

Zout in beeld gebracht

Stefan Witteveen¹, Jan Jelle Reitsma², Pim Dik¹, Louis Broersma¹

1) Grontmij, 2) Hoogheemraadschap van Rijnland;

In de Haarlemmermeerpolder is sprake van verzilting van het oppervlaktewatersysteem door brakke kwel. Door klimaatverandering en zeespiegelstijging wordt deze verzilting in de toekomst sterker. Dat kan problemen geven in sectoren die afhankelijk zijn van zoet water. Hoe zijn de chlorideconcentraties in het oppervlaktewatersysteem van de Haarlemmermeerpolder te voorspellen en te sturen op basis van de inlaat van zoet water uit de boezem? Dat onderzocht Grontmij in opdracht van het hoogheemraadschap van Rijnland. Het onderzoek resulteerde in een goed werkend SOBEK WQ-model dat reële voorspellingen doet van chloridegehalten.

Interne verzilting

Interne verzilting [1] van een watersysteem komt voort uit passieve verzilting. Dit is de indringing van brak of zout kwelwater in het oppervlaktewatersysteem. De indringing wordt voor een deel gecompenseerd door de afvoer van het neerslagoverschot naar het oppervlaktewater en door de aanvoer van zoet oppervlaktewater van elders waarmee een deel van het watersysteem doorgespoeld wordt. Maar in perioden met weinig tot geen neerslag wordt ook de aanvoer van oppervlaktewater beperkt. Hierdoor krijgt de meer continue aanvoer van zout kwelwater de overhand en wordt het oppervlaktewatersysteem zouter.

In de Haarlemmermeerpolder komt de zoutvracht via diffuse kwel en via wellen uit de ondergrond in het oppervlaktewatersysteem. Diffuse kwel is afhankelijk van 'natuurlijke' grondwaterstandfluctuaties als gevolg van neerslag en de dikte van de neerslaglens op het zoute grondwater. Wellen zijn kortsluitingen tussen het oppervlaktewater en het watervoerend pakket, waardoor brak grondwater uit de ondergrond naar het oppervlaktewater stroomt [2, 3].

Modellering Haarlemmermeerpolder

Voor de Haarlemmermeerpolder is een SOBEK WQ-model opgezet waarbij alle relevante zoutbronnen in het interne watersysteem zijn meegenomen. Hierdoor is het mogelijk de zoutbelasting en de zoutgehalten in het watersysteem te voorspellen bij veranderende randvoorwaarden.

Schematisering

Het hoofdwatersysteem van de Haarlemmermeerpolder is geschematiseerd. Aan de hoofdwatgangen zijn afwaterende eenheden gekoppeld. Een afwaterende eenheid is een deel van het oppervlak van een peilgebied met eenduidige kenmerken dat hoofdzakelijk afwatert op dezelfde locatie in het hoofdwatersysteem.

Tabel 1. Kenmerken Haarlemmermeerpolder

Opp. totaal (ha)	Aantal peilgebieden	Opp. primair water (ha)	Opp. overig water (ha)	Aantal afwateringseenheden
18.232	88	309	802	385

Het 'overig water' in het watersysteem is een samenvoeging van de totale lengte en waterbergingscapaciteit van alle overige watergangen, die per afwateringseenheid zijn geschematiseerd als bergingswatergangen. Per bergingswatergang zijn de volgende bronnen toegekend: diepe kwel (via wellen), neerslag, afstroming van verhard oppervlak (niet gerioleerd), riolering, onverhard (landbouw en kwel) en inlaatwater.

Wellen

Voor het schematiseren van de wellen zijn drie zaken van belang, namelijk de locatie, het debiet en de chlorideconcentratie van het welwater. De locaties van de wellen zijn alleen voor (een deel van) de hoofdwatgangen bekend, en ook informatie over het debiet van de wellen is beperkt aanwezig. Daarom zijn de wellen op een pragmatische wijze geschematiseerd.

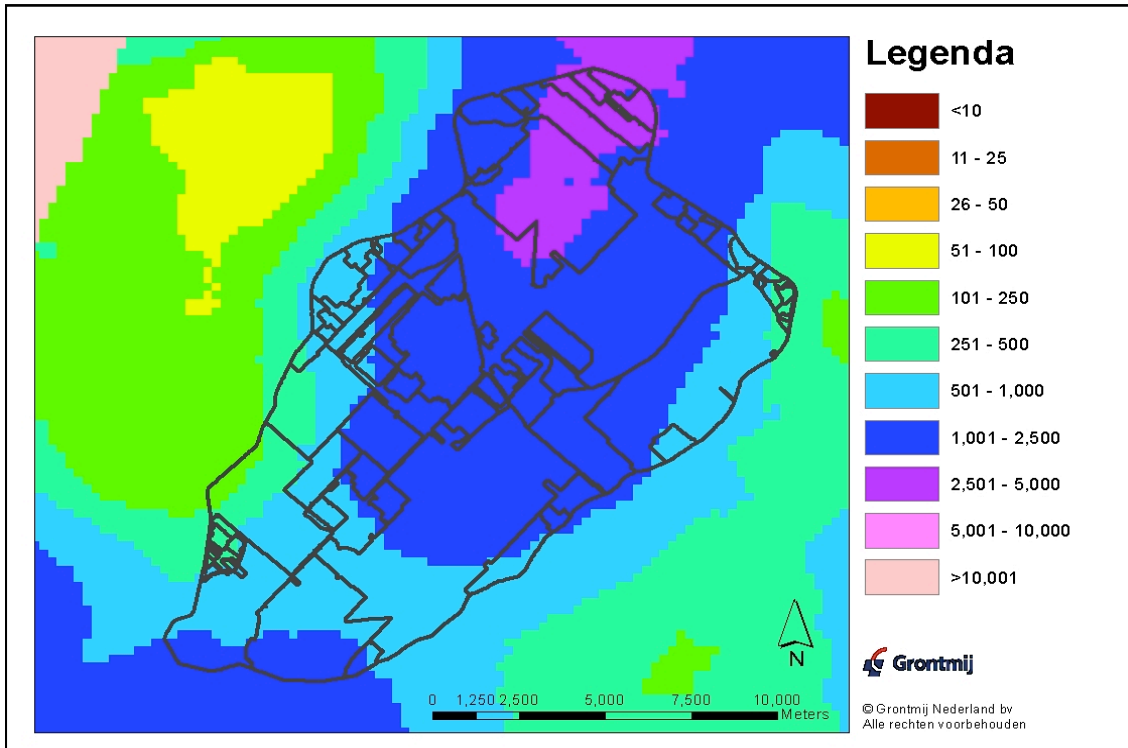
In opdracht van het hoogheemraadschap van Rijnland is in 2009 een wel-inventarisatie uitgevoerd voor een groot deel van de Haarlemmermeerpolder [5]. Ook is in het kader van een onderzoek in het zuidoosten van de polder (peilvak 9 en 19) op basis van metingen een welafvoer van circa 0,3 mm/d afgeleid (persoonlijke mededeling Joost Delsman). Bij de wel-inventarisatie zijn in deze peilvakken circa 20 wellen in de hoofdwatgangen gelokaliseerd, maar hierbij is eenderde van de hoofdwatgangen niet bemeten. Voor deze peilvakken is daarom uitgegaan van 30 wellen in de hoofdwatgangen. Aangenomen wordt dat, vanwege de grotere diepte van de hoofdwatgangen, tweederde van de welafvoer afkomstig is uit wellen in de hoofdwatgangen en eenderde van wellen in overige watergangen (kavelsloten).

Met deze aanname is voor één wel in een hoofdwatgang een debiet berekend en deze debietwaarde is toegepast voor alle wellen in hoofdwatgangen in de polder. Het resterende eenderde deel van de welafvoer is toegekend aan de overige watergangen. Per afwateringseenheid is op basis van een opbarstrisicokaart voor sloten bepaald of het aannemelijk is dat er wellen voorkomen en met behulp van deze informatie is de voor peilvak 9 en 19 berekende welafvoer in overige watergangen opgeschaald. De geïnventariseerde wellen in de hoofdwatgangen zijn als puntbronnen in het model opgenomen, terwijl de wellen in de overige watergangen diffuus zijn geschematiseerd.

De chlorideconcentratie van de wellen is gelijk verondersteld aan de (bekende) concentraties in het eerste watervoerende pakket op een diepte van 35 m-mv in het jaar 2000 (afbeelding 1, [6]).

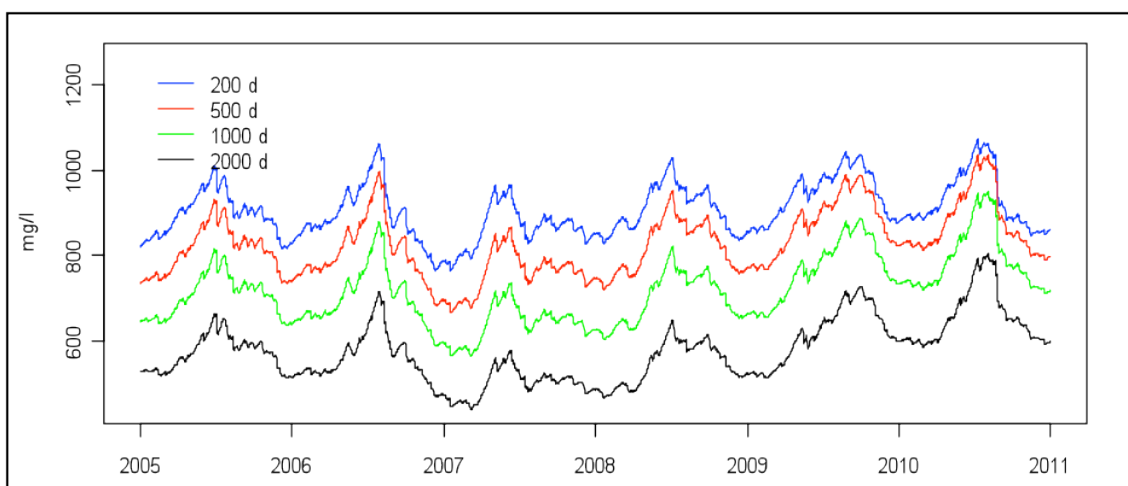
Landbouw

De gemiddelde concentratie van het ontwateringswater uit de landbouw varieert met het seizoen. Neerslag en kwel voeden het bodemsysteem. Door verdamping en ontwatering verdwijnt er water uit het systeem. De neerslaglens vormt zich in de winter en wordt dunner of verdwijnt in de zomer. Deze dynamiek is niet-stationair gesimuleerd met de in SOBEK beschikbare RR-module. Het effect op de zoutconcentraties is meegenomen door in de voorbereiding een eenvoudige dynamische chloridesimulatie voor een bodemkolom uit te voeren. Deze simulatie kan de dynamiek van de neerslaglens berekenen en beschrijft vervolgens de chlorideconcentratie in het ontwateringswater. Naast de waterfluxen zijn de volgende parameters bepalend: chlorideconcentratie kwel, chlorideconcentratie neerslag en dikte mengzone.



Afbeelding 1. Chloridegehalte (mg/l) 35 m –mv (eerste watervoerende pakket) in 2000 [6]

In onderstaande afbeelding 2 is de dynamiek van het verloop van de chlorideconcentratie in het ondiepe grondwater (die gelijk is aan het ontwateringswater) weergegeven. Het seizoenseffect is duidelijk herkenbaar maar ook een langjarig ‘geheugen’ van het grondwatersysteem voor chloride. Een goede benadering van de dynamiek in chloridegehalten is erg belangrijk voor de simulatie van de juiste chlorideconcentraties en -vrachten in het oppervlaktewatersysteem.



Afbeelding 2. Voorbeeld van het gesimuleerde verloop van de chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater/drainagewater bij verschillende weerstanden van de deklaag.

Inlaatwater

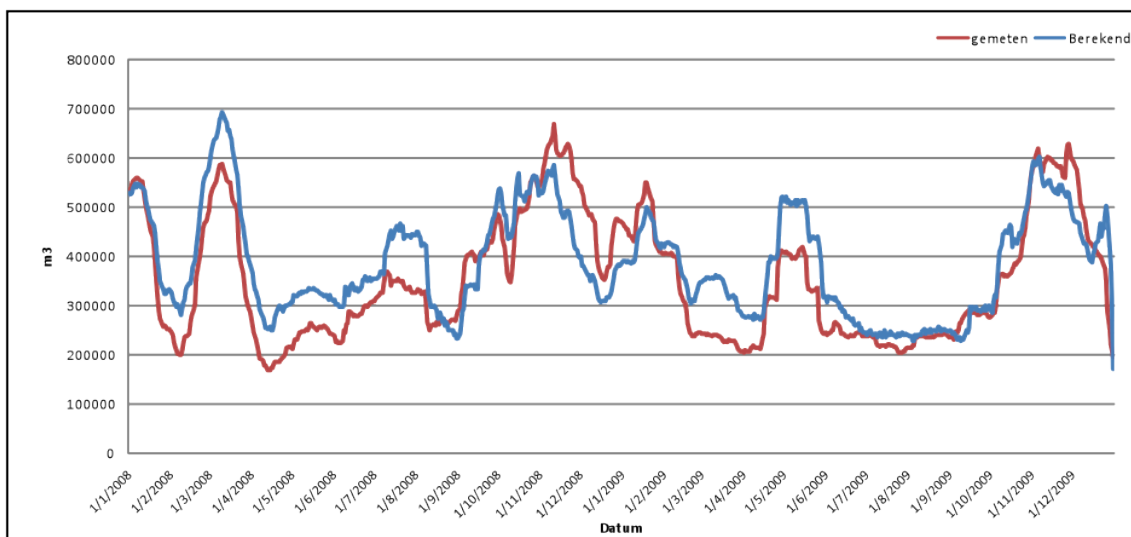
De chlorideconcentratie van het inlaatwater is gebaseerd op meetgegevens in de ringvaart van de Haarlemmermeerpolder (boezem). Voor deze concentratie is het gemiddelde gekozen. De inlaatdebieten zijn gebaseerd op beschikbare meetgegevens van debietmetingen nabij de inlaten. Ook zijn er lokale (kleine) inlaten op de haarvaten van het watersysteem in de Haarlemmermeerpolder. De debieten van deze inlaten zijn berekend op basis van de dimensionering van de inlaatduikers (diameters en hoogteverschil van de instroom- en uitstroomhoogte).

Resultaten

Water

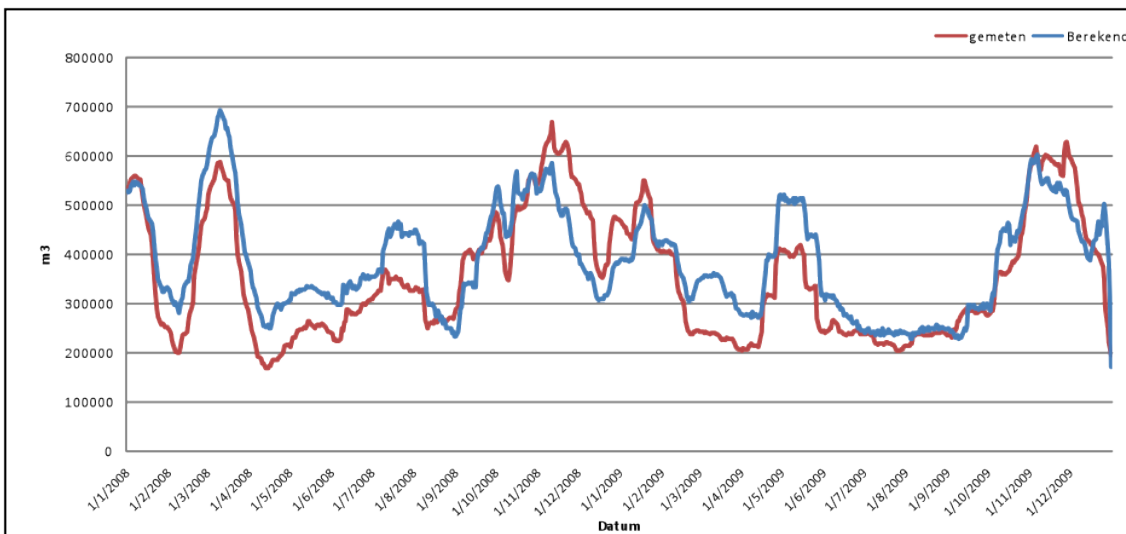
Op basis van de meetgegevens van het hoogheemraadschap van Rijnland is een globale waterbalans opgesteld. Ook waren gegevens van afvoeren van verschillende gemalen beschikbaar.

In afbeelding 3 is het somdebiet van alle gemalen in de Haarlemmermeerpolder weergegeven. De seizoensdynamiek en het gemiddelde verloop komen goed overeen. De berekende piekafvoeren zijn over het algemeen lager dan de metingen.



Afbeelding 3. Somdebiet van de gemalen

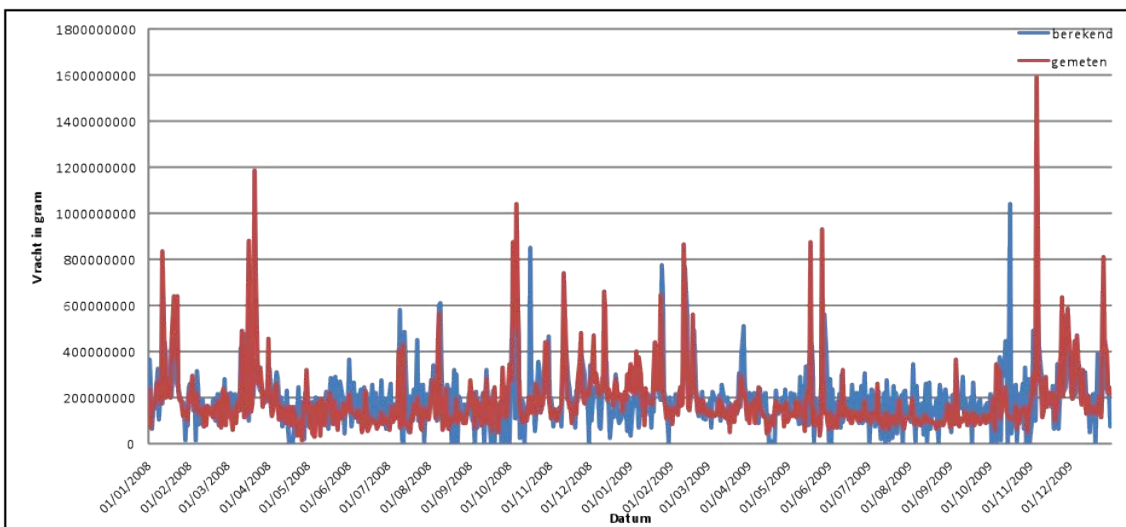
Afbeelding 4 geeft het voortschrijdend gemiddelde van het somdebiet van de gemalen weer. Hieruit blijkt dat het model goed overeenkomt met de metingen. Met name in het voorjaar lijken de modelresultaten te hoge debieten te produceren terwijl het model richting het einde van het jaar iets tekort lijkt te komen.



Afbeelding 4. Voortschrijdend gemiddelde van het somdebiet van de gemalen

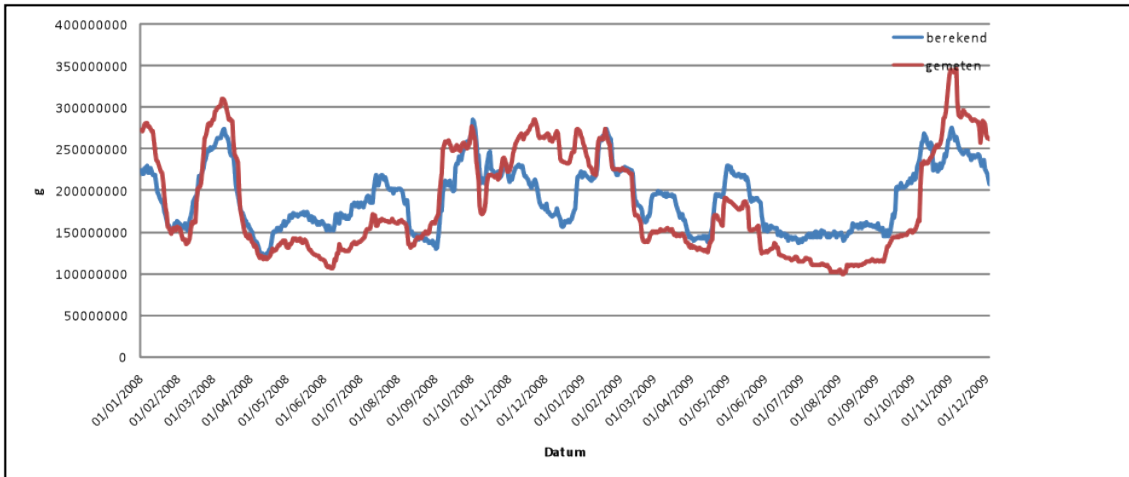
Chloridevracht

Afbeelding 5 laat de uitgemalen chloridevracht (som van alle gemalen) zien. In de figuur is eenzelfde beeld zichtbaar als bij de waterbalans. De gemiddelde vracht is goed gemodelleerd. Alleen de uitgeslagen piekvracht lijkt door het model wat te hoog te worden berekend.



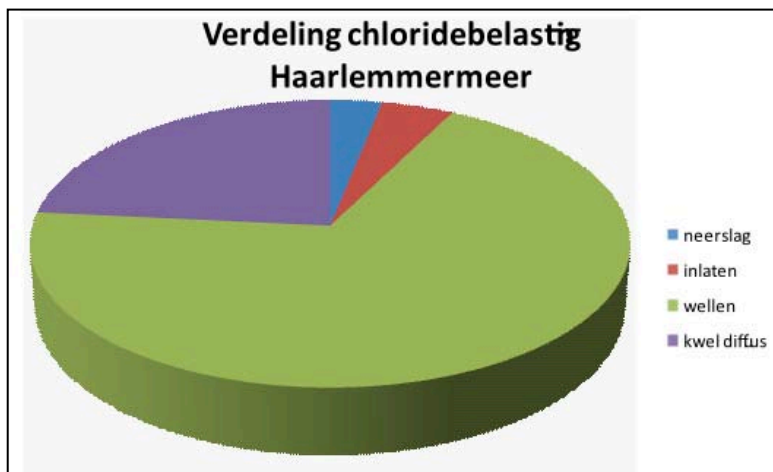
Afbeelding 5. Uitgemalen chloridevracht (g)

In de figuur met het voortschrijdend gemiddelde van de chloridevrachten (afbeelding 6) is het verloop goed te zien. In de zomer zijn de berekende vrachten enigszins hoger dan de metingen en in de winter is dit juist omgekeerd. Wellicht is de bijdrage vanuit de wellen (die ook in de zomer het systeem belasten) enigszins te groot en die van de diffuse kwel te laag (die met name in de winter wordt afgevoerd).



Afbeelding 6. Voortschrijdend gemiddelde van de uitgemalen chloridevracht (g) per maand

Uit de zoutbalans (afbeelding 7) blijkt dat circa 70% van de chloridebelasting van de polder afkomstig is van de wellen.



Afbeelding 7. Zoutbalans Haarlemmermeerpolder

Conclusies en aanbevelingen

Het opgebouwde SOBEK WQ-model is gekalibreerd en gevalideerd en blijkt goed bruikbaar om de waterkwantiteit te simuleren. Geconcludeerd is dat het model geschikt is ter ondersteuning van beleidsontwikkeling in de vorm van scenariostudies van waterbezwaar en chloridebelasting van het watersysteem.

Afwijkingen in de berekeningen zijn in de orde van 5-10%. Daarnaast kan het model goed omgaan met verschillende chloridebronnen. Chloridevrachten van de uitmalende gemalen worden ook goed gesimuleerd. Bij de kalibratie en validatie is een afwijking van 0 tot maximaal 10% aangetoond. Variatie in aan- en afslagpeilen van gemalen leidt in het model tot grote veranderingen in debieten.

De berekende grondwaterfluctuaties zoals die is gemodelleerd in het SOBEK-WQ-model komt goed overeen met de in de praktijk te verwachten grondwaterfluctuaties. Ook de voorspelde

dynamiek van de uitgemaalen waterhoeveelheden en de chloridevrachten komen goed overeen met de in het veld gemeten dynamiek.

De chlorideconcentraties in een watergang hangen sterk af van de locatie van de wellen en de bijbehorende weldebieten. Omdat deze globaal zijn ingeschat is het model minder goed in staat om absolute chlorideconcentraties te berekenen op een specifieke locatie. Het model kan dus vooral gebruikt worden om chloridevrachten voor de gehele polder of delen van de polder te voorspellen bij verschillende scenario's.

Conclusies en aanbevelingen in het kader van Deltaprogramma

In de nabije toekomst stijgt de zeespiegel. Dit betekent voor poldergebieden in het westen van Nederland dat de zoute druk vanuit het grondwater groter wordt en dat de zoetwaterlens kleiner wordt. Juist in droge periodes is immers de behoefte aan zoet water voor de beregening van gewassen en het op peil houden van (grond)watersystemen groter. Door drogere zomers komt de aanvoer van zoet water via de grote rivieren in het geding.

In het (nationale) Deltaprogramma staan maatregelen om de beschikbaarheid van zoet water te vergroten [4]. Er zijn ook strategieën beschreven die lokaal ingezet kunnen worden om een bijdrage te leveren aan de zoetwatervoorziening. Eén daarvan is het op lokaal niveau onderzoeken of de aanvoer van zoet water beter te sturen, te regelen en te voorspellen is. Een andere is het maken van afspraken over landgebruik en een mogelijke aanpassing naar meer zouttolerante gewassen. Om dit soort beleid te ontwikkelen is het van belang om goede instrumenten in handen te hebben om scenario's te onderzoeken en tegen elkaar af te wegen.

Met behulp van het modelprogramma SOBEK van Deltares is het huidige oppervlaktewater- en grondwatersysteem van de Haarlemmermeerpolder gemodelleerd. Met het model is het mogelijk scenario's te onderzoeken met bijvoorbeeld inlaat van water met een veranderend zoutgehalte, kwel met een verhoogd zoutgehalte, of een verhoogde stijghoogte in het watervoerend pakket. Dit maakt het mogelijk om gevoelige locaties ten aanzien van verzilting in beeld te krijgen. Blijven de concentraties binnen de randvoorwaarden voor het huidige gebruik? Lijdt specifiek gebruik onder de dan optredende zoutgehalten? Moet het grondgebruik mogelijk veranderen als gevolg van kansen op hogere zoutconcentraties? Is het bedrijfseconomisch wenselijk om bepaalde typen landbouw te verplaatsen naar minder verziltingsgevoelige locaties?

Het door Grontmij voor het hoogheemraadschap van Rijnland ontwikkelde model kan bij de beantwoording van deze vragen voor de Haarlemmermeerpolder een goede bijdrage leveren aan sturing op maat.

Literatuur

1. Infomil, d.d. 06-09-2013. Website: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/handboek-water/thema's/watertekort/verzilting-versus>
2. Hoogheemraadschap van Rijnland (2012). Inventarisatie Wellen. Leiden.
3. De Louw, P.G.B. (2013). Proefschrift: Saline seepage in Deltaic areas, preferential groundwater discharge through boils and interactions between thin rainwater lenses and upward saline seepage. Vrije Universiteit van Amsterdam.
4. Deltacommissaris, d.d. 06-09-2013. Website: www.deltacommissaris.nl

5. Goudriaan, R. (2009). Lokalisatie zoute wellen in de Haarlemmermeer. Deltares en Hoogheemraadschap van Rijnland.
6. Janssen, Gijs M.C.M. en Oude Essink, Gualbert H.P. (2010). Herberekeningen Zoutvrachten Rijnland. Deltares.