

## **Hoe zout wordt het zoete water ?**

Een samenvattend overzicht van te verwachten chlorideconcentraties in het Benedenrivierengebied na verzilting van het Volkerak-Zoommeer

Datum        december 2008, (update maart 2009)  
Status        eind-concept

## **Hoe zout wordt het zoete water ?**

Een samenvattend overzicht van te verwachten chlorideconcentraties in het Benedenrivierengebied na verzilting van het Volkerak-Zoommeer

Datum        december 2008, (update maart 2009)  
Status        eind-concept

Rijkswaterstaat – Waterdienst

Hans van Pagee  
Vincent Beijk  
Herman Haas

## Inhoud

- 1        Inleiding 5**
- 2        Overzicht van uitgevoerde studies 8**
- 3        Zoutlast Volkeraksluizen 10**
- 4        Berekende chlorideconcentraties in het Benedenrivierengebied 12**
- 5        Conclusies en aanbevelingen 19**
- 6        Referenties 21**
- 7        Bijlage: Overzicht van gebruikte chloridenormen 22**



## 1 Inleiding

Uit de studies naar de waterkwaliteitsverbetering van het Volkerak Zoommeer blijkt dat het toelaten van zout de enige effectieve maatregel is om de blauwalg te bestrijden, terwijl tevens de basis wordt gelegd voor een algehele verbetering van de waterkwaliteit. Het toelaten van zout water uit de Oosterschelde, alsmede het introduceren van een beperkt getij (ca. 30 –50 cm) heeft tot gevolg dat het zoutgehalte in het gehele Volkerak-Zoommeer een waarde van meer dan 10 g Cl/l zal bereiken. Vanwege de invoer van zoetwater uit de Brabantse rivieren en lek- en schutverliezen bij de Volkeraksluizen zal de noordoostelijke tak van het Volkerak weliswaar een lagere zoutconcentratie krijgen dan de rest van het meer, maar de verwachting is dat ook hier het chloridegehalte hoger wordt dan de 10 gCl/l, die nodig is om de blauwalg te verdrijven en waarmee wordt voldaan aan een belangrijke voorwaarde voor de ontwikkeling van een gezond marien ecosysteem (zie verder ref. 9).

Het schutten van schepen die via de Volkeraksluizen van en naar het Hollandsch Diep varen, zal er voor zorgen dat (zoet)water uit het Hollandsch Diep via de sluiscolken zal doordringen naar het Volkerak, het zogenaamde lek- en schutverlies. Deze zoetwater toevoer naar het Volkerak wordt mede gestimuleerd doordat het waterpeil van het Hollandsch Diep ca. 0,5 m hoger is dan van het Volkerak. Omgekeerd, zal ondanks het hoogteverschil, zout water vanuit het Volkerak doordringen naar het Hollandsch Diep. Deze doordringing is vooral het gevolg van dichtheidstromingen die ontstaan doordat zoutwater zwaarder is dan zoetwater, waardoor het zoute water tijdens het schutproces langs de bodem instroomt in de schutkolk en vervolgens doorstroomt naar het Hollandsch Diep. Deze zogenaamde zoutlast naar het Hollandsch Diep zorgt er voor dat het chloridegehalte in een deel van het Benedenrivierengebied (m.n. Hollandsch Diep, Haringvliet en Spui) zal worden verhoogd. De mate van verhoging is mede afhankelijk van de verdunning door het langsstromende zoete rivierwater van Rijn en Maas. Deze verdunning is groot bij hoge rivierafvoer en laag in bij lage afvoeren.

Via de zoutlast van de Volkeraksluizen wordt dus een bijdrage geleverd aan de verzilting van het Hollandsch Diep, het Haringvliet, het Spui en het westelijk deel van de Oude Maas. Dit wordt ook wel achterwaartse verzilting genoemd in tegenstelling tot de verzilting via de Nieuwe Waterweg en de Haringvlietssluisen

### Verzilting

#### *Korte kenschets kenmerken*

Verzilting is het proces waarbij zoet water wordt belast met zout(er) water waardoor het zoutgehalte, uitgedrukt in milligram chloride per liter (mg Cl/l), toeneemt. Deze belasting kan het gevolg zijn van:

- zoutindringing vanuit zee of zeearmen (direct of indirect via schut- en lek verliezen bij sluizen)
- zoute kwel, vooral in lage poldergebieden met zoute onderlagen of in een zoute omgeving
- verdamping (alleen van belang in warme perioden en bij lange verblijftijden)

In de huidige (referentie)situatie is de verziltingsbestrijding in de Zuid-Westelijke Delta een belangrijk onderdeel van de waterhuishouding. De zoutindringing van de Nieuwe Waterweg wordt tegengegaan door een groot deel van de afvoer van Rijn en Maas via deze weg naar zee te laten stromen. In droge perioden kan dit oplopen tot ca. 70% van de totale afvoer van Rijn en Maas. Voor de Haringvlietsluizen treed in december 2010 het Kierbesluit in werking en gaan de sluizen ook bij vloed gedeeltelijk open. Dit is bedoeld om de vistrek vanaf zee naar de grote rivieren weer mogelijk te maken en een ecologisch waardevolle overgangszone tussen zoet en zout water te creëren. Met het oog op beperking van de bijbehorende (bedoelde) verzilting van de monding van het Haringvliet, is een zodanig sluitingsregime vastgesteld, dat de zoutindringing wordt beperkt tot het gebied ten westen van de Spui monding. Hiertoe wordt bij verwachte lage rivierafvoer (< 1500 m<sup>3</sup>/s) het bekken zoetgespoeld en gaan de sluizen weer volledig dicht.

Voor het Volkerak-Zoommeer zijn de Krammersluizen en de Bergsediepsluis uitgerust met een geavanceerd zoet-zout scheidingssysteem, waarmee de zoutindringing vanuit de Oosterschelde zoveel mogelijk kan worden beperkt. Tevens wordt in de zomer, indien nodig, rivierwater vanuit het Hollandsch Diep ingelaten voor peilhandhaving en/of om het chloridegehalte van het Volkerak-Zoommeer tijdens het groeiseizoen onder het niveau van 450 mg Cl/l te houden.

In aangrenzende poldergebieden met zoute kwel is er sprake van een continue verzilting van sloten en watergangen. Deze vorm van verzilting wordt veelal bestreden door deze wateren door te spoelen met zoet water.

Bij het aangepast alternatief Zout is de verziltingbestrijding van het Volkerak-Zoommeer niet meer van belang, zodat de specifieke maatregelen bij de Krammersluizen en de Bergsediepsluis kunnen komen te vervallen. Gebieden die door een zout Volkerak-Zoommeer te maken kunnen krijgen met een hogere zoutbelasting zijn:

- Brabantse rivieren;
- Benedenrivierengebied;
- Westerschelde;
- Antwerps kanaalpand;
- Binnenschelde en eventueel het Markiezaatsmeer en
- Omliggende polders.

Voor een aantal van deze gebieden zijn specifieke maatregelen voorzien om de zoutbelasting zoveel mogelijk te beperken. Dit betreft onder meer het gesloten houden van de schutsluizen van de Brabantse rivieren, alsmede het toepassen van o.a. bellenschermen en verhoogde drempels om de zoutdoordringing tijdens het schutproces zoveel mogelijk tegen te gaan. Tevens wordt voorzien dat een extra hoeveelheid zoetwater vanuit het Hollandsch Diep op de Brabantse rivieren zal worden ingenomen, zowel voor het wegspoelen van de resterende zoutbelasting, als voor de beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw.

De zoutbelasting die via de Volkeraksluizen alsgevolg van het schutproces doordringt naar het Hollandsch Diep zal zoveel mogelijk worden beperkt door het aanbrengen van een verhoogde drempel en een cascade van luchtbellenschermen. Ook zal in aanvulling op het schutverlies (ca. 3 m<sup>3</sup>/s) een extra (maximaal ca. 10 m<sup>3</sup>/s) zoetwaterstroom vanuit het Hollandsch Diep worden doorgelaten om het zoutgehalte nabij de schutkolken zoveel mogelijk terug te dringen. De resterende zoutlast zal zich via het Hollandsch Diep, Haringvliet en Spui door het Beneden Rivierengebied verspreiden. Dit heeft tot gevolg dat op de waterinname locaties langs vooral het Hollandsch Diep, het Haringvliet en het Spui rekening moet worden gehouden met verhoogde chloridegehalten. De mate waarin deze verhoging zal optreden is afhankelijk van dichtheidsstromen en de mate van menging met het rivierwater dat via het Hollandsch Diep / Haringvliet naar zee wordt afgevoerd.

In deze rapportage zal worden ingegaan op de gevolgen die een zout Volkerak-Zoommeer heeft voor het Benedenrivieren gebied. Bijzondere aandacht wordt daarbij besteed aan de te verwachten chloride-concentraties op de waterinnamepunten in het Hollandsch Diep, het Haringvliet en het Spui. Deze concentraties worden vervolgens op hoofdlijnen getoetst met grens- en streefwaarden voor waterinname op diverse locaties. Voor een nadere specificatie van deze waarden wordt verwezen naar het indicatief overzicht in bijlage 1.

Onderhavige rapportage is een aanvulling op het rapport RWS-Waterdienst, juli 2008, Effect van een zout Volkerak-Zoommeer op de chloride concentratie in het Benedenrivierengebied (ref. 5). In deze rapportage zijn recente inzichten meegenomen van de mogelijke (technische) maatregelen die bij de Volkeraksluizen kunnen worden genomen om de zoutlast zoveel mogelijk te reduceren (ref. 6). De doorwerking van de resterende zoutlast op de chloride concentraties in het Benedenrivieren gebied is vervolgens doorgerekend en verwerkt in de resultaten zoals gepresenteerd in hoofdstuk 4.

## 2 Overzicht van uitgevoerde studies

Om te bepalen in welke mate het zoutgehalte in het Benedenrivierengebied zal kunnen toenemen als gevolg van een zout Volkerak-Zoommeer zijn diverse studies uitgevoerd.

Dit betreft:

1. Een door WL|Delft Hydraulics uitgevoerde studie (ref. 1 en ref. 2) naar de te verwachten zoutlast die door het schutproces via Volkeraksluizen kan doordringen naar het Hollandsch Diep. In deze studie is op basis van de te verwachten ontwikkelingen in de scheepvaart de zoutlast berekend zonder zoutbeperkende maatregelen. Tevens is verkend welke (combinaties van) maatregelen mogelijk zijn om die zoutlast zo veel mogelijk te reduceren. De effectiviteit van deze maatregelen is vervolgens nader gekwantificeerd.
2. Een door RWS-RIZA uitgevoerde modelstudie (ref. 3) waarin op basis van een eerste inschatting van de zoutlast van de Volkeraksluizen de te verwachten chloride verhoging in het Benedenrivierengebied is berekend met het 1D Sobek model.
3. Een door Witteveen en Bos uitgevoerde modelstudie (ref. 4) naar de verspreiding van de zoutlast van de Volkeraksluizen door het Benedenrivierengebied. In deze studie is gebruik gemaakt van het (3D) Zeedelta model van RWS-RIKZ, dat eerder is toegepast voor berekening van de zoutverspreiding bij een alternatief beheer van de Haringvlietsluizen (Kier). Met dit model is voor een relatief droge en gemiddelde periode uitgerekend welke chloride concentraties op de belangrijkste waterinnamepunten kunnen worden verwacht.  
In het model wordt rekening gehouden met 3-dimensionale dichtheidsstromen die tot gevolg hebben dat het binnenkomende zoute water zich (tijdelijk) ophoopt in de diepere waterlagen van het Hollandsch Diep en Haringvliet.
4. Een door RWS-Waterdienst uitgevoerd studie (ref. 5) waarin de resultaten van het 3D Zeedelta model en het 1 D Sobek model zijn geïntegreerd om tot een zo nauwkeurigere bepaling van de chloridegehalten te komen voor een brede range van hydrologische condities.
5. Een door Deltares uitgevoerde studie (ref. 6) waarin de effectiviteit van de meest kansrijke zoutbeperkende maatregelen nader is geanalyseerd, mede in het licht van recente technologische ontwikkelingen. In deze studie is speciale aandacht besteed aan een nieuwe methode van luchtinjectie (bellenschermen) die in het Volkeraksluizencomplex kan worden geïnstalleerd. Nader is onderzocht wat de effectiviteit van deze maatregel is in combinatie met een verhoogde drempels en een extra zoetwaterstroom die er gezamenlijk voor moeten zorgen dat de zoutdoordringing naar het Hollandsch Diep zo gering mogelijk is.
6. Een door RWS-Bouwdienst uitgevoerde studie (ref. 7) naar de mogelijkheden voor implementatie van de kansrijke maatregelen ter beperking van de zoutindringing bij de schutsluizen.

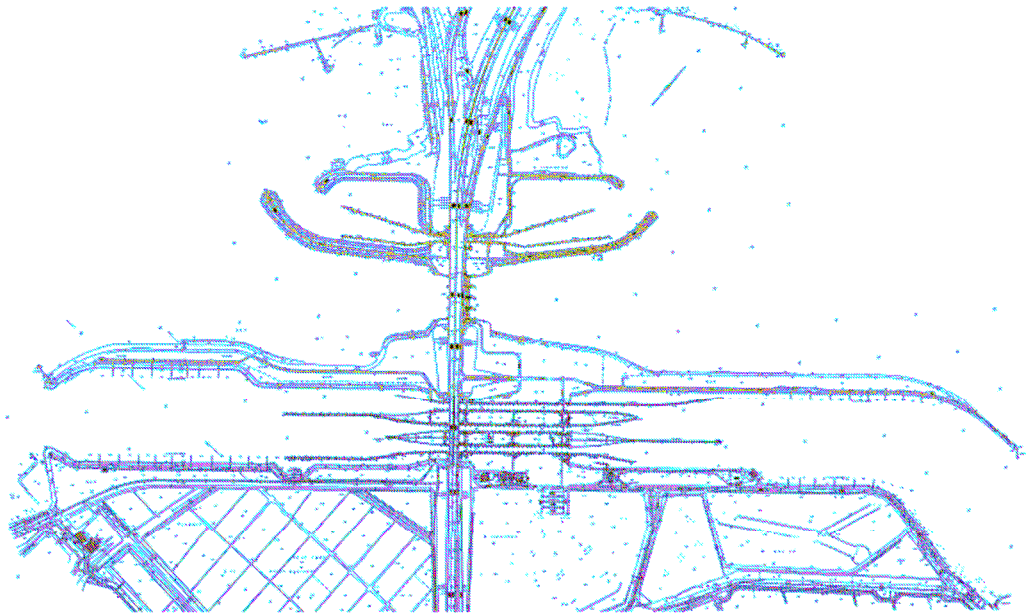
In deze rapportage worden de resultaten van de hierboven genoemde studies samengevat en verwerkt tot een samenhangend overzicht van de te verwachten omvang van de zoutlast naar het Hollandsch Diep en de gevolgen van deze zoutlast voor de chloridegehalten in het Benedenrivierengebied. Met name wordt hierbij aandacht besteed aan de te verwachte veranderingen ter plaatse van de locaties



waar water wordt ingenomen ten behoeve van drinkwater, industriewater, peilbeheer en het watergebruik ten behoeve van land- en tuinbouw.

### 3 Zoutlast Volkeraksluizen

De Volkeraksluizen zijn voor de beroepsvaart een wezenlijke schakel in de Schelde-Rijn verbinding. Jaarlijks passeren hier meer dan 110.000 schepen. Hiervoor zijn 3 schutkolken beschikbaar. Er is een aparte schutkolk voor de recreatievaart, waarvan jaarlijks ca. 45.000 vaartuigen gebruik maken.



*Figuur 3.1 Volkeraksluizen, links Volkerak-Zoommeer, rechts Hollandsch Diep.*

Voor het ontstaan van het (zoete) Volkerak-Zoommeer in 1987, waren de schutkolken aan weerszijden uitgerust met een luchtbellenschermen. Deze schermen waren bedoeld om de zoutlast, vanuit het toen nog zoute en onder eb- en vloedregime staande Volkerak, naar het Hollandsch Diep zoveel mogelijk te beperken. Via aanvullende maatregelen als lekkende ebdeuren, nachtelijk spuien en aanvullend spuien via de spuisluis kon de zoutlast in deze periode (1970-1987) worden beperkt tot ca. 30 kg Cl/s (= ca. 50 kg zout /s) (ref 8).

Na het verzoeten van het Volkerakmeer zijn de bellenschermen verwijderd en hoewel de leidingen en de ruimte voor de compressoren nog aanwezig zijn, zijn deze voorzieningen niet meer operationeel.

Indien het Volkerakmeer opnieuw zout wordt, zal als gevolg van het schutproces een uitwisseling van water tussen het Hollandsch Diep en het Volkerakmeer ontstaan. Vanwege het peilverschil tussen Hollandsch Diep en het Volkerakmeer van ca. 0,5 m is er sprake van een netto schutverlies van ca. 3-4 m<sup>3</sup>/s zoet water naar het Volkerak. Indien geen maatregelen worden genomen zal tijdens het schutten tevens een tweezijdige uitwisseling van water plaatsvinden onder invloed van dichtheidstromen en in- en uitvaart van schepen. Door deze uitwisseling wordt in aanvulling op het schutverlies zoetwater doorgelaten naar het Volkerak en omgekeerd zal zoutwater doordringen naar het Hollandsch Diep.

Op basis van het aantal schuttingen, de afmetingen van het de kolken en schepen, het zoutgehalte van het Volkerak en de effectiviteit van uitwisseling is door WL Delft Hydraulics een schatting gemaakt van de maximale zoutlast naar het Hollandsch

Diep. Uitgaande van een zoutgehalte van 18-20 ppt ( = 10-11 g Cl/l) wordt deze maximale zoutlast geschat op ca. 500-570 kg/s.

Uit een verkenning van mogelijke maatregelen om deze zoutlast zoveel mogelijk te beperken blijkt dat het opnieuw toepassen van luchtbellenschermen in potentie een goed realiseerbare maatregel is met een hoge mate van effectiviteit. Als gevolg van in- en uitvaart van schepen kan deze effectiviteit in de praktijk echter geringer zijn dan op basis van theoretische beschouwingen mag worden verwacht. Mede vanuit deze achtergrond is nader verkend welke aanvullende maatregelen mogelijk zijn. Vanwege de overdiepte van de sluiskolken is het aanbrengen van zoutdrempel ter hoogte van 1,3 m een van de maatregelen die zich eenvoudig laat combineren met een bellenscherm en die er voor zorgt dat het fictieve volume van de schutkolk fors wordt verkleind. Ook wordt door en dergelijke drempel de zoute onderstroom flink verkleind.

Met medeneming van innovaties op het gebied van luchtinjectie via diffusors is door Deltares vervolgens een review gemaakt van de eerder geschatte effectiviteit van de (combinatie van) maatregelen. Hieruit blijkt dat door gebruik te maken van een cascade van bellenschermen, en het injecteren van zoetwater (totaal ca. 10 m<sup>3</sup>/s) vanaf de bodem ter plaatse van de ingang van de schutkolk aan de Volkerakzijde, de doordringing van het zoutwater kan worden beperkt tot ca. 130 kg zout/s. Indien dit wordt gecombineerd met zoutdrempels is een verdere reductie haalbaar in de orde van 15 kg zout/s , waardoor de zoutlast kan worden beperkt tot ca. 120 kg/s. Voorts zijn er nog mogelijkheden voor aangepast sluisbeheer. Zo kan de grootte van de schutkolk worden gehalveerd in geval van een gering scheepsaanbod (bijv. tijdens nachtelijke uren), door gebruik te maken van de daarvoor aanwezige extra sluisdeuren.

Tijdens een expertmeeting (Deltares, RWS, UK-expert) is geconcludeerd dat door deze combinaties van maatregelen de zoutlast kan worden beperkt tot maximaal 120 kg zout/s (is ca. 70 kg Cl/s). Hoewel het denkbaar is dat met een extra zoetwaterdoorstroming deze zoutlast nog verder kan worden beperkt, is deze hoeveelheid vervolgens gebruikt bij de interpretatie van de modelberekeningen zoals die voor het Benedenrivierengebied zijn uitgevoerd (zie hoofdstuk 4).

## 4 Berekende chlorideconcentraties in het Benedenrivierengebied

Uit de studies (zie paragraaf 3) naar de te verwachten zoutlast, die als gevolg van het schutproces via de Volkeraksluizen zal doordringen naar het Hollandsch Diep, blijkt dat de grootte hiervan ca. 120 kg/s zal bedragen. Deze zoutlast is als basis gebruikt voor het bepalen van de te verwachten chlorideverhogingen in het Benedenrivierengebied. Met behulp van zowel 1D als 3D modelberekeningen voor waterbeweging en transport van stoffen is berekend in welke mate de chlorideconcentraties als gevolg van deze zoutlast kunnen toenemen ter plaatse van de belangrijkste waterinnamepunten.

Voor deze analyse is gebruik gemaakt van hetzelfde modelinstrumentarium waarmee eerder de te verwachten veranderingen in de zoutgehalten zijn berekend die het gevolg zijn van veranderingen in het beheer (hefregime) van de Haringvlietsluizen (Kierstudies).

In de uitgevoerde berekeningen is de verandering in het beheer van de Haringvlietsluizen overeenkomstig het Kierbesluit als uitgangspunt genomen.

De hydrologische en meteorologische omstandigheden van enkele karakteristieke historische perioden zijn gekozen als basis voor het berekenen van de te verwachten veranderingen in zoutgehalten. Dit betreft:

*Voor de 1D Sobek modeltoepassingen:*

01-01-1988 t/m 31-12-1990 als scenario voor een hydrologisch gemiddelde periode<sup>1</sup>

01-01-2003 t/m 31-12-2003 als scenario voor een (zeer) droog jaar

Aanvullend is voor deze perioden tevens geanalyseerd wat de effecten van klimaatverandering zijn op basis van 2 KNMI'06 scenario's<sup>2</sup>:

G+ scenario (dwz 1 °C temperatuurstijging met drogere zomers en nattere winters)

W+ scenario (dwz 2 °C temperatuurstijging met drogere zomer en nattere winters)

*Voor de 3D Zeedelta modeltoepassingen:*

11-02-1998 t/m 08-03-1998 als scenario voor een lage rivierafvoer

15-03-1998 t/m 15-04-1998 als scenario voor een dalende afvoer

22-04-1998 t/m 14-05-1998 als scenario voor een gemiddelde afvoer

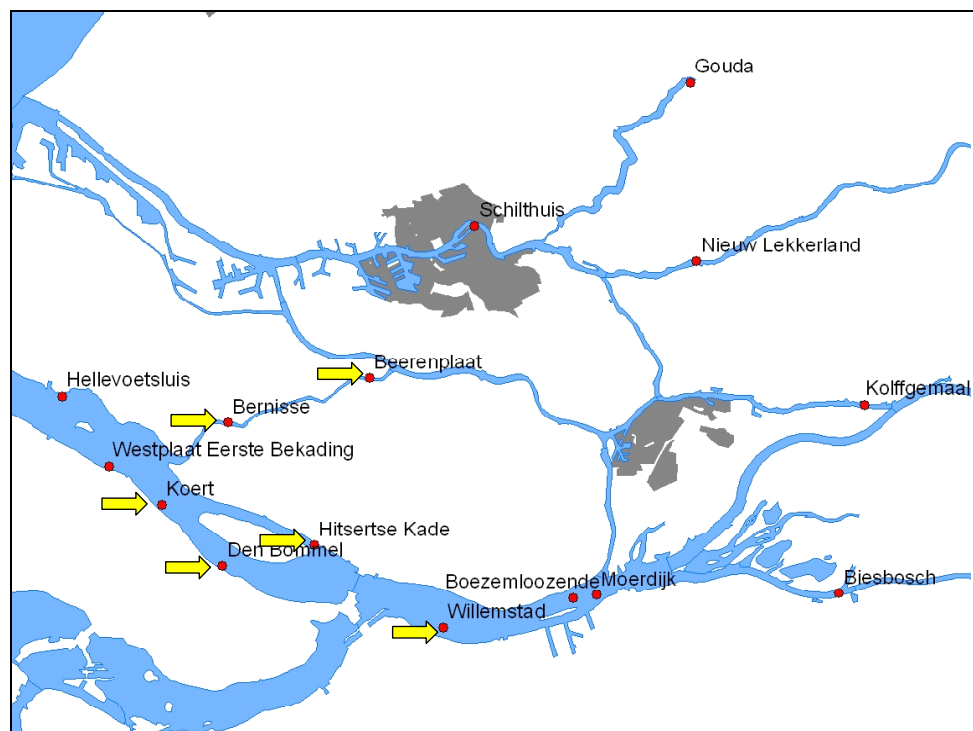
Na enkele verkennende berekeningen met het 1D Sobek model, zijn gedetailleerde 3D berekeningen uitgevoerd met het Zeedelta model. Uit praktische overwegingen (o.a. rekentijd en databeheer) zijn de berekeningen met dit model beperkt tot een 3-tal karakteristieke perioden. Vervolgens zijn de resultaten vergeleken met de resultaten van het 1D model voor dezelfde perioden en uitgangspunten. Vanwege de grotere mate van dispersie in het 1D model en de daarmee grotere verspreiding van het zoutgehalte, zijn vervolgens correctie-algoritmen afgeleid op basis waarvan de 1D resultaten konden worden vertaald naar de nauwkeurigere 3D resultaten voor de oppervlaktelaag. Bij deze correctieprocedure is ook rekening gehouden met de waargenomen zoutverdelingen in het Hollandsch Diep voor de periode 1970-1980 (ref. 8), waarin het Volkerak nog zout was en er ook sprake was van een zoutlast

<sup>1</sup> De jaren 1988-1990 zijn ook in het MER Beheer Haringvlietsluizen (Kier) gebruikt, met de motivatie dat hierin een relatief nat jaar, een relatief droog jaar en een droog seizoen voorkwamen

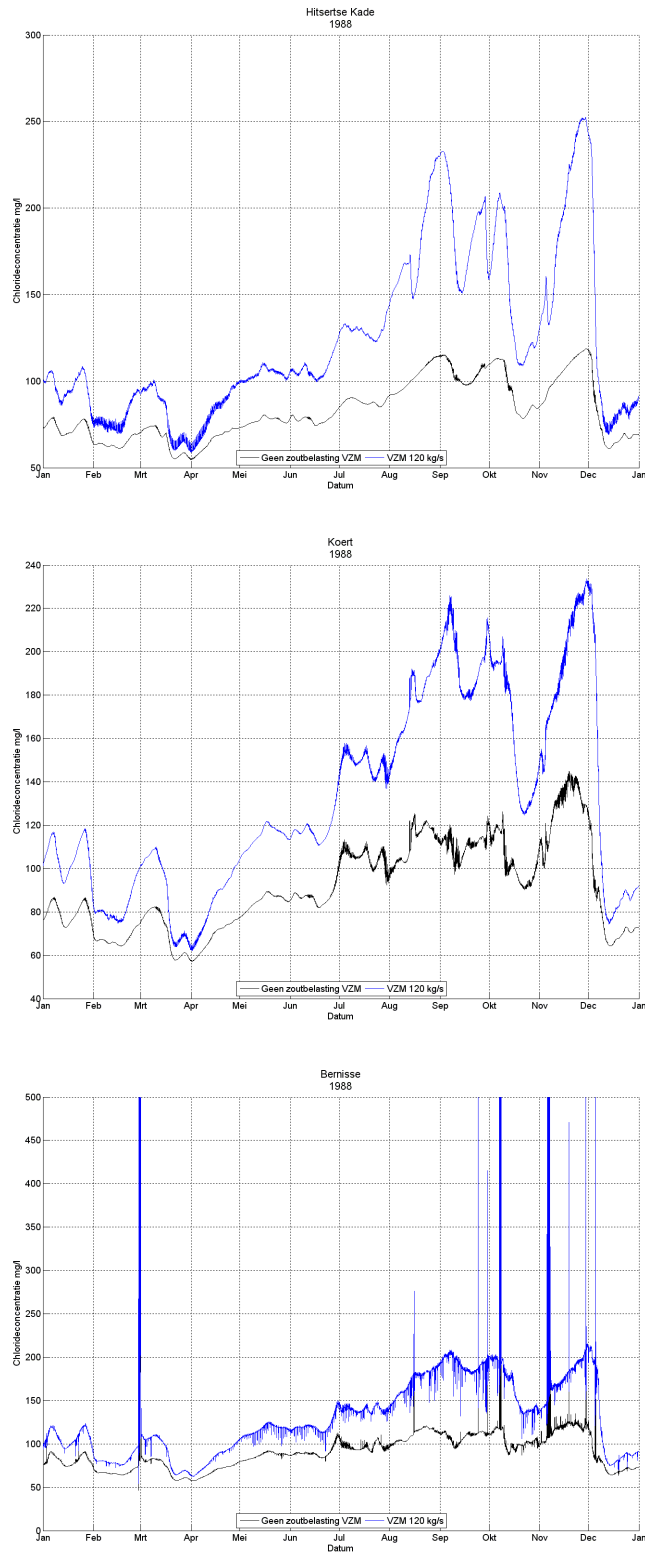
<sup>2</sup> In het NBW-actueel is afgesproken dat voor vraagstukken rond watertekort vanaf 2015 het G+ scenario wordt gebruikt en tot 2015 het G- scenario. Bij nieuw aan te leggen infrastructuur worden bij het ontwerp in principe de G en W scenario's gebruikt (NWP).

via de Volkeraksluizen naar het Hollandsch Diep. Uit deze waarnemingen blijkt dat tijdens droge perioden het zout zich ophoopt in de diepere waterlagen van het Hollandsch Diep, waardoor de oppervlakte laag relatief zoet blijft. Dit beeld wordt ook berekend door het 3D model, hoewel de berekende verschillen tussen onder- en bovenlaag een factor 2-5 kleiner zijn dan uit deze waarnemingen naar voren komt. Bij de uiteindelijke interpretatie van de modelresultaten is met deze verschillen tussen onder- en bovenlaag rekening gehouden. Op basis van een expertmeeting (Deltares-RWS) is voor een juiste interpretatie van de 1D modelresultaten vastgesteld dat de met het 1D model berekende concentratieverhoging een duidelijke overschatting geeft van de te verwachten toename en diende te worden gecorrigeerd met tenminste een factor 0,5. Deze factor komt dus overeen met de minimale verhouding tussen gemeten concentraties in boven- en onderlaag van het water in het Hollandsch Diep en Haringvliet overeenkomstig zoals waargenomen in de periode 1970-1980.

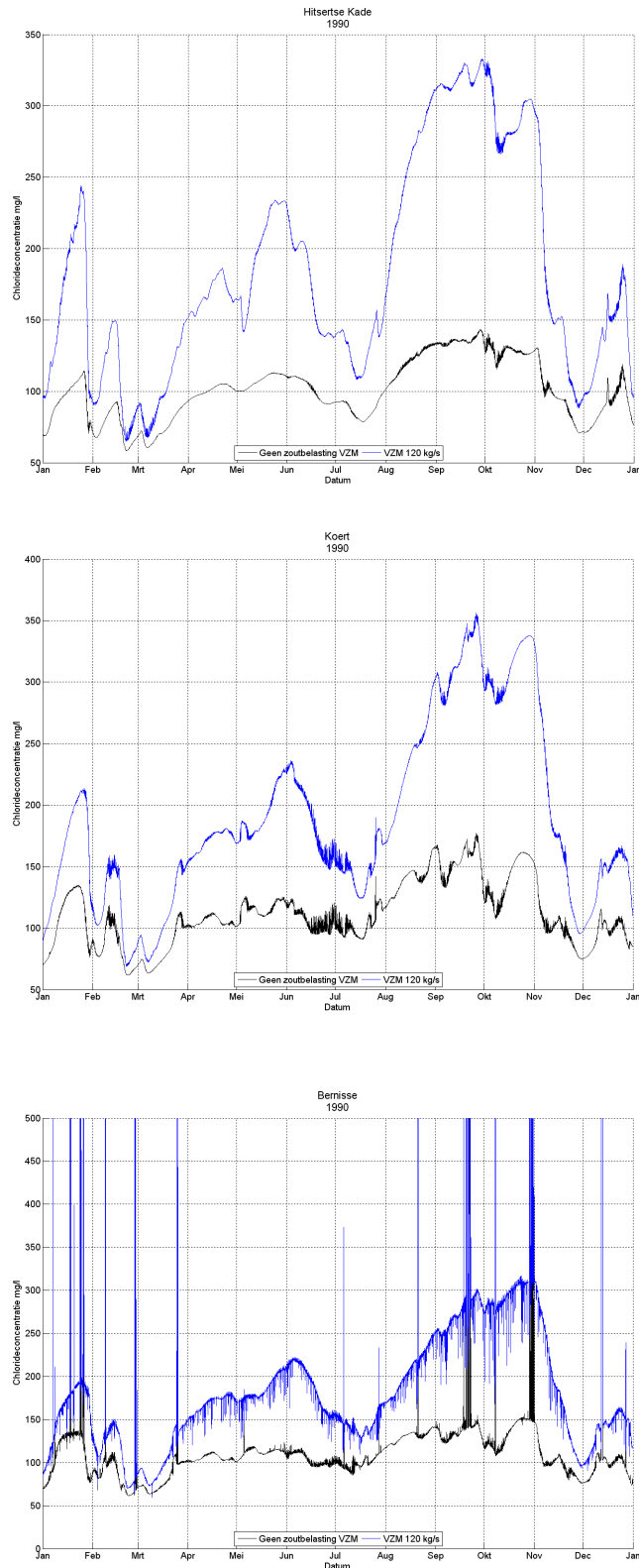
De resultaten van de 1D modelberekeningen voor de 4 volledige jaren (1988-1990 en 2003) zijn, na toepassing van de correctie-algoritmen (inclusief de factor 0,5 vanwege niet beschouwde 3D effecten), nader geanalyseerd en getoetst aan eventuele overschrijding van de chloridenorm op de waterinname locaties. Speciale aandacht is besteed aan de locaties, Koert, Hitsertse Kade en Bernisse (zie figuur 4.1). Voor de overige wateren zoals Hollandsch Diep, Oude Maas, Dordtse Kil is de berekende verhoging van het zoutgehalte beduidend lager dan op de locaties Koert en Bernisse.



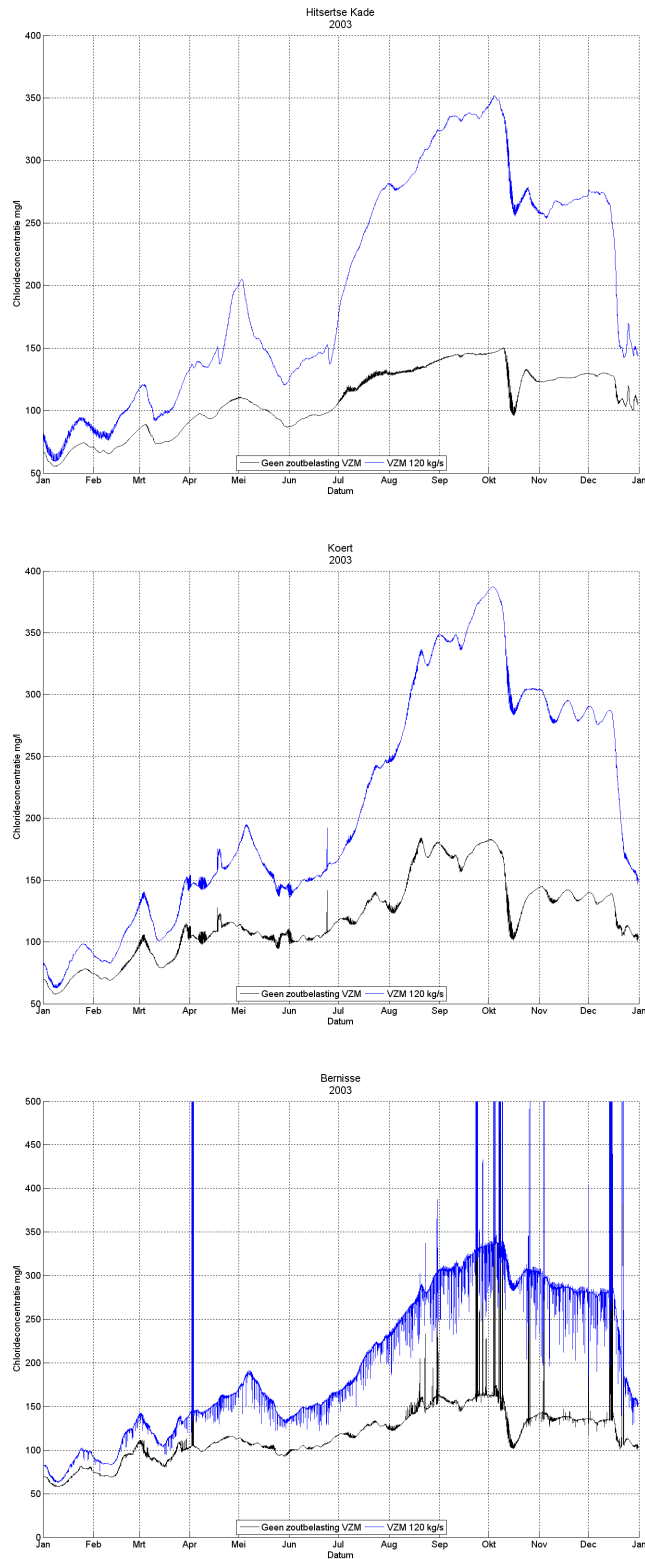
Figuur 4.1 Waterinnamepunten in het Benedenrivierengebied welke beïnvloed worden door een zout Volkerak-Zoommeer



Figuur 4.2 Berekende chloridegehalten op de locatie Hitsertse Kade, Koert en Bernisse zonder en met 120 kg/s zoutlast via de Volkeraksluizen, voor omstandigheden in het jaar 1988



Figuur 4.3 Berekende chloridegehalten op de locatie Hitsertse Kade, Koert en Bernisse zonder en met 120 kg/s zoutlast via de Volkeraksluizen, voor omstandigheden in het jaar 1990



Figuur 4.4 Berekende chloridegehalten op de locatie Hitsertse Kade, Koert en Bernisse zonder en met 120 kg/s zoutlast via de Volkeraksluizen, voor omstandigheden in het jaar 2003



Uit de berekeningen kan worden afgeleid dat bij een zoutlast van ca. 120 kg/s de chloride toename op de waterinnamepunten Hitsertse kade, Koert (Haringvliet) en Bernisse (Spui) in droge jaren beperkt blijft tot een range van 50 - 200 mg Cl/l . In een hydrologisch gemiddeld en nat jaar is deze toename beduidend kleiner. Voor alle beschouwde jaren geldt dat de hoogste concentraties worden berekend voor de perioden met de laagste afvoer (augustus – november).

Uit de figuren blijkt dat bij het hanteren van een grenswaarde van 150 mg Cl/l de kans op overschrijding van deze waarde in de periode augustus tot december sterk toeneemt. Bij het hanteren van een grenswaarde van 300 mg Cl/l is de overschrijding beduidend geringer en beperkt deze zich voor de periode september tot november. Het niveau van 450 mg Cl/l (de huidige grenswaarde voor het Volkerak-Zoommeer) wordt op geen van de locaties langer dan 48 uur overschreden.

Voor het waterinnamepunt Bernisse wordt berekend dat de concentraties sterk worden beïnvloed door de getijbeweging. Onder normale omstandigheden (geen storm en gemiddelde afvoer) stroomt het water uit het oostelijk deel van de Oude Maas in de periode na hoogwater het Spui binnen waardoor het chloridegehalte tijdelijk daalt. Het oostelijk deel van de Oud Maas staat namelijk onder directe invloed van de instroming van de Waal en wordt niet door de zoutlast van de Volkeraksluizen beïnvloed.

Tijdens stormperioden wordt het Spui en dus ook de locatie Bernisse zo nu en dan verzilt door een verhoogde indringing van zoutwater uit zee dat via de Nieuwe Waterweg en het westelijk deel van de Oud maas het Spui bereikt. Deze tijdelijke (vaak kortstondige) verzilting treedt vooral op in het najaar.

Verder kan op basis van de resultaten van het droge jaar 2003 worden opgemerkt dat:

- de invloed van een zout Volkerak-Zoommeer het grootst is op het Haringvliet (toename ca. 50-200 mgCl /l) en het Spui (toename ca. 50-180 mg Cl/l). Ook op het Hollandsch Diep is er sprake van enige toename (25 – 75 mg Cl /l).
- de invloed van een zout Volkerak-Zoommeer gering is op de Oude Maas (minder dan 25 mg/l) en nihil langs de Nieuwe Maas, Hollandse IJssel, Dordtse Kil, Noord en Lek,
- er geen effect meer merkbaar is bovenstrooms Moerdijk. De chloride concentraties in de Biesbosch worden dus niet verhoogd ten gevolge van een zout Volkerak-Zoommeer en
- de perioden met hogere chlorideconcentraties over het algemeen in de tweede helft van het jaar vallen, omdat dan de gemiddelde rivierafvoeren ook het laagst zijn.

Voor de periode 1988-1990 zijn de veranderingen van de overschrijdingsduur berekend voor overschrijdingen die langer dan 48 uur aanhouden en uitstijgen boven de grenswaarden van resp. 150, 300 en 450 mg Cl/l (tabel 6.1). Uit deze toetsing blijkt:

- dat het gemiddeld aantal dagen waarvoor jaarlijks de grenswaarde van 150 mgCl /l wordt overschreden bij een zoutbelasting van 120 kg/s toeneemt van ca. 15 dagen naar ca. 175 dagen in het Haringvliet (locatie Koert) en van ca. 3 dagen naar 160 dagen in het Spui (locatie Bernisse),
- dat bij een grenswaarde van 300 mg Cl/l het aantal dagen waarop deze waarde wordt overschreden drastisch afneemt en zich beperkt tot bij een zoutlast van 120 kg/s beperkt tot ca. 20 dagen voor het Haringvliet (Koert) en 3 dagen voor het Spui (Bernisse) en
- dat een grenswaarde van 450 mg Cl/l (dit is de norm die in de huidige situatie voor het Volkerak-Zoommeer van toepassing is) er zowel voor het Haringvliet

als voor het Spui geen overschrijdingen plaatsvinden die langer dan 48 uur aanhouden.

De toename van het aantal dagen waarvoor deze normen worden overschreden concentreert zich vooral rond de periode augustus tot november. Overschrijding van de norm in het voorjaar treedt vrijwel niet op. Dit wordt veroorzaakt door de relatief hoge afvoer van de Rijn in het voorjaar (smeltwater) en de relatief lage afvoer in het najaar.

| <b>Grenswaarde 150 mg Cl / l</b> |                               |                                       |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Locatie</b>                   | <b>Huidige omstandigheden</b> | <b>Zoutlast Volk.sluisen 120 kg/s</b> |
| Koert                            | ± 15 dagen                    | ± 175 dagen                           |
| Bernisse                         | ± 3 dagen                     | ± 160 dagen                           |

| <b>Grenswaarde 300 mg Cl / l</b> |                               |                                       |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Locatie</b>                   | <b>Huidige omstandigheden</b> | <b>Zoutlast Volk.sluisen 120 kg/s</b> |
| Koert                            | 0 dagen                       | ± 20 dagen                            |
| Bernisse                         | 0 dagen                       | ± 3 dagen                             |

| <b>Grenswaarde 450 mg Cl / l</b> |                               |                                       |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Locatie</b>                   | <b>Huidige omstandigheden</b> | <b>Zoutlast Volk.sluisen 120 kg/s</b> |
| Koert                            | 0 dagen                       | 0 dagen                               |
| Bernisse                         | 0 dagen                       | 0 dagen                               |

*Tabel 6.1 Gemiddelde overschrijdingsduur van resp. 150, 300 en 450 mgCl/l langer dan 48 uur ter hoogte van Koert en Bernisse zonder en met 120 kg/s zoutlast via de Volkeraksluisen onder omstandigheden gedurende de jaren 1988 t/m 1990*

Het effect van een zout Volkerak-Zoommeer is tevens berekend voor de situatie waarin klimaatveranderingen zijn opgetreden. Uit deze analyses blijkt dat:

- op het Haringvliet het effect van klimaatverandering gering is ten opzichte van het effect van een zout Volkerak-Zoommeer,
- op meer noordelijke locaties, waar de invloed van zoutindringing vanuit zee overheerst is het relatieve effect van klimaatverandering ten opzichte van de doorwerking van een zout Volkerak-Zoommeer de belangrijkste factor van een toename van het chloride gehalte.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Uit de analyse van de gevolgen van het verzilten van het Volkerak-Zoommeer voor de te verwachten chloridegehalten in het Benedenrivierengebied blijkt dat tijdens lage rivierafvoer er sprake zal zijn van een duidelijke verhoging. Hoewel door een combinatie van maatregelen de zoutlast die als gevolg van het schutproces via de Volkeraksluizen doordringt naar het Hollandsch Diep kan worden beperkt tot een maximaal niveau van ca. 120 kg/s, zorgt deze belasting voor een verhoging van het chloridegehalte in de range van 50-200 mg Cl/l ter plaatse van enkele belangrijke waterinnamepunten.

Gelet op het achtergrondniveau van Rijn en Maas (ca. 80-180 mg/l) heeft dit tot gevolg dat de overschrijding van het niveau van 150 mg/l en ook dat van 300 mg/l vaker zal voorkomen. Uit de berekening blijkt dat het niveau van 450 mg/l (de huidige norm voor het Volkerak-Zoommeer) niet wordt overschreden.

Hoewel tijdens stormperiodes incidenteel erg hoge zoutgehalten (> 5000 mg/l) kunnen doordringen tot Beerenplaat en Bernisse als gevolg van bovenmatige zoutindringing via Nieuwe Waterweg en Oude Maas (zie ref 10, bijlage 9), is dit veelal van korte duur (< 48 uur). De bijdrage van de zoutlast van de Volkeraksluizen is in zo'n situatie van ondergeschikt belang.

Bij deze analyse is er vanuit gegaan dat de Volkeraksluizen worden uitgerust met een set maatregelen waarmee de zoutdoordringing naar het Hollandsch Diep zoveel mogelijk kan worden tegengegaan. Uit een door Deltares uitgevoerde studie is gebleken dat een combinatie van verhoogde drempels, en een cascade aan bellenschermen zal resulteren in een forse reductie van de zoutlast. Tevens zou een geforceerde zoetwater instroming nabij de bodem van de ingang van de schutkolk aan de Volkerakzijde, de door dichtheidstromen veroorzaakte zoutindringing kunnen verminderen. Uit een indicatieve verkenning door RWS-Bouwdienst blijkt dat dergelijke maatregelen technisch uitvoerbaar zijn en geen hinder hoeven te veroorzaken voor de beroepsvaart. Mogelijk dat voor de recreatievaart er sprake zal kunnen zijn van beperkte hinder door de bellenschermen. Ervaringen uit de periode 1975-1980 toen de Volkeraksluizen ook waren uitgerust met bellenschermen, geven echter aan dat deze hinder beperkt zal zijn.

Gelet op de complexiteit van zowel de processen van waterstromen, zouttransport en menging nabij het Volkeraksluizencomplex alsmede de 3D verschijnselen in het Benedenrivierengebied, is in de huidige analyse zowel de zoutlast als de verspreiding door het Benedenrivierengebied op basis van een vrij pessimistische benadering beschouwd. Mede door recente innovaties op het gebied van lucht en waterinjecties zou de uiteindelijke zoutlast mogelijk kleiner kunnen zijn dan de thans veronderstelde 120 kg/s.

Om de mogelijkheden voor praktische uitvoering en voor optimalisatie van de efficiency verder te onderzoeken wordt aanbevolen om hiervoor enkele praktijkproeven uit te voeren voor een sluiscomplex dat als voorbeeld kan dienen voor de toekomstige situatie van de Volkeraksluizen. Een mogelijk proeflocatie zou de sluis van Kornwerderzand in de Afsluitdijk kunnen zijn. Ook zou de Bergsediepsluis mogelijk kunnen worden ingericht als een testcase voor de nieuwe generatie luchtbellenschermen.

Uit de analyse van de verspreiding van de zoutlast door het Benedenrivierengebied is gebleken dat het huidige modelinstrumentarium een aantal beperkingen kent. Indien in de toekomst een nauwkeurige inschatting van de te verwachten chloride gehalten op de waterinname punten mogelijk is, zou zowel de zoutbestrijding op de Volkeraksluizen als het waterinname beleid hierop kunnen worden afgestemd. Het is denkbaar om in kritische perioden tijdelijk extra maatregelen te nemen, zoals extra doorspoelen, efficiënter sluisgebruik e.d., met als doel de zoutlast zoveel mogelijk terug te dringen. Ook de actuele chloride concentratie van Rijn en Maas dienen daarbij in beschouwing te worden genomen. Om de effectiviteit van dergelijke maatregelen zo goed mogelijk te kwantificeren is het nodig dat een aantal verbeterlagen in zowel de 1D als 3D modellering worden bewerkstelligd, waardoor de thans gehanteerde correctie factor van 0,5 voor verdiscontering van het verschillen in concentratie tussen onder en bovenlaag direct in de berekening worden betrokken. Een dergelijke verbetering zou ook van belang kunnen zijn voor de wijze waarop het operationele Kierbeheer met modeltoepassing kan worden ondersteund en zo mogelijk kan worden geoptimaliseerd.

Samengevat leidt het verzilten van het Volkerak-Zoommeer tot een (beperkte) verhoging van het chloridegehalte in het Hollandsch Diep, Haringvliet en Spui. Deze verhoging is het grootst tijdens lage rivierafvoeren en hoewel het niet waarschijnlijk is dat het chloride gehalte hoger wordt dan 450 mg Cl/l, zal de verhoging wel kunnen leiden tot een frequentere overschrijding van de 150 en 300 mg/l Cl/l niveaus die nu op enkele waterinnamepunten als grenswaarde worden gehanteerd.

## 6 Referenties

1. WL | Delft Hydraulics. Memo Zoutbezwaar van zout Volkerak-Zoommeer, 12 juli 2006
2. WL Delft Hydraulics, Memo Volkerak-Zoommeer, Effectiviteit zoutbestrijdingsmaatregelen bij sluizen, Effect op capaciteit Volkeraksluizen, 26 oktober 2007
3. RWS-RIZA, Effecten zoutbelasting op het hoofdwatersysteem ten noorden van het Volkerak-Zoommeer, 12 december 2007
4. Witteveen+Bos, 3D Zoutberekeningen Zeedelta, rapport 26 november 2007
5. RWS-Waterdienst, Effect van een zout Volkerak-Zoommeer op de chloride concentratie in het Benedenrivierengebied, juli 2008
6. Deltares, Memo Volkeraksluizen, analyse zoutlevering Volkeraksluizen, 9 september 2008
7. RWS-Bouwdienst, Maatregelen tegen zoutindringing bij schutsluizen, planstudie Volkerak-Zoommeer, juli 2008
8. RWS-Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Chlorideconcentraties op het Haringvliet en Hollandsch Diep, meetgegevens 1970-1980, nota nr 71.009.01
9. Deltares, Waterkwaliteit en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer, Planstudie Volkerak-Zoommeer, juni 2008
10. Rijkswaterstaat-Zuid Holland, Evaluatie verzilting en ontzilting van het Haringvliet, na de storm van 24/25 november 2005, AP/2006/03, juni 2006

## 7 Bijlage: Overzicht van gebruikte chloridenormen

*memo van Herman Haas (Rijkswaterstaat -Waterdienst )*

### 1. Vraagstelling

In de discussie over de effecten van een zout Volkerak-Zoommeer op de verzilting van het Noordelijk Deltabekken(Benedenrivierengebied) speelt het chloridegehalte van het oppervlaktewater en grondwater de belangrijkste rol. Verzilting is immers gedefinieerd als een toename van het chloridegehalte in het zoete oppervlaktewater (of grondwater) t.o.v. de achtergrondwaarde. In de praktijk worden er in de Zuidwestelijke Delta verschillende grenswaarden gehanteerd voor het chloridegehalte. Het is niet altijd even duidelijk waar deze waarden vandaan komen, wat de achtergronden zijn en hoe deze gehalten beoordeeld kunnen worden. Dit memo beoogt een kort overzicht te geven van de achtergronden.

### 2. Achtergronden bij het chloridegehalte

Het chloridegehalte in het oppervlaktewater is opgebouwd uit de achtergrond concentratie en de concentratie veroorzaakt door lozingen in het bovenstroomse gebied. Er is daardoor een directe relatie tussen het chloridegehalte bij Lobith en de rivierafvoer. De orde van achtergrondconcentratie varieert tussen 50 – 100 mg/l bij een hoge rivierafvoer tot 150 – 200 mg/l bij een lage rivierafvoer. In het kader van het Rijn-zoutverdrag zijn de chloridegehalten bij Lobith in de jaren 90 sterk gedaald (Steenkamp, 2002)

Na de aanleg van de Deltawerken is de beheersing van de waterhuishouding in de Zuidelijke Delta sterk gecontroleerd. Het bestaande estuariene karakter (met o.a. een natuurlijke zoet-zoutgradient) in zowel het Haringvliet, het Krammer-Volkerak, de Oosterschelde en de Grevelingen zijn hierdoor verdwenen. Alleen de Westerschelde heeft nog het natuurlijke karakter van een estuarium met o.a. zoet-zoutgradient.

Vanwege de open verbinding van de Nieuwe Waterweg met het kustwater komt met ieder hoogwater zout zeewater landinwaarts in de vorm van een zouttong. De mate van indringing is gerelateerd aan het verschil in hoogwaterstand te Hoek van Holland en de laagwaterstand bij Moerdijk (de zgn. H-L parameter). Om de zoutindringing via de Nieuwe Waterweg nog enigszins te remmen is de zogenaamde 'trapjeslijn' aangelegd, waarbij in de bodem drempels zijn gebaggerd. Het beheer van de Haringvlietsluizen is erop gericht de zoutindringing via de Nieuwe Waterweg zoveel mogelijk tegen te gaan. De verziltingsbestrijding in dit gebied is vastgelegd in de eerste (1968) en de tweede (1985) Nota Waterhuishouding. Hierbij wordt minimaal 1500 m<sup>3</sup>/s via de Nieuwe Waterweg afgevoerd. Afspraken hierover zijn vastgelegd in het lozingsprogramma – '84.

**3. Welke chloridenormen worden nu gehanteerd.**In de 4<sup>e</sup> nota waterhuishouding zijn MTR (*Maximaal Toelaatbaar Risico*) waarden gedefinieerd voor oppervlaktewater, sediment en grondwater. Voor chloride (mg Cl/l) is een MTR vastgesteld voor zoet oppervlaktewater van 200 mg/l en grondwater 100 mg/l. Hierbij is wel aangegeven dat in gebieden met mariene beïnvloeding van nature hogere concentraties voorkomen.

De belangrijkste afspraken met betrekking tot verzilting in het Noordelijk Deltabekken zijn vastgelegd in het Waterakkoord Hollandse IJssel en Lek. In dit akkoord is de volgende definitie van verzilting opgenomen (Blz. 8)

*'een verhoging van het chloridegehalte in de Hollandsche IJssel nabij de stormvloedkering door zee-invloed, zoals die verhoging blijkt uit de routinematige bemonstering door het Rijk, dan wel uit de specifieke bemonstering, en welke een verhoging (minimaal 50 mg Cl/l) vergeleken wordt met de chloridegehalte van de Rijn te Lobith, met een faseverschil van twee dagen'*

#### Artikel 2 punt 2

Rijkswaterstaat Zuid-Holland heeft, uitgaande van normale lozingsprogramma voor de Haringvlietsluizen (LPH-'84), de inspanningsverplichting om verzilting van de mond van de Hollandse IJssel bij afnemende Rijnafoeren d.m.v. het bedieningsregime van de Haringvlietsluizen, zo veel als mogelijk, te voorkomen. De afspraak is dat wanneer het chloridegehalte bij Krimpen aan de IJssel hoger is dan 200 mg/l, Rijkswaterstaat extra metingen uitvoert en het Hoogheeradschap van Rijland hierover informeert.

#### Grenswaarden chloridegehalte waarbij inname wordt gestaakt:

|  |               |
|--|---------------|
| HHS van Rinland: inname bij Gouda:                         | 250 mg/l      |
| HHS van Schieland en Krimpenerwaard voor stedelijk gebied: | 500-1000 mg/l |
| HHS van Schieland en Krimpenerwaard overig: max.           | 200 mg/l      |
| HHS De Stichtse Rinlanden (streefwaarde en maximum)        | 200 -300 mg/l |
| HHS Hollandse Delta: inname Koert :                        |               |
| landbouw   | 300 mg/l      |
| Drinkwater   | 150 mg/l      |

|  |               |
|--|---------------|
| Rijkswaterstaat Utrecht:                           | 250 mg/l      |
| Inzet Kleinschalige Wateraanvoer (KWA)             | 250- 300 mg/l |
| Innamepunt Bernisse (overbruggingperiode 7 uur)    | 150 mg/l      |
| Innamepunt Beerenplaat t.b.v. drinkwaterwinning    | 150 mg/l      |
| Volkerak-Zoommeer (vastgelegd in het Waterakkoord) | 450 mg/l      |

#### Bestuursakkoord uitvoering Besluit Beheer Haringvlietsluizen

- Openstelling Haringvlietsluizen per 1 december 2010
- Compenserende maatregelen zijn uitgevoerd: verleggen innamepunten Scheelhoek (drinkwater) en Zuiderdiep (landbouwwater) door een gecombineerde zoetwatervoorziening op Goeree-Overflakkee en voor de inname van landbouwwater bij Hellevoetsluis en Oudenhorn op Voorne-Putten.
- Bedieningsprotocol Haringvlietsluizen wordt aangepast. Uitgangspunt blijft dat bij de Kier de sluisen zowel bij eb als bij vloed zo ver mogelijk en zo lang mogelijk geopend blijven, waarbij zodanig wordt gestuurd dat het zout de denkbeeldige lijn Middelharnis – monding Spui niet overschrijdt (zie punt f van het besluit)

De zoutindringing via de Haringvlietsluizen zal in de praktijk via een zouttong verlopen waarbij de verticale gelaagdheid kenmerkend is. Het chloridegehalte in de bovenste waterlaag zal hierbij aanzienlijk lager zijn dan de onderste waterlaag.

De zoetwatervoorziening vanuit het hoofdwatersysteem kan worden onderscheiden in vier categorieën:

1. Voor drinkwaterbereiding: 150 mg/l

2. Industrie en glastuinbouw: 150 mg/l (Brielse Meer leiding: inlaat Bernisse)
3. Doorspoelen en peilhandhaving regionaal water (landbouwwater):
  - a. Benedenrivierengebied: 200 - 300 mg/l
  - b. Volkerak-Zoommeer: 450 mg/l
4. Inlaat stedelijke gebieden Schieland en Krimpenerwaard: 1000 mg/l

Voor landbouwkundig gebruik kunnen directe berekening weer specifieke normen worden gehanteerd tussen zeer zoutgevoelige teelten (zoals bloembollen) en minst gevoelige landgebruik (grasland). Hierbij kan een range worden gehanteerd van 150 tot 1000 mg/chloride per liter.

In de Transitie en Toekomst van de Deltalandbouw indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta na Nederland (Stuyt *et al* 2006) zijn o.a. de volgende chloridenormen (mg Cl/l) gepubliceerd (zie blz 189):

- Aardappels 600-900 mg/l
- Suikerbieten: 900-1200 mg/l
- Granen: 900-1200 mg/l
- Bloembollen: 300 mg/l
- Glastuinbouw: 200 mg/l
- 300-600 mg/l gevoelige groentegewassen
- 600-900 mg/l matig gevoelige groentegewassen
- 900-1200 mg/l: weinig gevoelige groentegewassen

Het wel of niet optreden van schade hangt sterk af van de totale beregeningsgift en is dus een bedrijfsmatige afweging. De schadedrempels liggen overigens weer lager.

Nog een aantal opmerkelijke conclusies uit bovengenoemd rapport::

- Uit nieuw modelonderzoek blijkt dat sommige, veelbelovende akkerbouwgewassen minder gevoelig zijn voor brakwater dan doorgaans wordt verondersteld.
- Gewasschade door verzilting is aanzienlijk minder erg dan schade door verdroging. Daarom is, onder extreem droge omstandigheden, beregening met brakwater soms een goed idee (onderzoek PPO)
- In de Delta wordt van de mogelijkheid om te beregenen weinig gebruik gemaakt. Op meerdere locaties in de Delta is grondwater beschikbaar voor beregening. Het areaal waar dit het geval is overtreft zelfs de behoefte. Resultaten van onderzoek in dit rapport bevestigen overigens nog eens dat beregening niet altijd lucratief is. (onderzoek PPO en Alterra)

#### 4. Conclusie

1. In de zuidwestelijke Delta worden verschillende grenswaarden gehanteerd voor het chloridegehalte in het oppervlaktewater. In de waterakkoorden zijn deze grenswaarden wettelijk vastgelegd. De MTR norm voor zoetwater is in NW4 vastgesteld op 200 mg Cl/l.
2. In het Noordelijk Deltabekken is het waterakkoord Hollandse IJssel de basis voor het lozingsprogramma van de Haringvlietssluis. Hiermee wordt bepaald dat de monding van de Hollandse IJssel een grenswaarde van ca. 200 mg Cl/l wordt gehandhaafd. Een verschil van 50 mg Cl/l t.o.v. het gehalte bij Lobith wordt gezien als verzilting.
3. In het Haringvliet en het Spui bij de Beerenplaat is waterinname voor de drinkwaterbereiding. Hiervoor worden grenswaarden gehanteerd van 150 mg



Cl/l. Dit geldt ook voor de inname bij de Bernisse t.b.v. de Brielse Meer leiding naar Delfland.

4. Voor het Volkerak-Zoommeer is een grenswaarde vastgesteld van 450 mg Cl/l bij het innamepunt in de Bathse Spuikanaal. Deze grenswaarde was oorspronkelijk 400 mg Cl/l, maar is later naar boven bijgesteld vanwege de forse doorspoelopgave vanuit het Hollandsch Diep die hiervoor nodig was.
5. De waterschappen zijn verantwoordelijk voor het regionale waterbeheer en voeren water af naar het hoofdsysteem in tijden van neerslagoverschot. Tijdens de zomermaanden zal afhankelijk van het verdampingsoverschot water worden ingelaten voor peilregulatie en doorspoeling. Het doorspoelen is erop gericht om eventuele interne zoute kwel te verdunnen tot een acceptabel chloridegehalte t.b.v. landbouwkundig gebruik.
6. Het polderwater wordt door de landbouw gebruikt voor de beregening van de gewassen op de percelen in tijden van droogte. De gevoeligheid van landbouwgewassen is echter zeer divers en varieert tussen 200 mg Cl/l voor de glastuinbouw tot maximaal 1200 mg Cl/l voor weinig gevoelige groentegewassen en suikerbieten.