



Marit Zethof, TU Delft / HKV Lijn in water
 Nadine Sloopjes, HKV Lijn in water
 Vincent Beijck, Rijkswaterstaat Zuid-Holland

Probabilistische benadering van de zoetwatervoorziening

Het voorjaar van 2011 was erg droog. Het neerslagtekort was tot half juni zelfs groter dan in het recordjaar 1976. Diverse maatregelen zijn genomen om de schade zoveel mogelijk te beperken. Hoewel watertekorten vooral optreden in de bodem, spreken we in dit artikel uitsluitend over tekorten in relatie tot het oppervlaktewater. Daarnaast richt onderstaand onderzoek zich op laag Nederland, waar externe verzilting een rol speelt: verzilting van het oppervlaktewater door de indringing van zout water. De vraag is of de investeringskosten van een maatregel opwegen tegen de opbrengsten ofwel de vermeden schade. In het huidige beleid worden deze kosten-batenafwegingen nog niet altijd expliciet gemaakt. In het Deltadeelprogramma Zoetwater zal deze afweging wel worden gemaakt. HKV Lijn in water en TU Delft onderzochten¹⁾ of en hoe een probabilistische benadering voor de zoetwatervoorziening van toegevoegde waarde is voor zo'n kosten-batenafweging ten opzichte van de huidige tijdreksenbenadering (karakteristieke jaren). De haalbaarheid van de implementatie van een probabilistische benadering is getoetst voor de Rijn-Maasmonding.

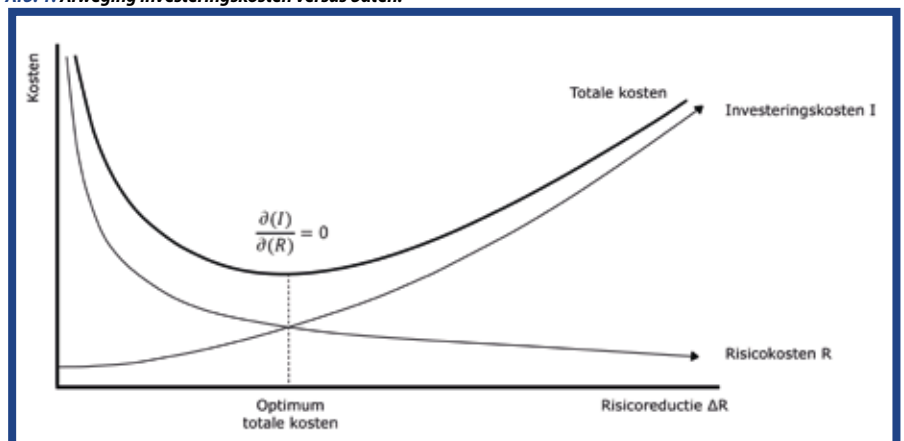
In het verleden en deels ook voor de probleemverkenning van de zoetwatervoorziening in het kader van het Deltaprogramma wordt de aard, ernst en omvang van de watertekorten bepaald op basis van modelanalyses met karakteristieke droogtejaren. Een karakteristiek jaar indiceert een zekere mate van droogte op basis van het neerslagtekort, van een gemiddeld jaar tot een extreem droog jaar. Het voordeel van deze methode is dat de historisch gemeten hydrologische condities exact de fysische relaties van droogte beschrijven. Daarentegen is het nadelig dat een karakteristiek jaar als één maatgevend ontwerpscenario wordt beschouwd, waarbij de conditionele kans op schadebepalende variabelen zoals het moment van droogte in het jaar en de duur (beide afhankelijk van het type watersysteem en de aanwezige watergebruiker) niet wordt meegenomen. Met andere woorden: een methode met karakteristieke jaren doet geen recht aan de veelvoud van factoren die de schade (het economisch risico) bepalen. Ook kan de frequentie van (gelijktijdig) voorkomen van hydrologische combinaties van watervraag (neerslagtekort) en wateraanbod (lage afvoeren en externe verzilting) variërend over de tijd niet worden bepaald. De probabilistische benadering biedt uitkomst voor de beperkingen van de huidige tijdreksen-

benadering ofwel karakteristieke droogte- en zoutjaren. Het belangrijkste voordeel van de probabilistische benadering is dat de ontwerpcondities ten aanzien van economische investeringcriteria nauwkeuriger kunnen worden vastgesteld. Een investering is kosteneffectief als de baten de kosten overstijgen, waarbij de maatregel die de grootste baten tegen de laagste kosten opbrengt als het economisch investeringsoptimum wordt gezien (zie afbeelding 1). De kosten zijn gelijk aan de som van de investeringskosten van

een maatregel en de risicokosten (schade na implementatie maatregel). De baten zijn gelijk aan de gereduceerde risicokosten (verschil schade voor en na implementatie maatregel).

De probabilistische benadering is gebaseerd op het volgende: het 'risico' voor een gegeven scenario is gelijk aan de 'kans van voorkomen' op dit scenario vermenigvuldigd met de 'gevolgen' in geval van optreden van dit scenario. Hierbij is een scenario een combinatie van een hydrologisch scenario en

Afb. 1: Afweging investeringskosten versus baten.

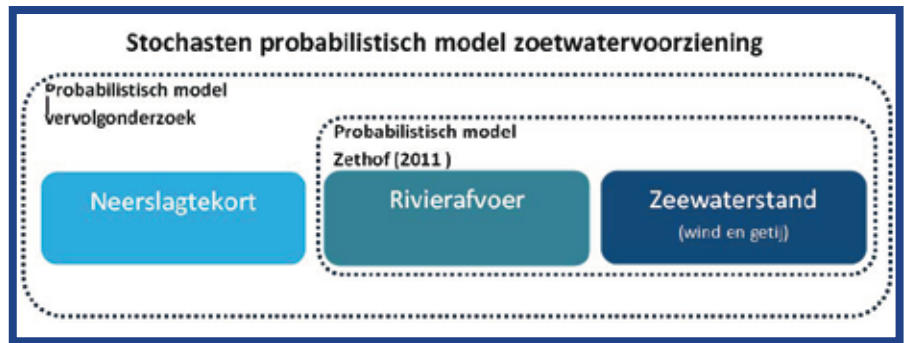
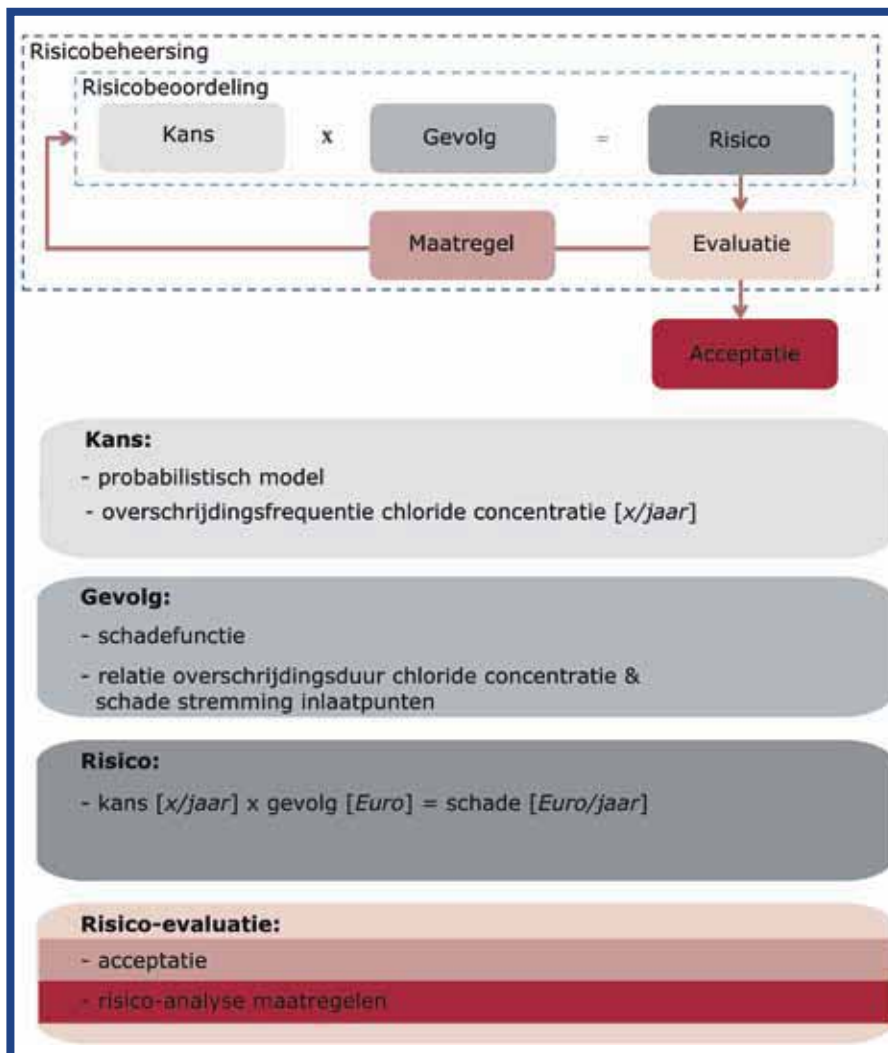


een sociaal-economisch scenario voor een variabele inlaatnorm (kritieke gebeurtenis). Beleidsvoerders stellen de criteria voor het accepteerbare risico vast, bijvoorbeeld een bepaald schadeniveau X dat eens in de Y jaar voor mag komen. Als de risico's voor de huidige condities als onacceptabel worden bestempeld, is het streven om het risico te reduceren door maatregelen te treffen (zie afbeelding 2).

In dit onderzoek is een risicomodel opgesteld gericht op het zoetwatertekort door verzilting van het oppervlaktewater. Het risicomodel gaat uit van een probabilistische benadering, dat de basis vormt voor een economisch afwegingsinstrument. Een probabilistisch model kan de frequentie van (gelijktijdig) voorkomen van hydrologische combinaties (neerslagtekort, rivierafvoer en zeewaterstand via wind en getij) variërend over de tijd bepalen. In dit onderzoek is het probabilistische model ontwikkeld voor de bepaling van het risico van overschrijden van een chlorideconcentratie, op basis van de stochasten rivierafvoer en zeewaterstand (via wind en getij) (zie afbeelding 3). Dit concept sluit aan bij het bepalen van de overschrijdingskans van waterstanden voor het hoogwaterveiligheidsbeleid.

De probabilistische benadering maakt het mogelijk de ontwerpcondities economisch

Afb. 2: Concept-risicomodel zoetwatervoorziening.



Afb. 3: Het stochasten probabilistisch model voor de zoetwatervoorziening.

te optimaliseren. Deze benadering kan meer nauwkeurigheid bieden door de tijdsafhankelijkheid van de schadebepalende variabelen mee te nemen. Allereerst zijn de periode en de duur van de hydrologische condities tijdens het zomerhalfjaar bepalend voor het samenvallen van watervraag en -aanbod. In het geval van land- en tuinbouwschade is het groeiseizoen van gewassen bepalend voor de regionale watervraag (1 april tot 1 oktober). Wanneer de stremming van een zoetwaterinnamepunt buiten het groeiseizoen plaatsvindt, zal dit beperkte tot geen reductie van de gewasverdamping opleveren en dus niet tot verminderde gewasopbrengsten leiden²⁾. Dit in tegenstelling tot de drinkwatersector en industrie die het hele jaar dezelfde eisen

stellen aan de zoetwaterkwaliteit (continue vraag).

Daarnaast is ook de duur van een overschrijding van belang voor de hoogte van de schade. Bij een overschrijdingsduur van enkele dagen heeft het regionale systeem voldoende reserves om die dagen geen water in te laten. Pas bij langdurige periodes van droogte zal daadwerkelijk schade ontstaan.

Casus: externe verzilting in de Rijn-Maasmonding

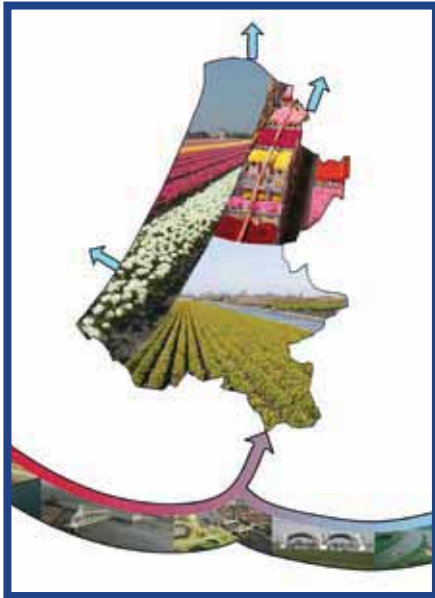
De casus toetst de haalbaarheid van een probabilistische benadering voor de zoetwatervoorziening voor de Rijn-Maasmonding, in het bijzonder het inlaatpunt bij Gouda op de Hollandse IJssel (zie afbeelding 4). In deze studie lag de nadruk op het modelleren van de kans van overschrijden van een chlorideconcentratie. Hieronder zijn de belangrijkste bevindingen opgenomen die nodig zijn voor de risicobepaling. Het onderdeel van de studie naar de risicoreducerende effecten van maatregelen is in dit artikel niet opgenomen¹⁾.

Systeemanalyse

Allereerst zijn de karakteristieken van het systeem onderzocht, in dit geval de indringing van zout water in het hoofdwatersysteem. De mate van zoutindringing is een functie van de rivierafvoer en het instromende zoute zeewater door wind en getij. Met een fysisch simulatiemodel zijn de relaties en de gevoeligheden tussen de chlorideconcentratie en de rivierafvoer, zeewaterstand en wind onderzocht. Regionale onttrekkingen en lozingen zijn ook van invloed op de chlorideconcentratie. Deze zijn in dit onderzoek echter buiten beschouwing gelaten.

Uit de simulaties blijkt dat de Rijn-Maasmonding qua karakteristieke overschrijdingsduur van een bepaalde chlorideconcentratie in drie gebieden kan worden ingedeeld:

- locaties die gedomineerd worden door de invloed van de zee. Getij en windconditie (stormduur) bepalen de overschrijdingsduur. Deze is relatief kort (uren);
- locaties die gedomineerd worden door de invloed van de rivier. Deze bepaalt de overschrijdingsduur, die lang is (dagen);
- locaties in het overgangsgebied tussen zee en rivier. Zowel de rivierafvoer als getij en windcondities bepalen de overschrijdingsduur.



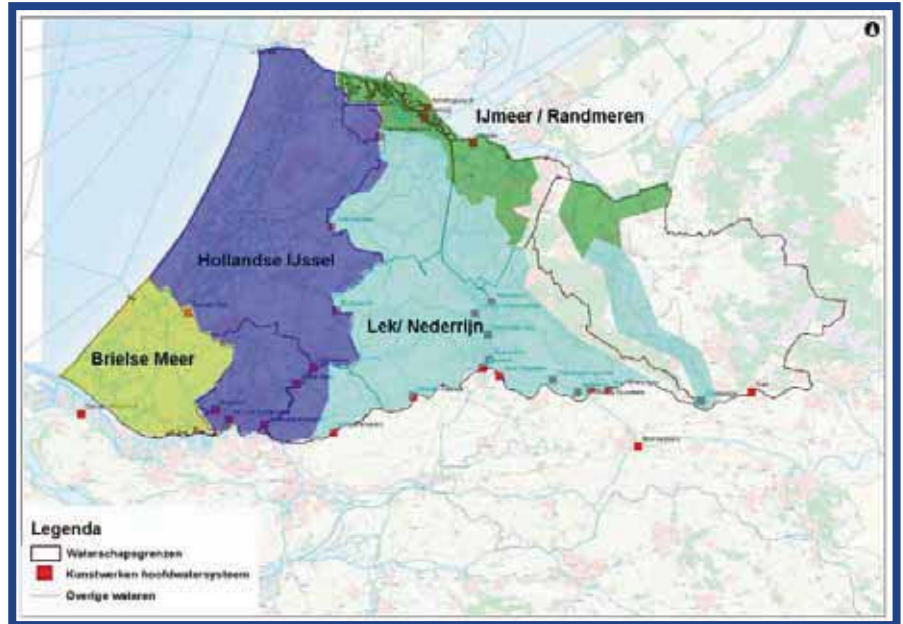
Zoet-zoutproblematiek waterverdeling in de Rijn-Maasmonding – Rijnland

De contourplotlijnen in afbeelding 5 laten het onderscheid zien tussen een locatie waar de rivierinvloed de overschrijdingsduur bepaalt (rechterfiguur, bijvoorbeeld Gouda) en waar zowel de rivierafvoer als het getij en de windcondities de overschrijdingsduur bepalen (linkerfiguur, bijvoorbeeld Krimpen aan den IJssel). In geval van verzilting van de Hollandse IJssel verloopt het ontzilten van de Hollandse IJssel fysiek traag in de tijd, omdat de Hollandse IJssel een bovenstrooms afgesloten riviertak is.

Vaststellen kans van voorkomen

De driedeling van het gebied qua karakteristieken voor de overschrijding van de chlorideconcentratie betekent dat er ook drie probabilistische modellen zouden moeten worden ontwikkeld. In dit onderzoek is een probabilistisch model ontwikkeld voor het rivier- en zeedomineerde gebied. Het probabilistische model geeft informatie over de overschrijdingsfrequentie en duur van een bepaalde vooraf opgegeven chlorideconcentratie. De statistiek van de afvoer en zeewaterstand is in deze studie voor het zomerhalfjaar afgeleid en dient als invoer voor het probabilistische model.

Voor Gouda (riviergedomineerd) geldt een inlaatnorm van 250 mg/l voor de landbouw.



Afb. 4: Voorzieningsgebieden zoetwatervoorziening West-Nederland (bron: Planbureau voor de Leefomgeving).

Het probabilistische model voorspelt een overschrijdingsfrequentie van deze inlaatnorm (gedurende circa twee weken) van eens per 17 jaar in 2015. Uitgaande van het KNMI-W+ klimaatsscenario met een zeespiegelstijging van 35 cm en een daling van 35 procent van de laagste afvoeren in augustus en september³⁾ neemt dit toe tot circa eens per jaar in 2050 (zie afbeelding 6).

In kaart brengen gevolgen

Een ideaal afwegingsinstrument bevat een schademodel die de gevolgen van droogte voor alle sectoren zal meenemen: landbouw, scheepvaart, drinkwaterbedrijven en industrie. Dit onderzoek heeft de gevolgen op globaal niveau bepaald aan de hand van een sterk vereenvoudigde schadefunctie voor de landbouw voor Rijnland opgesteld. De schade wordt beschreven als functie van de watervraag (neerslagtekort) en de externe verzilting op de Hollandse IJssel (via de overschrijdingsduur inlaatnorm chlorideconcentratie).

Er wordt verder onderzoek aanbevolen naar de correlatie van de variabelen die de watervraag (neerslagtekort) en wateraanbod (rivierafvoer en zeewaterstand) bepalen.

De statistiek van het jaarlijks maximum neerslagtekort en afvoertekort (maat voor

verzilting) laat zien dat tijdens een periode van externe verzilting niet altijd sprake van een neerslagtekort is^{4),5)}. Daarnaast hebben lage afvoeren de grootste kans van voorkomen tijdens augustus en september, terwijl het maximale neerslagtekort de grootste kans heeft in juni en juli. Een gedetailleerdere studie naar de probabilistische benadering kan deze tijdsafhankelijke relatie nauwkeurig afleiden, hetgeen een beperking is van de tijdreeksenbenadering.

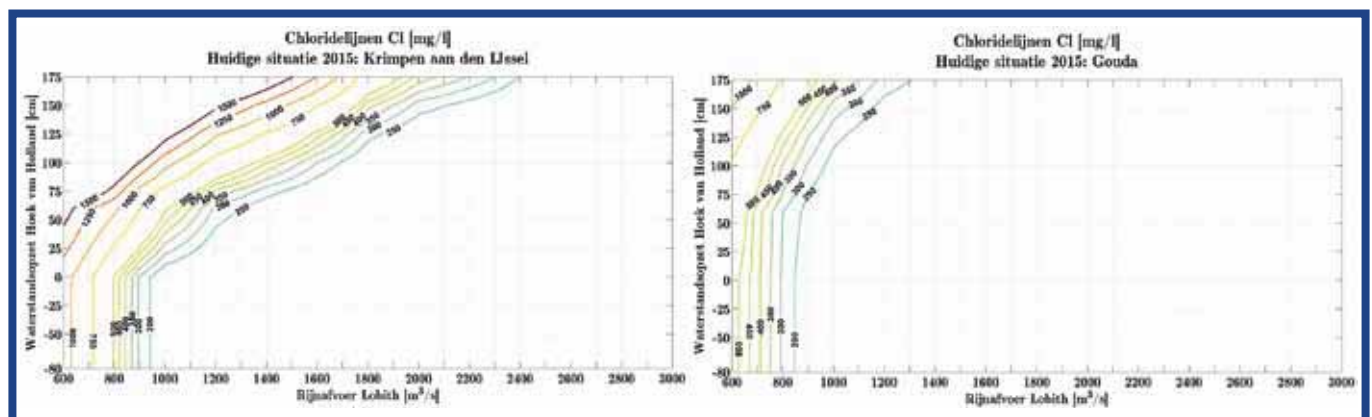
Risicocalculatie, evaluatie en reductie

Het risico kan vervolgens worden geëvalueerd via een jaarlijks verwachte schade in euro per jaar. Risicoreductie kan bewerkstelligd worden door maatregelen te implementeren die ingrijpen aan de zijde van het wateraanbod of de watervraag. Zodoende kunnen respectievelijk de kansen of gevolgen worden gereduceerd. De alternatieve aanvoerroute tussen de Lek en de Hollandse IJssel via de Krimpenerwaardpolder kan bijvoorbeeld het risico op te weinig aanbod van water met voldoende kwaliteit bij Gouda flink reduceren.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Deze verkenning toont aan dat een probabilistische benadering voor de zoetwater-

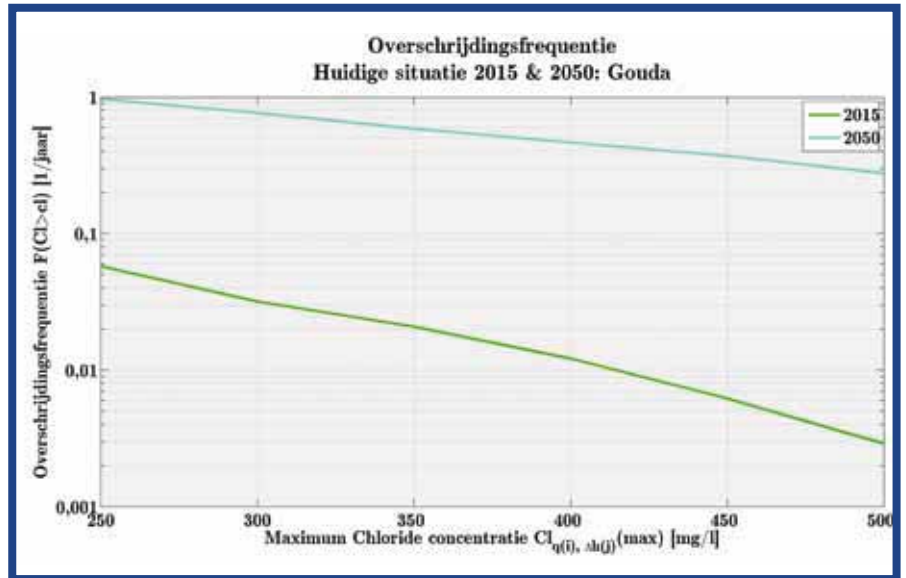
Afb. 5: Contourplot overschrijding chlorideconcentratie bij Krimpen aan den IJssel (links) en Gouda (rechts).



voorziening, gericht op verzilting van innamepunten, mogelijk is. Deze benadering heeft als toegevoegde waarde dat de ontwerpcondities economische geoptimaliseerd kunnen worden, in tegenstelling tot de tijdreeksenbenadering waarbij een karakteristiek jaar als één maatgevend ontwerpscenario wordt beschouwd. De probabilistische benadering kan de tijdsafhankelijkheid van de schadebepalende factoren nauwkeurig vaststellen, zoals het moment in het jaar en de duur van de droogte. Daarnaast kan de frequentie van (gelijktijdig) voorkomen van hydrologische combinaties van watervraag (neerslagtekort) en wateraanbod (afvoertekort en externe verzilting) variërend over de tijd worden bepaald, hetgeen een beperking is van de tijdreeksenbenadering.

HKV Lijn in water wil het concept verder ontwikkelen om het probabilistische model voor zoetwatervoorziening aan te laten sluiten bij het hoogwaterveiligheidsbeleid:

- Het verloop van de afvoer in de tijd is bepalend voor de overschrijdingsduur van de inlaatnorm. In deze verkenning is het afvoerterloop via een vaste vorm van de karakteristieke afvoergolf aangenomen. Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de vorm van deze afvoergolf;
- Deze verkenning veronderstelt dat het windklimaat en daarmee de kans van voorkomen evenredig is over het zomerhalfjaar. Om de zee-invloed fysiek beter in kaart te brengen, wordt verder statistisch onderzoek aanbevolen naar de duur van windopzet voor bijvoorbeeld tweemaandelijke perioden;
- Een voorwaarde voor het optreden van schade is het samenvallen in tijd van een watervraag (neerslagtekort) en een wateraanbodtekort (externe verzilting), waarbij ook de in tijdvoorgaande hydrologische condities van belang zijn. Hierbij spelen drie aspecten een rol: de duur van het wateraanbodtekort (verzilting door variatie afvoergolf en zeewaterstand), de periode



Afb. 6: Overschrijdingsfrequentielijn chlorideconcentratie bij Gouda in 2015 en 2050.

van voorkomen tijdens het zomerhalfjaar en de hydrologische condities voorafgaand aan het groeiseizoen. Voor de ontwikkeling van een schademodel wordt geadviseerd om de correlatie tussen droogte (via neerslagtekort) en externe verzilting (via afvoer) te analyseren voor bijvoorbeeld tweemaandelijke perioden tijdens het zomerhalfjaar, omdat de effecten van een wateraanbodtekort het grootst zijn tijdens de kiemperiode en de groeifase. Hierbij dient te worden opgemerkt dat - indien de stabiliteit van de regionale keringen in gevaar komt - in de verdringingsreeks is vastgelegd dat dan toch zout water in het regionale systeem wordt ingelaten;

- In deze verkenning zijn de onttrekkingen bij het inlaatpunt Gouda niet meegenomen. Het effect van onttrekkingen heeft vermoedelijk wel effect op de overschrijdingsduur. Er wordt aanbevolen hiernaar verder onderzoek te verrichten.

LITERATUUR

- 1) Zethof M. (2011). Risk based control of the salt water intrusion for the Rhine-Meuse Estuary. Master of Science Thesis. TU Delft.
- 2) Klijn F. *et al.* (2011). Zoetwatervoorziening in Nederland; landelijke analyse knelpunten in de 21e eeuw. Deltares.
- 3) Bruggeman W. *et al.* (2011). Deltascenario's; verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011-2012. Rapport 1204151.002. Deltares.
- 4) Beersma J., T. Buishand en H. Buiteveld (2004). Droog, droger, droogst. KNMI/RIZA-bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. KNMI-publicatie 199-II.
- 5) Beersma J., T. Buishand, S. de Goederen en P. Jacobs (2005). Zout, zouter, zoutst. Statistiek van de externe verzilting in Midden-West Nederland. KNMI-publicatie 199-III.

advertentie

SCHMIDT WATERTECHNIEK B.V.
Telefoon: 0187-405200 · www.schmidt.nl

EWE-watermeterput

al meer dan 20 jaar succesvol in gebruik



...tot in het detail!



- Kunststof (PE) compacte watermeterput
- 100% vorstvrij en waterdicht
- Ideaal voor tappunten, woonboten, parken, bijzondere aansluitingen etc.
- Voor watermeters QN 1,5/ 2,5 / 3,5 / 6
- Binnenwerk uitneembaar door flexibele siliconenslangen
- Afsluitbaar gietijzeren deksel, verkeersklasse A
- Optioneel gietijzeren putrand, verkeersklasse B
- Meer dan 100.000 stuks in EU geplaatst

