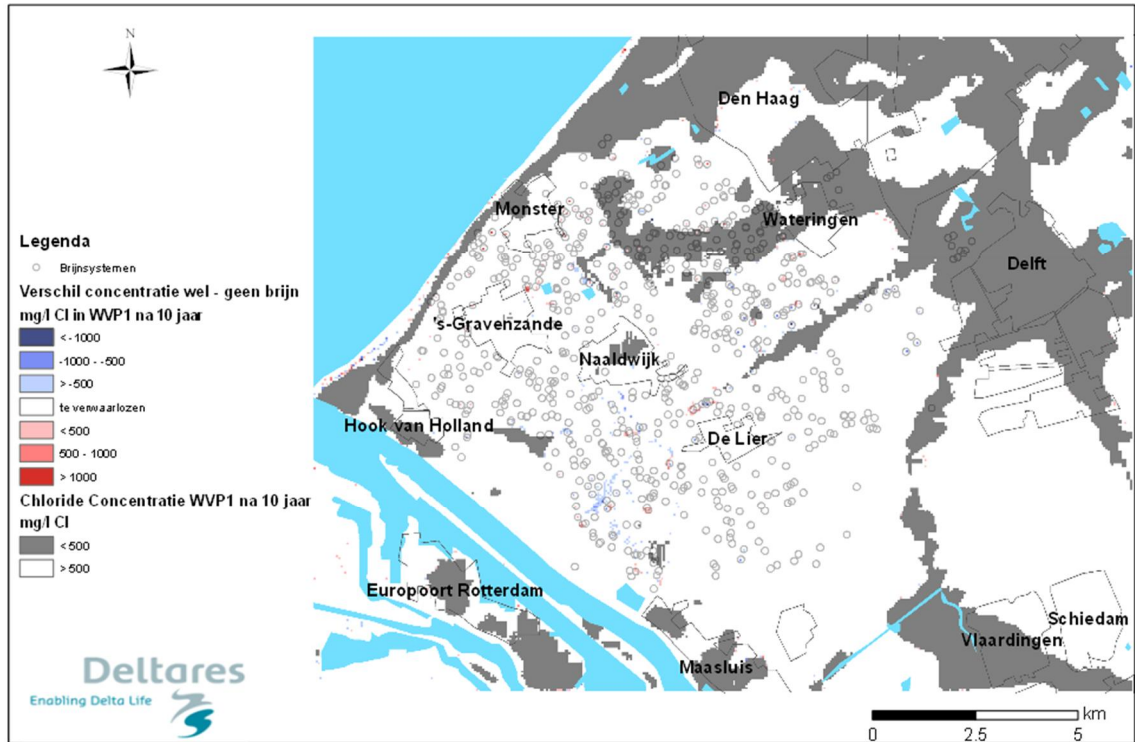
Geologie in het model

Voor de geologische parametrisatie is voor de bovenste 50 meter het GeoTOP-model gebruikt. Beneden de 50 m-NAP is de lithologie gebaseerd op het REGIS-model, dat minder gedetailleerd is. De eerste scheidende laag ligt in het onderzoeksgebied deels beneden deze

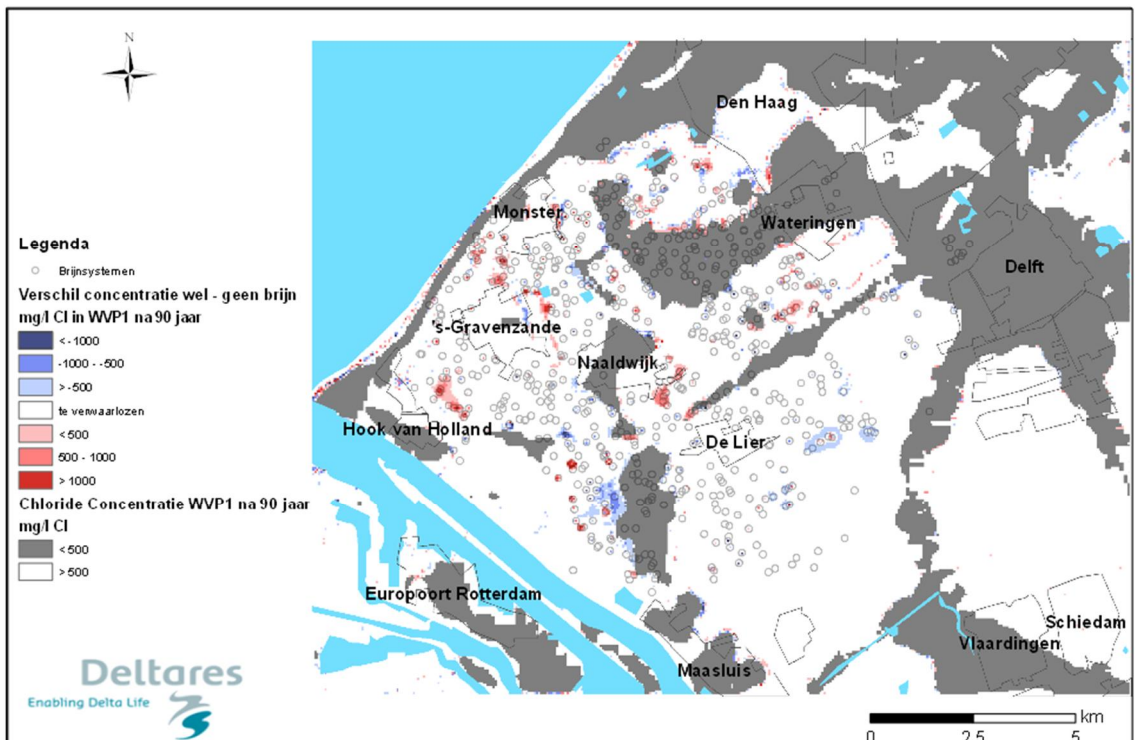
grens van 50 m-NAP. Voor sommige gebieden is de informatie dus minder betrouwbaar dan voor andere gebieden in het Westland. Het doortrekken van een nieuw GeoTOP-model tot en met de onderkant van de eerste scheidende laag zou een verbetering zijn voor de modelresultaten.

Een tweede punt van aanbeveling met betrekking tot de geologie is dat de hydraulische weerstand nu berekend wordt door het sommeren van de hydraulische weerstand over één verticaal. Dit doet geen recht aan de stromingspatronen die worden veroorzaakt op de schaal van onttrekkingen en injecties bij brijnlozingen omdat water niet zuiver verticaal stroomt maar zich een kronkelige weg zoekt als zandige, goed doorlatende kortsluitingen bestaan in een deklaag of scheidende laag. Aanbevolen wordt om op basis van de lithologische informatie uit het GeoTOP-model de hydraulische weerstand te kwantificeren op de relevante schaal, waarmee het proces van onttrekking/injectie van brijn zich afspeelt.

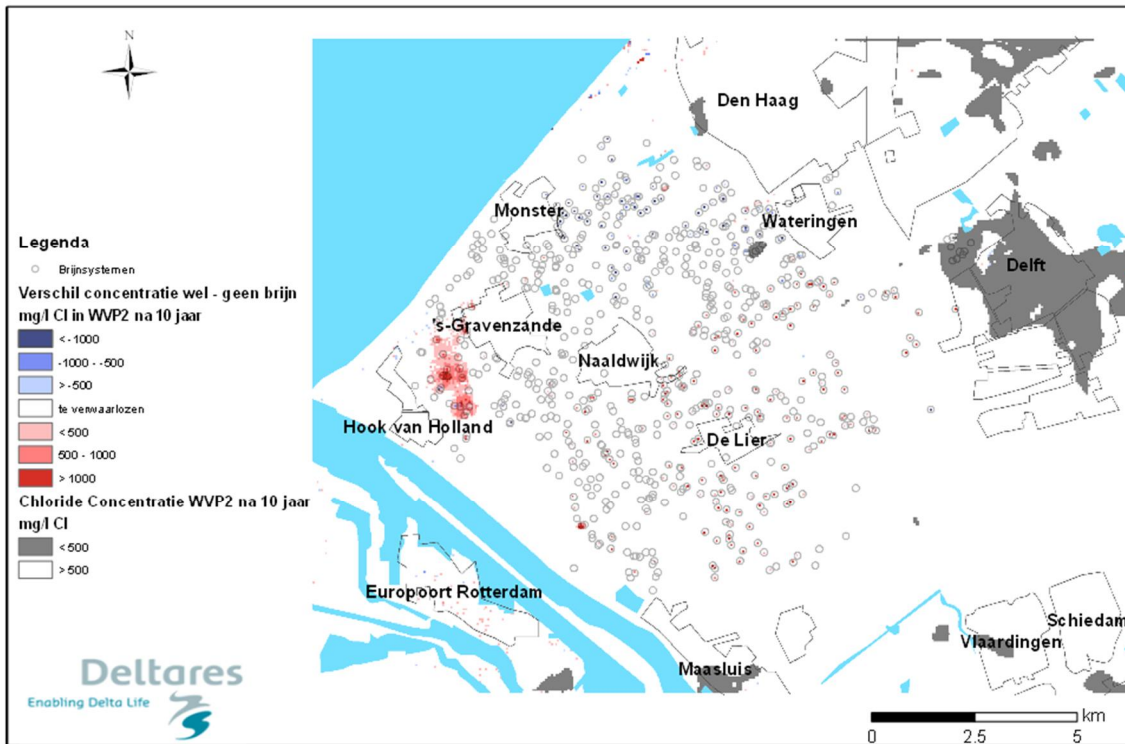
F Kaarten effecten brijnsystemen op de chlorideconcentratie



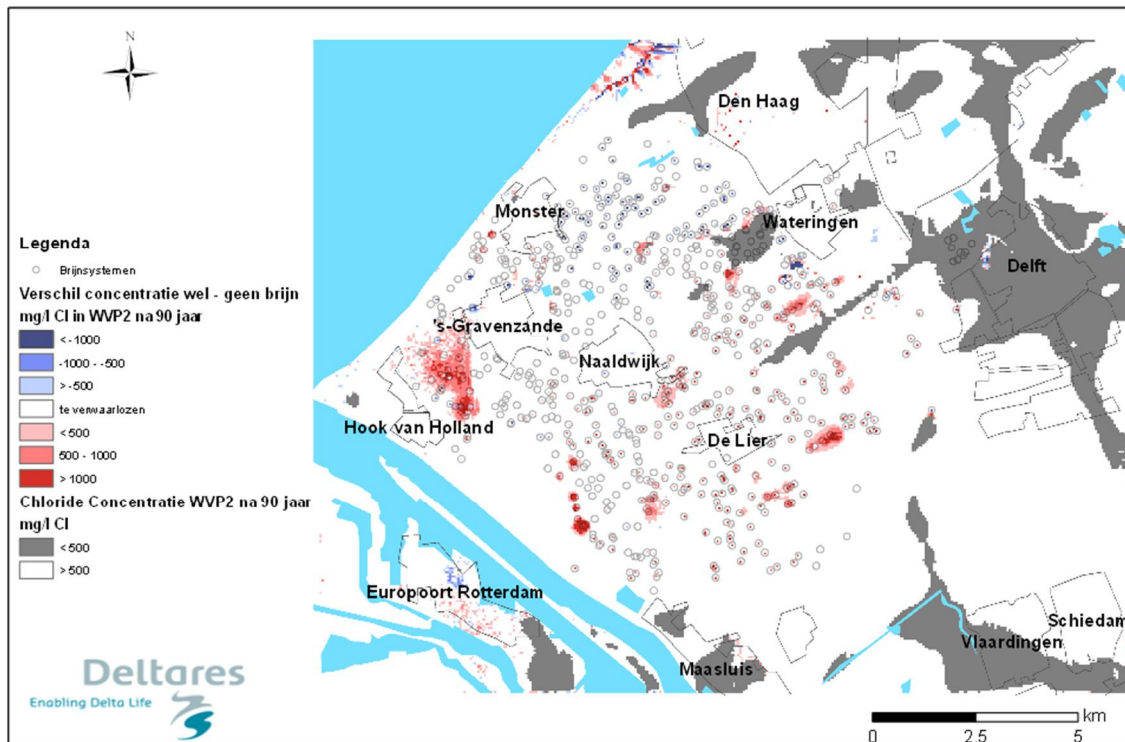
Figuur F.1 Effecten van brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket na 10 jaar.



Figuur F.2 Effecten van brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het eerste watervoerend pakket na 90 jaar.



Figuur F.3 Effecten van brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het tweede watervoerend pakket na 10 jaar.



Figuur F.4 Effecten van brijnsystemen op de chlorideconcentratie in het tweede watervoerend pakket na 90 jaar.