

# Zeetoegang IJmond

## Planstudie nieuwe zeesluis fase 1

### Milieutoets



## Deelrapportage Water

Rijkswaterstaat Noord Holland  
april 2012  
definitief

# Zeetoegang IJmond

## Planstudie nieuwe zeesluis fase 1

### Milieutoets

## Deelrapportage Water

dossier : BA334-103-106  
registratienummer : WPMIL-2011023-MDo-01  
versie : 6.0  
classificatie : Openbaar



<b>INHOUD</b>	<b>BLAD</b>	
1	INLEIDING	4
2	BELEIDSKADER, WET- EN REGELGEVING	6
2.1	Nationaal beleid	6
2.2	Provinciaal beleid	8
2.3	Beleid Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	9
3	HUIDIGE SITUATIE EN NULALTERNATIEF (AUTONOME ONTWIKKELING)	10
3.1	Systeembeschrijving huidige situatie	10
3.2	Oppervlaktewaterpeilen	11
3.3	Oppervlaktewaterkwaliteit	11
3.4	Waterkeringen	13
3.5	Grondwater	14
4	ALTERNATIEVEN	15
4.1	Beschrijving van de alternatieven	15
5	BEOORDELINGSKADER EN METHODE	16
5.1	Beoordelingskader	16
5.2	Methode	18
5.3	Werkwijze	18
6	BEOORDELING	19
6.1	Grondwater	19
6.2	Oppervlaktewater	19
6.3	Waterkering	23
6.4	Water en ecologie	23
6.5	Mitigerende maatregelen zoutbelasting	25
7	CONCLUSIE EN LEEMTEN IN KENNIS	26
	LITERATUURLIJST	27
	COLOFON	29

BIJLAGE 1 Rapport Arcadis (2011) Zoutindringing sluizen IJmuiden, effect nieuwe sluis op Noordzeekanaal

## 1 INLEIDING

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, Haven Amsterdam, de provincie Noord-Holland en de gemeente Velsen hebben het voornemen om de Noordersluis in IJmuiden te vervangen door een nieuwe, grotere zeesluis. De sluis vormt de toegang tot de havens aan het Noordzeekanaal. De sluis dient vervangen te worden omdat de huidige sluis haar technische levensduur heeft bereikt en Rijkswaterstaat wil anticiperen op de verwachte groei in omvang van nieuwe schepen. Daarnaast moet de nieuwe sluis verdere economische ontwikkeling in het havengebied mogelijk maken.



**Figuur 1 Zeesluizencomplex en omgeving**

Het sluisencomplex van IJmuiden bestaat uit de Zuidersluis uit 1876, de Middensluis uit 1896, de Noordersluis uit 1929, het gemaal en de Spuisluizen. Het gehele complex heeft een waterkerende functie. Bij de Zuidersluis ligt tevens een kleine sluis voor de recreatievaart. In figuur 1 is het sluisencomplex weergegeven en is te zien hoe het sluisencomplex in zijn omgeving ligt (bebouwing van IJmuiden ten zuiden, industriegebied ten noorden en duingebied ten westen). De nieuwe sluis komt ten zuiden van de huidige Noordersluis te liggen. Het onderzoekgebied voor het onderdeel water is beperkt tot het sluisencomplex en het oppervlaktewater dat beïnvloed wordt door de zoutindringing.

In dit deelrapport worden de effecten op de waterkwaliteit en –kwantiteit en de waterkering voor de nieuwe zeesluis in de gebruikersfase beschreven. Dit deelrapport is onderdeel van het rapport Milieutoets. Het rapport milieutoets biedt inzicht in de effecten van de aanpassingen aan het sluisencomplex en het transport door het Noordzeekanaal. Voor het aspect water worden de effecten van de alternatieven

inzichtelijk gemaakt van de wateraspecten die onderscheidend zijn en leiden tot significante verschillen vanwege de wijzigingen aan het sluiscomplex. Het zwaartepunt binnen dit deelrapport ligt op de effecten als gevolg van veranderingen in de zoutbelasting. De effecten op de zoutindringing zijn uitvoerig beschreven in het rapport Zoutindringing Sluizen IJmuiden (Arcadis, 2011).

## 2 BELEIDSKADER, WET- EN REGELGEVING

Op het gebied van waterbeleid is verschillende wet – en regelgeving relevant. Op Europees niveau is de Kaderrichtlijn Water (KRW) ingevoerd. Het landelijke beleid is verwoord door de Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw (WB21, trits ‘vasthouden – bergen – afvoeren’), het Nationaal Waterplan, het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) en het Nationaal Bestuursakkoord Waterketen.

### 2.1 Nationaal beleid

#### Rijksbeleid

Het waterbeleid in Nederland is de laatste jaren sterk veranderd. Na het verschijnen van de Vierde Nota Waterhuishouding, die het uitgangspunt vormt voor het Nederlands waterbeleid in de planperiode 1998-2006, zijn er verschillende ontwikkelingen geweest op zowel Europees als nationaal niveau. De overgang van de Vierde Nota Waterhuishouding in het Nationaal Waterplan, de Europese kaderrichtlijn water (2000), de formulering van het Waterbeleid 21<sup>e</sup> eeuw (2000) en de verplichting tot het doen van een watertoets (2003) vormen hierin de belangrijkste ontwikkelingen.

#### Kaderrichtlijn Water

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) stelt dat voor alle oppervlaktewaterlichamen in de lidstaten, in redelijkheid rekening houdend met omstandigheden, doelen voor biologische kwaliteitselementen moeten worden geformuleerd (2009) en dat deze middels gerichte maatregelen in 2015 (of na fasering in 2021 of uiterlijk 2027) moeten worden gerealiseerd. Hierbij wordt rekening gehouden dat sterk veranderde of kunstmatige waterlichamen niet altijd dezelfde doelen kunnen behalen als natuurlijke wateren. Doelstellingen en maatregelen zijn door elke lidstaat opgenomen in een beheerplan per stroomgebied, het Stroomgebiedbeheerplan (SGBP). Voor dit project zijn de doelen voor het Noordzeekanaal relevant. Deze zijn opgenomen in het Stroomgebiedbeheerplan Rijn –West. Het SGBP geeft niet de doelstellingen in detail weer. Deze zijn per waterlichaam opgenomen in een onderliggend, bestuurlijk vastgesteld plan. Voor de Rijkswateren is dit het Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2010-2015.

Om te beoordelen of een waterlichaam voldoet aan de goede toestand, wordt getoetst aan chemische en ecologische normen. De ecologische normen worden uitgedrukt in maatlatten, waarop de toestand van 4 verschillende kwaliteitselementen (algen, vegetatie, macrofauna en vissen) wordt weergegeven. De huidige en gewenste toestand is vastgelegd in maatlatten per waterlichaam. Het sluiscomplex vormt een grens tussen twee waterlichamen.

Om de effecten van de verschillende alternatieven voor de nieuwe sluis op het doelbereik van de KRW in beeld te brengen wordt gekeken in hoeverre de varianten van invloed zijn op het bereiken van de doelen van de KRW qua goede ecologische en goede chemische toestand.

#### Nationaal Waterplan

In december 2009 is het Nationaal Waterplan vastgesteld. Dit plan geeft op hoofdlijnen aan welk beleid het Rijk in de periode 2009 - 2015 voert om te komen tot een duurzaam waterbeheer. Het Nationaal Waterplan richt zich op bescherming tegen overstromingen, voldoende en schoon water en diverse vormen van gebruik van water. Ook worden de maatregelen genoemd die hiervoor worden genomen. Het Nationaal Waterplan is de opvolger van de Vierde Nota Waterhuishouding uit 1998 en vervangt alle voorgaande nota's waterhuishouding. De Waterwet neemt in het Nationaal Waterplan een centrale plaats in.

Op basis van de Wet ruimtelijke ordening heeft het Nationaal Waterplan voor de ruimtelijke aspecten de status van structuurvisie. Het plangebied valt onder het gebied 'Randstad'. De belangrijkste wateropgaven voor dit gebied zijn veiligheid, verzilting, wateroverlast en de bodemdaling van veenweidegebieden.

### **Waterwet**

Op 22 december 2009 is de Waterwet in werking getreden. De Waterwet regelt het beheer van oppervlaktewater en grondwater, en verbetert ook de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. Daarnaast levert de Waterwet een flinke bijdrage aan kabinetdoelstellingen zoals vermindering van regels, vergunningstelsels en administratieve lasten.

Deze wet voegt negen oude 'waterwetten' samen, waaronder de Wet op de waterhuishouding, de Wet verontreiniging oppervlaktewateren, de Grondwaterwet en de Wet beheer rijkswaterstaatswerken. Er is dus sprake van één integrale wet. Zodoende wordt er geen afzonderlijke vergunning meer vergeven op basis van verschillende wetten, maar slechts één watervergunning.

### **Nationaal Milieubeleids Plan 4 (2001)**

In het Nationaal Milieubeleidsplan 4 worden problemen en maatregelen genoemd ten aanzien van bodem en water. Genoemd worden waterschaarste, verdroging, aantasting van de bodem door landbouw, verstedelijking en een toenemende bevolking, milieudruk door verkeer en problemen als gevolg van klimaatverandering. Om te voorkomen dat genoemde problemen toenemen, wordt onder andere ingezet op herstel van watersystemen, terugdringen van emissies door verkeer, het duurzaam veilig stellen van de watervoorziening en het vaststellen van normen voor de kwaliteit van bodem en water.

De volgende beginselen zijn leidend voor het milieubeleid:

- Duurzame ontwikkeling
- Preventie
- Voorzorg
- Bestrijding aan de bron.
- De vervuiler betaalt.
- ALARA (As Low As Reasonably Achievable)

### **Waterbeheer 21e eeuw (2001)**

Het Nederlandse waterbeleid is sterk aan veranderingen onderhevig (geweest). Vooral op nationaal en provinciaal niveau is nieuw beleid ontwikkeld naar aanleiding van onder andere de wateroverlastproblemen in 1993 en 1995. Een belangrijk onderdeel vormt het beleid vanuit het advies van de Commissie Waterbeheer 21e Eeuw. Volgens dit advies dienen de volgende principes te worden gehanteerd:

1. Anders omgaan met waterbeheer.
2. Ruimte voor water  
Dit betekent: geen nieuwe ruimte onttrekken aan het watersysteem, water weer een sturend principe te laten zijn in de ruimtelijke ordening in Nederland en in het ruimtelijk beleid waar nodig ruimte beschikbaar te stellen voor het tijdelijk bergen van water.
3. Meervoudig ruimtegebruik  
Dit betekent voor stedelijk gebied: water combineren met stedelijke herinrichting en stadsuitbreiding.

Ook op kwalitatief gebied bestaat er een strategie ten aanzien van de omgang met water. Deze luidt: hergebruik van water, het schoonhouden van water, het scheiden van schone en vuile waterstromen en ten slotte het zuiveren van vervuild water.



Op regionaal niveau zijn deze algemene uitgangspunten vertaald door de provincie en het hoogheemraadschap, respectievelijk in het Provinciaal Waterplan en het Waterbeheersplan.

### **Het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) (2003)**

In de aard en omvang van de nationale waterproblematiek doen zich structurele veranderingen voor. Klimaatveranderingen, zeespiegelstijging, bodemdaling en verstedelijking maken een nieuwe aanpak in het waterbeheer noodzakelijk. Er is een noodzaak tot een gemeenschappelijke aanpak. Het NBW bevat taakstellende afspraken ten aanzien van veiligheid en wateroverlast en procesafspraken ten aanzien van watertekorten, verdroging, verzilting, water(bodem)kwaliteit, sanering waterbodems (in lijn met het Tien jaren scenario) en ecologie. De aanpak en uitvoering van maatregelen vinden gefaseerd plaats. Een aantal zaken is inmiddels afgerond, zoals de zogenoemde € 100 miljoen regeling voor de aanpak van regionale wateroverlast, de handreiking voor de watertoets om gebruikers van de watertoets over dit wettelijke instrument te informeren en om de algemene toepassing van de watertoets te verbeteren en de vaststelling van deelstroomgebiedvisies.

### **Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW)**

Nederland is een waterrijk land. We hebben grote rivieren en kanalen, het IJsselmeer, de zuidwestelijke Delta, de Noordzee en de Waddenzee. Rijkswaterstaat is als uitvoeringsorganisatie van het ministerie van Infrastructuur en Milieu verantwoordelijk voor een duurzaam technisch-, nautisch- en waterkwaliteitsbeheer van de (grote) Rijkswateren. Hoe dat gebeurt, staat beschreven in het Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW). Het BPRW geldt voor de jaren 2010-2015. In het BPRW staat hoe Rijkswaterstaat zijn dagelijkse werk doet als waterbeheerder: Door te beschermen tegen overstromingen en te zorgen voor voldoende, schoon en gezond water. Niet alleen voor mensen, maar ook voor planten en dieren. Door als vaarwegbeheerder de hoofdvaarwegen te onderhouden en het scheepvaartverkeer in goede banen te leiden. Zo kunnen beroeps- en pleziervaart zich vlot en veilig bewegen. Zie verder ook paragraaf 6.1.

Het sluizencomplex maakt onderdeel uit van het Noordzeekanaal, en valt derhalve onder het beheer van Rijkswaterstaat.

## **2.2 Provinciaal beleid**

### **Provinciaal waterplan 2010-2015**

Het Waterplan 2010 – 2015 is op 16 november 2009 door Provinciale Staten vastgesteld. In dit plan geeft de Provincie Noord-Holland aan hoe het in de nabije toekomst wil omgaan met water in de provincie. Centraal in het waterplan staat de aanpassing aan de klimaatverandering, die voor Noord-Holland ingrijpende gevolgen kan hebben.

De volgende vier uitgangspunten zijn gehanteerd bij het opstellen van dit Waterplan:

1. Klimaatbestendig waterbeheer: waterkeringen, watersysteem en ruimtelijk inrichting moeten voorbereid zijn op de gevolgen van klimaatverandering.
2. Water medesturend in de ruimte: water is een belangrijke sturende factor in de ruimtelijke ontwikkeling. Op sommige plekken, zoals in de omgeving van dijken, is water vanwege de veiligheid het belangrijkste sturende element. Elders is water volgend in de ruimtelijke afweging.
3. Centraal wat moet, decentraal wat kan: de Waterwet en de Wet ruimtelijke ordening zijn gebouwd op deze filosofie. Dit geldt ook voor het Waterplan. Dit betekent minder regels, meer uitvoeringsgericht, modernisering en stroomlijning van de regels. Niet achteraf goedkeuring, maar vooraf duidelijkheid.
4. Gebiedsgerichte en resultaatgerichte benadering: Ook de uitvoering van het waterbeleid vraagt een integrale gebiedsgerichte aanpak. De totstandkoming van de maatregelpakketten van de

Kaderrichtlijn Water en het Waterbeleid 21ste eeuw en het opstellen van de regionale verdringingsreeksen (watervoorziening in droge periodes) en overstromingsrisicokaarten laten dit zien. De ILG-gebieden en de bijbehorende structuren wordt door de Provincie gezien als een waardevol instrument om samen met belanghebbenden het provinciaal waterbeleid uit te voeren. Een gebiedsgerichte benadering is ook nodig voor het klimaatbestendig maken van het watersysteem, de uitvoering van de KRW-maatregelen en waterberging, het vergroten van de mogelijkheden voor waterrecreatie en watersport, de economische benutting van het water en het bepalen in hoeverre water sturend moet zijn in de ruimte. Met een gebiedsgerichte benadering wordt hiervan werk gemaakt.

## 2.3 **Beleid Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier**

### **Waterbeheersplan 2010-2015**

Het Waterbeheersplan 2010-2015 van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, getiteld 'Van veilige dijken tot schoon water' beschrijft de doelstellingen voor de periode 2010-2015 voor de drie kerntaken: veiligheid tegen overstromingen, droge voeten en schoon water.

Poldersystemen, boezemstelsels en regionale waterkeringen worden in relatie tot elkaar bekeken in drie uitvoeringsprogramma's. Om het systeem op orde te krijgen en te houden, is het van belang dat niet opnieuw een achterstand wordt opgelopen. Binnen zijn bevoegdheid zorgt het hoogheemraadschap ervoor dat bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen het bestaande beschermingsniveau behouden blijft.

### **Watertoets**

De watertoets is een procesinstrument dat wettelijk is verankerd in de Wro. Een watertoets is verplicht voor een m.e.r. De watertoets heeft als doel dat wateraspecten vroegtijdig in de planontwikkeling worden meegenomen. De te betrekken partij voor de watertoets is het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) in de adviserende rol en Rijkswaterstaat als plantoetsers. Rijkswaterstaat is plantoetsers omdat het plan binnen het beheersgebied van Rijkswaterstaat ligt.

Naast de adviserende rol van HHNK moeten de ingrepen voldoen aan het vigerende beleid van het Hoogheemraadschap, waaronder het Waterbeheersplan, de Keur en de Waterwet. Het HHNK speelt daarnaast een rol in de vergunningverlening. Uiteraard blijft het waterschap een wettelijke adviseur in de planstudiefase.

### 3 HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING

#### 3.1 Steeembescrijving huidige situatie

Het Noordzeekanaal vormt samen met het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) de verbinding tussen de Lek bij Wijk bij Duurstede en de Noordzee bij IJmuiden. Het Noordzeekanaal loopt van de Oranjesluizen bij Schellingwoude tot aan de zeesluizen in IJmuiden. Tot het watersysteem van het Noordzeekanaal behoren het IJ bij Amsterdam, de zijkanalen A tot en met K en de daaraan gelegen havens. De stad Amsterdam staat op verschillende plekken in open verbinding met het Noordzeekanaal, maar kan hiervan worden afgesloten door het sluiten van het IJ-front. Het ARK begint bij Amsterdam en staat eveneens in open verbinding met het Noordzeekanaal.

Het sluisencomplex bij IJmuiden, dat de primaire verbindende waterkering is met Noordzeekanaal, bestaat uit een viertal schutsluizen, een gemaal en een spuisluis.

De vier schutsluizen zijn verschillend van afmetingen en dienen voor het schutten van schepen van de Noordzee naar het Noordzeekanaal en vice versa. De spuisluis loost onder natuurlijk verval op de Buitenhaven. Dit gebeurt alleen tijdens laag water. De tijdseries en hoeveelheden die er gespuid worden zijn bekend en beschikbaar ([www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)). Naast spuien is er de mogelijkheid om te malen met een maximale pompcapaciteit van 260 m<sup>3</sup>/s. Ook voor het malen zijn tijdseries beschikbaar in waterbase.

Het water op het Noordzeekanaal wordt daarnaast aangevoerd vanaf de Rijn via het Amsterdam Rijnkanaal (minimumdebiet van 10 m<sup>3</sup>/s). Tevens is er een inlaatsluis bij Schellingwoude, waardoor maximaal 1000 m<sup>3</sup>/s kan worden ingelaten. Naast de inlaatsluis kan er water worden ingelaten via oude maalgangen en soms via de Prins Willem Alexander sluisen. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de relevante parameters van de bestaande sluisen.

Naast het sluisencomplex in IJmuiden wordt het Noordzeekanaal op een groot aantal plaatsen gevoed via gemalen en afwateringssluizen en is er sprake van gebruik van water van het Noordzeekanaal als proceswater voor de industrie en als koelwater voor de electriciteitsvoorziening.

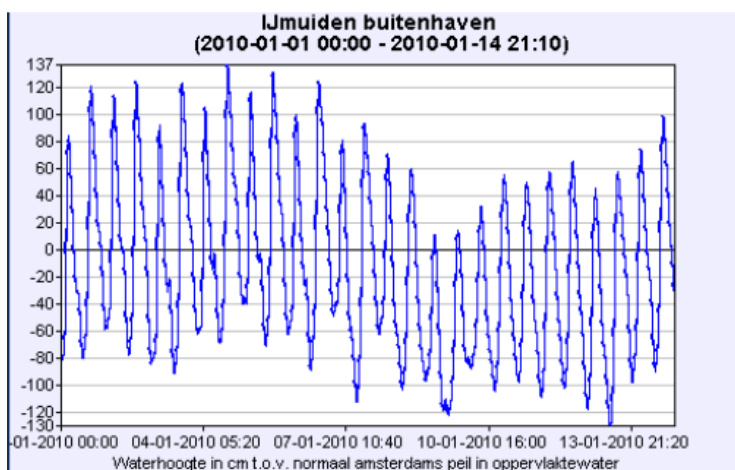
**Tabel 1 Afmetingen bestaande sluisen (uitgaande van een streefpeil van -0,4 mNAP voor het Noordzeekanaal en een buitenniveau van 0,02 mNAP). (bron: 2011, Arcadis, Zoutindringing Sluisen IJmuiden, Effect nieuwe sluis op Noorzeekanaal)**

Maten sluisen	Noordersluis	Middensluis	Zuidersluis	Kleine sluis
Lengte [m]	400	225	111	111
Breedte [m]	50	25	18	11
Diepte [m NAP]	15	10	8	3,75
Uitwisselingsvolume <sup>2</sup> [m <sup>3</sup> ]	292.000	54.000	15.185	4.090
Lozingsvolume <sup>3</sup> [m <sup>3</sup> ]	8.400	2.362,5	839,2	512,8

### 3.2 Oppervlaktewaterpeilen

Het streefpeil in het Noordzeekanaal is NAP + -0,4 m (Rijkswaterstaat, 1992), het gemiddelde peil in de buitenhaven is NAP + 0,02 m). In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de waterstanden in de buitenhaven van IJmuiden. De verwachting is dat in de autonome ontwikkeling het streefpeil van het Noordzeekanaal niet wordt aangepast.

**Tabel 2 Oppervlaktewaterstanden IJmuiden Buitenhaven (bron: waterbase)**



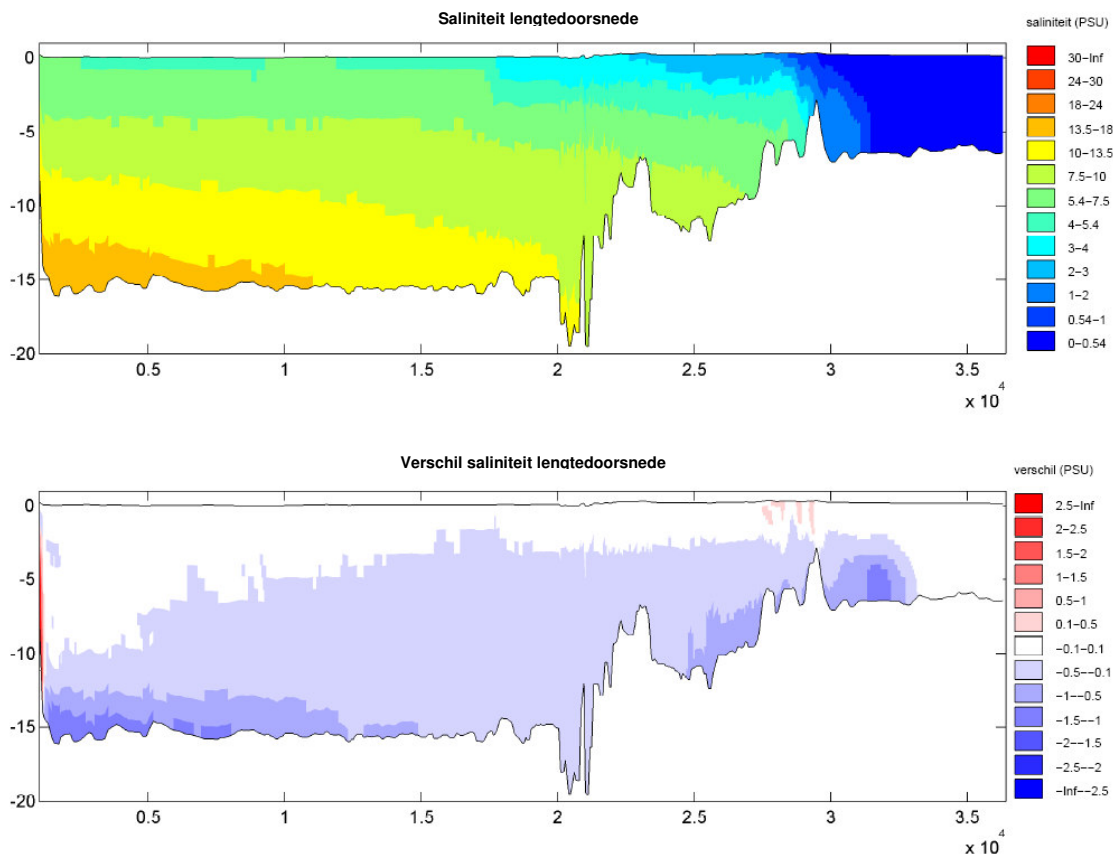
### 3.3 Oppervlaktewaterkwaliteit

#### *Zoutconcentraties*

De zoutconcentratie van het Noordzeekanaal en de omliggende oppervlaktewateren is van belang voor het ecologische systeem, de behandeling van koel- en/of proceswater, de boezem van Rijnland en de drinkwaterinname. Via het sluisencomplex bij IJmuiden komt er dagelijks een grote hoeveelheid zeewater het Noordzeekanaal binnen. Hierdoor is het grootste deel van het kanaal als brakwaterzone te kenmerken.

De zoutconcentratie van het kanaalwater varieert met de diepte en met de afstand tot het sluisencomplex. De onderste lagen van het Noordzeekanaal zijn met name bij de sluis zeer brak tot zout te noemen. De zijkanalen van het Noordzeekanaal hebben duidelijk minder hoge zoutconcentraties, evenals de grachtengordel van Amsterdam, die in open verbinding staat met het kanaal. Als gevolg van het schutbedrijf met de sluis van Spaarndam heeft ook het Noorden buiten Spaarne een verhoogd zoutgehalte. Het water in de sloten van de omliggende polders heeft een relatief laag zoutgehalte. Door meerdere bedrijven wordt koelwater uit de bovenlaag van het Noordzeekanaal onttrokken. Ruim 60% van het debiet van het Noordzeekanaal wordt toegepast als proces- of koelwater. Vanuit ecologisch oogpunt (temperatuur en inzuiging) zit het gebruik van oppervlaktewater in het kanaal aan zijn maximum.

In de autonome ontwikkeling zal het aantal schuttingen toenemen ten opzichte van de huidige situatie. De zoutconcentratie zal hierdoor in het Noordzeekanaal marginaal afnemen. Door Arcadis is dit berekend. Figuur 2 geeft weer hoe de zoutconcentratie in de autonome ontwikkeling verandert ten opzichte van de situatie gemeten in 2008. Voor een beschrijving van de uitgangspunten van de berekening wordt verwezen naar het rapport van Arcadis (2011, Zoutindringing Sluizen IJmuiden, Effect nieuwe sluis op Noordzeekanaal).



**Figuur 2 Lengtedoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 95 MTA, sluis Nulalternatief t.o.v. de huidige situatie. (bron: 2011, Arcadis, Zoutindringing Sluizen IJmuiden, Effect nieuwe sluis op Noordzeekanaal)**

In Bijlage 1 is het rapport van Arcadis over de zoutindringingsstudie meegenomen. In dit rapport zijn ook voor het Projectalternatief en het 140 Mton-alternatief de lengtedoorsneden ten opzichte van de huidige situatie weergegeven als ook een vergelijking tussen de alternatieven.

#### *Zuurstof*

Het zuurstofgehalte in het Noordzeekanaal is, naast de zoutverdeling, van belang voor de aquatische ecologie. Aanvoer van zuurstof vindt plaats door diffusie van zuurstof vanuit de atmosfeer in de bovenste waterlagen, en over de bodem via de instroom van zuurstofrijk zeewater in IJmuiden. Daarnaast wordt zuurstof in de fototrofe zone geproduceerd door algen.

Afname van zuurstof vindt plaats door bacteriële afbraak van organisch materiaal, en door opwarming (koelwater gebruik). De afbraak van organisch materiaal vindt vooral plaats in de bovenste lagen van het bodemsediment. De zuurstofconcentratie van het instromende zoute water neemt daardoor geleidelijk af tijdens de verplaatsing naar het oosten.

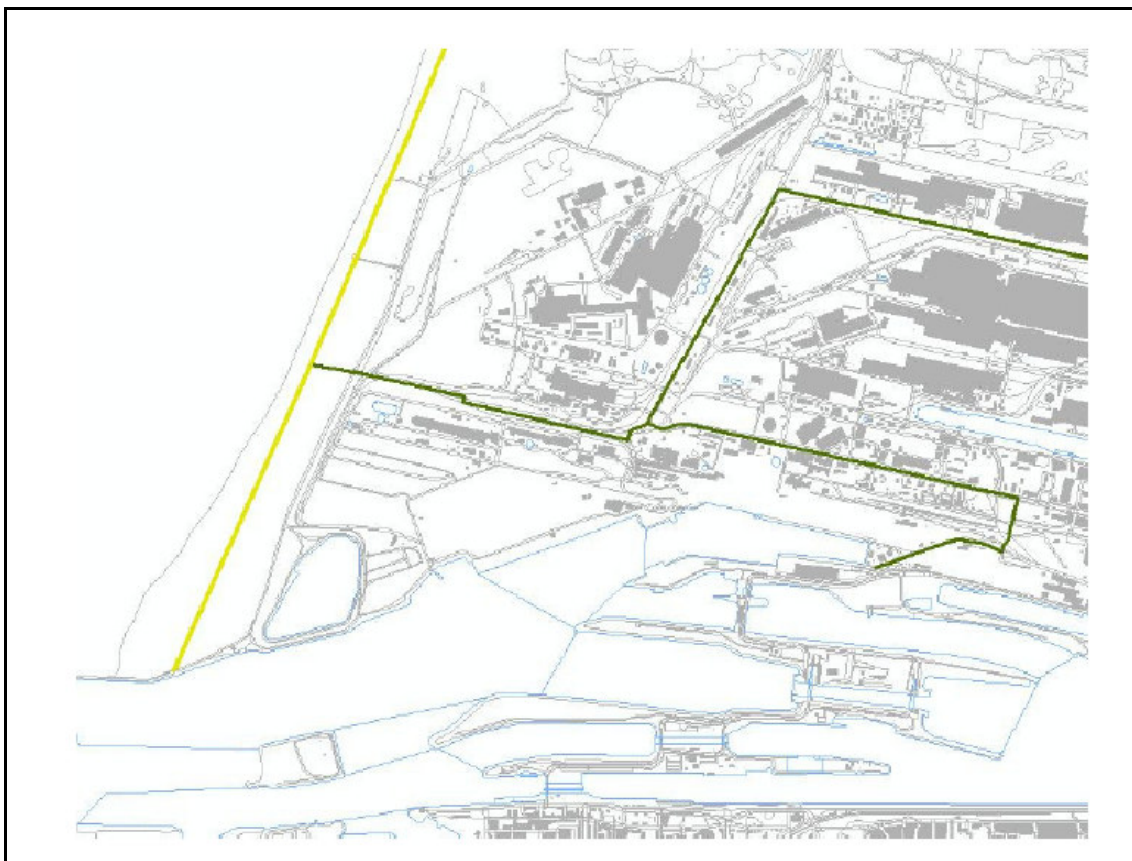
In de huidige situatie is uit incidentele metingen bekend dat in de onderste waterlaag in het oostelijk deel van het Noordzeekanaal (met name in de havens) in de zomer sprake kan zijn van een zuurstofarme situatie. De aanvoer van zuurstof is dan kleiner dan het verlies. De gelaagdheid die ontstaat door de zoutgradiënt beperkt de uitwisseling van zuurstof tussen verschillende waterlagen. Omdat in de

zomer door de hogere watertemperaturen de bacteriële afbraak sneller plaatsvindt, is ook de daarmee gepaard gaande zuurstofconsumptie groter.

In de autonome ontwikkeling zal door toename van het aantal schuttingen een grotere hoeveelheid (zuurstofrijk) zeewater het Noordzeekanaal binnenstromen. Dit heeft tot gevolg dat het deel van het kanaal waar in de onderste lagen een hogere zuurstofconcentratie voorkomt, naar het oosten zal toenemen. De zone waar de zuurstofconcentratie lager wordt zal naar het oosten opschuiven. Omdat daar de waterdiepte kleiner is, zal uitwisseling met de bovenste waterlagen makkelijkere plaatsvinden waardoor naar verwachting in de zomer de zuurstofconcentratie op de bodem hoger zal blijven dan in de huidige situatie.

### 3.4 Waterkeringen

In de omgeving van het sluiscomplex bevindt zich een primaire waterkering. In figuur 3 is met de groene en gele lijn deze primaire waterkering weergegeven. Het sluiscomplex zelf is daarnaast ook bestemd als primaire waterkering. De waterkerende functie zal ook in de autonome ontwikkeling gehandhaafd blijven.



Figuur 3 Ligging primaire waterkering (exclusief waterkerende functie van het sluiscomplex zelf)

### 3.5 Grondwater

Infiltratie vanuit het Noordzeekanaal beïnvloedt de grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit van de omliggende polders. De bodem van het kanaal ligt op dezelfde diepte als de overgang van de deklaag naar het watervoerende pakket. Het peil in het Noordzeekanaal wordt gehandhaafd op NAP -0,4 m. In de kleigebieden aan weerszijden van het kanaal wordt het polderpeil op NAP -3 m tot NAP -4 m gehandhaafd. Dit resulteert in een kwelstroom vanuit het Noordzeekanaal naar de omliggende polders. In de trajectnota/MER zeepoort IJmond is berekend dat de kwelinvloed tot maximaal 5 kilometer vanaf het kanaal reikt.

In de autonome ontwikkeling is een afname van het zoutgehalte geconstateerd (zie Arcadis, 2011). Deze afname van het zoutgehalte is echter marginaal. De Noordersluis is dominant in de zoutbelasting in het Noordzeekanaal ten opzichte van de Middensluis en Kleine sluis. In de autonome situatie is sprake van een toename van het aantal schuttingen en een toename van het aantal schepen. Maar door een efficiëntere inzet van de sluisen is er een toename van het aantal schepen per schutting. Door deze efficiëntere inzet wordt minder volume water uitgewisseld waardoor het totale uitwisselingsvolume afneemt, wat resulteert in een marginale afname van de zoutbelasting. De dichtheid van het water op de bodem verandert bijna niet. De grootste verandering zit in de minder diep gelegen waterlagen. Het zoutgehalte van het water dat vanuit het Noordzeekanaal infiltreert in de bodem en opkwelt in de omliggende polders verandert dus niet noemenswaardig. Daarnaast blijft de hoeveelheid kwel gelijk.

Het ondiepe grondwater in de polders wordt gevoed door kwelwater vanuit het Noordzeekanaal en de Noordzee en neerslag die ervoor zorgt dat er een regenwaterlens in de ondiepe bodem ontstaat van zoet water. Daarnaast wordt zoet water aangevoerd vanuit het bovenstrooms gebied. De grondwaterstand in de aanliggende polders zal niet veranderen omdat voor alle alternatieven en varianten in het Noordzeekanaal het oppervlaktewaterpeil niet verandert. Daarnaast wordt in de polders de grondwaterstand hoofdzakelijk bepaald door het peilbeheer.

Een gedetailleerdere studie naar bodemopbouw wordt in de volgende fase van deze studie uitgevoerd, omdat er in het verleden is aangetoond dat nauwelijks uitwisseling plaatsvindt. Ook worden in de vervolgstudie de effecten van de alternatieven op de grondwaterkwaliteit nader bestudeerd.

## 4 ALTERNATIEVEN

### 4.1 Beschrijving van de alternatieven

In onderstaande tabel is weergegeven welke alternatieven worden onderzocht. Per alternatief is aangegeven welke ladingstroom erbij hoort, in welk jaar deze ladingstroom wordt bereikt en welk zichtjaar voor de vergelijking wordt gehanteerd. Daarnaast is aangegeven wat de status is van de Noordersluis bij het betreffende scenario.

**Tabel 3 Te onderzoeken situaties en zichtjaren**

Alternatief/scenario Milieutoets	Ladingstroom door sluizencomplex [Miljoen ton/ jaar]	Jaar waarin ladingstroom wordt bereikt	Zichtjaar voor vergelijking	Status Noordersluis
Huidige situatie	Ca. 77	2008		In gebruik
Nulalternatief	95	2015	<b>2030</b>	Buitengebruik
Projectalternatief <sup>1</sup>	117	2020		
	125	2026	<b>2030</b>	Buitengebruik of reserve
140 Mton-alternatief	140	2035	<b>2035</b>	Volledig in gebruik

Het Nulalternatief betreft de vervanging van de bestaande Noordersluis in de periode 2025-2030 door een nieuwe zeesluis met dezelfde afmetingen als de huidige Noordersluis, maar wel op een nieuwe locatie. Voor de vergelijking wordt als zichtjaar 2030 gehanteerd. Het Nulalternatief kent geen versnelling van de aanleg of uitbreiding van de capaciteit. De capaciteit van het sluizencomplex is een doorvoer van 95 miljoen ton. De huidige Noordersluis wordt in het Nulalternatief na vervanging van de Noordersluis buiten gebruik gesteld.

Het Projectalternatief gaat uit van vervanging van de Noordersluis door een grotere nieuwe sluis die versneld wordt aangelegd. Vertrekpunt voor ingebruikname van de nieuwe grotere sluis is in principe 31 december 2019. De Noordersluis wordt niet of uitsluitend als reservecapaciteit ingezet. De capaciteit van het sluizencomplex is een doorvoer van 125 miljoen ton.

Bij het 140 Mton-alternatief geldt als belangrijkste verschil met het Projectalternatief dat de ladingstromen kunnen doorgroeien naar de verwachte maximale verwerkingscapaciteit van het bestaande havengebied. Omdat de ladingstroom naar verwachting groter is dan de maximale verwerkingscapaciteit van het sluizencomplex zonder gebruik van de Noordersluis, wordt in dit alternatief verondersteld dat de Noordersluis de groei van ladingstromen zal gaan opvangen.

<sup>1</sup> Wachtijden en bezettingsgraden en aantal schepen en schuttingen bepaald door PMSS voor alleen 500\*70\*-17, kleinere kolken niet onderscheidend voor capaciteit.



## 5 BEOORDELINGSKADER EN METHODE

De effectbeoordeling met betrekking tot het aspect water gebeurt door de varianten te vergelijken ten opzichte van het Nulalternatief (Autonome ontwikkeling). Over het algemeen zijn de effecten voor water gering. Om toch een onderscheidende beoordeling te maken krijgen de effecten op basis van deze minimale verschillen een onderscheidende score toebedeeld.

Het onderzoekgebied voor het onderdeel water is beperkt tot het sluizencomplex en het oppervlaktewater dat beïnvloed wordt door de zoutindringing.

In het kader van dit onderzoek wordt gekeken of de aanpassingen aan het sluizencomplex invloed hebben op de waterkwaliteit en dan met name op de zoutindringing bij:

- Buiten-IJ in verband met het gebruik van oppervlaktewater voor beregening;
- Amsterdam-Rijnkanaal in verband met mogelijke effecten op de drinkwaterwinning;
- Schutsluis Spaarndam in verband met waterkwaliteit achterliggende polders;
- Noordzeekanaal in verband met invloed op de biologische en Ecologische kwaliteit oppervlaktewater en invloed op koel- en proceswater.

Voor grondwater is het onderzoekgebied het gebied dat onder invloed staat of komt te staan van zoute kwel vanuit oppervlaktewater.

### 5.1 Beoordelingskader

Voor het onderdeel water wordt gekeken naar de invloed van de alternatieven op grondwater en het oppervlaktewater, zowel gericht op de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater (zoutgehalte) als de hoeveelheden (grond- en oppervlaktewaterstanden) en de effecten op de primaire waterkering tijdens de realisatiefase. Omdat effecten tijdens de bouwfase voor het gehele watersysteem naar verwachting nihil zullen zijn, is uitsluitend de gebruiksfase beoordeeld.

Met betrekking tot de grondwaterkwaliteit wordt gekeken naar effecten van de vergroting van het sluizencomplex op de indringing van zoute kwel. Daarnaast wordt gekeken of de varianten effecten hebben op de grondwaterstand.

Voor oppervlaktewater wordt gekeken naar de effecten op de waterkwaliteit (kwalitatieve beoordeling) door bedrijfsactiviteiten na realisatie. De nadruk zal vooral liggen op de effecten als gevolg van veranderende stromingspatronen en de daarmee samenhangende verspreiding van sediment en de effecten van de varianten op de zoutindringing.

Tot slot wordt ook gekeken naar effecten van de verschillende varianten op de functie van de waterkering. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de beoordelingsaspecten.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van het beoordelingskader voor het thema water.

**Tabel 4 Beoordelingskader water**

Aspect	Deelaspect	Maatlat	Referentiesituatie	Project-alternatief	140 Mton-alternatief
Grondwater	Grondwaterhuishouding	Kwalitatief	Effecten op de grondwaterstand	idem	Idem
	Grondwaterkwaliteit	Kwalitatief	Zoutgehalte ondiep grondwater omliggende polders	idem	Idem
Oppervlaktewater	Oppervlaktewater-kwaliteit	Kwantitatief	Effecten op de chemische waterkwaliteit	idem	Idem
Waterkering	Stabiliteit	Kwalitatief	Effecten op het functioneren van de waterkering	idem	Idem
Water en natuur	Kader Richtlijn water (KRW)	Kwantitatief	– Verandering flora en fauna Noordzeekanaal – Mogelijkheid om op gebied van waterkwaliteit of ecologie winst te boeken ten opzichte van de huidige situatie, ook als compensatie of mitigatie niet aan de orde is.	Maatlat KRW	Maatlat KRW

Voor het milieuthema water wordt voor de verschillende varianten in ieder geval het volgende in beeld gebracht:

- Effecten op chemische, hydrologische en ecologische doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water voor zowel het waterlichaam Noordzeekanaal als het waterlichaam Hollandse Kust en, indien relevant, voor de omliggende waterlichamen.
- Effecten op de functionaliteit van de beïnvloede Rijkswateren, zoals vastgelegd in het BPRW.
- Effecten op de grondwaterhuishouding, met name mogelijke toename van zoute kwel in de omliggende gebieden.
- Effecten voor de gebruikers van het oppervlaktewater van het Noordzeekanaal en andere belanghebbende partijen zoals regionale waterbeheerders.
- Mogelijke noodzakelijke maatregelen om effecten te mitigeren of compenseren.

## 5.2 Methode

De in het beoordelingskader aangegeven aspecten worden aan de hand van onderstaande zevenpuntschaal beoordeeld. De effecten worden beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

**Tabel 5 Zevenpuntschaal effectbeoordeling**

Score	Omschrijving
++	Een sterk positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
+	Een positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
0/+	Een licht positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
0	neutraal, vrijwel geen effect ten opzichte van de referentiesituatie
0/-	Een licht negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie
-	Een negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie
--	Een sterk negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie

## 5.3 Werkwijze

Voor het thema water wordt voor de effectbepaling gebruik gemaakt van het 3D-model van het Noordzeekanaal. De output hiervan wordt gebruikt bij de effectbepaling voor het thema water.

Het onderzoek zal voornamelijk beschrijvend zijn waarbij de benodigde informatie uit beschikbare rapporten en databestanden wordt verzameld en wordt gerelateerd aan de voorgenomen aanpassingen van het sluiscomplex.

Voor de beoordeling wordt gekeken in hoeverre de alternatieven effecten hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit, (zoutgehalte), grondwaterkwaliteit (zoutgehalte) en grondwaterkwantiteit (veranderende grondwaterstanden) en veiligheid (invloed op de waterkering). De oppervlaktewaterkwaliteit wordt getoetst aan de criteria vanuit de KRW. Of effecten van de alternatieven positief of negatief worden beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie, wordt in grote mate afhankelijk gesteld van het oordeel van de waterbeheerder. Deze geeft in zijn advies aan wat in het kader van duurzaam waterbeheer en de gestelde doelen uit het Beheer- en Ontwikkelplan Rijkswateren wenselijk is. Het Hoogheemraadschap toetst of de plannen voldoen aan het vigerende beleid van het Hoogheemraadschap.

### *Kaderrichtlijn Water*

Voor de beoordeling van de varianten aan de KRW wordt gekeken in hoeverre de varianten aansluiten bij de doelen van de KRW qua goede ecologische en chemische toestand.

## 6 BEOORDELING

In dit hoofdstuk worden voor de verschillende alternatieven beoordeeld wat de effecten zijn in de gebruiksfase.

### 6.1 Grondwater

Het poldergebied is brak, met aan het maaiveld een zoetwaterlens van hooguit enkele meters dikte. De zoutconcentratie in de polders neemt toe met de diepte en is het gevolg van zoutindringing vanuit de Noordzee en het Noordzeekanaal. Door de bouw van de nieuwe schutsluis en de toename van het aantal schuttingen zal de zoutconcentratie in het kanaal en daarmee de zoutconcentratie in de polders toenemen. Voor beide alternatieven is er sprake van een toename van de zoutlast in het Noordzeekanaal. De hoeveelheid kwel blijft gelijk. De toename aan zoutconcentratie in het Noordzeekanaal verschilt per alternatief, maar de invloed hiervan op het ondiepe grondwater is vanwege de geringe invloed verwaarloosbaar. Het ondiepe grondwater wordt gevoed door neerslag die ervoor zorgt dat er een regenwaterlens van zoet water in de ondiepe bodem ontstaat. Daarnaast wordt zoet water aangevoerd vanuit het bovenstroomse gebied. In de vervolgstudie worden de effecten van de alternatieven op de grondwaterkwaliteit nader bestudeerd.

De grondwaterstand in de aanliggende polders zal niet veranderen omdat voor alle alternatieven en varianten in het Noordzeekanaal het oppervlaktewaterpeil niet verandert. Daarnaast wordt in de polders de grondwaterstand hoofdzakelijk bepaald door het peilbeheer.

**Tabel 6: Beïnvloeding grondwater (grondwaterkwaliteit en -kwantiteit)**

Projectalternatief	0
140 Mton-alternatief	0

### 6.2 Oppervlaktewater

Als gevolg van schutbewegingen in het sluizencomplex IJmond is er een continue zoutlast naar het Noordzeekanaal. Het indringen van het zout stroomopwaarts wordt gecompenseerd door continue toestroom van zoet water van bovenstrooms. Uit meetgegevens en gevalideerde modelresultaten blijkt dat in het Noordzeekanaal vanaf het sluizencomplex een dynamisch evenwicht is ontstaan met een zoutgradiënt zowel in verticale richting als in horizontale richting. Een zouttong met een saliniteit tussen waarden van 10 PSU en 18 PSU beweegt zich in gemiddelde zomersituatie tot ongeveer 12 km stroomopwaarts vanaf het sluizencomplex. (1 PSU  $\approx$  550 mg Cl/l). De invloed van zout strekt zicht uit tot ongeveer 29 km stroomopwaarts, waar de ondiepte bij de Piet Hein tunnel een drempel vormt die verder indringing van de diepe zouttong tegengaat.

De indringingsafstand van zout is mede afhankelijk van de afvoersituatie. Het bovenstaande beeld is representatief voor een gemiddelde zomersituatie. Bij droge zomersituatie met extreem lage afvoer is de invloed van zoutindringing groter. Dit uit zich in een dikkere zouttong die ook verder doordringt (tot 22 km stroomopwaarts). Bij extreem natte (2% nat) situaties met hogere afvoeren, wordt de zouttong juist sterk teruggedrongen. Periodiek beweegt de zouttong zich dus op en neer in het Noordzeekanaal, afhankelijk van de afvoersituatie, en ook afhankelijk van de momentane zoutlast die van seizoen tot seizoen varieert.

Bij de indeling van type wateren naar zoutgehalte wordt onderscheid gemaakt tussen zoete (<0,3 g Cl-/l), licht brakke (0,3-3 g Cl-/l) en brakke (3-10 g Cl-/l) (getijden)wateren en zeewater (ca. 18 g Cl-/l). Het gemiddelde chloridegehalte van het Noordzeekanaal, gezien over de gehele waterkolom, ligt ruim boven 3 g/l. Het lagere chloridegehalte op een diepte van 1 meter onder het wateroppervlakte is bepalend geweest voor de KRW-typering en begrenzing van het waterlichaam Noordzeekanaal. Dit heeft geresulteerd in een typering als watertype M30 (zwak brak met een chloride gehalte tussen 0,3 en 3 g Cl/l).

De vraag is wat de invloed is op de waterkwaliteit van het Noordzeekanaal van een aantal toekomstige scenario's bij uitbreiding van de capaciteit van het sluiscomplex. De zoutlast en daarmee ook de invloed op het zoutgehalte in het Noordzeekanaal zal toenemen. Met een groot aantal modelberekeningen is de invloed van deze scenario's op het zoutgehalte in het Noordzeekanaal verkend.

### Gebruiksfuncties

In dit hoofdstuk vindt een beoordeling plaats van deze invloed. Deze beoordeling is gelieerd aan de mate waarin diverse gebruiksfuncties worden beïnvloed. Daarbij zijn de volgende gebruiksfuncties onderscheiden:

- 1 Inname van oppervlaktewater in het Amsterdam-Rijkkanaal, bovenstrooms van de Piet Heintunnel voor de productie van water bedoeld voor menselijke consumptie (Chloride concentratie < 150 mg/l = 0,27 psu);
- 2 Kwaliteit ter hoogte van en in zijkanaal C bij Schutsluis Spaarndam in verband met de waterkwaliteit van achterliggende polders;
- 3 Kwaliteit ter hoogte van Buiten-IJ (bovenstrooms van de Oranjesluizen (km 28) in verband met het gebruik van oppervlaktewater voor beregening. Het chloridegehalte in het IJ moet beneden de 200 mg/l blijven;
- 4 Ecologische waterkwaliteit van water in Noordzeekanaal: KRW-type van het Noordzeekanaal is M30. De indeling in drie verschillende zones is gebaseerd op de verdeling van de visfauna en de macrofauna.
  - a. deelgebied A (brak-zout) van 0-17 km (gedomineerd door mariene soorten),
  - b. deelgebied B (licht brak) van 17-21 km (minder soorten en minder biomassa dan in zone A en zowel marien als brak- en zoetwater-vis)
  - c. deelgebied C (zoetwater gemeenschap) van 21-28 km (relatief soortenarm en biomassa-arm, gedomineerd door zoetwatervis)

De beoordeling van de effecten van verandering van waterkwaliteit op bovengenoemde gebruiksfuncties vindt plaats aan de hand van de berekeningsresultaten gepresenteerd in het rapport van Arcadis (oktober 2011) voor de volgende alternatieven.

**Tabel 7: Alternatieven**

Alternatief	Ladingstroom (miljoen ton per jaar)	Zichtjaar voor vergelijking
Nulalternatief	95	2030
Projectalternatief	125	2030
140 Mton-alternatief	140	2035

Het rapport van Arcadis is opgenomen in bijlage 1.

### Beïnvloeding drinkwaterproductie in Amsterdam-Rijnkanaal (Modelrand ARK).

De mate van beïnvloeding van de drinkwaterproductie in het Amsterdam-Rijnkanaal bij de verschillende alternatieven gewogen tegen het Nulalternatief, is af te leiden van de berekende saliniteit lengtedoorsnedes (figuren 4.7, 4.8 en 4.11 van rapport 2011, Arcadis,). Uit deze lengtedoorsnedes blijkt dat de indringingslengte van de diepere zouttong nagenoeg absoluut begrensd wordt door de drempel die wordt gevormd door de ondiepte op km 29 (Piet Heintunnel). Bovenstrooms van deze drempel vindt in het Projectalternatief (125 MTA) weliswaar iets meer zoutindringing plaats en ook in de maximumvariant (140 Mton-alternatief), maar dit blijft beperkt tot grotere diepte (>4 m) en komt niet in de buurt van de bovenstroomse modelrand (ARK). Dit beeld wordt bevestigd door de berekende diepteprofielen aan de modelrand bij het ARK (figuur 4.23 van rapport 2011, Arcadis). Hieruit lijkt alleen bij het 140 Mton-alternatief in het diepere deel van het Noordzeekanaal/ARK (tussen 3 en 7 m) een lichte toename van saliniteit (0,3 psu) plaats te vinden.

Verwacht mag worden dat zelfs bij deze grote toename van zoutlast op het Noorzeekanaal, de invloed bij het veel verder bovenstrooms gelegen innamepunt Loenen in het Amsterdam-Rijnkanaal zal zijn uitgedempt. Hooguit kan in situaties bij extreem lage afvoer in droge periodes in Loenen gedurende korte periodes een zoutinvloed merkbaar zijn bij de zwaarste zoutbelasting. Indien dit het geval is, zal dit alleen nabij de bodem optreden. De inname van water in Loenen vindt plaats vanuit de middelste of toplaag.

Verwacht wordt dat de drinkwaterproductie niet negatief wordt beïnvloed door het Projectalternatief en er alleen in droge situaties met extreem lage afvoer bij het 140 Mton-alternatief kans is op een lichtnegatieve invloed.

### Tabel 8: Beïnvloeding drinkwaterproductie

Projectalternatief	0
140 Mton-alternatief	-/0

### Beïnvloeding Waterkwaliteit Polders Rijnland (zijkanaal C)

De waterkwaliteit in het Noordzeekanaal is mogelijk van invloed op de waterkwaliteit van de polders van Rijnland, omdat bij Spaarndam via een schutsluis het water uit zijkanaal C kan worden uitgewisseld met het polderwater. De open verbinding vanuit het Noordzeekanaal naar Zijkanaal C bevindt zich op km 10. Uit de berekende saliniteit lengtedoorsnedes (figuren 4.7, 4.8 en 4.11 van rapport 2011, Arcadis) kan worden afgeleid dat het zoutgehalte bij zijkanaal C aan de Noordzeekanaalzijde in het Projectalternatief ten opzichte van het Nulalternatief diepte-gemiddeld zal toenemen met ongeveer 1 psu (van 6 naar 7 psu). Voor het 140 Mton-alternatief bedraagt deze toename ongeveer 3 psu dieptegemiddeld (van 6 naar 9 psu).

De berekende diepteprofielen voor Zijkanaal C (figuur 4.20 van rapport 2011, Arcadis) laten zien dat aan de Noordzeekanaalzijde het profiel in zijn geheel parallel verschuift naar een hogere saliniteit zowel aan het wateroppervlak als aan de bodem (dus op elke diepte ongeveer de zelfde saliniteitstoename).

Verder lijkt deze toename van saliniteit aan de Noordzeekanaalzijde niet door te dringen in Zijkanaal C, richting Spaarndam.

De verklaring hiervoor is het feit dat er ook zoetwaterbronnen op het Zijkanaal C lozen. Er lijkt zelfs sprake van een lichte afname van saliniteit in Zijkanaal C – bij Spaarndam. Dit laatste is echter waarschijnlijk een gevolg van de model-schematisatie. Op basis van de berekeningsresultaten voor locatie Spaarndam zou geconcludeerd mogen worden dat er geen negatieve invloed is van grotere zoutlast, noch voor het Projectalternatief, noch voor het 140 Mton-alternatief op het Noordzeekanaal bij de uitwisseling met

polderwater via de schutsluis Spaarndam. Zelfs als er indringing van zout in Zijkanaal C tot aan de schutsluis plaatsvindt, is een toename van 1 psu bij een gemiddelde van 6 psu niet bepalend voor negatieve effecten. Bij het 140 Mton-alternatief zou een grotere toename (3 psu boven op 6 psu) van de zoutvracht voor het polderwater een gering negatief effect kunnen hebben.

**Tabel 9: Beïnvloeding waterkwaliteit polders Rijnland**

Projectalternatief	0
140 Mton-alternatief	-/0

#### **Beïnvloeding Waterkwaliteit Buiten-IJ ivm beregening**

De Oranjesluizen vormen de grens tussen het Binnen- en het Buiten-IJ en dragen bij aan het op peil houden van de waterhoogte in het Noordzeekanaal. Ze zorgen er ook voor dat er niet teveel zilt water uit het Noordzeekanaal in het IJsselmeer komt. Het water in het Buiten-IJ wordt door aangrenzende landbouw gebieden aangewend voor beregening. Voor beregeningswater geldt een maximale norm van 1200 mg CL.

Als het Noordzeekanaal zouter wordt, wordt het water in het Buiten-IJ bovenstrooms van de Oranjesluizen enigszins beïnvloed door toenemen van zouttransport stroomopwaarts bij schutbewegingen. Volgens de berekeningen van het rapport van Arcadis (figuur 4.20) neemt de saliniteit van het water nabij de Oranjesluizen in de ondiepe lagen toe van ongeveer 3 PSU (1650 mg/l Cl) bij het Nulalternatief naar ongeveer 4 PSU (2200 mg/l Cl) in het Projectalternatief en naar 5 PSU (2750 mg/l Cl) bij het 140 Mton-alternatief.

**Tabel 10: Maximaal toelaatbare concentratie chloride bij agrarisch gebruik**

Gewas	Toelaatbare concentratie mg Cl-/l
Glastuinbouw, substraatteelt	0-200
Aardappelen, sla, stambonen, uien, bloemkool	300-600
Peen, prei, bloembollen	600-900
Graan, bieten, witlof, gras	900-1200
Niet geschikt voor beregening	>1200

In hoeverre de berekende toename van zout benedenstrooms van de Oranje-sluizen een toename van zoutvracht voor het Buiten-IJ betekent en welke gevolgen dit heeft voor de concentraties in het Buiten-IJ, is in deze studie niet geanalyseerd. Gezien de grootte van de zoetwatervoorraad die gevormd wordt door het westelijk gelegen Buiten-IJ en de open verbinding met het IJsselmeer is het aannemelijk dat de invloed op het zoutgehalte in het Buiten-IJ slechts marginaal is en waarschijnlijk slechts heel lokaal.

Vanwege de onzekerheid over de absolute invloed op de waterkwaliteit in het Buiten-IJ, en gezien de niet geheel verwaarloosbare verzouting nabij de Oranjesluizen voor scenario 140 Mton-alternatief wordt als eindoordeel respectievelijk neutraal tot licht negatief gegeven.

**Tabel 11: Beïnvloeding waterkwaliteit Buiten-IJ i.v.m. beregening**

Projectalternatief	0
140 Mton-alternatief	-/0

**Beïnvloeding zuurstofhuishouding**

Als gevolg van de uitvoering van de projectalternatieven zal een grotere hoeveelheid zeewater het Noordzeekanaal binnenstromen. Hierdoor zal de aanvoer van zuurstofrijk zeewater op het kanaal toenemen. Dit heeft tot gevolg dat in de diepere lagen van met name het westelijk deel van het Noordzeekanaal de zuurstofconcentratie zal toenemen. Het zuurstofarme gebied in het oostelijk deel van het kanaal zal daardoor verder naar het oosten opschuiven.

**Tabel 12: Beïnvloeding zuurstofhuishouding**

Projectalternatief	-/0
140 Mton-alternatief	-/0

**Oppervlaktewatervervuiling door scheepverkeer**

Als gevolg van de voorgenomen ontwikkeling zal voor ieder alternatief het aantal scheepvaartbewegingen toenemen. Meer scheepvaart in het kanaal leidt tot meer waterverontreiniging; Slijtage en uitloging zorgen ervoor dat conserveringsmiddelen die op de scheepsrompen worden toegepast in het oppervlaktewater terecht komen. Vergeleken met de effecten die de scheepvaart nu al heeft, levert het extra scheepvaartverkeer geen merkbare extra verontreiniging van het oppervlaktewater op. In het vervolg van de studie zal uitgebreider onderzoek worden verricht naar de gevolgen van de toenemende scheepvaart op de oppervlaktewaterkwaliteit. In dit onderzoek is het effect van het aantal scheepvaartbewegingen op de oppervlaktewaterkwaliteit niet beoordeeld.

**6.3 Waterkering**

Voor alle alternatieven geldt dat het sluizencomplex blijft fungeren als primaire waterkering. Er zijn vaste eisen verbonden aan de waterkering met betrekking tot de waterkerende functie zoals stabiliteiseisen. Deze eisen liggen vast. Bij de ontwikkeling van alle alternatieven moet worden voldaan aan de gestelde eisen voor een primaire waterkering. Vanuit dit oogpunt is dit onderdeel dan ook niet onderscheidend tussen de verschillende alternatieven. De vorm van de waterkering (ontwerp) verschilt tussen de varianten, maar de functionaliteit en robuustheid blijft hetzelfde. De beoordeling is daarom voor beide alternatieven neutraal ten opzichte van het Nulalternatief.

**Tabel 13: Beïnvloeding waterkering**

Projectalternatief	0
140 Mton-alternatief	0

**6.4 Water en ecologie**

Bij de beoordeling van de invloed van de grotere zoutlast op de ecologie in het Noorzeekanaal, wordt vooral gekeken naar de veranderingen die de grotere zoutlast in de toekomst heeft op de zones A, B en C. Zoals vermeld is de indeling in drie verschillende zones gebaseerd op de verdeling van de visfauna en de macrofauna:

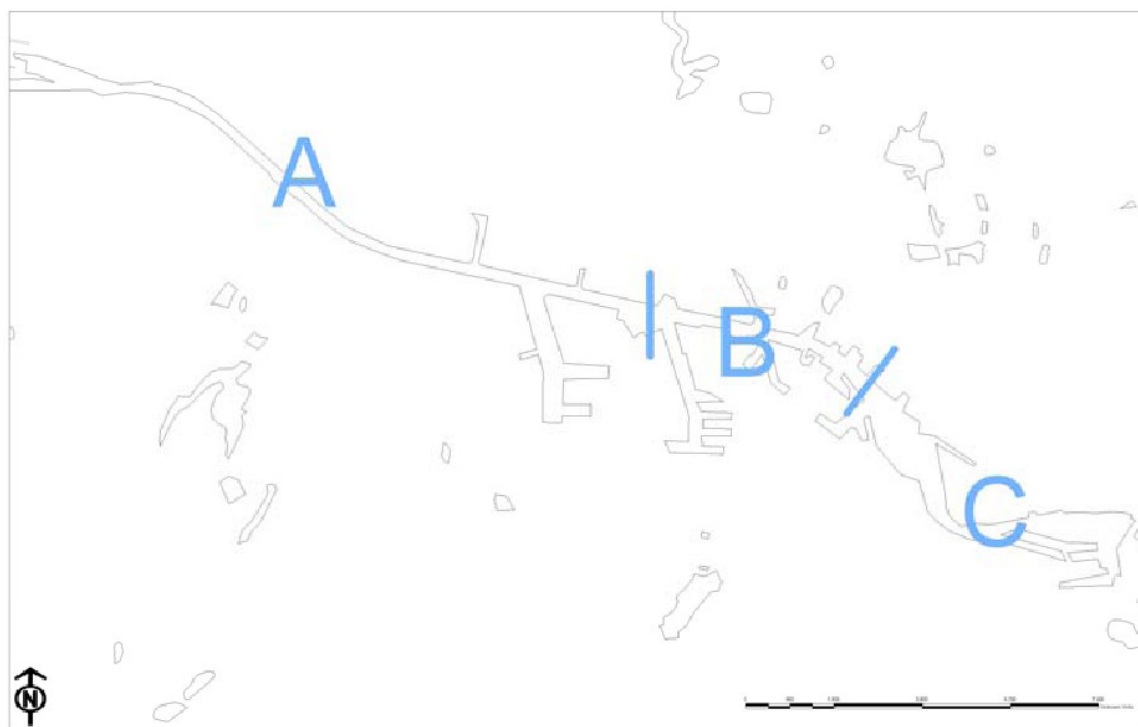
- deelgebied A: (brak-zout) van 0-17 km (gedomineerd door mariene soorten),
- deelgebied B: (licht brak) van 17-21 km (minder soorten en minder biomassa dan in zone A en zowel marien als brak- en zoetwater-vis)
- deelgebied C:(zoetwater gemeenschap) van 21-28 km (relatief soortenarm en biomassa-arm, gedomineerd door zoetwatervis)



Als gevolg van de toename van de zoutlast bij het Projectalternatief zal zone A, de door mariene vis gedomineerde zone, zich oostwaarts uitbreiden. In het Nulalternatief ligt de westelijke grens van deze zone ongeveer ter hoogte van Zijkanaal E (km 17). Gelet op de verhouding en tussen de zout/brakke onderlaag en de lichtbrakke tot zoeter bovenlaag, is uit de saliniteit lengtedoorsneden van figuren 4.7, 4.8 en 4.11 van de rapportage van Arcadis af te leiden dat zone A qua zoutgehalte in het Projectalternatief zich uitbreidt tot ongeveer km 21, en in het 140 Mton-alternatief groeit deze zone uit tot km 25. Zone B, de overgangszone met zowel mariene vis, brakwatervis en zoetwatervis schuift westwaarts op. In het Nulalternatief ligt de westelijke grens van de licht-brakke zone ter hoogte van de Mercurius haven (km 21). In het Projectalternatief schuift deze grens op naar km 26 en in het 140 Mton-alternatief tot ongeveer km 28. Zone C, de door zoetwatervis gedomineerde zone in het Noordzeekanaal wordt ten opzichte van het referentiescenario "Nulalternatief" korter in het Projectalternatief en zal bij 140 Mton-alternatief nog korter worden. De zoetwaterzone zal niet verdwijnen; er blijft altijd zoetwateraanvoer via het Amsterdam-Rijnkanaal.

**Tabel 14: Alternatieven en ecologie: Beïnvloeding waterkering**

Alternatief	Zone A (brak) mariene vis	Zone B (licht brak) mariene + zoetwatervis	Zone C (zoet) Zoetwatervis
Nulalternatief	0 - 17	17 - 21	21 - 30
Projectalternatief	0 - 21	21 - 25	25 - 30
140 Mton-alternatief	0 - 25	25 - 28	28 - 30



**Afbeelding 1: Indeling deelgebieden in het Noordzeekanaal op basis van overeenkomsten en verschillen in het voorkomen van macrofauna en vis (bron: 2005, Deelmaatlaten Noordzeekanaal)**

Juist het feit dat het Noordzeekanaal als unieke overgangszone tussen zoet en zout een waardevol ecologische niche vormt, mag worden gesteld dat door toename van de zoutlast bij scenario's Projectalternatief deze overgangszone in zijn geheel groter wordt, en daar een licht positief effect aan mag worden toegekend. Overigens vindt deze verschuiving van zonegrenzen met enige regelmaat plaats bij veranderende afvoer situaties, met name in droge zomerperiodes met extreem lage afvoer. Daarom valt het licht positieve effect deels weg in de natuurlijke fluctuaties.

**Tabel 15: Beïnvloeding Ecologie**

Projectalternatief	0/+
140 Mton-alternatief	0/+

De mogelijkheden voor vismigratie zijn kwalitatief (vergelijkenderwijs) beoordeeld. Uit de studie van Kemper<sup>2</sup> (2007) blijkt dat door de Noordersluis grote hoeveelheden vis het Noordzeekanaal optrekken en vice versa. De mogelijkheid voor visintrek is hier primair afhankelijk van het aantal schuttingen. Of de sluis nu 5 of 10 meter breder is maakt weinig uit. Ten opzichte van de huidige situatie neemt het aantal schuttingen autonoom toe, er wordt immers meer vracht aangevoerd. Echter als er een nieuwe grotere sluis wordt gerealiseerd dan neemt het aantal schuttingen nog meer toe. De mogelijkheden voor vismigratie worden dan groter. Het verschil met het alternatief waarin 125 Mton vervoerd wordt is in dezelfde ordegrrootte. Naast de schutsluizen passeren de vissen ook het spuicomples (in beide richtingen) en het pompgemaal. Bij het spuien wordt ook rekening gehouden met visintrek.

Ten opzichte van de autonome ontwikkeling worden de projectalternatieven positief beoordeeld omdat de mogelijkheden voor vismigratie toenemen.

**Tabel 16: Beïnvloeding Vismigratie**

Projectalternatief	0/+
140 Mton-alternatief	+

## 6.5 Mitigerende maatregelen zoutbelasting

Het belangrijkste effect van de voorgenomen ontwikkeling is een toename van het zoutgehalte in het Noordzeekanaal. Als hiermee andere functies in het geding komen zijn mitigerende maatregelen nodig. Een mogelijke mitigerende maatregel is het optimaliseren van het schutstelsel. Door bijvoorbeeld alleen te schutten bij een volle sluis kan het aantal schuttingen worden verminderd. Een andere, meer haalbare maatregel, is meer zoet water in te laten via de Oranjesluizen. Dit leidt bij droge perioden echter tot problemen in het achterland. Hoe groot de problemen zijn die dan kunnen ontstaan is in dit onderzoek niet onderzocht.

Er is gericht gekeken naar effecten op het Amsterdam-Rijnkanaal (drinkwater), en de kans op een vergrote zoutindringing bij Spaarndam. De modelstudie toont aan dat zelfs bij een ladingstroom van 140 miljoen ton geen negatieve effecten zijn te verwachten. Mitigerende maatregelen zijn daarom niet nodig.

<sup>2</sup> Jan H. Kemper, 2007. Onderzoek naar vismigratie door de Noordersluis en de vispassage te IJmuiden, 2007. VisAdvies BV, Utrecht. projectnr VA2007\_17. 18 pag.

## 7 CONCLUSIE EN LEEMTEN IN KENNIS

De beoordeling van de alternatieven voor de aspecten grondwater en waterkering is voor alle scenario's en varianten neutraal. Er zijn wel effecten op de grondwaterkwaliteit te verwachten maar deze zijn verwaarloosbaar. Het meest onderscheidende effect manifesteert zich voor het aspect zoutindringing.

De berekeningsresultaten van Arcadis geven aan dat er bij de verschillende scenario's een invloed is op het verloop van het zoutgehalte in het Noordzeekanaal. Bij de beoordeling van de effecten in een milieutoets gaat het om een oordeel over de gevolgen voor de omgeving, waarbij hier gekozen is voor een eerste beoordeling van de invloed op de belangrijkste gebruiksfuncties.

Uit de beoordeling van de beïnvloeding van de waterkwaliteit per gebruiksfunctie komt niet naar voren dat er sprake is van een uitgesproken negatief effect of een significant negatief effect. Voor een tweetal functies scoort het Projectalternatief "neutraal" en wordt er bij het 140 Mton-alternatief onderkend dat er een kans bestaat op een zeer licht negatief effect van tijdelijke aard tijdens kortdurende extreme omstandigheden.

Voor het aspect Ecologie Noordzeekanaal wordt ingeschat dat een licht positief effect mag worden verwacht van het feit dat de waardevolle overgangszone licht-brak naar brak groter zal worden in het Noordzeekanaal.

**Tabel 17: Eindoordeel**

Aspect	Projectalternatief	140 Mton-alternatief
Grondwaterkwantiteit	0	0
Grondwaterkwaliteit	0	0
Oppervlaktewaterkwantiteit	0	0
Oppervlaktewaterkwaliteit	0	0/-
Ecologie Noordzeekanaal	0/+	0/+
Vismigratie	0/+	+

Er is een aantal leemten in kennis geconstateerd. Hieronder is weergegeven welke dat zijn.

- Zoals aangegeven is een nadere beschrijving van grondwateruitwisseling belangrijk. Daarnaast verdient de situatie rondom de Oranjesluizen meer aandacht, met name omdat zout water vanaf het Noordzeekanaal via deze sluizen (periodiek) het IJmeer kan binnenstromen. De huidige schematisatie geeft weinig inzicht in risico's op deze locatie.
- Het is niet duidelijk wat de gevolgen zijn van een verhoogd zoutgehalte voor de industrie die water uit het NZK gebruikt als koel- of proceswater.
- De mitigerende maatregelen om de instroom van zout water in het Noordzeekanaal te beperken, zijn niet haalbaar. Daarom zou in de volgende fase gericht moeten worden gekeken naar mogelijkheden om maatregelen te nemen op locaties waar zich risico's voordoen (met name de sluizen bij Spaarndam).

Er wordt geadviseerd om tijdens de uitvoering van het project de mogelijke effecten te monitoren en achteraf te evalueren of de effecten ook daadwerkelijk niet zijn opgetreden.

## LITERATUURLIJST

2011, Arcadis, Zoutindringing Sluizen IJmuiden, Effect nieuwe sluis op Noorzeekanaal

2005, Rijkswaterstaat Noord-Holland, Deelmaatlatten Noordzeekanaal

2009, Rijkswaterstaat Noord-Holland, Maatlatten Noordzeekanaal, kenmerk: RW1664-81\BOTE\004

2001, Rijkswaterstaat, Trajectnota/MER Zeepoort IJmond

2007, J.H. Kemper, Onderzoek naar vismigratie door de Noordersluis en de vispassage

## COLOFON

---

Opdrachtgever	: Rijkswaterstaat Noord Holland
Project	: Zeetoegang IJmond
Dossier	: BA334-103-106
Omvang rapport	: 29 pagina's
Auteur	: M.P. Dorrestein
Bijdrage	: A.P. Benoist
Interne controle	: J.D. Leenen
Projectleider	: E. Brasser
Projectmanager	: W.H.G. Klomp
Datum	: april 2012
Naam/Paraaf	:

---

**DHV B.V.**

*Laan 1914 nr. 35*

*3818 EX Amersfoort*

*Postbus 1132*

*3800 BC Amersfoort*

*T (033) 468 20 00*

*F (033) 468 28 01*

*E [info@dhv.com](mailto:info@dhv.com)*

*[www.dhv.com](http://www.dhv.com)*

## **Bijlage 1    Rapport Alkyon Zoutindringing**

**ZOUTINDRINGING SLUIZEN IJMUIDEN,  
EFFECT NIEUWE SLUIS OP  
NOORDZEEKANAAL**

DHV

12 oktober 2011  
- Definitief  
C03041.002769.001





# Inhoud

<b>Lijst van figuren</b>	<b>4</b>
<b>Lijst van tabellen</b>	<b>6</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>8</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>10</b>
1.1 Algemeen	10
1.2 Doel	11
1.3 Aanpak van de studie	12
1.3.1 Bepaling van de zoutlast	12
1.3.2 Zout- en temperatuurverdeling op het Noordzeekanaal.	13
1.4 Leeswijzer	13
<b>2 Beschikbare gegevens</b>	<b>14</b>
2.1 Terminologie	14
2.2 Beschrijving van het systeem	15
2.3 Gegevens	17
2.3.1 Inleiding	17
2.3.2 Gegevens van Rijkswaterstaat	17
2.4 Gegevens PonTIs	18
2.5 Gegevens PMSS	18
2.6 Varianten	18
2.7 Scenarios	19
2.8 Simulaties	21
2.9 Slib	21
<b>3 Gegevensanalyse en aanpak</b>	<b>24</b>
3.1 Inleiding	24
3.2 Bijdragen van de verschillende sluizen	24
3.3 Variaties schuttingen over het jaar	25
3.4 Reductie zoutlast door schepen in de schutsluis.	26
3.5 Conclusies	26
3.6 PMSS data	27
3.7 Aanpak modellering	28
<b>4 Resultaten NZK model</b>	<b>30</b>
4.1 Inleiding	30
4.2 Huidige situatie	31
4.3 Nulalternatief	31
4.4 Projectalternatief voor 3 sluisvarianten	32
4.5 Gevoeligheidsanalyse maximale benutting sluizencomplex voor 3 sluisvarianten	32
4.6 Gevoeligheidsanalyse hoge en lage afvoer Noordzeekanaal	33
4.7 Mitigerende maatregelen	34
4.7.1 Nut en noodzaak	34
4.7.2 Overzicht mogelijke maatregelen	34

4.7.3 Maatregelen die de oorzaak aanpakken	34
4.7.4 Maatregelen die de gevolgen bij de bron bestrijden	35
4.7.5 Maatregelen die de gevolgen bij inname lokaal bestrijden	35
4.7.6 simulatieresultaten	36
4.8 Mate van verversing bij de bodem	37
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>38</b>
5.1 Conclusies	38
5.2 Aanbevelingen	39
<b>Referenties</b>	<b>40</b>
<b>Colofon</b>	<b>41</b>

## Lijst van figuren

- 2.1 Rekenrooster - gehele NZK-model
- 2.2 Overzicht projectgebied - westelijk deel, Ligging lozingen/onttrekkingen (gemaal en spui) en meetpunten
- 2.3 Overzicht projectgebied - oostelijk deel, Ligging lozingen/onttrekkingen (gemaal en spui) en meetpunten
- 2.4 Overzicht projectgebied - omgeving Nuon Velsen, Ligging lozingen en onttrekkingen (koelwater)
- 2.5 Overzicht projectgebied - omgeving Nuon Hemweg, Ligging lozingen en onttrekkingen (koelwater)
  
- 3.1 Bijdragen zoutlast per sluis
- 3.2 Variatie aantal schuttingen over het jaar
  
- 4.1 De langsdoorsnede van het Noordzeekanaal en de afstanden in km's
- 4.2 Oppervlakte saliniteit, huidige situatie 2008
- 4.3 Bodem saliniteit, huidige situatie 2008
- 4.4 Langsdoorsnede saliniteit en standaarddeviatie in het Noordzeekanaal, huidige situatie 2008
- 4.5 Oppervlakte saliniteit, verschil 95 MTA, sluis nulalternatief t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.6 Bodem saliniteit, verschil 95 MTA, sluis nulalternatief t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.7 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 95 MTA, sluis nulalternatief t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.8 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, sluis variant 1 t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.9 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, sluis variant 2 t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.10 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, sluis variant 3 t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.11 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 140 MTA, sluis variant 1 t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.12 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 140 MTA, sluis variant 2 t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.13 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 140 MTA, sluis variant 3 t.o.v. huidige situatie 2008
- 4.14 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, 2% droog scenario t.o.v. huidig 2008 2% droog scenario
- 4.15 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, 2% nat scenario t.o.v. huidig 2008 2% nat scenario
- 4.16 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, 2% droog en 2% nat scenario t.o.v. huidig 2008 zomer scenario
- 4.17 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, sluis variant 2, verplaatsing maallocatie IJmuiden t.o.v. 125 MTA, sluis variant 2

- 4.18 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, sluis variant 2, hogere bezettingsgraad nieuwe sluis t.o.v. 125 MTA, sluis variant 2
- 4.19 Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal, verschil 125 MTA, sluis variant 2, bellenscherm nieuwe sluis t.o.v. 125 MTA, sluis variant 2
- 4.20 Saliniteitsprofielen in verschillende inname locaties voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten
- 4.21 Saliniteitsprofielen in verschillende koelwater inname locaties voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten
- 4.22 Saliniteitsprofielen in verschillende koelwater inname locaties voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten
- 4.23 Saliniteitsprofielen in verschillende koelwater inname locaties en de open rand ARK voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten
- 4.24 Vergelijking tracerconcentraties na 1 en 2 dagen

## Lijst van tabellen

- 2.1 Afmetingen bestaande sluizen (uitgaande van een streefpeil van NAP-0,40 m voor het Noordzeekanaal en een buiten niveau van NAP+0,02 m)
- 2.2 Afmetingen sluisvarianten
  
- 3.1 Zoutlast door de verschillende sluizen
- 3.2 PMSS gegevens huidige situatie 2008 77 MTA
- 3.3 PMSS gegevens nulalternatief 95 MTA
- 3.4 PMSS gegevens projectalternatief 125 MTA
- 3.5 PMSS gegevens gevoeligheidsanalyse optimale benutting sluiscomplex 140 MTA
- 3.6 Zoutlast naar het Noordzeekanaal (miljoen kg zout per dag)



# Samenvatting

DHV verricht een planstudie voor de aanleg van een nieuwe Noordersluis te IJmuiden ter vervanging van de huidige Noordersluis.

Als onderdeel van deze planstudiefase wordt er gekeken naar de effecten van de nieuwe grotere zeesluis op de grondwaterhuishouding, de waterkwantiteit en de waterkwaliteit.

Deze studie richt zich expliciet op de toename van de zoutindringing op het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal, als gevolg van de aanleg van een nieuwe Noordersluis.

In de studie zijn vergelijkende simulaties uitgevoerd voor verschillende varianten van de nieuwe sluis (afmetingen), voor verschillende belastingsscenario's (nat, droog en gemiddeld zomer) en voor verschillende ladingstromen.

De zoutbelasting op het Noordzeekanaal wordt bepaald door de afmetingen en het gebruik van het sluisencomplex, maar ook door het zoutverschil tussen binnen en buiten. Naarmate het Noordzeekanaal zouter wordt, wordt het verschil tussen binnen en buiten kleiner en zal dus ook de zoutindringing minder toenemen, dan op basis van de afmetingen van het nieuwe spuisysteem zou mogen worden verwacht. Er heerst een zogenoemd tegengekoppeld systeem, dat ook wel bekend staat als de wet van de verminderde meeropbrengst.

De resultaten van de simulaties laten zien dat het zoutgehalte toeneemt met toenemende ladingstroom. Ook geeft de variant met de grootste sluisinhoud de grootste zoutlast. Dat zijn de tweede varianten met ladingstromen van respectievelijk 125 en 140 MTA. In het meest extreme geval is er een toename van orde 3 tot 5 psu waarneembaar over vrijwel de gehele eerste 20 kilometer van het Noordzeekanaal. Nabij de sluizen is deze het grootst en geleidelijk iets afnemend tot orde 3 psu 20 kilometer van het sluisencomplex. Van 20 tot 30 kilometer is de toename geringer en daar voorbij is het verschil kleiner dan 1 psu. Maar ook daar zijn de effecten nog wel merkbaar. In een 2 % nat scenario is er een afname van 4 tot 5 psu over hetzelfde gebied. Zodra het ondieper wordt dan orde 5 meter verdwijnt ook de stratificatie vrijwel geheel en is de verticaal goed gemengd.

De doorgerekende mitigerende maatregelen laten allen een vermindering van de zoutdoor-dringing zien. Het verminderen van de zoutlast door meer schepen in de grootste sluizen en daardoor minder schutten blijkt het meest efficiënt.





# HOOFDSTUK 1

## Inleiding

### 1.1

#### ALGEMEEN

De toenmalige Minister van Verkeer en Waterstaat heeft besloten een planstudie te starten voor de aanleg van een nieuwe sluis te IJmuiden ter vervanging van de huidige Noordersluis.

Als onderdeel van deze planstudiefase, wordt er gekeken naar de effecten van de nieuwe grotere zeesluis op de grondwaterhuishouding, de waterkwantiteit en de waterkwaliteit. Deze studie richt zich expliciet op de toename van de zoutindringing op het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal.

#### *Achtergrond:*

Er bestaan significante dichtheidsverschillen tussen het relatief zoete water van het Noordzeekanaal en het zoutere water van de Buitenhaven in IJmuiden. Door deze dichtheidsverschillen, die het gevolg zijn van verschillen in zoutgehalten en in temperatuur, vindt er tijdens het schutten van schepen door de schutsluizen uitwisseling van water met verschillende dichtheden plaats, tussen het water in de schutkolk en het water buiten de schutkolk. Deze uitwisseling begint zodra de sluisdeur open gaat.

De waterinhoud van de sluis kolk wordt door deze dichtheidgedreven stroming in relatief korte tijd vrijwel volledig gemengd met het water buiten de kolk. Dat is mede een gevolg van de grote ingang van de sluis kolk. De huidige grote sluis in IJmuiden heeft afmetingen van 400 bij 50 bij 15 meter. Ook geldt, hoe dieper de sluis, hoe groter de dichtheidsverschillen nabij de bodem en hoe sneller de uitwisseling verloopt. Zo vindt er bij een schutting met de huidige grote sluis in IJmuiden, een uitwisseling plaats van maximaal 300.000 m<sup>3</sup> water (in werkelijkheid wordt deze hoeveelheid verminderd met de waterverplaatsing van de geschutte schepen). Als we ervan uitgaan dat het gemiddelde zoutgehalte in de Buitenhaven ongeveer 22 PSU (Practical Salinity Unit) bedraagt en op het Noordzeekanaal nabij de sluisen ongeveer 7 PSU, dan betekent dat, dat er per schutting maximaal 11 kg/m<sup>3</sup> maal 300.000 m<sup>3</sup> is 3300 ton zout<sup>1</sup> wordt toegelaten op het relatief zoete Noordzeekanaal. Uiteraard vind deze uitwisseling alleen plaats bij het schutten van west (de zeezijde) naar oost (de kanaalzijde).

Het gemiddeld aantal schuttingen voor 2010 van de huidige Noordersluis, in oostelijke richting, bedraagt 10,4 schuttingen per dag.

<sup>1</sup> Zeer globale omrekening van PSU naar dichtheid in kg/m<sup>3</sup> is  $\rho = 0,75 \cdot \text{PSU}$

Er vindt ook uitwisseling plaats die het gevolg is van waterstandsverschillen tussen beide waterlichamen en eveneens als gevolg van het malen en het spuien. Maar tijdens het malen en het spuien wordt er in het algemeen alleen relatief zoet water van het Noordzeekanaal op de Buitenhaven gebracht. Een uitzondering hierop wordt gevormd door de kleine retourstromen door de vispassage die in de meest zuidelijke van de zeven spuikokers is aangebracht en tijdens het begin en het einde van een spuiperiode geringe hoeveelheden water terug kan laten stromen van buiten naar binnen. Vooral aan het begin van een spuiperiode (dan is het water relatief zout aan de buitenzijde), kan dit tot een wat extra zoutlast aan de binnenzijde leiden. Deze zoutlast is echter verwaarloosbaar ten opzichte van de grote hoeveelheid zout die er door het schutten op het Noordzeekanaal komt.

In het algemeen zal het uitgewisselde zout mede door zijn grotere dichtheid aan de binnenzijde van de schutsluizen in de zogenaamde Velserkom aan de bodem blijven hangen. Dat is mede een gevolg van de grotere diepte aldaar. Echter in de praktijk zet deze zoutlast zich door diffusie en een dichtheidsgedreven stroming aan de bodem verder door op het Noordzeekanaal. De zoutgehalten worden geleidelijk minder in de richting van Amsterdam. De aanleg van de nieuwe zeesluis zal naar alle waarschijnlijkheid, in vergelijking met de huidige situatie, leiden tot een toename van de zoutlast op het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal.

Het maximaal toegestane chloridegehalte is zowel op het Buiten-IJ als op het Amsterdam-Rijnkanaal (km 3,5) 200 mg/l (i.v.m. waterinname voor drinkwaterbereiding op het Amsterdam-Rijnkanaal). Er moet dus een balans zijn tussen de zoutlast vanuit het sluizencomplex enerzijds en de afvoer van zoet water via het Noordzeekanaal anderzijds [Rijkswaterstaat, 2004].

Naast het zout is de temperatuur mede bepalend voor de dichtheid van het water en dus de uitwisseling door de schutsluizen. De temperatuur op het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal wordt mede bepaald door meteorologische omstandigheden en door het gebruik van koelwater. Ook de lozingen vanuit zijkanalen en gemaaltjes en sluisjes draagt hieraan bij. Het is daarom noodzakelijk naast het zout ook de temperatuur als variabele op te nemen.

De zoutindringing is berekend voor verschillende sluisvarianten en bij verschillende ladingstromen. Er is een selectie gemaakt van de varianten en landingstromen.

De studie bestaat uit twee delen. Het eerste deel gaat over de bepaling van de zoutlast. Het tweede deel betreft het doorrekenen van een aantal gevallen met een al gevalideerd 3D model van het Noordzeekanaal en het noordelijke deel van het Amsterdam-Rijnkanaal.

## 1.2

### DOEL

Het doel van de studie is tweeledig:

1. Het bepalen van de toekomstige zoutlast op het Noordzeekanaal als gevolg van drie verschillende varianten voor drie ladingstromen voor de nieuwe Noordersluis.
2. Het bepalen van de drie dimensionale zout- en temperatuurverdeling op het Noordzeekanaal en het meest noordelijke stuk van het Amsterdam-Rijnkanaal met behulp van een 3D model.

Gerelateerd aan onderdeel 2 zijn de subdoelen:

- Het beschrijven van het mogelijke effect van de toekomstige zoutlast op slib.
- Het beschrijven van mogelijke mitigerende maatregelen om de zoutlast te beperken. Daarbij wordt aandacht besteed aan de noodzaak zowel als de effectiviteit.

## 1.3 **AANPAK VAN DE STUDIE**

### 1.3.1 **BEPALING VAN DE ZOUTLAST**

Voor het bepalen van de zoutlast is gebruik gemaakt van het bestaande Noordzeekanaal model, dat is afgeregeld met een grote hoeveelheid gegevens die hierop van invloed zijn. Het betreft onder andere:

- Metingen van zout- en temperatuur-vertikalen op verschillende hoogten in het binnenspuikanaal (km 2) en de natuurlijke variatie daarin;
- Metingen van zout en temperatuur op regelmatige intervallen op een groot aantal punten in het Noordzeekanaal en de variaties daarin;
- Spui- en maalhoeveelheden gedurende het jaar als functie van de tijd;
- Het aantal schuttingen per sluis per jaar en de individuele verdeling van de schuttingen over de verschillende jaren;
- De “Gross Register Tonnage (GRT)” van de geschutte schepen per sluis;
- Metingen van debieten, zout en temperatuur langs de gemalen die op het Noordzeekanaal uitkomen;
- Lozingen en onttrekkingen van koel- en proceswater, inclusief de hoogte en afmetingen van inname- en lozingspunt;
- De afvoer, de temperatuur en het chloridegehalte van het Rijnwater;
- De afmetingen van de verschillende schutkolken, de afmetingen van de sluiskolken, het aantal schuttingen per jaar, maar ook van het gedrag van het zout in de nabijheid van de schutsluizen;
- De meteorologische omstandigheden;
- Het getij in de buitenhaven;
- Diverse andere van belang zijnde gegevens.

De uiteindelijke zoutlast is bepaald op basis van deze gegevens met behulp van spreadsheets. Er zijn belastingen afgeleid voor de bestaande situatie en voor de drie verschillende voorgestelde varianten voor de nieuwe Noordersluis.

In geval de ladingstroom toeneemt, zal er vaker geschut moeten worden en neemt daardoor ook de zoutlast toe. Het gaat daarbij voornamelijk om de toename van de zoutindringing in vergelijking met de bestaande situatie.

De gevoeligheden van de belastingen als gevolg van bijvoorbeeld variaties in Rijnafvoer, maar ook als gevolg van verschillende omgevings scenario's (getij, seizoen, meteo) zijn in de beschouwing meegenomen en in de rapportage beschreven. Hier betreft het een inschatting op basis van expert judgement.

Mitigerende maatregelen en hun effect zijn in de beschouwingen meegenomen. Het betreft hier een beoordeling op werkingsprincipes, die niet in detail zijn uitgewerkt. Een voorbeeld is het afzuigen van zout uit de diepste putten in de Velsse kom, met behulp van de bestaande pompkracht uit het gemaal. Een ander voorbeeld is het plaatsen van een scherm bij de ingang van het binnenspuikanaal dat tot bijvoorbeeld 2 meter boven de bodem rijkt. Daar-

door wordt juist zout water van nabij de bodem aangezogen. Een andere vorm van mitigatie is hoog innemen bij de inlaatpunten.

### 1.3.2

#### ZOUT- EN TEMPERATUURVERDELING OP HET NOORDZEEKANAAL.

Voor de bepaling van de zout- en temperatuurverdeling op het Noordzeekanaal en het noordelijkste deel van het Amsterdam-Rijnkanaal, is gebruik gemaakt van het bestaande Delft-3D model van het Amsterdam-Rijnkanaal. Dat model is in het verleden afgeregeld en gevalideerd. De gevoeligheden van het model voor variaties in omstandigheden zijn afgetaast. In het verleden zijn al eens zes verschillende scenario's opgesteld voor de temperatuurverdeling.

In dit geval zijn de scenario's geconcentreerd op scenario's voor verschillende zoutverdelingen. Voor het standaard scenario is een zomerscenario gekozen. Dat is een scenario, waarbij de waterbalans van het watersysteem kloppend is gemaakt op de gemiddelde zomer afvoer van alle uitwaterende sluizen, een gemiddelde afvoer van het Amsterdam-Rijnkanaal en een zomerafvoer door de spuisluisen en door het gemaal.

Daarnaast zijn gevoeligheden afgetast voor droog en een nat scenario. Bij een droog scenario zal het zout verder naar binnen komen, in een nat scenario zal het verder worden teruggedrongen.

Bij de bepaling van de zoutverdeling is vooral vergelijkenderwijs gekeken. Eerst is het model, dat afgeregeld is op een maatgevend sluisgebruik, opgeschaald naar het door PMSS toegeleverde uitgangsscenario. De andere simulaties zijn voor de verschillende varianten hiermee vergeleken.

## 1.4

### LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 is een algemene beschrijving gegeven van de voor deze studie beschikbare gegevens en de wijze van interpretatie.

In hoofdstuk 3 zijn de belastingen voor de verschillende varianten en scenario's op een rijtje gezet en wordt de schematisatie daarvan beschreven.

Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van de simulaties met het 3D model van het Noordzeekanaal. Tevens zijn de aanpassingen aan het model beschreven.

Hoofdstuk 5 geeft een interpretatie van de resultaten en de wijze waarop de resultaten leiden tot veranderingen in de gelaagdheid op het Noordzeekanaal.

Hoofdstuk 6 geeft de conclusies en aanbevelingen.

## HOOFDSTUK

## 2 Beschikbare gegevens

## 2.1

## TERMINOLOGIE

**Chlorideconcentratie:** Het gewicht van opgeloste ionen chloride (Cl-) gedeeld door het volume zoutwater, gerekend als:

$$\text{zoutinhoud [kg/m}^3\text{] of [g/l]} = \text{saliniteit [psu]} / 1,80655$$

**Ladingsstroom:** De hoeveelheid lading die verondersteld wordt in een bepaald verkeersscenario in een jaar de sluizen te passeren.

**Lege schutting:** Een lege schutting betekent een schutting waarbij er geen schepen in de kolk zitten. Dit komt regelmatig voor en is nodig om het verschil in scheepsaanbod tussen buiten en binnen te compenseren.

**Lozingsvolume:** Het volume buitenwater dat aan de waterinhoud van het Noordzeekanaal wordt toegevoegd als de sluiskolken genivelleerd worden (symbool  $V_{\text{loz}}$ ).

$$V_{\text{loz}} = \text{kolkoppervlak} \times \text{waterstandverschil tussen het buiten en binnenwater}$$

Het streefpeil in het NZK (Noordzeekanaal) is NAP -0,4 m [Rijkswaterstaat, 1992], terwijl het gemiddelde peil in de buitenhaven NAP + 0,02 m is

([http://www.rijkswaterstaat.nl/water/scheepvaartberichten\\_waterdata/statistieken\\_kengetallen/waternormalen/](http://www.rijkswaterstaat.nl/water/scheepvaartberichten_waterdata/statistieken_kengetallen/waternormalen/)).

**Uitwisselingsvolume:** Het volume dat tijdens een schutting tussen de sluiskolk en het NZK uitgewisseld wordt (symbool  $V_{\text{uitw}}$ ).

$$V_{\text{uitw}} = \text{kolkoppervlak} \times \text{waterdiepte in de kolk onder het NZK streefpeil}$$

Deze uitwisseling wordt veroorzaakt door het dichtheidsverschil tussen het water in de buitenhaven van IJmuiden en het water van het NZK. Bij opening van de sluisdeuren vermengt het water uit de sluis met het water op het NZK. Dit veroorzaakt bij schutten van de buitenhaven (West) naar het NZK (Oost) een netto toename van de zoutconcentratie op het NZK. Het zoutere (zwaardere) water stroomt naar het NZK en gelijktijdig stroomt het zoutere (lichtere) water in de sluiskolk. Dit gaat door tot de dichtheden binnen de sluiskolk gelijk zijn aan die op het NZK voor de sluis.

**Verkeersgegevens:** De tijdseries van het schutten van het scheepvaartverkeer over de verschillende sluiskolken. Voor het zoutgehalte op het NZK zijn alleen de schuttingen van West naar Oost van belang.

**Verkeersscenario:** Het aantal schuttingen en schepen per sluis en per jaar dat de sluizen passeert. Bij elk verkeersscenario hoort een veronderstelde ladingsstroom die gekoppeld is aan de te verwachten economische ontwikkelingen voor de middellange en lange termijn. Voor deze studie leverde PMSS [R. Groenveld, 2011] de benodigde gegevens. Hiervan zijn alleen de gegevens voor het schutten in oostelijke richting van belang voor het zoutgehalte op het NZK.

**Zoutconcentratie:** De zoutconcentratie of saliniteit wordt hier weergegeven in psu (*practical salinity units*) die praktisch gelijk is aan ppt (*parts per thousand*).

**Zoutindringing:** hier gedefinieerd als het aantal kilogram ionen chloride (symbool kg Cl-) dat door de schuttingen op het NKZ wordt geloosd.

$$\text{zoutindringing} = (\text{uitwisselingsvolume} + \text{lozingsvolume}) \times \text{zoutinhoudsverschil}$$

Voorbeeld:

De inhoud van de Noordersluis is  $400 \times 50 \times 15,02 = 300.400 \text{ m}^3$ .

Het gemiddelde zoutverschil tussen de buitenhaven (vlak voor de schutsluizen) en het NZK (vlak achter de sluizen) bedraagt ongeveer  $15.000 \text{ mg/l} = 15 \text{ kg/m}^3$ .

Dit betekent dat één schutting met de bestaande Noordersluis van west naar oost gelijk staat aan het storten van ongeveer 4500 ton zout in het NZK.

Indien de sluiskolk schepen bevat zal hier orde orde 7,5 % vanaf gaan.

## 2.2

### **BESCHRIJVING VAN HET SYSTEEM**

Het Noordzeekanaal (NZK) vormt samen met een deel van het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) de verbinding tussen de Lek bij Wijk bij Duurstede en de Noordzee bij IJmuiden. Het Noordzeekanaal loopt van de Oranjesluizen bij Schellingwoude tot aan de zeesluizen in IJmuiden. Tot het watersysteem van het Noordzeekanaal behoren Het IJ bij Amsterdam, de zijkanalen A tot en met K en de havens daaraan gelegen. De stad Amsterdam staat op verschillende plekken in open verbinding met het Noordzeekanaal, maar kan hiervan worden afgesloten door het sluiten van het IJ-front. Het Amsterdam-Rijnkanaal begint bij Amsterdam en staat eveneens in open verbinding met het Noordzeekanaal.

#### ***Het sluizencomplex bij IJmuiden***

Het sluizencomplex bij IJmuiden, dat de primaire verbindende waterkering is voor het NZK, bestaat uit een viertal schutsluizen, een gemaal en een spuisluis.

De vier schutsluizen zijn verschillend van afmetingen en dienen voor het schutten van schepen van de Noordzee naar het NZK en vice versa.

De spuisluis loost onder natuurlijk verval water van het Noordzeekanaal (NZK) op de buitenhaven. Dat gebeurt van het binnenspuikanaal op het buitenspuikanaal. Er wordt alleen gespuid als de waterstand op het NZK hoger is dan op het buitenwater. Gezien de gemiddelde waterstand op het NZK van NAP - 0,40 m, zal er alleen tijdens laag water aan de

buitenzijde worden gespuid. De tijdseries van de hoeveelheden die er gespuid worden zijn bekend en beschikbaar [www.waterbase.nl].

Omdat het spuien onvoldoende ruimte geeft voor het beheer van het waterpeil op het Noordzeekanaal, is er naast het spuien de mogelijkheid aanwezig om te malen (pompen). Er zijn 6 kokers aanwezig in het gemaal. In vier kokers zitten pompen met een capaciteit van 40 m<sup>3</sup>/s en in twee kokers zitten pompen met een capaciteit van 50 m<sup>3</sup>/s. De maximale pompcapaciteit bedraagt dus 260 m<sup>3</sup>/s. De ashoogte van de pompen ligt op NAP -4,5 m. De waaierdiameter van de pompen bedraagt 3,94 m. Ook voor het malen zijn tijdseries beschikbaar afkomstig van Waterbase [www.waterbase.nl].

### *Lozingen en onttrekkingen*

Naast het sluisencomplex in IJmuiden wordt het NZK op een groot aantal plaatsen gevoed via gemalen en afwateringssluizen en sluisjes en is er sprake van gebruik van het water van het NZK als proceswater voor de industrie en als koelwater voor de energievoorziening. Elk van deze aspecten is in het model meegenomen.

### *Wateraanvoer*

Het water op het Noordzeekanaal wordt daarnaast aangevoerd vanaf de Rijn via het Amsterdam Rijnkanaal (minimum debiet van 10 m<sup>3</sup>/s). Tevens is er een inlaatsluis bij Schellingwoude waardoor maximaal 100 m<sup>3</sup>/s kan worden ingelaten. Naast de inlaatsluis kan er water worden ingelaten via de oude maalgangen (drie stuks) en soms via de Prins Willem Alexander (PWA) sluisen [Rijkswaterstaat, 2004]. De PWA sluis is een onderdeel van het complex dat Oranjesluizen heet en de afscheiding vormt tussen het Noordzeekanaal en het Markermeer.

### *NZK model*

Over de jaren 2003 tot en met 2010 is in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland een stromingsmodel van het Noordzeekanaal in fases opgezet en gecalibreerd. In eerste instantie is dit model opgezet in Waqua-in-Simona. Vanwege het indertijd ontbreken van een zogenaamde power station optie (een gekoppelde lozing/onttrekking ten behoeve van koelwatermodellering) is het model omgezet naar Delft3D.

Het model omvat het Noordzeekanaal van IJmuiden tot de Oranjesluizen, de meeste zijkanalen en havenbekkens, het Amsterdam-Rijnkanaal tot Weesp en de Amsterdamse grachten op een sterk geschematiseerde manier. Het rekenrooster is in figuur 2.1 weergegeven.

Alle toevoeren van de verschillende gemalen zijn in het model meegenomen. De locaties hiervan zijn gepresenteerd in figuren 2.2 en 2.3. De koelwaterlocaties zijn in figuren 2.4 en 2.5 weergegeven. Van elke koelwaterlozing zijn het debiet en de temperatuurverhoging van het geloosde water opgelegd.



## 2.3

### GEGEVENS

#### 2.3.1

##### INLEIDING

Data zijn beschikbaar uit eerdere studies, van waterbase, van Rijkswaterstaat, van Alkyon modelstudies uitgevoerd voor Rijkswaterstaat en van DHV.

Het drie dimensionale simulatiemodel voor het Noordzeekanaal is in een aantal studies in het verleden door Alkyon ontwikkeld. Het model is uitvoerig gekalibreerd voor de zout- en temperatuurverdeling op het Noordzeekanaal. Voor de voor het model gebruikte gegevens wordt dan ook verwezen naar eerdere rapporten; Zie referentielijst.

#### 2.3.2

##### GEGEVENS VAN RIJKSWATERSTAAT

###### *Sluisafmetingen*

De afmetingen van de bestaande schutsluizen zijn weergegeven in tabel 2.1.

**Tabel 2.1**

Afmetingen bestaande sluisen (uitgaande van een streefpeil van NAP-0,40 m voor het Noordzeekanaal en een buiten niveau van NAP+0,02 m)

Maten sluisen	Noordersluis	Middensluis	Zuidersluis	Kleine sluis
Lengte [m]	400	225	111	111
Breedte [m]	50	25	18	11
Diepte [m NAP]	15	10	8	3,75
Uitwisselingsvolume <sup>2</sup> [m <sup>3</sup> ]	292.000	54.000	15.185	4.090
Lozingsvolume <sup>3</sup> [m <sup>3</sup> ]	8.400	2.362,5	839,2	512,8

###### *Malen*

Voor het malen zijn gemiddelde waarden aangehouden, die representatief worden geacht voor de bestaande situatie. In het model wordt er continu gemalen. Op de lange termijn zal als gevolg van zeespiegelstijging de spuicapaciteit afnemen en moet de maalcapaciteit dus evenredig toenemen.

###### *Spuien*

Voor het spuien zijn gemiddelde waarden aangehouden. Er wordt voor het spuien tweemaal per dag gespuid. In werkelijkheid rond laag water. In de schematisatie van het NZK model is het tijdstip van laag water buiten niet van belang. Daarom wordt er tweemaal per dag bloksgewijs gespuid voor 4 uur.

Voor de verschillende scenario's zijn de volgende waarden aangehouden voor het gecombineerde spui- en maaldebiet:

Zomerscenario: 87 m<sup>3</sup>/s

2% droog scenario: 52 m<sup>3</sup>/s

2% nat scenario: 191 m<sup>3</sup>/s

In de simulaties wordt de toename van het lozingsvolume door frequenter of met een grotere sluis schutten gecompenseerd door het maaldebiet percentueel te verhogen zodat over de

<sup>2</sup> Uitwisselingsvolume = Lengte x Breedte x (Diepte – 0,40)

<sup>3</sup> Lozingsvolume = Lengte x Breedte x 0,42. Het lozingsvolume zal op de lange termijn toenemen als gevolg van zeespiegelstijging.

simulatieperiode van 30 dagen de massabalans sluitend is. Voor 125 MTA bedraagt deze compensatie ongeveer 5% (afhankelijk van de afmetingen van de nieuwe sluis) en bij 140 MTA ca. 11%.

#### *Zout en temperatuur*

Voor het zout en de temperatuur zijn de volgende waarden aangehouden voor de verschillende scenario's voor de buitenhaven:

1. Zomer scenario: 20,3 PSU, 20,2 °C,
2. Droog scenario: 23,2 PSU, 19,0 °C,
3. Nat scenario: 14,4 PSU, 4,0 °C,

## **2.4** **GEGEVENS PONTIS<sup>4</sup>**

Uit recente studies gerelateerd aan de opzet van een modelinstrumentarium voor de buitenhaven heeft Alkyon tijdseries beschikbaar van het schutten in het sluizencomplex te IJmuiden. Hieruit zijn de cijfers gehaald voor een periode van 1 jaar. Vanwege de beschikbaarheid van de gegevens is gekozen voor de periode van 1 december 2009 – 30 november 2010 (dus 365 dagen), die als representatief wordt geacht voor de huidige situatie.

Van deze gegevens zijn alleen de schuttingen in oostelijke richting in beschouwing genomen. Schuttingen naar het westen leveren geen zoutbezwaar op het NZK op. De zoutindringing door één schutting is evenredig aan de grootte van de sluis. Deze waarden worden in Tabel 2.1 per sluis weergegeven. Het lozingsvolume is gering vergeleken bij het uitwisselingsvolume. De Noordersluis is qua volume duidelijk dominant ten opzichte van de andere sluizen.

## **2.5** **GEGEVENS PMSS**

De gegevens van PMSS zijn ontvangen als tabellen per sluisvariant en per ladingstroom. De tabellen geven de aantallen schuttingen per sluis, het aantal lege schuttingen en het aantal schuttingen met 1 respectievelijk 2, 3, 4, 5, 6 en 7 schepen per schutting. De kleine sluis is in geen van de simulaties van PMSS meegenomen. Zoals verderop te zien is, is het effect van deze kleine sluis op de zoutbelasting te verwaarlozen. In hoofdstuk 3 zijn de verschillende door PMSS via DHV toegeleverde gegevens overzichtelijk verzameld.

## **2.6** **VARIANTEN**

Er is sprake van de volgende varianten:

- De bestaande situatie, die als referentie dient: huidige situatie zoals gemeten in 2010.

<sup>4</sup> Pontis is de naam van het systeem waarin wordt bijgehouden welke schepen op welk moment welke sluizen gebruiken.

- Nulvariant nieuwe sluis met een ladingstroom van 95 MTA (megaton per annum). Dit is de bestaande situatie met de nieuwe Noordersluis qua afmeting gelijk aan de huidige Noordersluis, die als referentie dient voor alle simulaties. Deze ladingstroom is gebaseerd op allerlei aannames ten aanzien van de ladingstroom. De basisgegevens zijn uit 2008.
- Drie varianten waarbij de huidige Noordersluis wordt vervangen door een nieuwe sluis. Voor deze nieuwe sluis worden drie verschillende varianten (dus ook drie verschillende afmetingen) aangehouden. Bij alle drie deze varianten bedraagt de ladingstroom 125 MTA en wordt de bestaande Noordersluis niet gebruikt voor schutten.
- Drie varianten waarbij de huidige Noordersluis gerenoveerd wordt en eveneens de nieuwe sluis operationeel is. Voor deze nieuwe sluis worden drie verschillende varianten (dus ook drie verschillende afmetingen) aangehouden. Bij alle drie deze varianten bedraagt de ladingstroom 140 MTA en wordt de bestaande Noordersluis eveneens gebruikt voor schutten.

**Tabel 2.2**

Afmetingen suisvarianten

	Lengte [m]	Breedte [m]	Diepte [m]
Variant 1	500	65	18
Variant 2	500	70	17
Variant 3	500	60	18

## 2.7

### SCENARIOS

Er is sprake van verschillende scenario's, die alleen verschillen in de zin van seizoen of waterbalans. Het belangrijkste scenario, waarmee de meeste simulaties zijn uitgevoerd is het zogenaamde Warm zomer gemiddeld scenario. Een scenario dat representatief is voor een gemiddelde warme zomerperiode. Hieronder is een en ander samengevat uit rapport A1524 [Alkyon, 2005]. Voor een uitgebreidere beschrijving van de selectie wordt naar dit rapport verwezen.

#### *Warm gemiddeld zomer Scenario*

Dit scenario beschrijft een gemiddelde afvoer situatie bij IJmuiden tijdens de zomermaanden juni, juli en augustus. Hierbij is speciaal geselecteerd op de combinatie met hoge watertemperaturen.

Voor het selecteren van geschikte perioden is allereerst de zomergemiddelde afvoer bepaald aan de hand van de beschikbare afvoergegevens voor de jaren 1990 t/m 2004. Deze middeling resulteert in een afvoer bij IJmuiden van 84 m<sup>3</sup>/s (= 44 % waarde). Voor de watertemperaturen zijn de meetreeksen van Lobith gehanteerd omdat hiervoor volledige meetreeksen beschikbaar zijn voor de periode 1990 tot 2004. Er is een vergelijking gemaakt voor de atertemperaturen te Lobith en op een aantal meetlocaties langs het NZK. De watertemperatuur te Lobith blijkt een goede representant voor deze grootheid.

Het selecteren van perioden voor simulaties met het NZK-model is gedaan op basis van de gemeten afvoer bij IJmuiden (spui + gemaal) en watertemperatuur te Lobith binnen de maanden juni t/m augustus. Voor de afvoer is gekeken naar perioden waarbij de afvoer binnen 10 % ligt van de gewenste afvoer (m.a.w. tussen 76 en 92 m<sup>3</sup>/s). Voor de temperatuur is gekeken naar perioden waarbij de daggemiddelde watertemperatuur hoger is dan 22 °C (ca. 10% overschrijdingswaarde). Door toepassing van een logische expressie zijn de dagen

bepaald die voldoen aan beide criteria. Er is verder niet gekeken naar andere afvoeren of temperaturen binnen het watersysteem van het NZK.

Vervolgens is het model op metingen aangepast en afgeregeld op sluitende waterbalans. Daaruit komt de eerder genoemde waarde van 87 m<sup>3</sup>/s.

Naast dit zomer scenario zijn er simulaties uitgevoerd met een droog en een nat scenario.

#### ***Droog minimum Scenario***

Dit scenario beschrijft een minimum afvoer situatie bij IJmuiden in combinatie met een hoge watertemperatuur die 2% van de tijd wordt onderschreden. Er zijn geen duidelijke richtlijnen gegeven over de manier waarop beide grootheden moeten worden gecombineerd. Bij de data-analyse is uitgegaan van de watertemperatuur te Lobith, omdat voor deze locatie een volledige meetreeks beschikbaar was voor de periode 1990 tot 2004. De watertemperatuur op het NZK en op de Rijn bij Lobith vertonen een grote mate van overeenkomst.

#### ***Nat maximum scenario***

Dit scenario beschrijft een conditie met een maximum afvoer die 98% van de tijd wordt onderschreden. Er wordt geen restrictie in de periode gedurende het jaar of de watertemperatuur voorgeschreven.

Op basis van de cumulatieve afvoer verdeling van IJmuiden is de gewenste 98% afvoer vastgesteld op 191 m<sup>3</sup>/s. Het selecteren van geschikte perioden is gedaan op basis van de gemeten afvoer te IJmuiden binnen de jaren 1990 t/m 2004. Er wordt niet geselecteerd op andere parameters. Voor de afvoer is gekeken naar perioden waarbij de afvoer groter is dan 181 m<sup>3</sup>/s (m.a.w. maximaal 5% kleiner dan gewenste 98% afvoer). Bij de selectie is geen bovengrens voor de afvoer toegepast.

#### ***Mitigerende scenario's***

Tenslotte is er een aantal aanvullende simulaties uitgevoerd om het effect van mitigerende maatregelen in te schatten. Als eerste is er een scenario doorgerekend, waarbij er water direct achter de sluis aan de bodem onttrokken wordt. De reden voor het uitvoeren van deze simulatie is dat het naar verwachting de meest effectieve mitigerende maatregel is. In de praktijk is deze oplossing uit het oogpunt van realiseerbaarheid en kosten minder haalbaar. Het doorrekenen hiervan geeft echter inzicht in de maximale beperkingen die bereikt kunnen worden.

Daarnaast zijn twee andere mitigerende scenario's doorgerekend:

- een scenario waarbij de grootste schutsluizen effectiever gebruikt worden. Dat betekent meer schepen per schutting en daardoor minder schuttingen, maar ook langere wachttijden
- een scenario waarbij een bellenscherm is gesimuleerd. Dat is gedaan door de uitwisselingstijd per schutting te verlengen. In de praktijk verminderen de bellenschermen de uitwisseling tussen zout en zoet water.

In hoofdstuk 4.7 wordt nader ingegaan op de resultaten van deze simulaties en op andere mogelijke oplossingen. Tevens komt het nut en de noodzaak van dergelijke mitigerende maatregelen aan de orde.

## 2.8

### SIMULATIES

De volgende simulaties zijn uitgevoerd:

1. Simulatie 1, huidige situatie met ladingsstroom en schutten volgens PMSS gegevens voor 2008.
2. Simulatie 2, nulalternatief met ladingsstroom en schutten volgens PMSS gegevens voor dit alternatief.
3. Simulaties 3, 4 en 5: projectalternatief ladingstroom van 125 miljoen ton, en met de drie varianten in afmetingen van de nieuwe sluis, in plaats van de huidige Noordersluis. Voor elk van de varianten wordt ook de bodem aangepast en zal de bodem over een afstand van 1,5 scheeps lengte van het grootste schip, vanaf de sluisdeur geleidelijk oplopen naar de bestaande bodem. Ook de sluisseilanden aan de binnenzijde zullen overeenkomstig het voorlopig ontwerp worden aangepast. De ladingsstroom is gebaseerd op PMSS gegevens voor 125 MTA, zonder onderscheid in sluisvarianten. Deze zijn voor deze ladingsstroom niet apart gesimuleerd.
4. Simulaties 6, 7 en 8: gevoeligheidssimulaties maximale benutting sluisencomplex met ladingstroom van 140 miljoen ton voor elk van de 3 sluisvarianten. Voor 140 miljoen ton wordt de nieuwe sluis toegevoegd, maar wordt ook de Noordersluis geheel gebruikt. De ladingsstroom is gebaseerd op PMSS gegevens voor 140 MTA, zonder onderscheid in sluisvarianten.
5. Simulaties 9 en 10: Simulaties voor huidige ladingstroom van 95 miljoen. Variant met 2% droge situatie (weinig aanvoer van Amsterdam-Rijn kanaal (ARK)). Dus weinig fris water aanvoer. Idem met nat 2% nat jaar met relatief veel zoetwater aanvoer van ARK, voor referentiesimulatie van 11 en 12. Ladingsstromen gebaseerd op PMSS gegevens huidige situatie.
6. Simulaties 11 en 12: Simulaties voor ladingstroom van 125 miljoen maar met vervanging Noordersluis door nieuwe sluis variant met 65 m breed en 18 m diep. Variant met 2% droge situatie (weinig aanvoer van Amsterdam-Rijn kanaal (ARK)). Dus weinig fris water aanvoer. Idem met nat 2% nat jaar met relatief veel zoetwater aanvoer van ARK. Ladingsstromen gebaseerd op PMSS gegevens 125 MTA.

Daarnaast zijn er drie mitigerende maatregelen doorgerekend (simulatie 13, 14 en 15). In simulatie 13 is aangenomen dat de onttrekking van het gemaal wordt gedaan nabij de nieuwe schutsluis. Gezien de lokale zoutgradiënt maakt het veel verschil waar dit precies gebeurt, zodat dit meer als een indicatieve berekening kan worden gezien. In simulatie 14 zijn de aantallen schepen per schutsluis hoger gezet, waardoor het aantal schuttingen kan verminderen. In simulatie 15 is het effect van een bellenscherm nagebootst.

## 2.9

### SLIB

Er worden regelmatig metingen van TSM (Total Suspended Matter) uitgevoerd op verschillende plaatsen langs het Noordzeekanaal en buiten in de voorhaven. Op basis van gemiddelden over de afgelopen 20 jaar (300 – 500 individuele metingen, ongeveer elke 2 of 3 weken), komen we grofstoffelijk tot de conclusie dat de concentraties bij Amsterdam gemiddeld 10 mg/l bedragen, nabij IJmuiden (km 2) komen we op 8 mg/l. In de buitenhaven komen we op drie stations op respectievelijk 10, 8 en 7 mg/l. De conclusie moet op basis van deze metingen luiden dat de concentraties binnen en buiten even hoog zijn en dat er moge-

lijk veel meer slib van binnen naar buiten als van buiten naar binnen gaat. Eenvoudigweg omdat er veel meer water wordt gemalen en gespuid dan uitgewisseld door de sluizen. Er zijn ook slib concentratiemetingen beschikbaar bij Zijkanaal B en Zijkanaal C (bij de brug over zijkanaal C). Bij Zijkanaal B worden waarden van 40 mg/l gevonden als gemiddelde over 13 metingen in de jaren 1991 en 1992, bij Zijkanaal C wordt in deze periode een concentratie gevonden van 19 mg/l. De conclusie moet dan ook luiden dat er vanuit de uitwaterende gebieden en de zijkanalen meer slib in het systeem komt als via de schutsluizen.

Overigens zegt dit niets over de aanwezigheid van slib op de bodem. Het is aannemelijk dat het meeste slib zich als gevolg van de zwaartekracht zal verzamelen op de diepste plekken van het Noordzeekanaal en dat is juist nabij de sluizen. Dat is de plaats waar de dichtheid het grootst is en waar het water bij de bodem relatief stagnant is. Aangezien de slibconcentraties binnen en buiten de sluizen vergelijkbaar zijn is het aan te nemen dat voor alle ladingstromen en sluisvarianten geldt dat de slibbelasting op het Noordzeekanaal niet zal toenemen.



# HOOFDSTUK 3 Gegevensanalyse en aanpak

## 3.1

### INLEIDING

Aangezien de gegevens van PMSS slechts een jaargemiddelde situatie beschrijven, op basis van een gemiddelde van 10 individuele wachttijden-simulaties, is aanvullende informatie gewenst om deze toe te passen in de simulaties van de zoutverspreiding op het Noordzeekanaal. Op basis van de PONTIS gegevens is daarom gezocht naar antwoorden op de volgende vragen:

- Is het niet meenemen van schuttingen van de kleine sluis acceptabel, of moeten de gegevens op de een of andere manier worden gecompenseerd hiervoor?
- Varieert het aantal schuttingen sterk over een jaar, zodat de jaargemiddelde gegevens moeten worden aangepast voor een typisch zomer-scenario?
- Hoe moet het effect van de reductie van de zoutlast ten gevolge van schepen in de schutsluizen worden gemodelleerd?

## 3.2

### BIJDRAGEN VAN DE VERSCHILLENDE SLUIZEN

Op basis van de gegevens uit hoofdstuk 2 en uitgaande van een gemiddeld zoutverschil tussen binnen en buiten van  $8 \text{ kg Cl-}/\text{m}^3$  kan worden berekend wat globaal de bijdrage is van elk van de schutsluizen. Zonder rekening te houden met het feit dat de zoutlast bij de kleinste sluizen als gevolg van een kleinere waterdiepte geringer zal zijn en de zoutlast nog wat afneemt door het volume van de schepen in de schutkolk, komen we dan tot het volgende. Onderstaande tabel geeft het aantal schuttingen per sluis, samen met het aantal schepen in de kolk zoals beschikbaar uit de verkeersgegevens.

**Tabel 3.1**

Zoutlast door de verschillende sluizen

Schepen per schutting	Noordersluis	Middensluis	Zuidersluis	Kleinesluis
0 ( $N_{ieeg}$ )	991	1212	1504	1403
1	1113	2503	3770	2242
2	831	632	1317	232
3	627	144	128	23
4	153	31	12	6
5	50	6	0	0
6	12	0	0	0
7+	6	1	0	0
Bezette schuttingen [#]	2792	3317	5227	2503
Totaal schuttingen [#]	3783	4529	6731	3906
Uitwisselingsvolume [ $\text{m}^3$ ]	292.000	54.000	15.185	4.090
Lozingsvolume [ $\text{m}^3$ ]	8.400	2.362,5	839,2	512,8
Zoutindringing [ $10^6 \text{ kg Cl-}$ ]	9091	2042	863	144



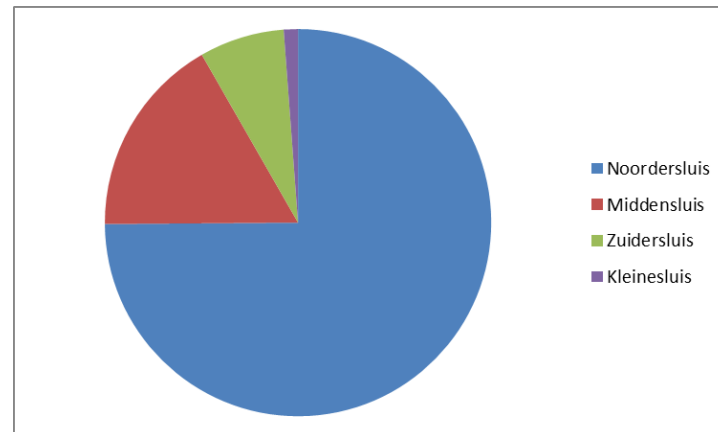
Uit de tabel is te zien dat de Bijdrage van de kleine sluis aan de zoutindringing maximaal 1,2 % bedraagt. In werkelijkheid is de belasting van de kleine sluis nog veel minder omdat hij relatief ondiep is.

Het is daarom gerechtvaardigd de belasting door de kleine sluis niet mee te nemen.

Hieronder is in twee figuurtjes de bijdrage van elk van de sluizen voor de bestaande situatie weergegeven.

**Figuur 3.1**

Bijdragen zoutlast per sluis



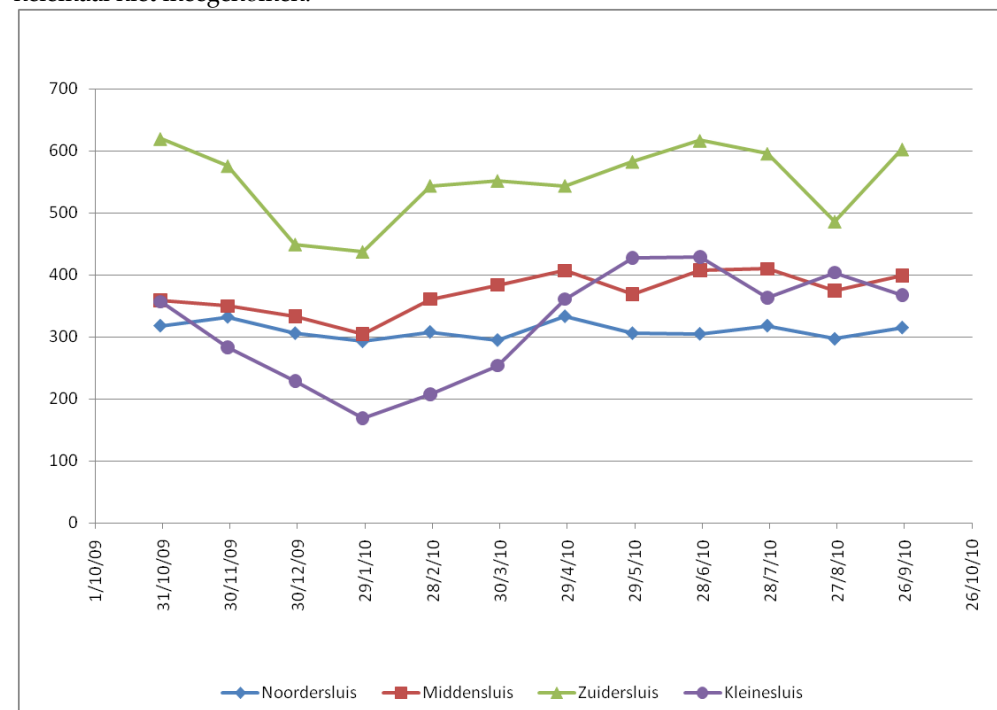
### 3.3

#### VARIATIES SCHUTTINGEN OVER HET JAAR

Uit de beschikbare gegevens blijkt het aantal schuttingen over het jaar redelijk constant. Slechts voor de zuidersluis en de kleine sluis geldt dat er in de zomer iets meer schuttingen zijn en in de winter iets minder. Dit is voornamelijk het gevolg van de recreatievaart, die in de winter minder actief is. De kleine sluis wordt bovendien op basis van het voorgaande helemaal niet meegenomen.

**Figuur 3.2**

Variatie aantal schuttingen over het jaar



### 3.4

#### **REDUCTIE ZOUTLAST DOOR SCHEPEN IN DE SCHUTSLUIS.**

Als gevolg van de aanwezigheid van schepen in de schutkolk zal niet het lozingsvolume veranderen, maar wel het uitwisselingsvolume.

Door de aanwezigheid van schepen neemt de waterinhoud van de sluis af. De reductie van de inhoud hangt af van de waterverplaatsing van de schepen in de kolk, die weer gelijk is aan het gewicht van de schepen gedeeld door de dichtheid van het water (Archimedes).

Helaas geven de verkeersgegevens geen details over het gewicht van de schepen.

Daarom zijn er aannames gedaan over het gewicht van het schip ten opzichte van het DWT. Het DWT (*dead weight tonnage*, DWT) is voor de meeste schepen die de sluizen hebben gebruikt wel beschikbaar. De DWT kan gebruikt worden om een schatting te maken van de vermindering van de sluisinhoud door de schepen.

In de door PMSS toegeleverde ladingsstroom scenario's zijn geen gegevens bekend van de DWT's van de schepen in elk van de schutkolken.

Op basis van overleg met scheepvaartdeskundigen is aangenomen dat de waterverplaatsing van een schip maximaal gelijk is aan 1,15 maal de DWT. Dit geldt voor schepen die volledig geladen zijn. Niet bekend is of de schepen die van west naar oost door de sluizen gaan geladen of ongeladen zijn.

Voor de watervolumes in bezette schutkolken, geldt dat:

$$V_{\text{uitw}} + V_{\text{loz}} = V_{\text{kolk}} - V_{\text{schepen}}$$

Voor lege schuttingen (geen schip in de kolk) geldt:

$$V_{\text{uitw}} + V_{\text{loz}} = V_{\text{kolk}}$$

De maximale zoutlast kan worden gezien als de situatie waarbij er alleen lege schuttingen zijn. De minimale zoutlast is de zoutlast indien alle schepen volledig beladen zijn.

Voor de PONTIS gegevens van 2009/ 2010 is voor de grotere schepen de DWT bekend.

Daarnaast is het totaal aantal schuttingen en het aantal lege schuttingen bekend. De schepen waarvan de DWT niet bekend is zijn voornamelijk sleepboten en plezierjachtvaart.

Op basis van de beschikbare gegevens kan op die wijze een schatting gemaakt worden van de afname van het kolkvolume door de aanwezigheid van scheepvaart.

### 3.5

#### **CONCLUSIES**

Op basis van bovenstaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het is niet nodig om de kleine sluis mee te nemen in de modellering, aangezien de bijdrage hiervan op de zoutlast verwaarloosbaar is.

- De variatie in het aantal schuttingen over het jaar is niet zo significant, dat wij het noodzakelijk achten hier de jaarlijkse data voor te corrigeren. Het is de vraag of de seizoensafhankelijkheid kan worden bepaald op basis van één jaar gegevens. Alleen de kleine Sluis vertoont een duidelijk verloop over het jaar (zomerse toerisme), maar deze schuttingen worden niet meegenomen (zie eerste punt).
- Op basis van de analyses van de DWT-gegevens uit PONTIS is afgeleid dat er een gemiddelde reductie is van het kolkvolume ten gevolge van scheepvaart van:
  - Noordersluis: 12,5% bij een gemiddelde bezetting van 2.02 schepen per niet-lege schutting
  - Middensluis: 8,4% bij een gemiddelde bezetting van 1.32 schepen per niet-lege schutting
  - Zuidersluis 6,8 % bij een gemiddelde bezetting van 1.31 schepen per niet-lege schutting

### 3.6 PMSS DATA

Op basis van de PMSS gegevens zijn de volgende tabellen gegenereerd voor de verschillende scenario's:

**Tabel 3.2**

PMSS gegevens huidige situatie 2008 77 MTA

	aantal schuttingen oost- waarts		aantal schepen	aantal sche- pen per niet- lege schutting	aantal schut- tingen per dag
	totaal	leeg			
	Noordersluis	5310			
Middensluis	6528	1899	5806	1.25	17.88
Zuidersluis	8280	2429	6438	1.10	22.69
totaal	20118	5706	17334	1.20	55.12

**Tabel 3.3**

PMSS gegevens nulalternatief 95 MTA

	aantal schuttingen oost- waarts		aantal schepen	aantal sche- pen per niet- lege schutting	aantal schut- tingen per dag
	totaal	leeg			
	Noordersluis	-			
Middensluis	7222	1757	7741	1.42	19.79
Zuidersluis	10024	2919	8480	1.19	27.46
nieuwe sluis	5084	981	6183	1.51	13.93
totaal	22330	5658	22405	1.34	61.18

**Tabel 3.4**

PMSS gegevens projectalternatief 125 MTA

	aantal schuttingen oost- waarts		aantal schepen	aantal sche- pen per niet- lege schutting	aantal schut- tingen per dag
	totaal	leeg			
	Noordersluis	-			
Middensluis	7364	1601	9213	1.60	20.18
Zuidersluis	10415	3479	8902	1.28	28.53
nieuwe sluis	5066	893	8378	2.01	13.88
totaal	22845	5972	26492	1.57	62.59

**Tabel 3.5**

PMSS gegevens gevoeligheidsanalyse optimale benutting sluiscomplex 140 MTA

	aantal schuttingen oost-		aantal schepen	aantal sche-	aantal schuttingen per dag
	waarts			pen per niet-	
	totaal	leeg		lege schutting	
Noordersluis	5379	1599	6282	1.66	14.74
Middensluis	7766	1719	9244	1.53	21.28
Zuidersluis	11615	3104	10654	1.25	31.82
nieuwe sluis	5415	1572	6172	1.61	14.83
totaal	30174	7993	32352	1.46	82.67

Dit zijn de gegevens die de basis vormen voor de modelschematisatie (zie hieronder).

### 3.7

#### AANPAK MODELLERING

Voor het modelleren van de zoutlast van de schutsluizen op het Noordzeekanaal zijn de gegevens van PMSS en PONTIS gecombineerd.

Bij de keuze van de aanpak is geprobeerd om een zo juist mogelijke hoeveelheid water en zout te schatten, die ten gevolge van de schuttingen aan het systeem van het Noordzeekanaal wordt toegevoegd. Hierbij is rekening gehouden met:

- aantal schuttingen
- afmeting schutkolk
- bezettingsgraad/aantal lege schuttingen
- zoutgehalte instromend water

Gedeeltelijk is de keuze van de aanpak arbitrair, maar vooral van belang is dat de aanpak eenduidig is, waardoor de verschillende scenario's objectief met elkaar vergeleken kunnen worden.

Daarnaast is ook gekeken naar de waterbalans op het Noordzeekanaal. In (Alkyon, 2005) is speciaal aandacht besteed aan het sluitend maken van de waterbalans. Om te voorkomen dat bij een toe- of afname van het aantal schuttingen het Noordzeekanaal langzaam vol of leeg loopt, is ervoor gekozen om dit overschot of gebrek te compenseren in het maaldebiet.

Op basis van de PMSS gegevens en de analyse van de PONTIS gegevens is de volgende aanpak gekozen:

- Het lozingsvolume per schutting in oostgaande richting is gelijk aan de lengte keer de breedte van de sluis keer het gemiddelde waterstandsverschil tussen binnen en buiten.
- Het schutkolk volume bij een lege schutting in oostgaande richting is gelijk aan de lengte keer de breedte keer de diepte van de sluis.
- Het schutkolk volume bij een niet-lege schutting in oostgaande richting is gelijk aan de lengte keer de breedte keer de diepte van de sluis, verminderd met de in de vorige paragraaf gevonden percentages, geschaald met de gemiddelde bezettingsgraad.
- De zoutlast per schutting in oostgaande richting is gelijk aan het aantal lege schuttingen keer het schutkolk volume bij een lege schutting, plus het aantal niet-lege schuttingen keer het gereduceerde schutkolk volume gedeeld door het totaal aantal schuttingen, vermenigvuldigd met de saliniteit buiten.

- De zoutlast per schutting in westgaande richting is gelijk aan hetzelfde volume als in oostgaande richting (aanname dat het aantal schepen oost- en westgaand ongeveer gelijk zijn) vermenigvuldigd met de saliniteit op het Noordzeekanaal voor de sluizen.

Voor de verschillende scenario's en sluisvarianten geeft dit de volgende waarden, gesommeerd over alle sluizen:

**Tabel 3.6**

Zoutlast naar het Noordzeekanaal (miljoen kg zout per dag)

	Noorder- sluis	Midden- sluis	Zuider- sluis	nieuwe sluis	totaal	relatief t.o.v. 2008
huidig 2008	83.6	17.2	7.5	-	108.3	-
nulalternatief	-	18.8	9.1	75.9	103.8	-4.2%
125MTA, var1	-	18.9	9.4	158.7	187.1	72.7%
125MTA, var2	-	18.9	9.4	163.4	191.7	77.0%
125MTA, var3	-	18.9	9.4	145.0	173.4	60.0%
140MTA, var1	83.6	20.1	10.5	181.2	295.3	172.6%
140MTA, var2	83.6	20.1	10.5	186.5	300.6	177.5%
140MTA, var3	83.6	20.1	10.5	165.5	279.6	158.1%
PONTIS 2010	57.5	11.9	6.0	0.0	75.4	-30.4%

De lozingsvolumes en zoutlasten zijn per sluis als een blokfunctie gemodelleerd, waarbij met het gegeven interval het schutvolume en de zoutlast telkens in 30 minuten voor de Nieuwe en de Noordersluis en 15 minuten voor de andere sluizen aan het systeem wordt toegevoegd. Dit geeft de periode van nivellering van de waterstand en het uitwisselen van het kolkvolume door dichtheidseffecten weer.

## HOOFDSTUK

# 4 Resultaten NZK model

### 4.1

#### INLEIDING

Alle simulaties zijn uitgevoerd met het Delft3D pakket versie 4.0 in 3 dimensies met 20 Sigma lagen, van elk 5% van de waterdiepte, in de verticaal.

Er zijn een groot aantal simulaties gedraaid voor de bestaande en de toekomstige situatie. Uit de resultaten van de simulaties bleek dat zich bij de modelering van de uitwisseling door de schutsluizen een probleem voordeed. In het verleden werd het model afgeregeld op de huidige situatie. Daarbij werd de uitwisseling gemodelleerd als een grote zoutlast bij een relatief gering debiet (de hoeveelheid water die als gevolg van de nivellering van buiten naar binnen komt). Een dergelijke aanpak was gerechtvaardigd, omdat het een stabiele situatie betreft. Het zoutverschil tussen binnen en buiten is relatief constant.

Echter indien er een nieuwe schutsluis wordt aangelegd, zal het Noodzeekanaal naar verwachting zouter worden. Dat betekent dat het verschil tussen buiten en binnen kleiner wordt en dus ook dat de netto instroom afneemt. Er is sprake van een gekoppeld systeem met een negatieve terugkoppeling. Een dergelijk systeem kon met het bestaande model niet worden nagebootst. Daarom is er gekozen voor een aanpak waarbij de uitwisseling in de sluiskolk wordt gemodelleerd als een lozing en een onttrekking (met beide hetzelfde debiet). Voor de lozing wordt het gemiddelde zoutgehalte buiten genomen. Voor de onttrekking wordt het heersende zoutgehalte van het water voor de sluis onttrokken.

Dit heeft tot gevolg dat het lozingsdebiet en instroom van zout juist wordt gemodelleerd, maar dat het proces van zoet/zout uitwisseling in en net voor de sluis niet realistisch is. Aangezien de focus van de studie niet de nabije omgeving van het sluizencomplex is, maar juist het Noordzeekanaal als geheel, is dit niet van groot belang en heeft het geen significante invloed op het gezochte resultaat.

De volgende resultaten zijn voor elk van de simulaties gevisualiseerd:

- saliniteit bij het oppervlak
- saliniteit bij de bodem
- langsdoorsnede van saliniteit langs het Noordzeekanaal

Hierbij zijn de resultaten over een dag gemiddeld. Dit is enerzijds gedaan omdat de data van PMSS alleen gemiddelden kent, zodat het ook niet zinvol is om te kijken naar individuele momenten. Anderzijds zou bij vergelijkingen kunnen worden gekeken naar een moment dat in de ene simulatie juist is geschut, terwijl in de referentie simulatie dit al weer een tijd geleden is, doordat de intervallen tussen de schuttingen en daarmee de tijdstippen van

schutten niet gelijk zijn. Voor de tweede is het zout dan veel meer verdeeld, zodat de verschillen niet vergelijkbaar zijn. Dit wordt voorkomen door over een dag te middelen.

Bij het visualiseren van de saliniteitswaarden, is de volgende indeling aangehouden:

- zoet: S kleiner dan 0,54 PSU (= 0,3 g Cl/l)
- licht brak: S tussen 0,54 en 5,4 PSU (= 0,3 en 3 g Cl/l)
- brak: S tussen 5,4 en 18 PSU (= 3 en 10 g Cl/l)
- zout: S groter dan 18 PSU (= 10 g Cl/l)

Deze grenzen zijn in de figuren ook als contour weergegeven.

De ligging van de langsdoorsnede is in figuur 4.1 weergegeven. Dit is een roosterlijn van het model. Km 0 ligt bij het sluiscomplex bij IJmuiden, de Oranjesluizen liggen op circa km 27. Belangrijk is wel te constateren dat de afstanden langs de langsraai afwijkend zijn van de officiële km-punten, zoals weergegeven in figuren 2.2 en 2.3.

## 4.2

### HUIDIGE SITUATIE

Figuren 4.2 en 4.3 laten de oppervlakte- en bodemsaliniteit zien in de omgeving van het sluisencomplex. 'Bodemsaliniteit' is gedefinieerd als de saliniteit in de onderste laag van het model. Aan de zijkanen van het model, waar het ondieper is, ligt deze laag dus hoger. Dit verklaart de lagere saliniteitswaarden langs de rand. Bij de oppervlaktosaliniteit speelt dit effect minder; de laag is weliswaar dunner, maar de saliniteit bij de oppervlakte varieert niet zodanig dat dit zichtbaar is. Aan het oppervlak liggen de waarden rond de 5,4 PSU (grens licht brak en brak). Bij de bodem worden waarden gevonden tussen 13,5 en 18 PSU (brak).

Figuur 4.4 toont in de bovenste figuur de saliniteit in de langsdoorsnede. De grens van 18 PSU (brak/zout) wordt nergens overschreden. De onderste figuur in 4.4 laat de standaarddeviatie in de saliniteit zien. Doordat er periodiek zout water door het schutten binnen komt, vertoont de saliniteit vlakbij de sluis een grotere tijdsvariatie dan op enige afstand. De standaardafwijking bij de sluis ligt rond de 1 PSU. Het effect is zichtbaar tot op circa 5 km van de sluis. Opvallend is wel dat bij de bodem de standaarddeviatie kleiner is dan tussen de 10 en 15 m. Dit toont aan dat bij de bodem de saliniteit vrijwel constant is en het zout uit de sluis voornamelijk te vinden is tussen 10 en 14 m diepte.

Bij de Piet Heintunnel (km 30) is ook een hoge standaarddeviatie zichtbaar. Dit hangt samen met de ligging van de zoutgradiënt in die omgeving, die ten gevolge van het spuien en de toevoer van zoet water bij de Oranjesluizen in de tijd heen en weer schuift. In de figuur van de saliniteit in de langsdoorsnede is zichtbaar dat deze tunnel een drempel vormt, die voorkomt dat het zoute water verder oostwaarts komt.

## 4.3

### NULALTERNATIEF

Figuren 4.5 en 4.6 laten de verschillen in saliniteit zien tussen het nulalternatief en de huidige situatie. Zowel aan het oppervlak als bij de bodem is een afname in saliniteit zichtbaar. Dit is consistent met de afname in zoutlast met 4,2%, zoals gegeven in tabel 3.6. Ter plaatse

van de nieuwe sluis is bij de bodem wel een duidelijke toename in saliniteit zichtbaar, puur door de schematisatie.

Figuur 4.7 toont de saliniteit in de langsdoorsnede en het verschil ten opzichte van de huidige situatie. De verschillen laten duidelijk zien dat het zout minder ver doordringt. Bijna alle contouren schuiven ongeveer 1 km op richting IJmuiden. In de eerste 8 km neemt de saliniteit bij de bodem af met meer dan 1 PSU.

De vraag is wel hoe realistisch dit scenario is. Uit de gegevens van PMSS volgt dat de Mid- den- en Zuidersluis meer scheepvaart trekken dan voor 2008, en de nieuwe Sluis met dezelfde afmetingen als de Noordersluis juist minder. Het is onduidelijk waarom dit het geval is.

#### 4.4

#### **PROJECTALTERNATIEF VOOR 3 SLUISVARIANTEN**

Voor het projectalternatief zijn in figuren 4.8, 4.9 en 4.10 de langsdoorsneden gepresenteerd voor respectievelijk sluisvariant 1, 2 en 3 (zie Tabel 2.2) en het verschil ten opzichte van het 2008-scenario (onderste figuur). Zoals in tabel 3.6 gegeven is de zoutlast ten opzichte van de huidige situatie toegenomen met 73, 77 en 60 procent. Het gevolg hiervan is ook duidelijk in de figuren zichtbaar. Het gebied waar het verschil meer dan 2 PSU bedraagt, is voor variant 2 het grootst, iets kleiner voor variant 1 en minimaal voor variant 3. Analoog aan de geconstateerde patronen voor de standaarddeviatie van de saliniteit in de huidige situatie (figuur 4.4) treden de grootste verschillen niet op bij de bodem, maar juist tussen de -5 en -12 m diepte. Blijkbaar wordt het water uit de sluis al voldoende verdund nabij de sluis, waardoor de saliniteit al zoveel wordt verlaagd dat dit water niet direct naar de bodem zakt. De saliniteit bij de bodem verandert hierdoor dus minder sterk dan halverwege de waterkolom en de gradiënt wordt dus steiler.

Ter hoogte van de Piet Heintunnel neemt de saliniteit af. Dit lijkt tegenstrijdig met het feit dat er meer zout water naar het Noordzeekanaal wordt gevoerd bij de schutsluizen, maar hierdoor neemt tegelijkertijd de dynamiek toe. Het zout komt verder richting het Amsterdam-Rijn-Kanaal, terwijl het zoete water verder richting Noordzeekanaal. De verschuiving van de zouttong richting zoeter water overheerst, zodat de gemiddelde saliniteit afneemt.

#### 4.5

#### **GEVOELIGHEIDSANALYSE MAXIMALE BENUTTING SLUIZENCOMPLEX VOOR 3 SLUISVARIANTEN**

De resultaten van de saliniteit langs de langsraai en het verschil ten opzichte van het 2008-scenario voor de drie sluisvarianten zijn weergegeven in figuren 4.11 tot en met 4.13. Let op de aangepaste kleurenschaal bij de verschilfiguren ten opzichte van paragraaf 4.4. Vergelijkbaar als bij het projectalternatief zijn de verschillen voor variant 2 het grootst (toename zoutlast resp. 173, 178 en 158 procent).

De grotere hoeveelheid zout die op het Noordzeekanaal komt, zorgt voor een duidelijke toename van de saliniteit in de omgeving van het sluizencomplex. Hoewel daardoor de onttrekking van zout door schuttingen in westelijke richting ook toeneemt, is dit niet vol-



doende om de saliniteit niet te veel op te laten lopen. Bij de bodem neemt de saliniteit zelfs toe tot boven de 18 PSU (zout water). Afhankelijk van de afmetingen van de nieuwe sluis komen deze hoge waarden voor tot op een afstand van 6 tot 8 km van de sluizen.

Het beeld komt goed overeen met de andere simulaties dat nabij de bodem de saliniteit minder toeneemt dan op dieptes tussen de 3 en 12 m diepte. De hoogte waarover de verschillen groter zijn, is wel beduidend meer dan in de simulaties van 125 MTA.

Ook de effecten op het Amsterdam-Rijn-Kanaal verschillen bij de bodem niet significant ten opzichte van die bij 125 MTA. Dit hangt samen met het feit dat het hier bij de simulaties met 125 MTA al volledig zoet is geworden.

## 4.6

### **GEVOELIGHEIDSANALYSE HOGE EN LAGE AFVOER NOORDZEEKANAAL**

Om te kijken naar het effect van het gekozen scenario op de resultaten, zijn ook simulaties uitgevoerd met een extreem hoge en extreem lage afvoer op het Noordzeekanaal. Voor de droge periode neemt zowel de doorstroming af, als de zoutlast toe (zouter water in de havens van IJmuiden). In de extreem natte periode werken beide effecten juist de andere kant op; meer doorspoeling en minder hoge zoutgehalten van het binnenkomende water. Hierdoor zal het zoutere water minder ver of verder doordringen richting Amsterdam. Er zijn simulaties gedraaid voor beide afvoeren met de schuttingen van 2008 (77 MTA) als referentie en met de 125 MTA ladingsstroom voor de grootste sluisvariant (variant 2) voor de gevoeligheid, aangezien voor deze variant de effecten het meest significant zijn.

Figuren 4.14 en 4.15 tonen weer de saliniteit langs het Noordzeekanaal en de verschillen ten opzichte van de referentie simulatie voor zowel de extreem lage als de extreem hoge afvoer. Bij de 2-procents lage afvoer (figuur 4.14) worden in de eerste 12 km vanaf de sluizen saliniteitswaarden van boven de 18 PSU gevonden. Het zoete water bij het oppervlak komen ook minder ver richting IJmuiden. Het effect van de toename van de zoutlast ten gevolge van de nieuwe schutsluis is ook beduidend groter dan in het geval van het zomerscenario. Door de lagere afvoer neemt de doorspoeling van het systeem af, waardoor veranderingen zich duidelijker manifesteren.

Bij de hoge afvoer (figuur 4.15) is het effect omgekeerd. De saliniteit van het water op het Noordzeekanaal neemt af en de gevolgen van de nieuwe sluis worden meer weggedrukt. Ook zijn de effecten in de omgeving van de Piet Heintunnel nog nadrukkelijker zichtbaar; ten zuiden wordt alles zoeter en ten noorden alles zouter. Door het extra schutten neemt de dynamiek toe en door de hoge afvoer worden de gevolgen alleen maar versterkt.

In figuur 4.16 zijn de resultaten niet vergeleken met de referentiesimulatie met dezelfde afvoeren en zonder nieuwe sluis, maar met het zomerscenario met nieuwe sluis. Voor het droge scenario is een duidelijke toename van de saliniteit in het gehele Noordzeekanaal zichtbaar tussen de 2 en 3 PSU. Voor het natte scenario is er juist een duidelijke afname zichtbaar tussen de 4 en 5 PSU, voornamelijk bij de bodem. De figuren laten duidelijk het effect zien van het meer of minder doorspoelen en hogere of lagere zoutlast.

## 4.7 MITIGERENDE MAATREGELEN

### 4.7.1 NUT EN NOODZAAK

Het is de vraag of het verder doordringen van zout op het Noordzeekanaal, als een te mitigeren verschijnsel moet worden beschouwd. In het algemeen geldt dat de Nederlandse overheid een meer geleidelijke overgang tussen zoet en zout water nastreeft. Dat staat beschreven in de Kader Richtlijn Water.

Het verder doordringen van het zout op het Noordzeekanaal zal leiden tot een iets meer geleidelijke overgang tussen zoet en zout op het Noordzeekanaal. Dat is dus een positief effect van een nieuwe schutsluis.

Er zijn echter ook nadelen aan de verdere zoutindringing. Die moeten vooral gezocht worden in het eventueel zouter worden van inname punten voor de waterbeheersing en drinkwaterinnamepunten. Voor de drinkwaterinname is er slechts een punt van belang, dat is het drinkwaterinnamepunt nabij Nieuwersluis op het Amsterdam Rijnkanaal.

Voor de waterbeheersing zijn er meerdere punten, maar hier kunnen juist lokaal maatregelen worden getroffen door bijvoorbeeld inname aan het oppervlak.

### 4.7.2 OVERZICHT MOGELIJKE MAATREGELEN

De mitigerende maatregelen kunnen worden onderverdeeld in maatregelen die:

1. de oorzaak aanpakken (beperken instroom zout);
2. de gevolgen van de zoutindringing nabij de bron bestrijden;
3. de gevolgen bij inname lokaal bestrijden (bijv. innemen op een andere diepte)

### 4.7.3 MAATREGELEN DIE DE OORZAAK AANPAKKEN

Voorbeelden van maatregelen die de oorzaak van de grotere zoutindringing beperken zijn bijvoorbeeld:

- Het optimaliseren van de bezetting van de grootste sluizen. Door meer schepen per schutting door de grotere sluizen te schutten, neemt het aantal schuttingen af en tevens het uitwisselingsvolume per schutting. Een en ander zal resulteren in een verminderde zoutlast op het Noordzeekanaal. Tegelijkertijd zullen overigens de wachttijden van de scheepvaart toenemen. Dat betekent extra kosten voor de vervoerders en een verminderde aantrekkelijkheid van de havens achter de sluizen.
- Het werken met een bellenscherm bij of juist stroomopwaarts van de ingang van de sluis aan de Noordzeekanaal zijde. Door het aanleggen van een bellenscherm zal de uitwisseling tussen de sluis en het Noordzeekanaal verminderen. De mate waarin dat het geval is afhankelijk van de effectiviteit en het type bellenscherm. Het is een kostbaar en kwetsbaar systeem, waarvan de werking in een operationele situatie twijfelachtig is.

- Door het vul- en ledigingssysteem van de sluizen te veranderen kan een verdere beperking van de zoutindringing worden bewerkstelligd. Indien de schutsluis wordt uitgerust met bodem- en met omloopriolen, bestaat de mogelijkheid om het zoutere water onder in de sluis naar zee af te voeren terwijl de sluis door de omloop riolen van bovenaf wordt aangevuld met Noordzeekanaal water. Een dergelijk systeem zal zeker leiden tot een reductie van de zoutlast. Maar een dergelijk systeem is kostbaar in aanleg en in onderhoud. Bovendien kost het vullen en ledigen daardoor meer tijd, wat de schuttijd doet toenemen.
- Door te werken met spaarbekkens. Dit is gezien de beperkte ruimte in IJmuiden geen optie.

De eerste twee maatregelen zijn met behulp van simulaties verder uitgewerkt. De resultaten worden in paragraaf 4.7.6 beschreven

#### 4.7.4

#### MAATREGELEN DIE DE GEVOLGEN BIJ DE BRON BESTRIJDEN

Voorbeelden van grootschalige maatregelen die de gevolgen bij de bron bestrijden zijn:

- Het vergroten van het doorspoelen door meer water in te laten bij de Oranjesluizen heeft duidelijk effect, zoals ook blijkt uit de resultaten voor een extreem hoge afvoer. Het zoutere water wordt bij een hoge afvoer meer teruggedrongen in de richting van IJmuiden en ook kunnen de effecten van de toename van de zoutlast beter worden gecompenseerd. Bij een extreem hoge afvoer wordt een afname tot 5 PSU bereikt. De mate waarin een toename van het doorstromingsdebiet zorgt voor een voldoende grote afname van de saliniteit hangt ook af van de afmetingen van de nieuwe sluis, en de locaties waar specifiek een afname van de saliniteit tot onder een bepaalde norm moet worden bereikt.
- Het afzuigen van zout water nabij de bodem juist stroomopwaarts van de ingang van de grote sluizen. Dat zou bijvoorbeeld kunnen worden gerealiseerd door een van de inlaten van de pompen te verplaatsen naar deze locatie. Uiteraard een kostbare en ingrijpende maatregel. Deze maatregel zal alleen werken indien er zeer voorzichtig en geleidelijk wordt aangezogen. Bij te hoge aanzuigneligheden zal de turbulentie rondom het aanzuigen de gelaagdheid in het systeem verstoren.
- Een andere optie is het plaatsen van een scherm nabij de ingang van het binnenspuikanaal. Door dit scherm tot ongeveer 1 á 1,5 meter boven de bodem te laten reiken, zal bij spuien en malen vooral water langs de bodem worden aangezogen. Voorwaarde is dat de stroomsnelheid in deze onderlaag klein genoeg is om de gelaagdheid in het systeem niet te verstoren. Daarom zal het scherm voldoende ver van de spuisluis en het gemaal moeten worden geplaatst en de opening moet groot genoeg zijn om de snelheid laag te houden, zodat de stratificatie niet verstoord wordt.

De tweede maatregel is in detail doorgerekend en wordt onder 4.7.6 beschreven.

#### 4.7.5

#### MAATREGELEN DIE DE GEVOLGEN BIJ INNAME LOKAAL BESTRIJDEN

Bij deze maatregelen moet gedacht worden aan lokale maatregelen bij het innamepunt. Voorbeelden zijn:

- Een dammetje aan de bodem bij het innamepunt, dat als het ware de zoute onderlaag blokkeert, waardoor de zoetere bovenlaag wordt aangezogen.

- De opmenging van het innamepunt zo hoog mogelijk in de vertikaal plaatsen, zonder dat deze bij lage waterstanden of golfwerking lucht gaat aanzuigen.
- Het maken van een bellenscherm dat menging aan de bodem zoveel mogelijk beperkt.

Uiteraard zijn deze maatregelen alleen zinvol als er voldoende stratificatie is. Onder 4.7.6 worden de saliniteitsprofielen bij de verschillende inname punten getoond.

## 4.7.6

### SIMULATIERESULTATEN

Het effect van het verplaatsen van de maallocatie naar de omgeving van de nieuwe sluis is gesimuleerd voor sluisvariant 2 en een ladingstroom van 125 MTA. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 4.17 (bovenste figuur) en de vergelijking met de 125 MTA ladingstroom zonder deze maatregel (onderste figuur). De contourlijnen zijn ten opzichte van de normale maallocatie over een afstand van circa 1 km verschoven, en de saliniteitsverschillen bedragen tussen de 0,1 en 0,5 PSU. Uit kostenoverweging is deze maatregel niet realistisch, maar het laat wel duidelijk zien dat een directe ingreep nabij de schutsluizen een effectieve maatregel is en geeft de mogelijkheid om de andere maatregelen te beoordelen.

Figuur 4.18 toont het resultaat van de simulatie waarbij de bezettingsgraad van de nieuwe sluis is verhoogd van 2 naar 2,5 schepen per niet-lege schutting. In een groot gedeelte van het Noordzeekanaal neemt de saliniteit af met 0,5 tot 1 PSU, en nabij de sluizen zelfs met meer dan 1 PSU. De afname van de dynamiek zorgt tegelijkertijd ook voor een toename van de saliniteit op het Amsterdam-Rijn-Kanaal. Dit is in overeenstemming met de eerder gevonden resultaten. Het optimaliseren van de bezetting heeft een beduidend groter effect dan het zoute water nabij de sluizen wegpompen. Het toepassen van omloopriolen zorgt er ook voor dat er kleinere hoeveelheden zout water naar het Noordzeekanaal stroomt. Hierbij verandert de dynamiek niet, zodat de gevolgen op het Amsterdam-Rijn-Kanaal kleiner zullen zijn. Deze maatregel is echter niet in detail doorgerekend.

Het effect van een bellenscherm bij het nieuwe sluizencomplex is gesimuleerd door de duur van de uitwisseling te verhogen van 30 naar 50 minuten. De hoeveelheid zout die uit de schutkolk stroomt, zal door het bellenscherm niet afnemen, maar door het bellenscherm gaat het uitwisselen wel trager. Figuur 4.19 laat het resultaat zien. Doordat de uitwisseling trager verloopt, dringt het zoutere water minder ver het Noordzeekanaal op, en wordt bij het schutten de andere kant op zouter water afgevoerd. Het gevolg is dat de saliniteit op het hele Noordzeekanaal tussen de 0,1 en 0,5 PSU afneemt. Aan de bodem is de saliniteit tot op 7 km afstand zelfs meer dan 1 PSU afgenomen.

Om te kijken naar de effecten bij waterinlaatpunten, zijn de saliniteitsprofielen voor de verschillende scenario's in een aantal punten weergegeven in figuur 4.20. Het betreft de punten in Zijkanaal C nabij het Noordzeekanaal en ter hoogte van Spaarndam, in Zijkanaal B, bij Zaandam en bij de Oranjesluizen. Voor het eerste en de laatste twee locaties is duidelijk de toename van de saliniteit te zien voor de verschillende 125 en 140 MTA simulaties en een kleine afname bij het nulalternatief. Zelfs met een drempel voor de inlaat is het moeilijk om een saliniteit in te nemen zonder toename van de saliniteit.

Figuren 4.21 tot en met 4.23 laten de saliniteitsprofielen zien voor de verschillende koelwater-innamepunten.

In de tweede en derde locatie vinden kleine veranderingen van de saliniteit plaats. Deze locaties liggen in het zuiden van Zijkanaal C en in Zijkanaal B waar in de omgeving ook drie bronnen van zoet water liggen (Spaarndam, Zuidspaarndammer polder en de Dammers, als toevoer vanuit de Velsbroek). De saliniteit blijft onder de 1 PSU. Wel opvallend is dat bij de 125 MTA simulaties de saliniteit in deze locaties het laagst is, en niet voor de huidige situatie of het nulalternatief. De oorzaak hiervan is onduidelijk, maar heeft waarschijnlijk te maken met het schematiseren van beide Zijkanalen met resp. 3 en 2 cellen over de breedte en dat door de geringe dynamiek het model langer nodig heeft om een evenwicht te bereiken. Bovendien is er op deze ondiep water locaties geen sprake van enige stratificatie.

## 4.8

### **MATE VAN VERVERING BIJ DE BODEM**

Om te kijken naar de mate van verversing van het water aan de bodem, zijn de laatste twee dagen van de simulaties opnieuw gedraaid, waarbij in de onderste sigma laag een conservatieve tracer is aangebracht. Na twee dagen is gekeken welk percentage van deze stof over is gebleven in de onderste twee lagen. Er is bewust gekeken naar twee lagen, aangezien de sterke initiële gradiënt in concentratie direct vanaf het begin voor een herverdeling zorgt van de onderste naar de één na onderste laag.

Daarnaast vindt er verdunning plaats ten gevolge van verversing en doorstroming van het water in het Noordzeekanaal. Figuur 4.18 laat de percentages zien van hoeveel tracerstof over is na 1 en 2 dagen langs de langsraai voor de verschillende simulaties. Na 1 dag is ongeveer de eerste 5 km de invloed van het schutten duidelijk zichtbaar. Na 2 dagen is het gebied waar nauwelijks tracer over is, uitgebreid tot 10 km. Op de lange termijn zal alle stof langzaam uit het Noordzeekanaal verdwijnen, maar de snelheid waarmee en vooral de veranderingen ten opzichte van de huidige situatie laten wel de gebieden zien waar eventueel problemen kunnen optreden. Dit is vooral het geval na km 18. Zelfs met een toename van het schutvolume neemt de verdunning nauwelijks toe.

## HOOFDSTUK

# 5

## Conclusies en aanbevelingen

### 5.1

#### **CONCLUSIES**

Met uitzondering van het Nulalternatief neemt de hoeveelheid zout op het Noordzeekanaal toe. Het feit dat voor het Nulalternatief een afname van de saliniteit gevonden is, hangt samen met een lager aantal schuttingen door de nieuwe sluis, vergeleken met het aantal schuttingen door de Noordersluis in het 2008 scenario. Hierdoor neemt de zoutlast naar het Noordzeekanaal af met 4,2%.

De resultaten voor grotere ladingsstromen laten een duidelijke toename van de waarden van de saliniteit zien op het Noordzeekanaal. Hierbij geldt dat hoe groter de ladingsstroom is en hoe zouter het water in de omgeving van het sluizencomplex, hoe verder het zout doordringt.

Het inlaten van meer water bij de Oranjesluizen zorgt voor een toename van de doorstroming, waardoor het zout minder ver op het Noordzeekanaal doordringt, zoals volgt uit de simulatie met een extreem nat scenario. Dit is dus een methode om de toename van de zoutlast ten gevolge van de nieuwe sluis tegen te gaan. Verder onderzoek zou moeten aantonen welke debieten haalbaar zijn en voor voldoende effect zorgen.

De saliniteitswaarden in een aantal innamelocaties nemen duidelijk toe. Dit gebeurt in zo sterke mate, dat indien op dit moment bij de bodem water zou worden ingenomen, in de toekomstige situaties alleen door vlakbij het oppervlak water te onttrekken een zelfde saliniteit wordt gehaald. Voornamelijk van belang is om te weten wat de criteria zijn en welke saliniteit acceptabel is voor het in te nemen water.

De verversing van het water bij de bodem neemt in de eerste 18 km toe ten gevolge de toename van schutvolume door toename van het ladingstransport en de grotere afmetingen van de sluis. Verderop is het effect minder. Significante verslechtingen lijken er niet op te treden. Indien de waterdiepte kleiner wordt dan 5 meter is de stratificatie vrijwel geheel verdwenen en is er een goede menging in de vertikaal.

Zoals te verwachten is zijn de grootste zoutgehalten op het Noordzeekanaal te verwachten in een droge zomerperiode waarbij de doorstroming als gevolg van uitwateringen van omliggende polders gering is.

## 5.2

### **AANBEVELINGEN**

De uitwisseling van zoet/zout water in schutsluizen is een zeer complex fenomeen, waarbij een groot aantal aspecten een rol spelen. In deze studie is de nadruk gelegd op het zo juist mogelijk inschatten van de hoeveelheden zout die over een lange periode vanaf de Noordzee naar het Noordzeekanaal worden getransporteerd.

In werkelijkheid is het proces veel ingewikkelder. Zo speelt het getij op de Noordzee een rol bij de variatie over de dag van de zoutlast. Bij hoog water is de waterstand buiten ongeveer één meter boven NAP, waardoor de hoeveelheid zout water tussen de 6,5 en 12,5% hoger ligt (afhankelijk van de sluisdiepte) dan bij NAP. Tijdens laag water wordt er minder zout water geschut. Terwijl tijdens laag water juist water van het Noordzeekanaal naar de Noordzee wordt gespuid.

Om een beter gevoel te krijgen van de uitwisseling van zoet/zout water via de schutsluizen, zou een gedetailleerd model kunnen worden opgezet van de omgeving van de sluizen, waarbij zowel het Noordzeekanaal als de Buitenhaven worden meegenomen. Op basis van een werkelijk opgetreden situatie met realistische schuttingen, spui- en maaldebieten, zou het model moeten worden gekalibreerd op basis van een uitgebreide meetcampagne, waarbij zowel in de haven, op het Noordzeekanaal als in de schutsluizen met een hoge frequentie in de tijd saliniteitsprofielen, waterstanden en stroomsnelheden dienen te worden gemeten.

De meest effectieve maatregel tegen de zoutdoordringing is het verhogen van de doorstroming op het Noordzeekanaal. De zoutlast kan beperkt worden door de grotere sluizen beter te bezetten (meer schepen per schutting). Met name in een droge zomer situatie kan door een dergelijke maatregel de zoutlast beperkt worden.

## Referenties

Alkyon, 2005, Hartsuiker G., *Data-analyse voor simulaties Noordzeekanaal model*, A1524R1r2, Alkyon, september 2005.

Alkyon, 2003a, Hartsuiker G., *Gebiedsschematisatie Noordzeekanaal, bouw stromingsmodel*, A1054R1, Alkyon, februari 2003.

Alkyon, 2003b, Reen M.J. van, Banning G. van, Hartsuiker G., *Calibratie en validatie model Noordzeekanaal, Data inventarisatie en model toepasbaarheid, Fase 1*, A1215R1r1, Alkyon, november 2003.

Alkyon, 2003c, Reen M.J. van, Banning G. van, Hartsuiker G., *Calibratie en validatie model Noordzeekanaal, Gevoeligheidsanalyse en verificatie, Fase 2*, A1215R2r1, Alkyon, november 2003.

Rijkswaterstaat, 2004, *Het Noordzeekanaal in cijfers, anno 2004*, Rapport ANW-04.04

PMSS, 2011, R. Groenveld, *Interimrapportages scheepsverkeers simulaties Isuziencomplex IJmuiden*.



## Colofon

# ZOUTINDRINGING SLUIZEN IJMUIDEN, effect nieuwe sluis op Noordzeekanaal

### OPDRACHTGEVER:

DHV

### STATUS:

Definitief

### AUTEUR:

Gijs van Banning

Adema Jeroen

Giordano Lipari

### GECONTROLEERD DOOR:

Henk Steetzel

### VRIJGEGEVEN DOOR:

Rob Steijn

12 oktober 2011

ARCADIS NEDERLAND BV

Voorsterweg 28

Postbus 248

8300 AE Emmeloord

Tel +31 527 248 100

Fax +31 527 248 111

[www.arcadis.nl](http://www.arcadis.nl)

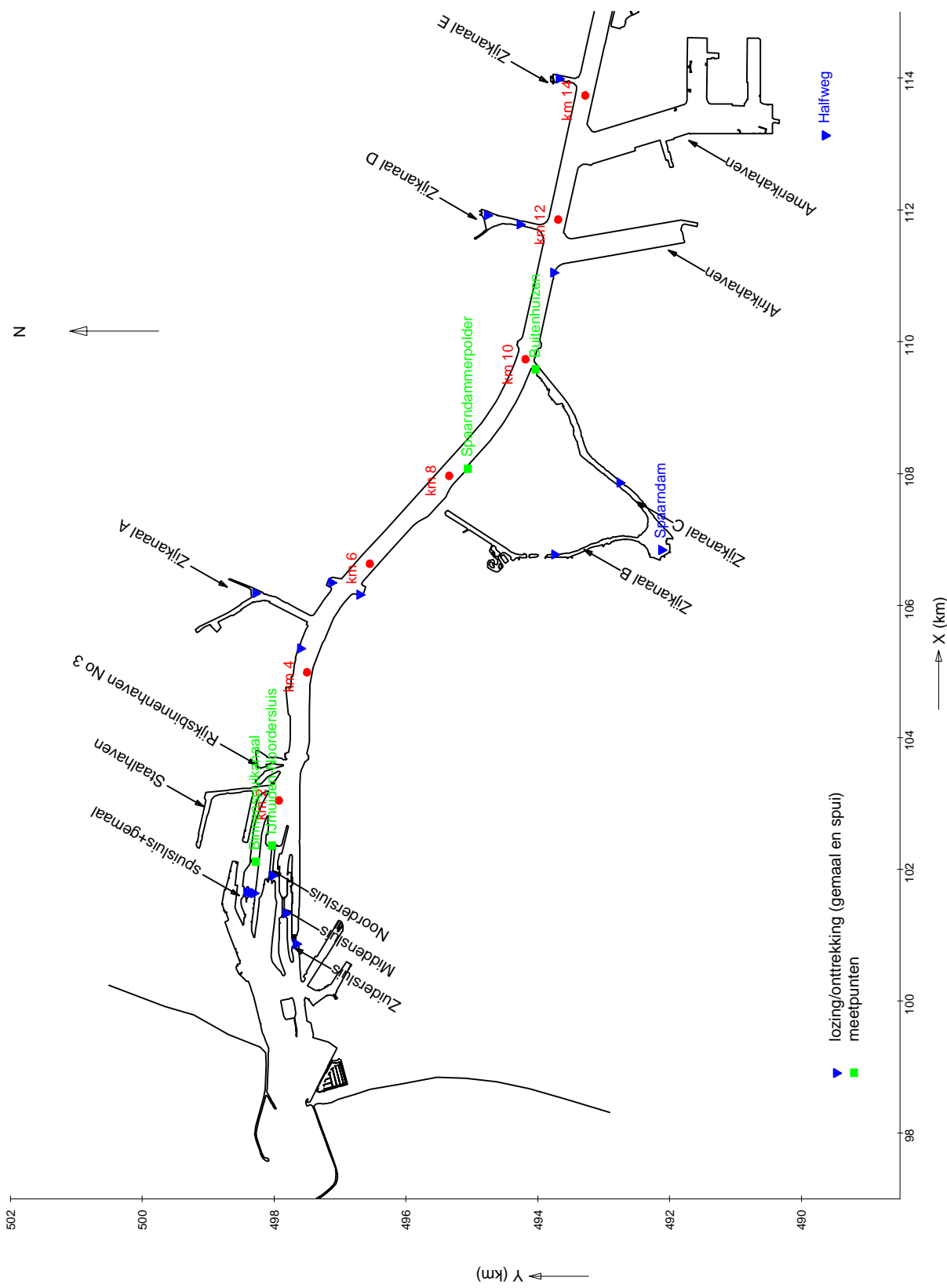
Handelsregister 9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veeleenvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.



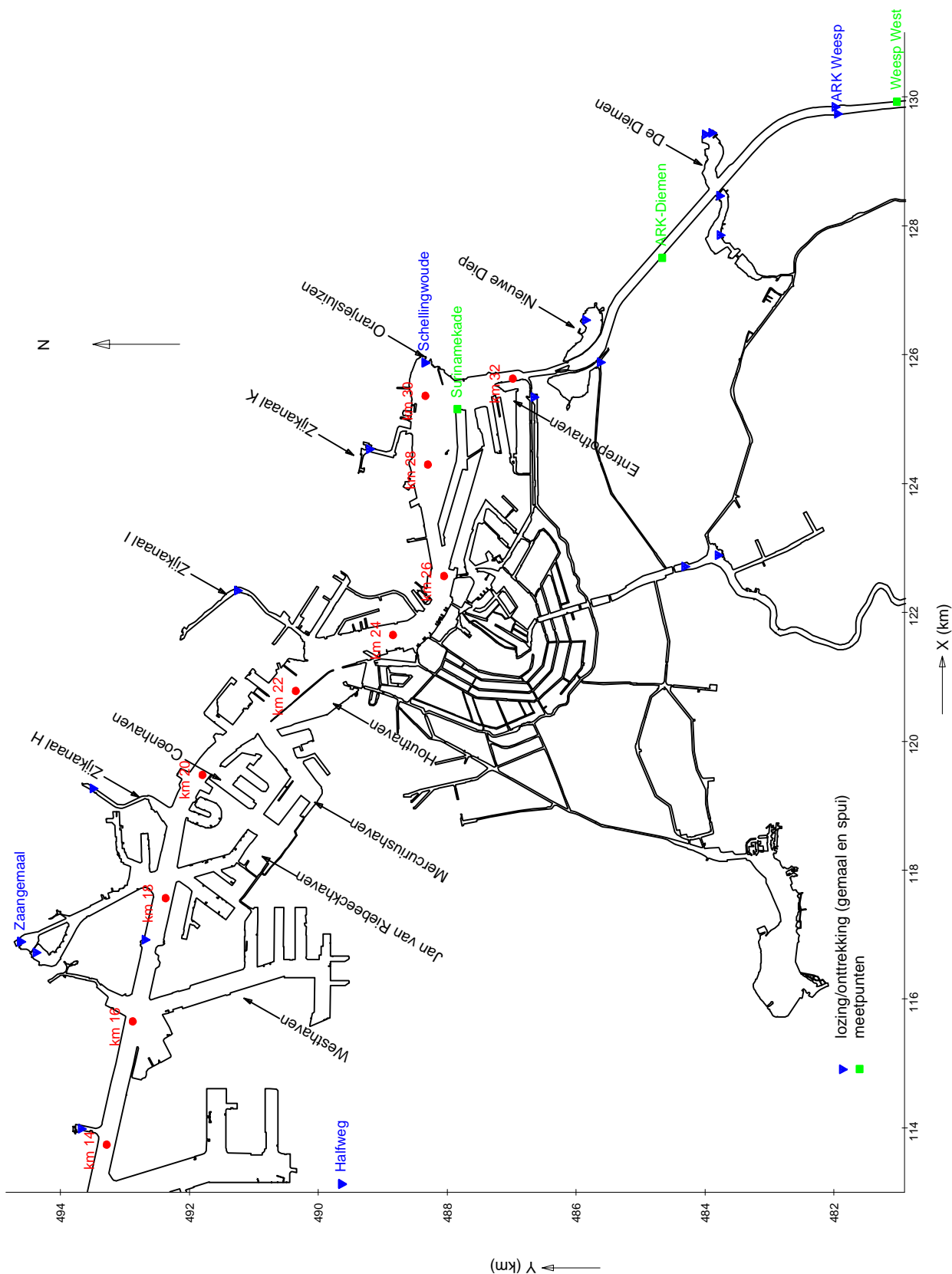
Schematisatie NZK-model  
Rekenrooster - gehele NZK-model

schaal 1:150.000



Schematisatie NZK-model  
 Overzicht projectgebied - westelijk deel  
 Ligging lozingen/onttrekkingen (gemaal en spui) en meetpunten

schaal 1:90.000

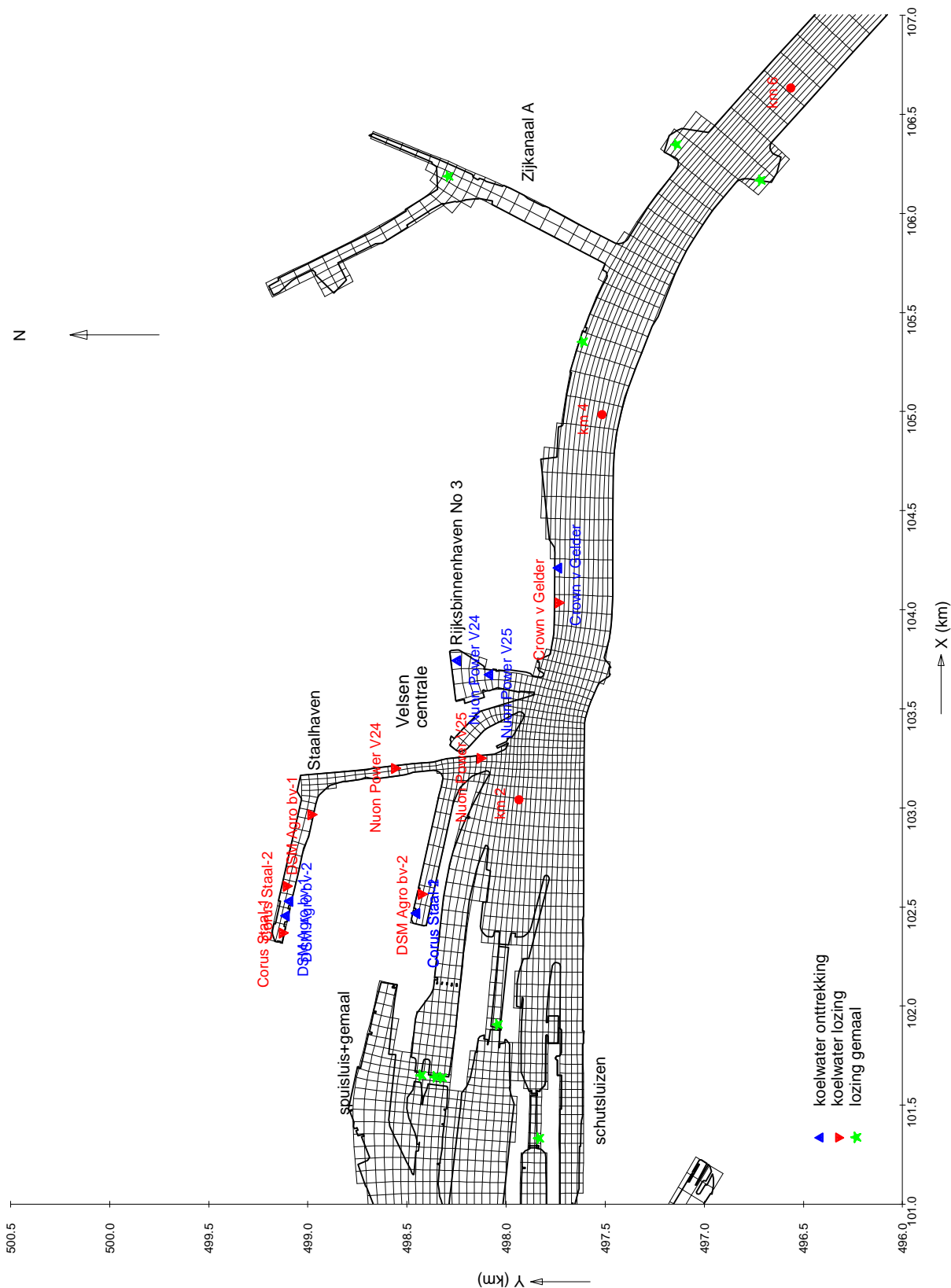


Schematisatie NZK-model

Overzicht projectgebied - oostelijk deel

Ligging lozingen/onttrekkingen (gemaal en spui) en meetpunten

schaal 1:90.000

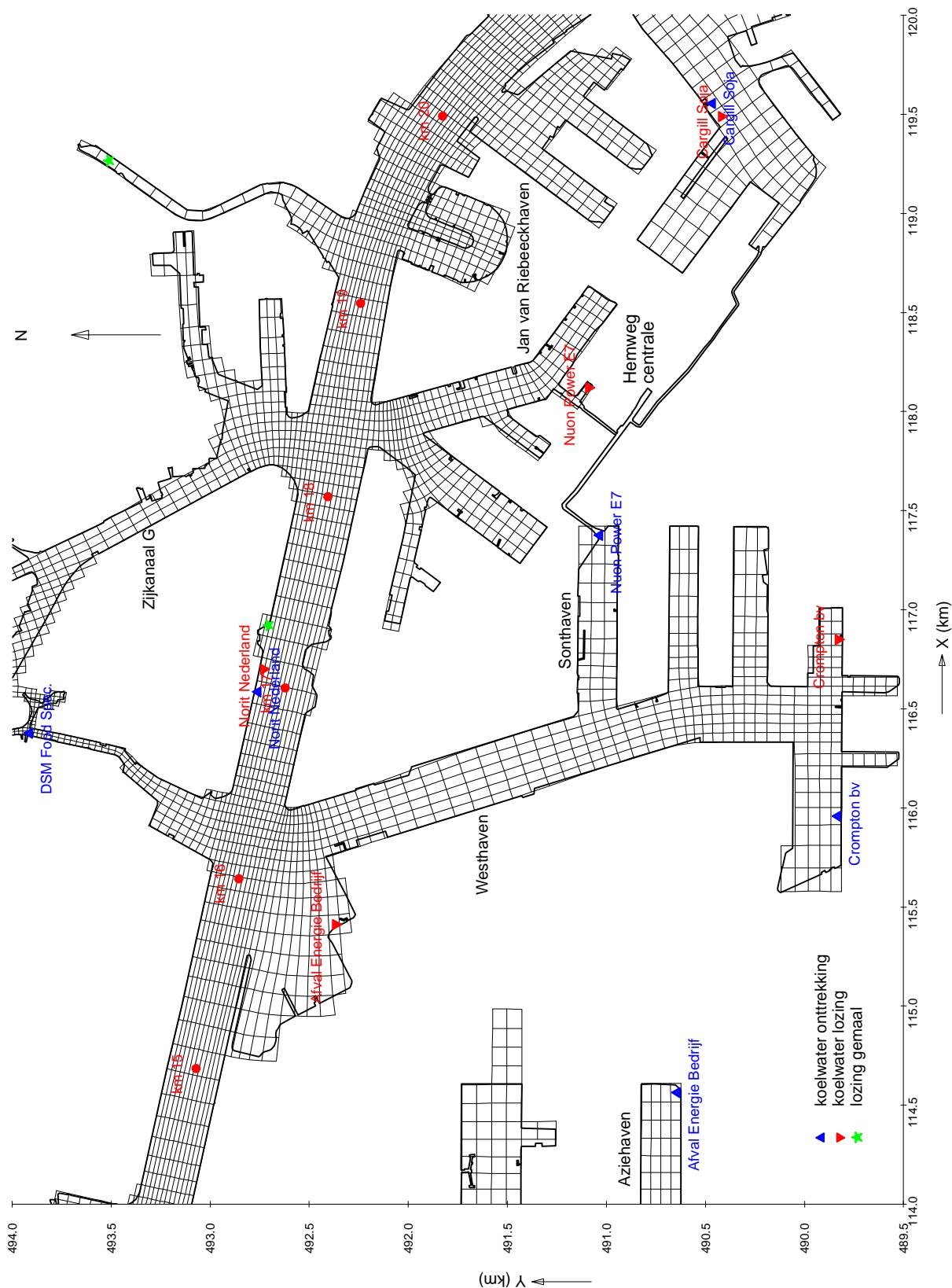


Schematisatie NZK-model

Overzicht projectgebied - omgeving Nuon Velsen

Ligging lozingen en onttrekkingen (koelwater)

schaal 1:30.000

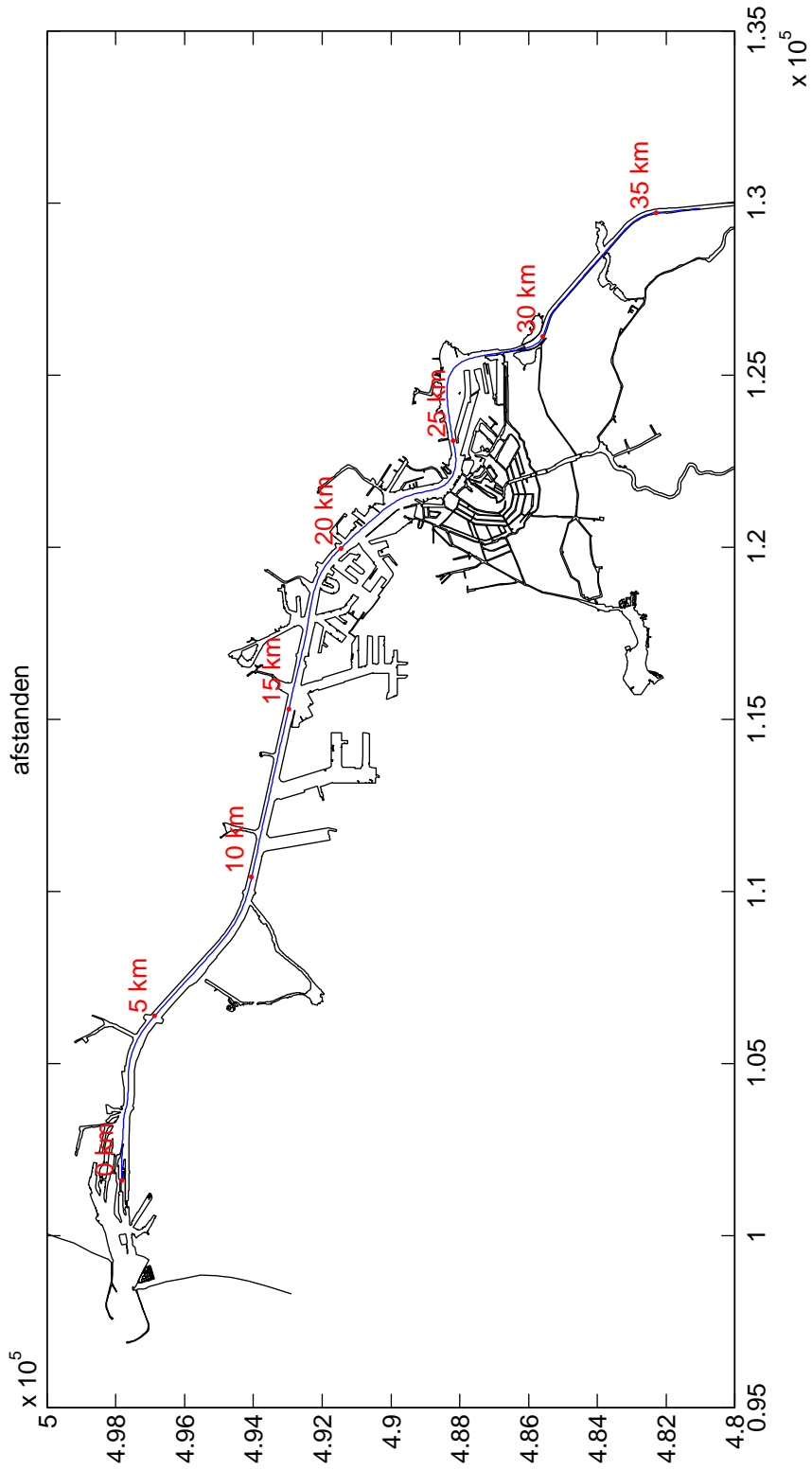


Schematisatie NZK-model

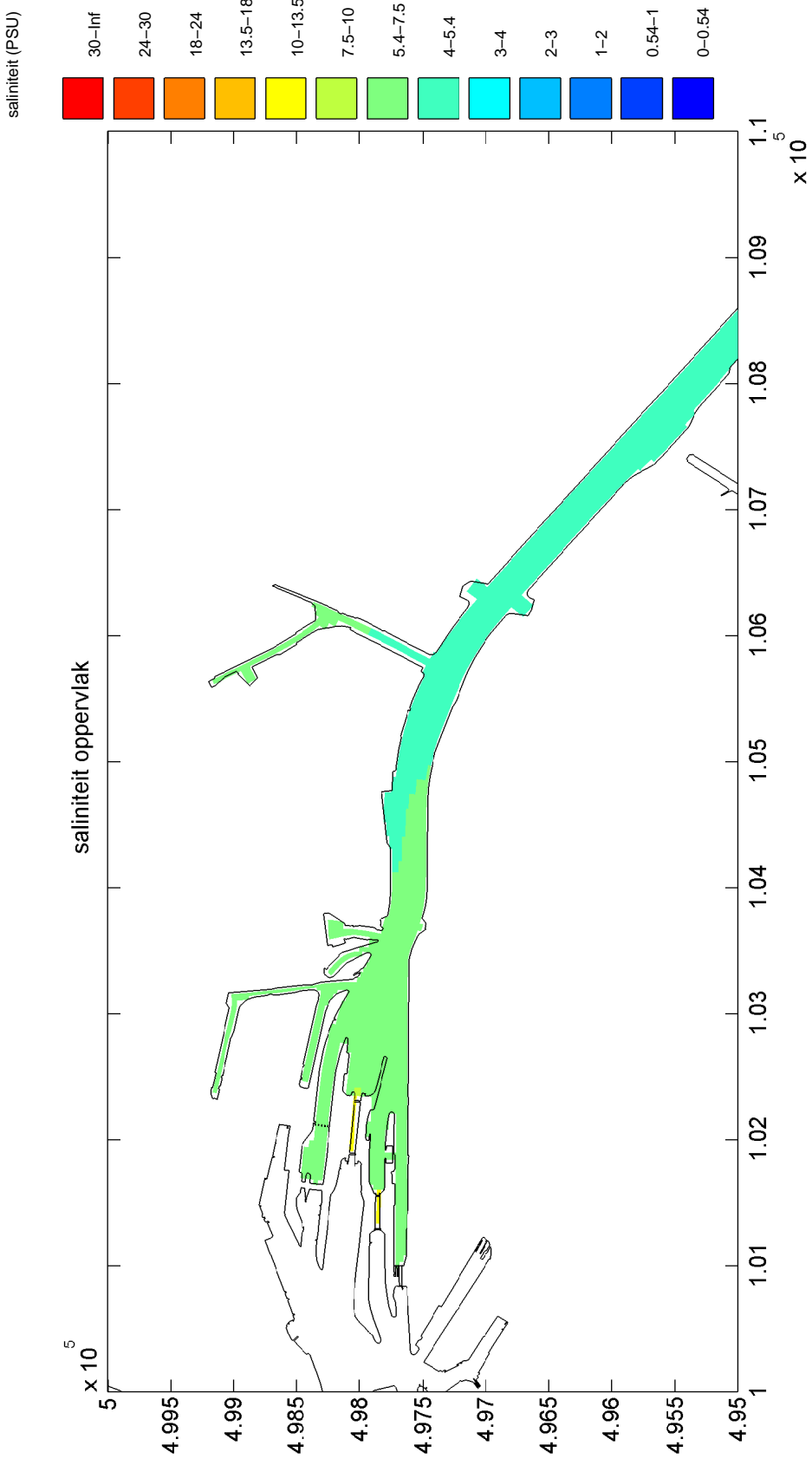
Overzicht projectgebied - omgeving Nuon Hemweg

Ligging lozingen en onttrekkingen (koelwater)

schaal 1:30.000



De langsdoorsnede van het Noordzeekanaal en de afstanden in km's



Oppervlakte saliniteit  
huidige situatie 2008

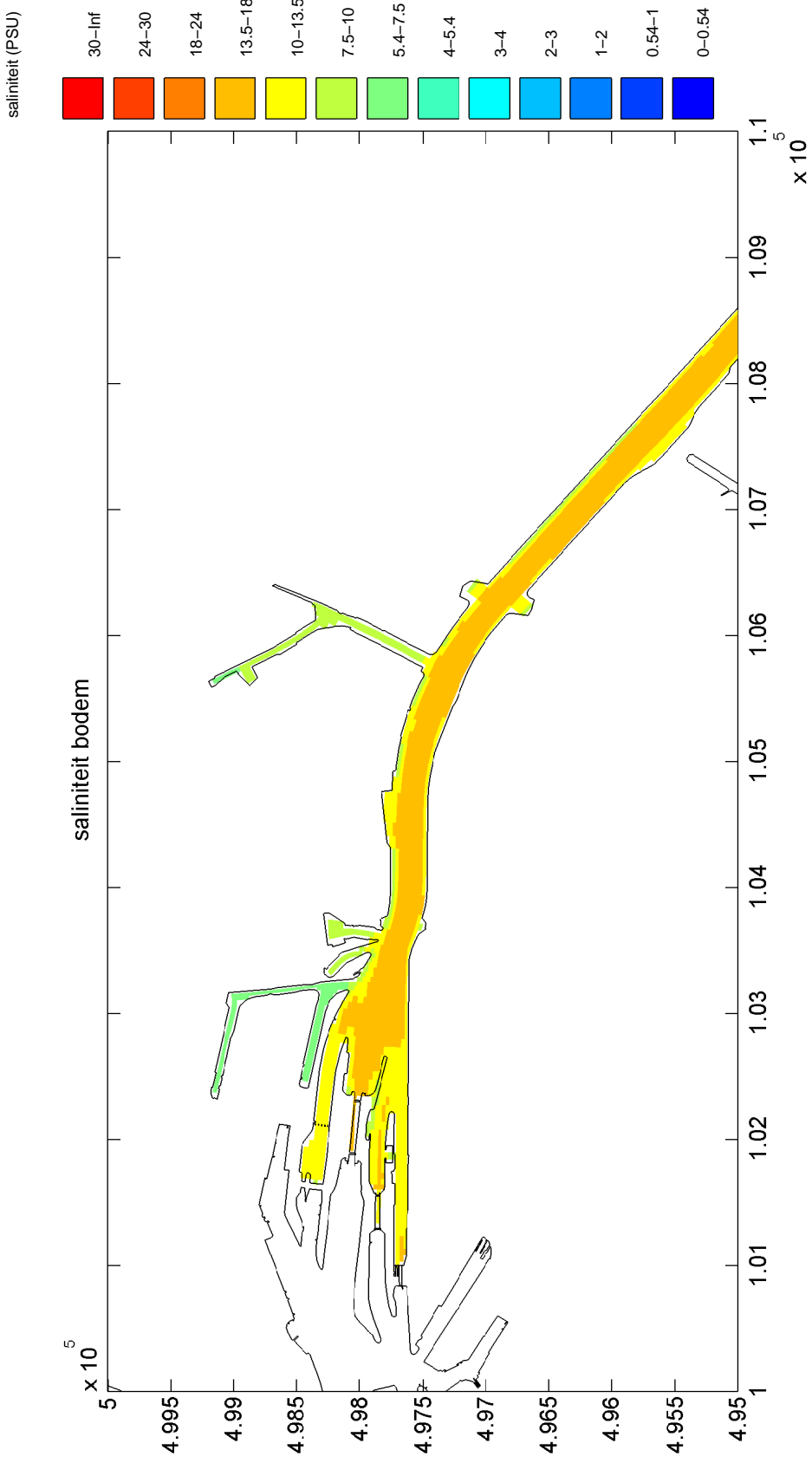
sc4-2008

Zoutindringingsonderzoek nieuwe schutsluis IJmuiden

A2769

Fig. 4.2





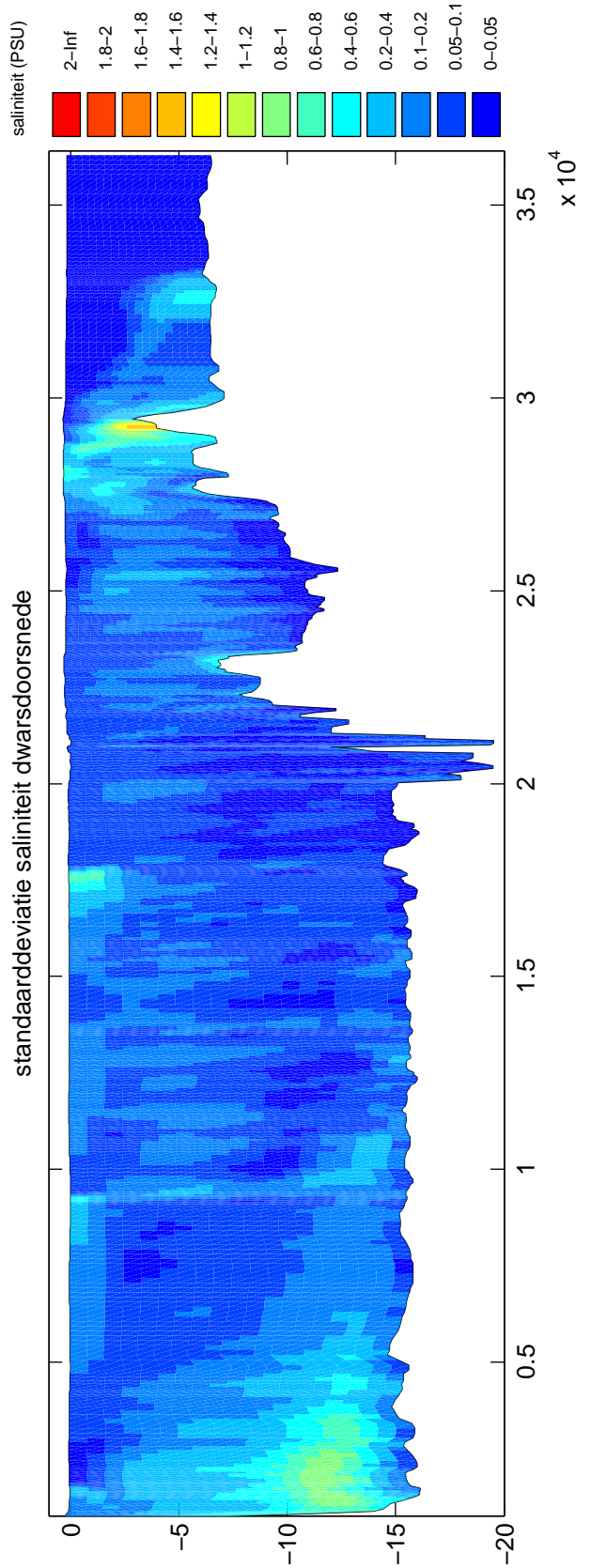
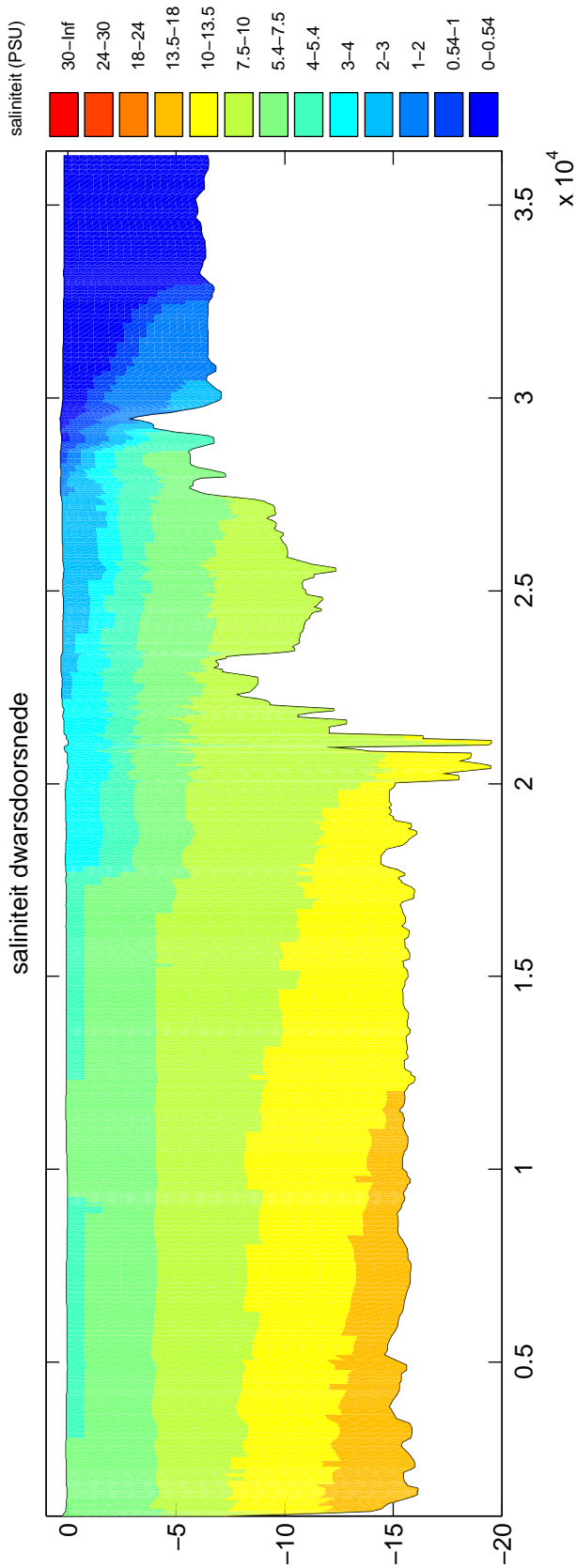
Bodem saliniteit  
 huidige situatie 2008

sc4-2008

Zoutindringingsonderzoek nieuwe schutsluis IJmuiden

A2769

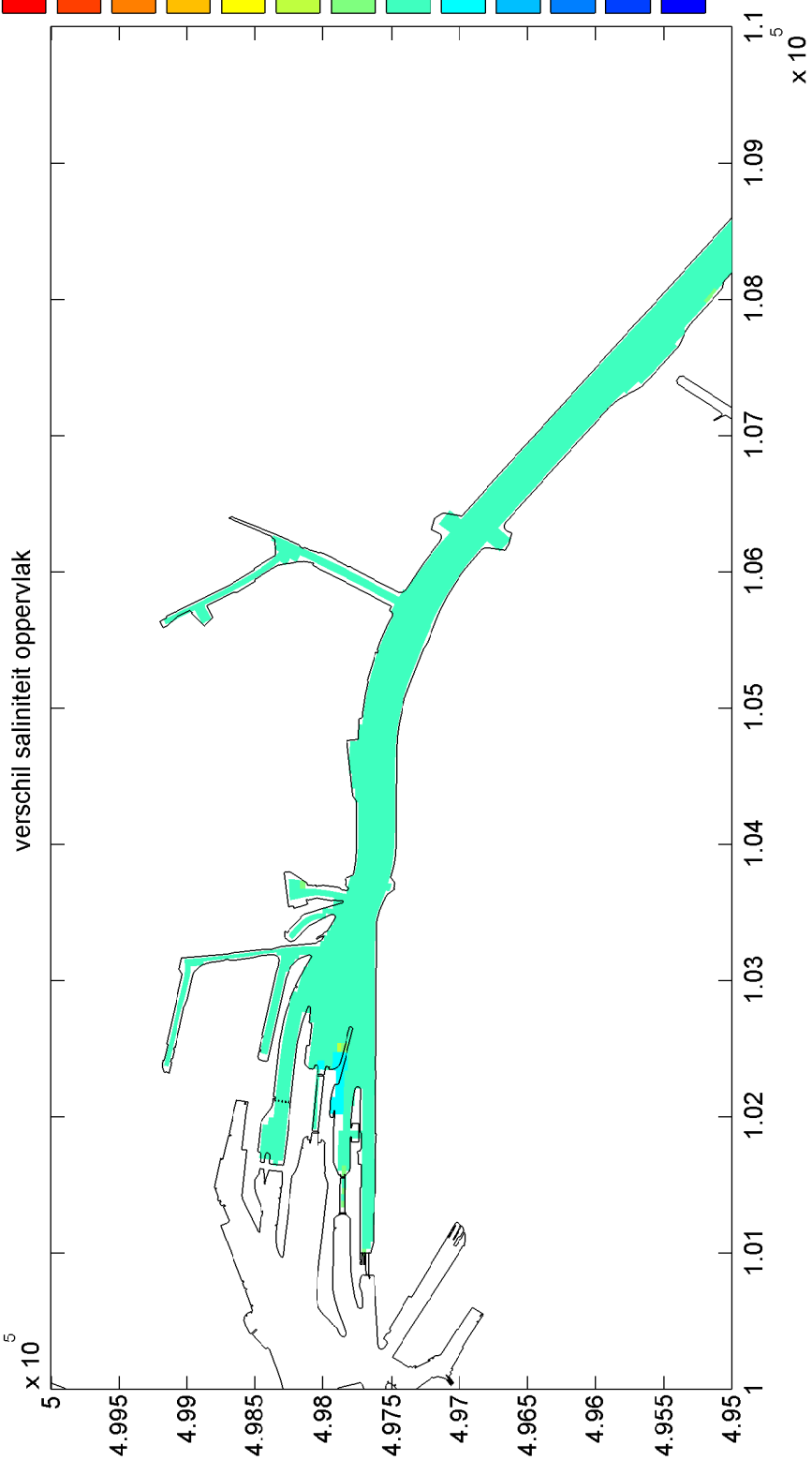
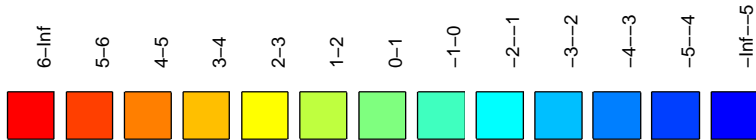
Fig. 4.3



Langsdoorsnede saliniteit en standaarddeviatie in het Noordzeekanaal huidige situatie 2008

sc4-2008

verschil (PSU)



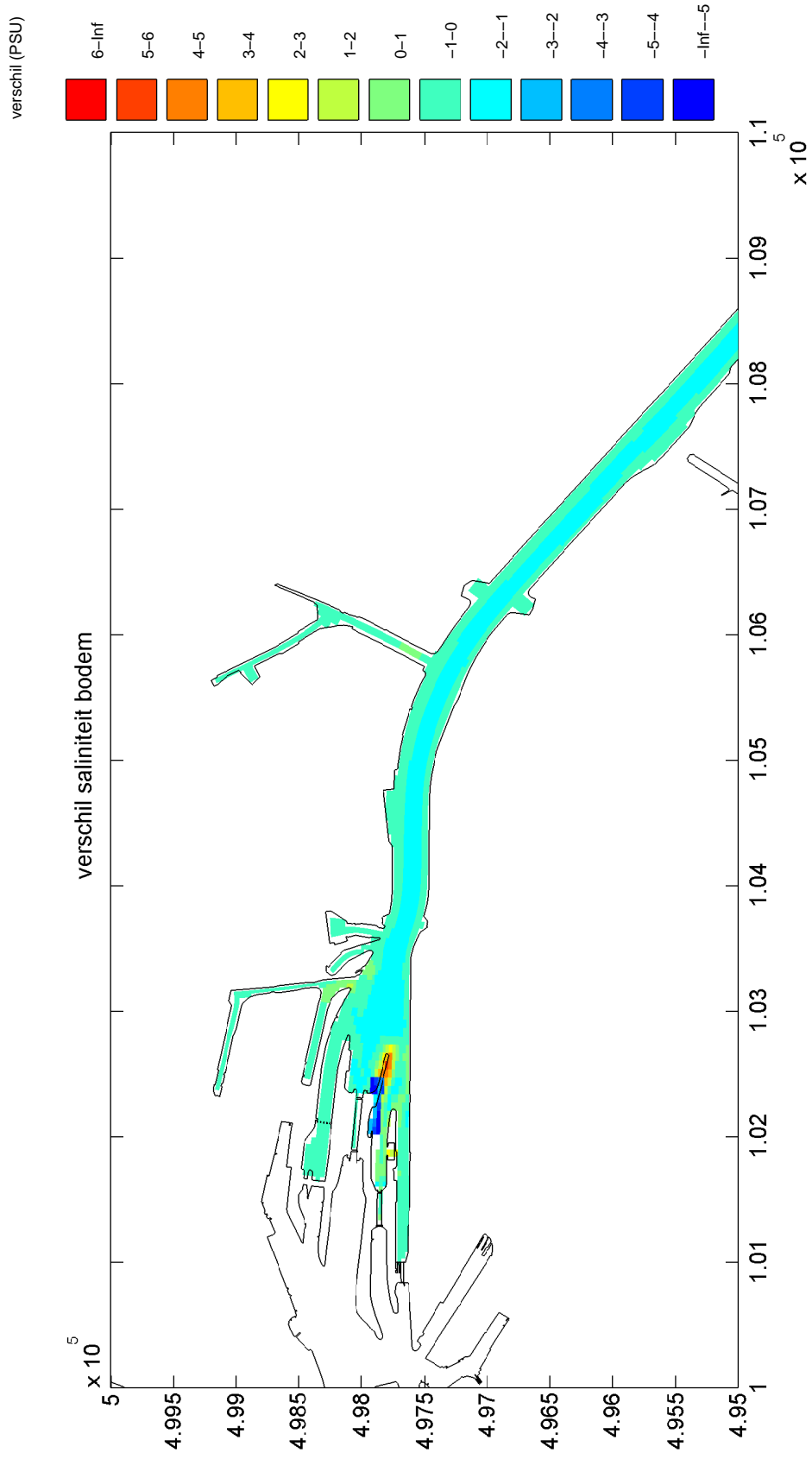
Oppervlakte saliniteit  
verschil 95 MTA, sluis nulalternatief t.o.v. huidige situatie 2008

sc4-2008/sc4-sluis\_nulalt

Zoutindringingsonderzoek nieuwe schutsluis IJmuiden

A2769

Fig. 4.5



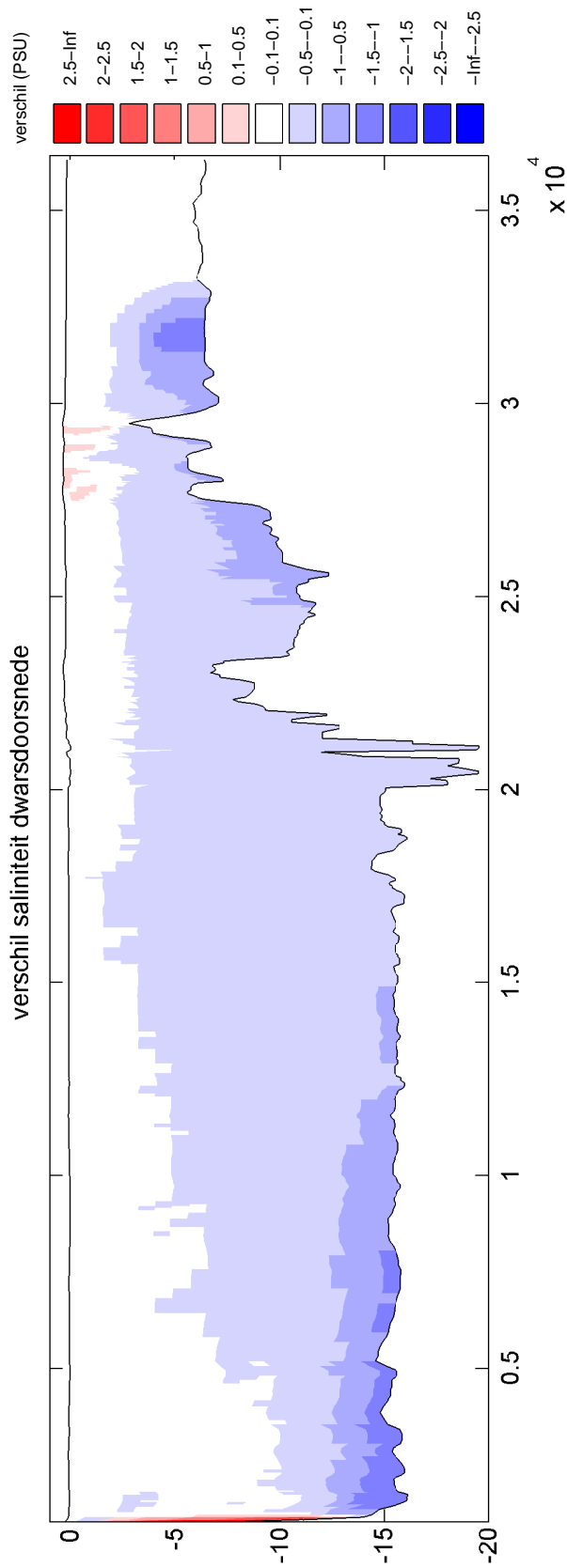
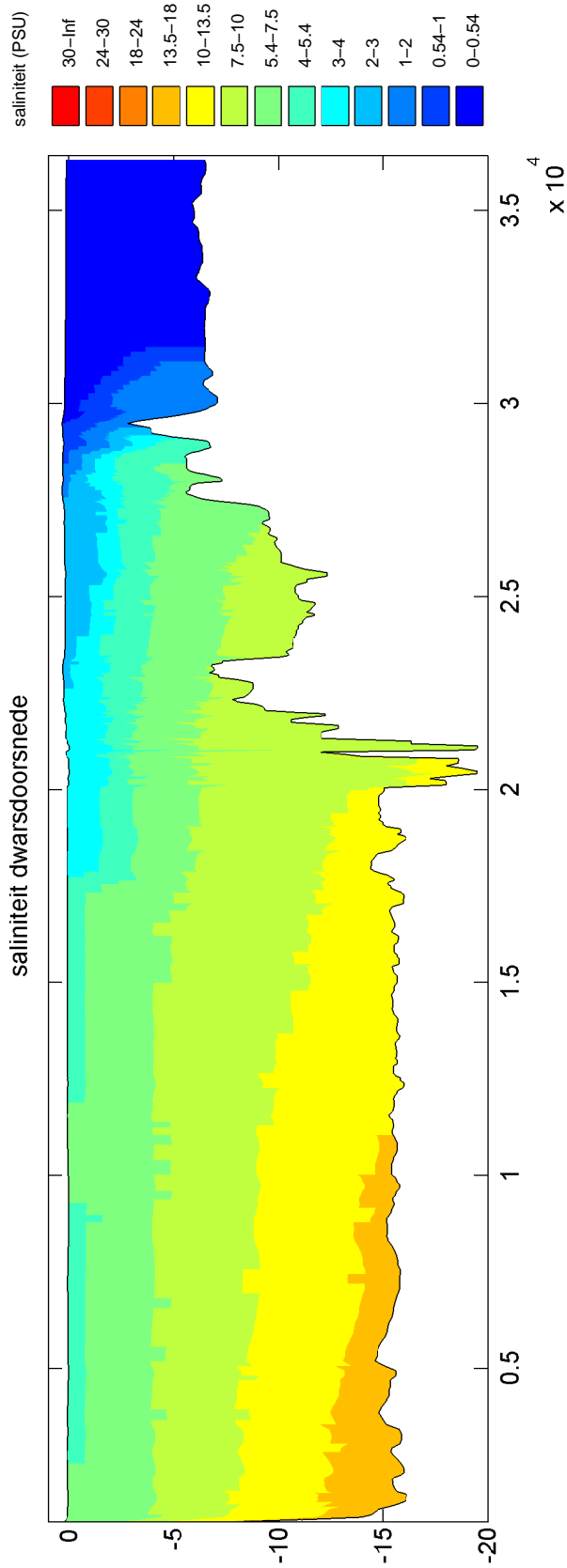
Bodem saliniteit  
verschil 95 MTA, sluis nulalternatief t.o.v. huidige situatie 2008

sc4-2008/sc4-sluis\_nulalt

Zoutindringingsonderzoek nieuwe schutsluis IJmuiden

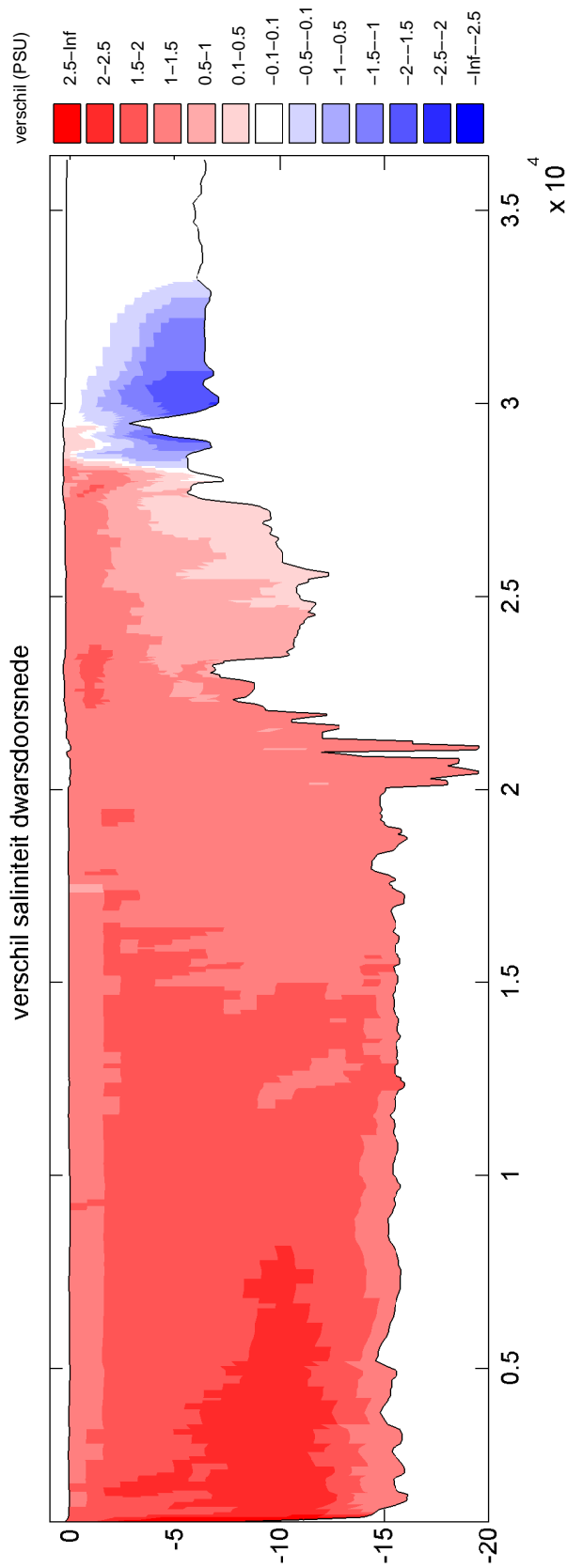
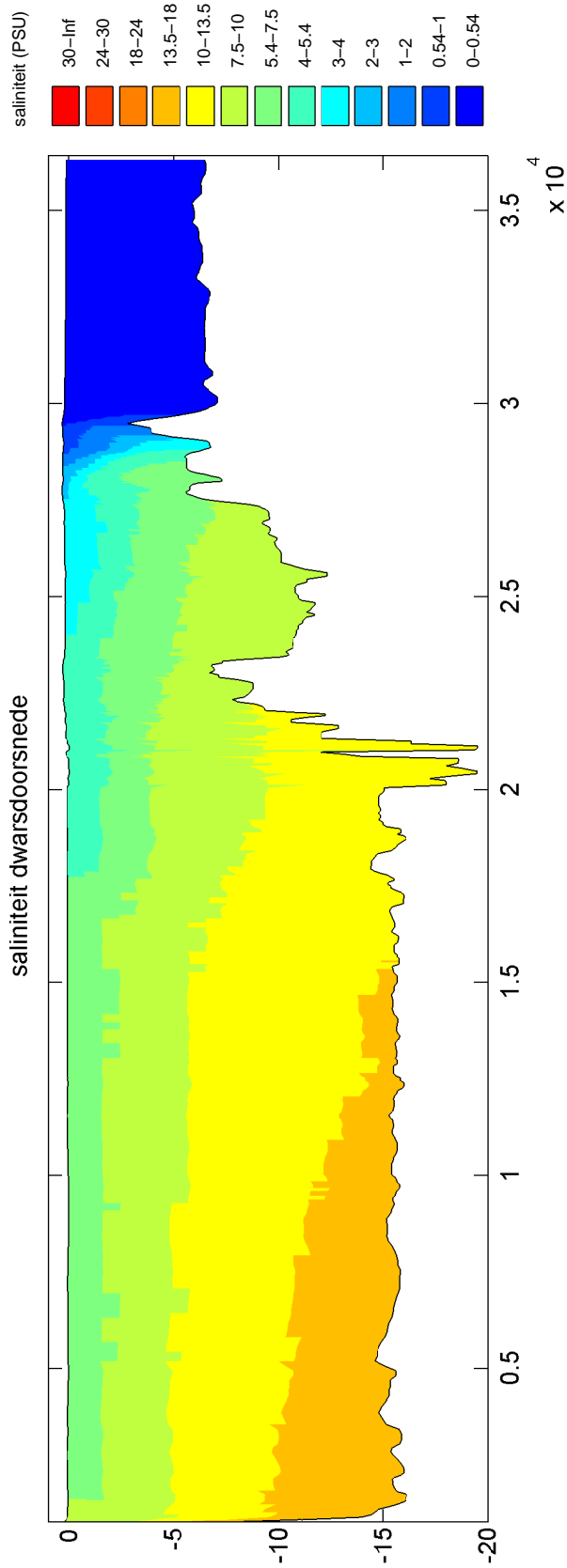
A2769

Fig. 4.6



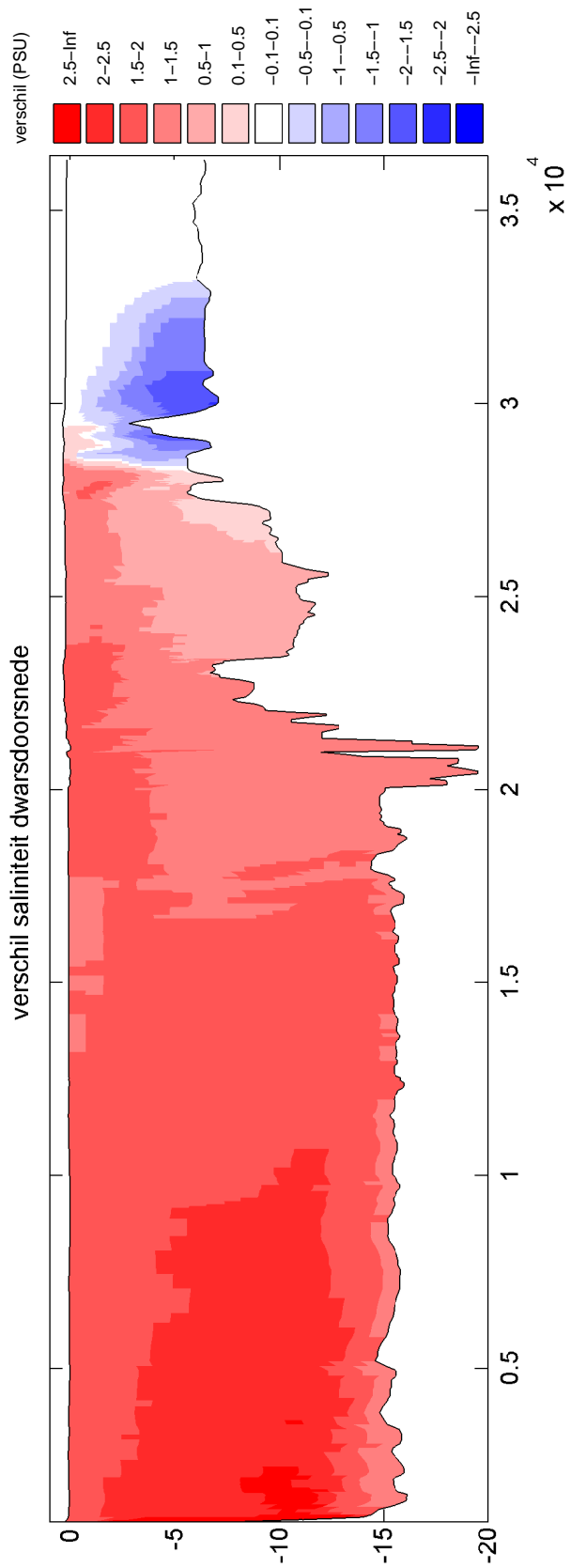
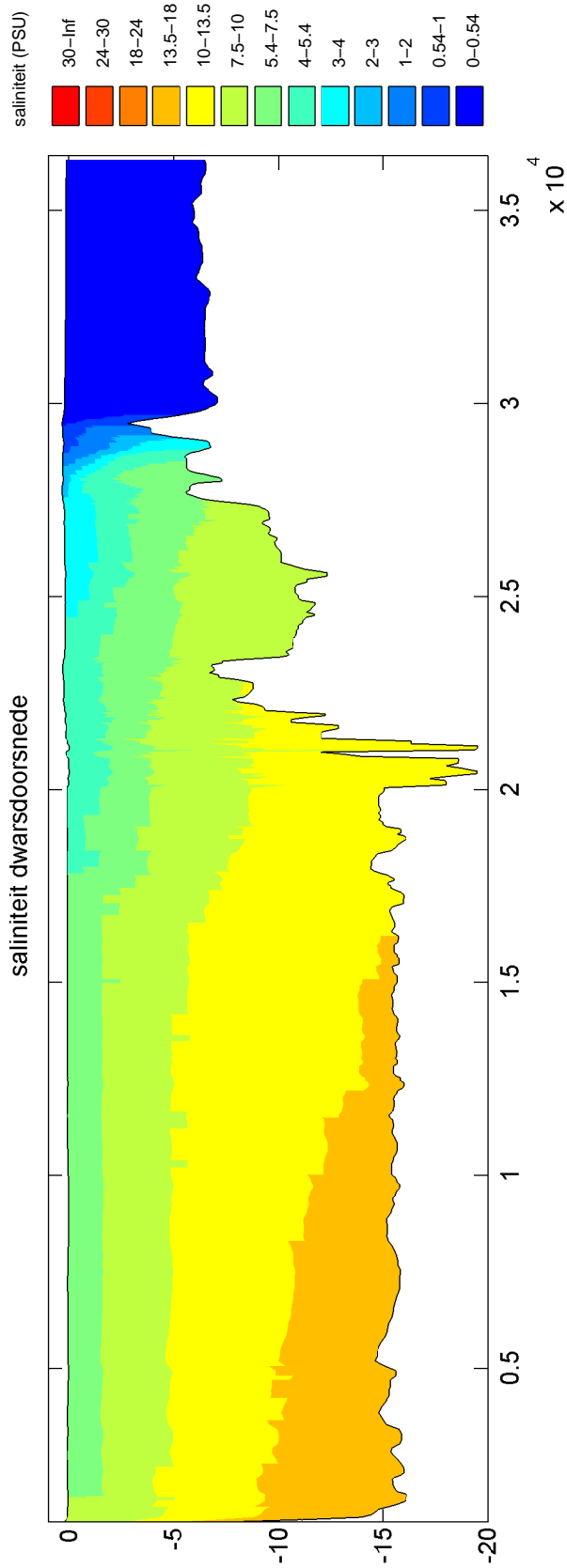
Langdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 95 MTA, sluis nulalternatief t.o.v. huidige situatie 2008

sc4-2008/sc4-sluis\_nulalt



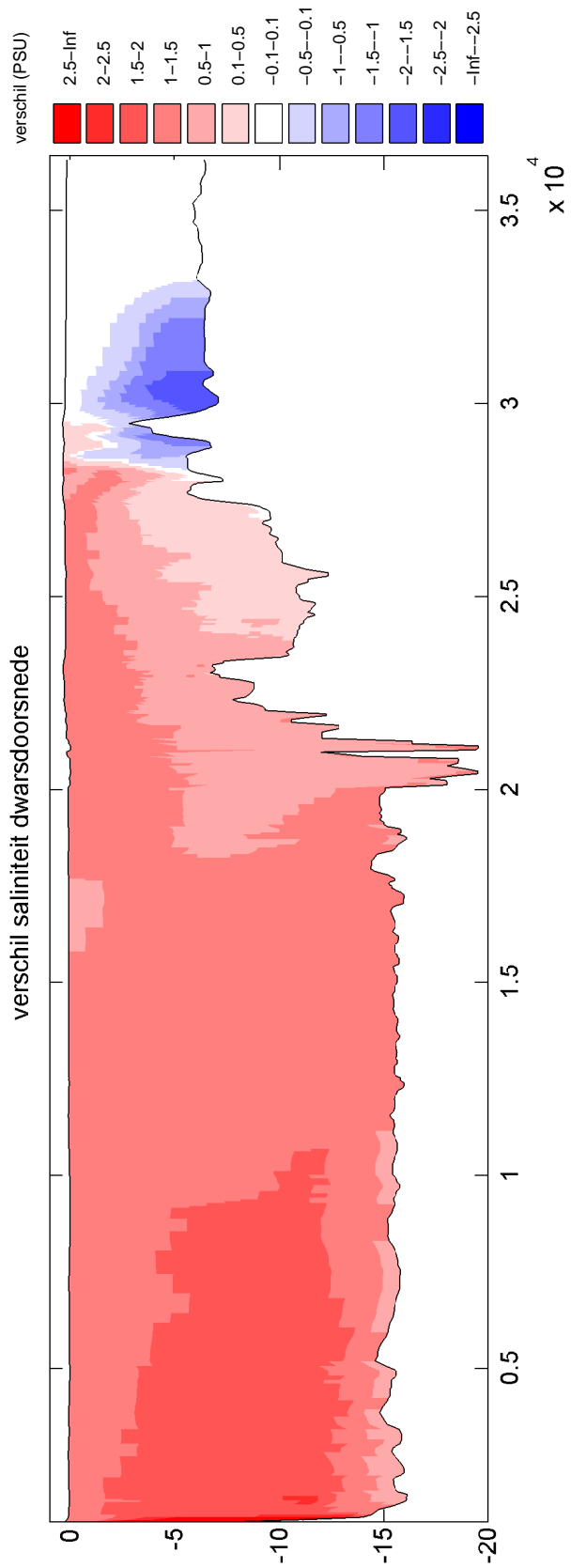
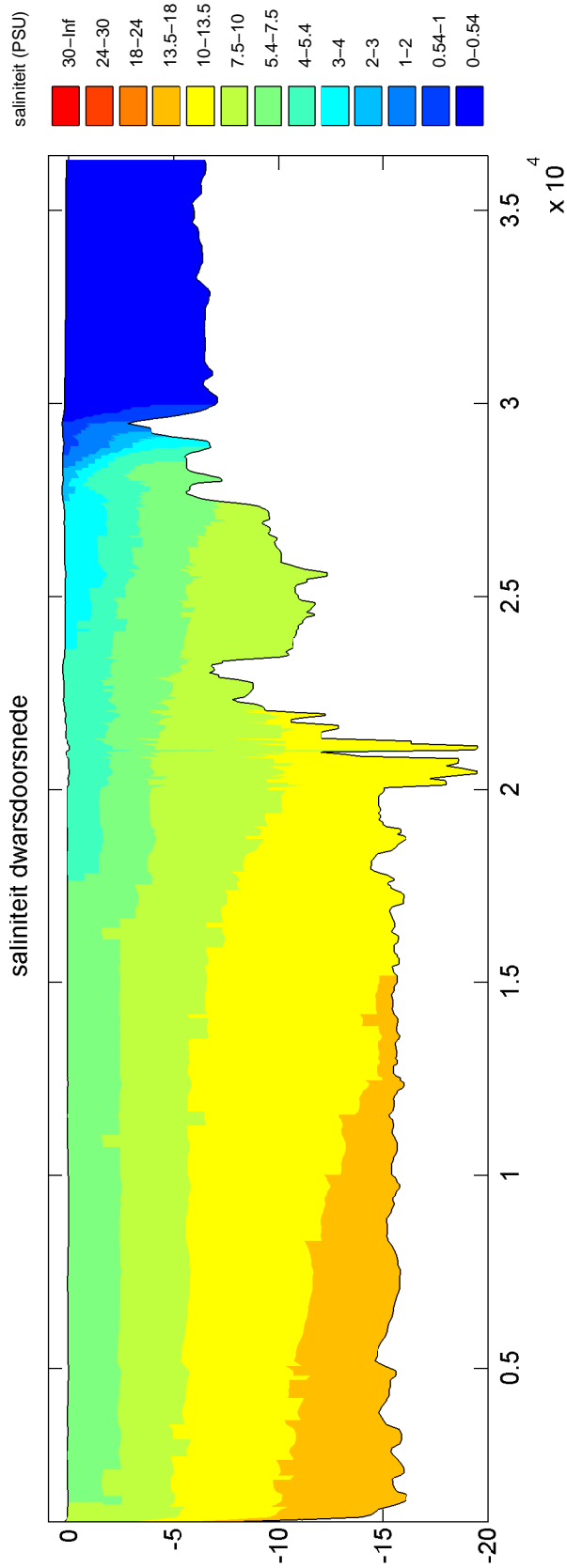
Langdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 125 MTA, sluis variant 1 t.o.v. huidige situatie 2008

sc4-2008/sc4-sluis\_125v1



Langdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 125 MTA, sluis variant 2 t.o.v. huidige situatie 2008

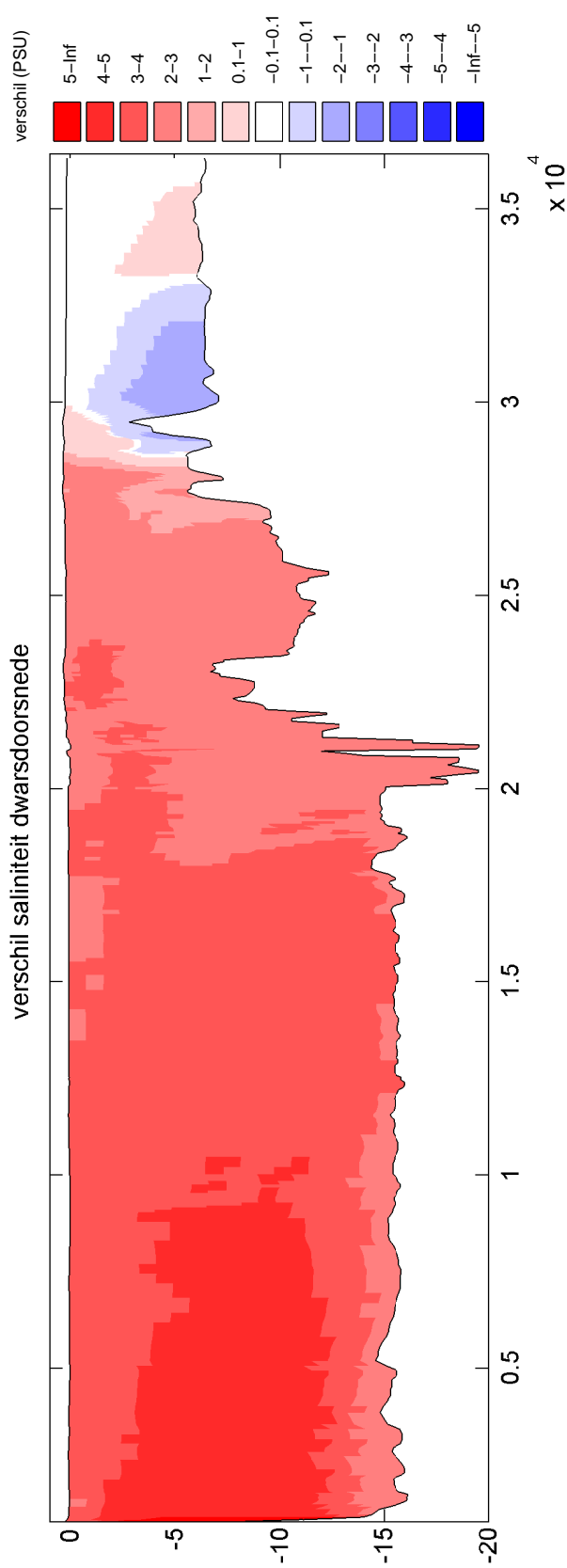
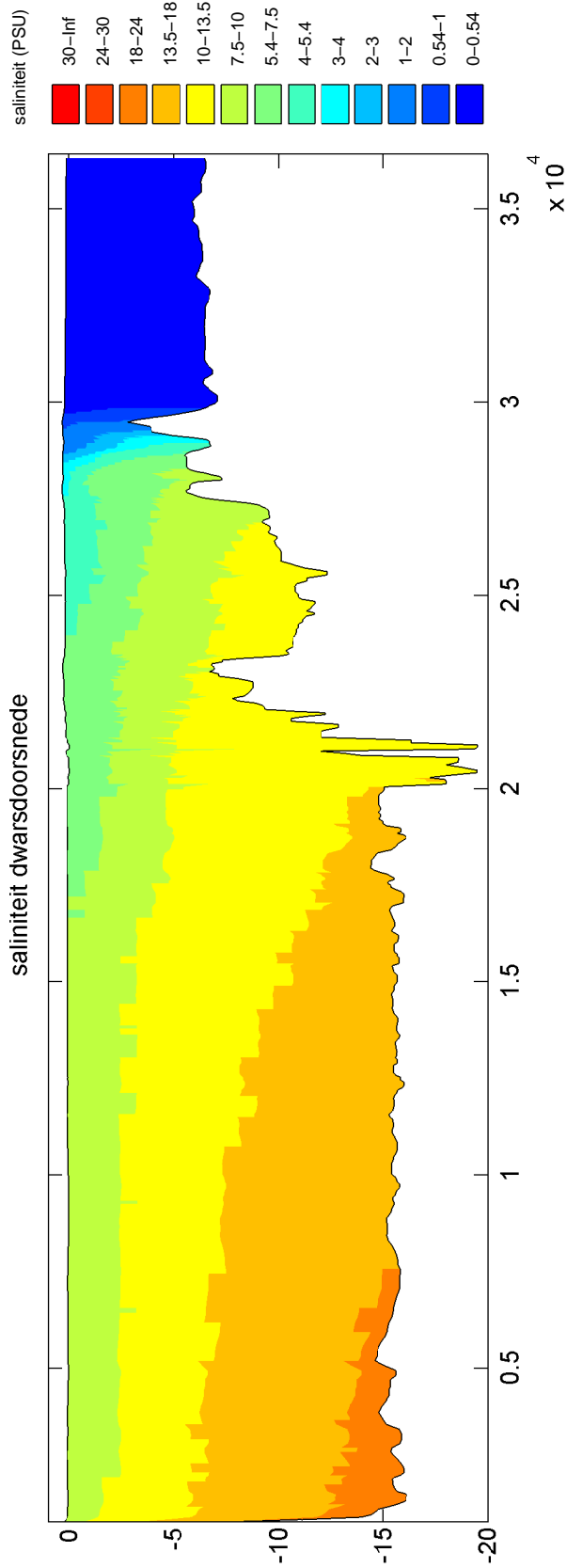
sc4-2008/sc4-sluis\_125v2



Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 125 MTA, sluis variant 3 t.o.v. huidige situatie 2008

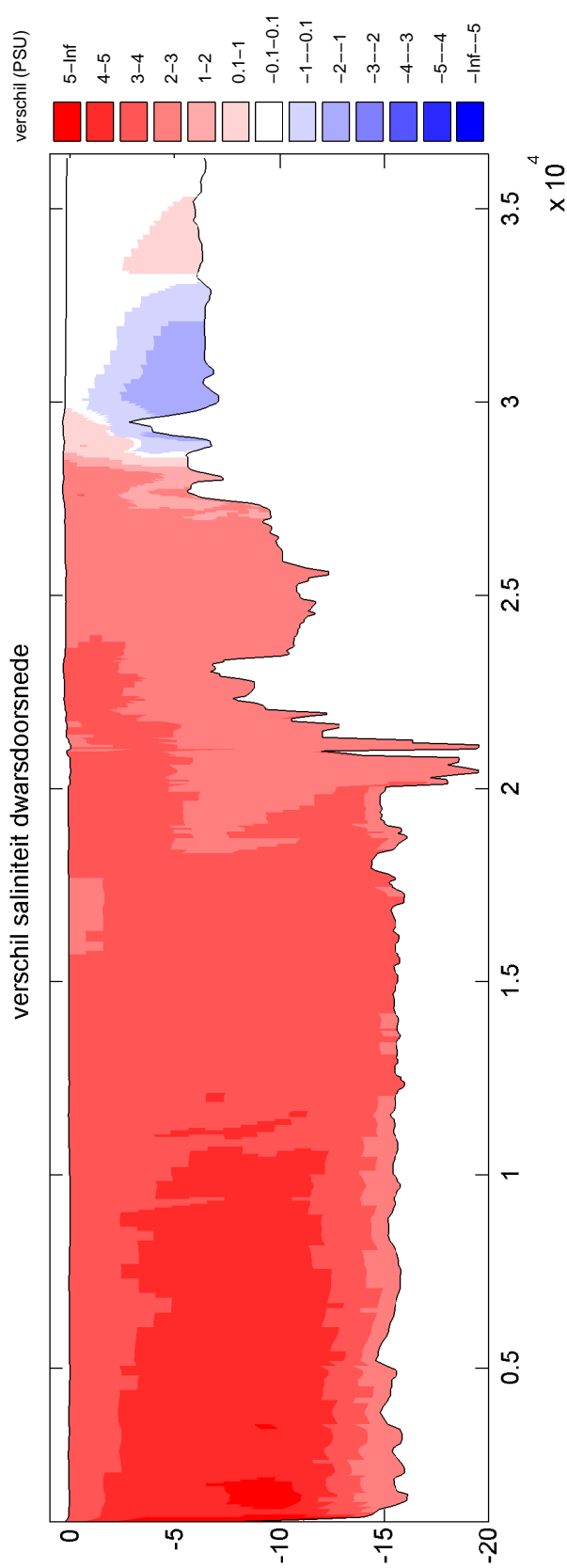
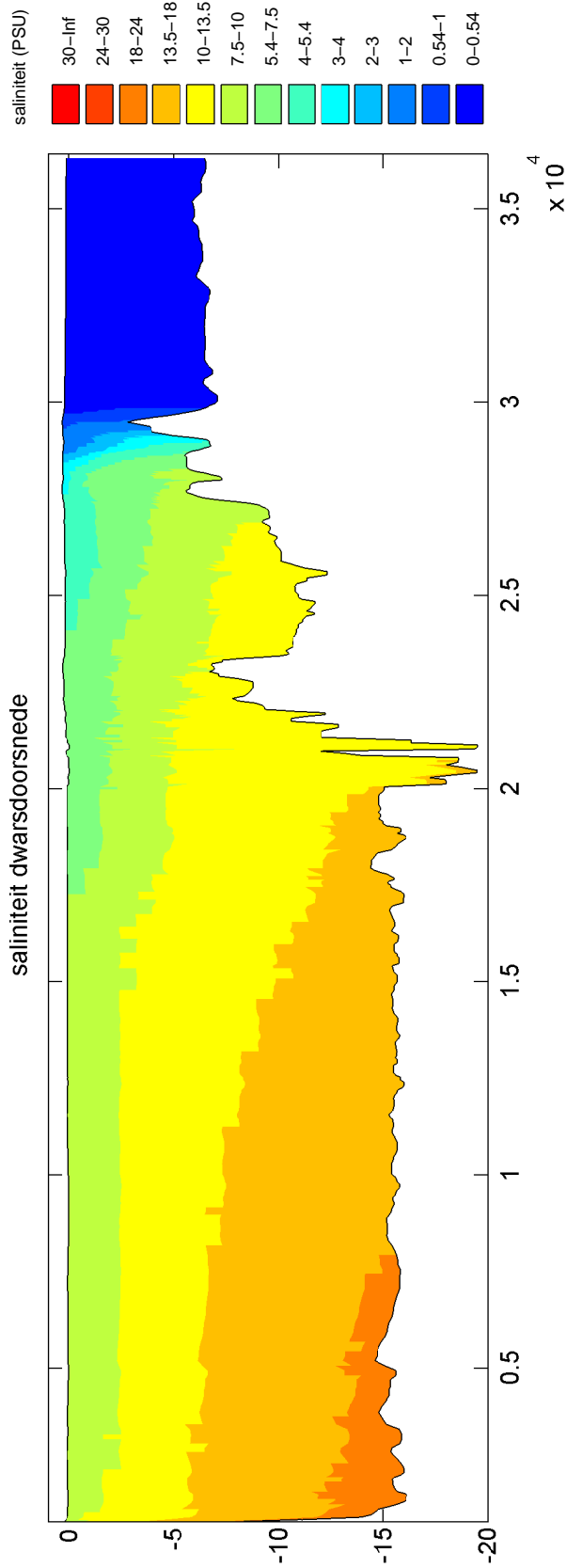
sc4-2008/sc4-sluis\_125v3





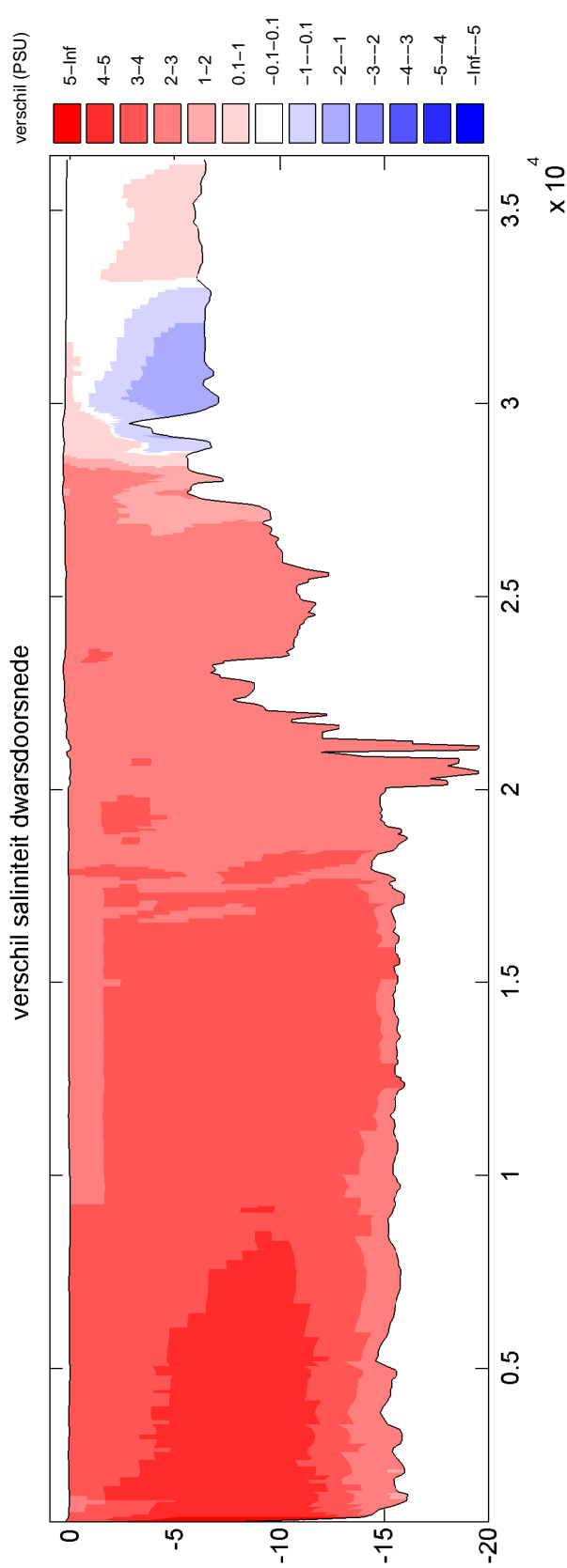
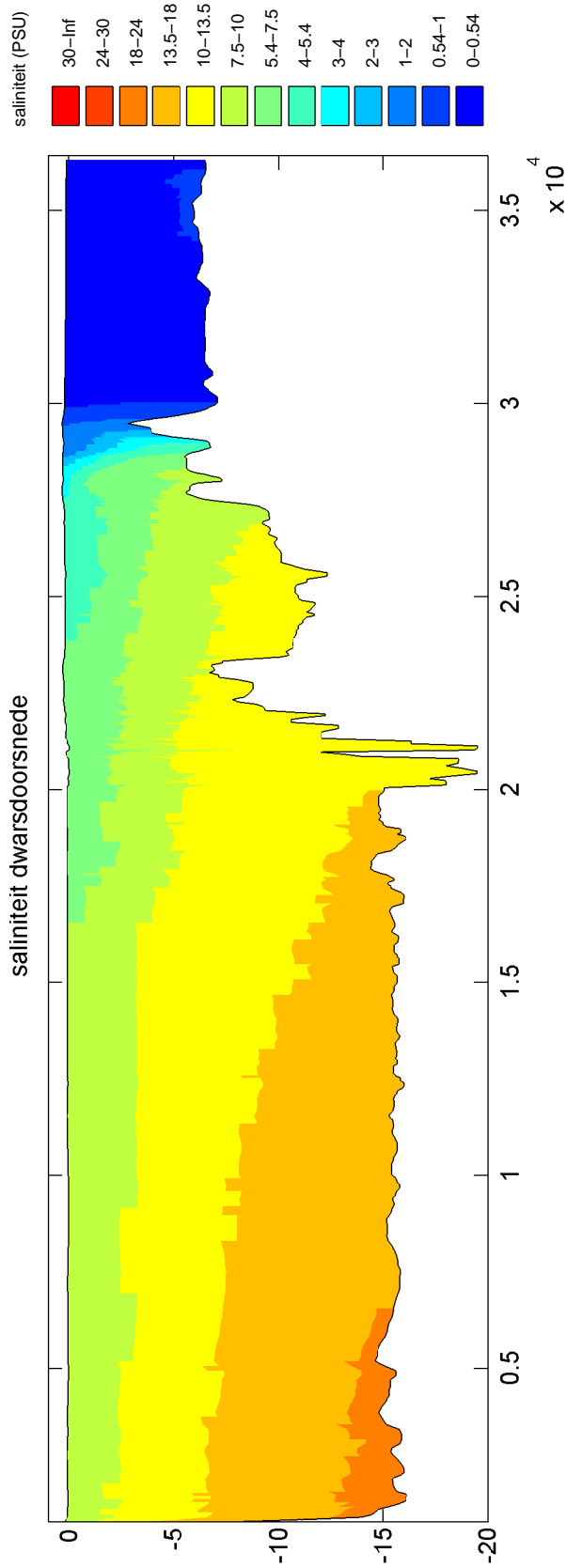
Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 140 MTA, sluis variant 1 t.o.v. huidige situatie 2008

sc4-2008/sc4-sluis\_140v1



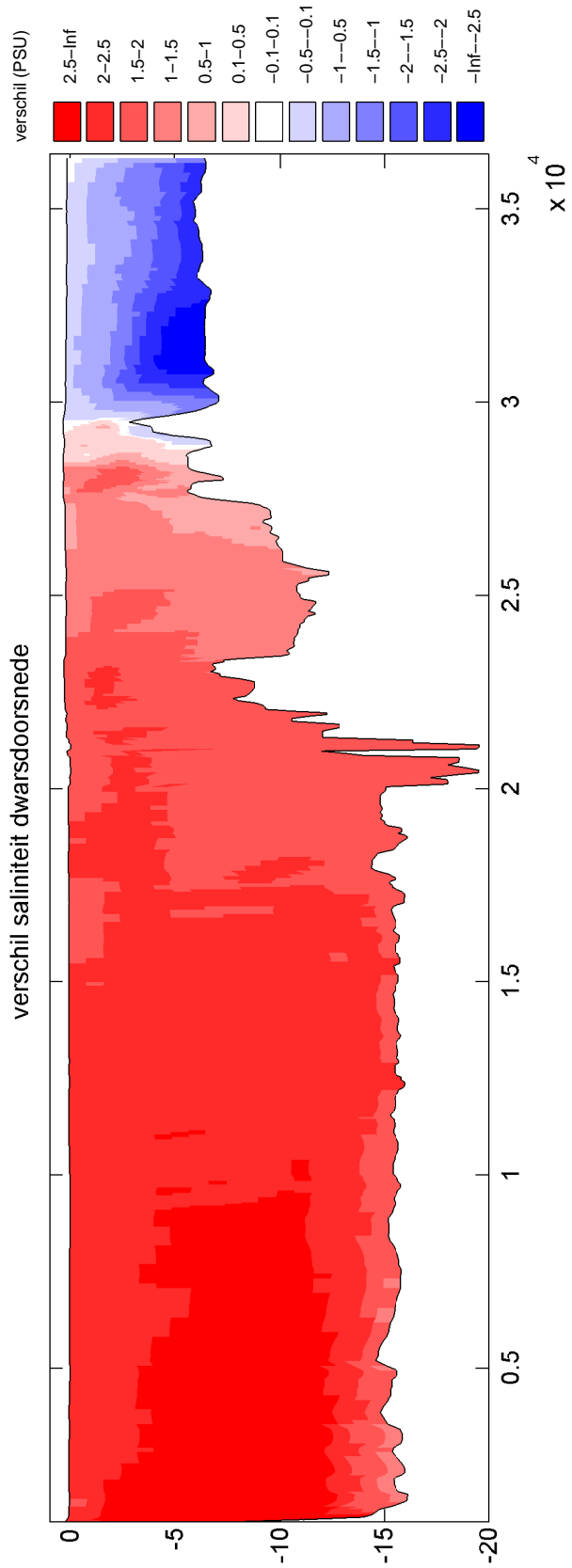
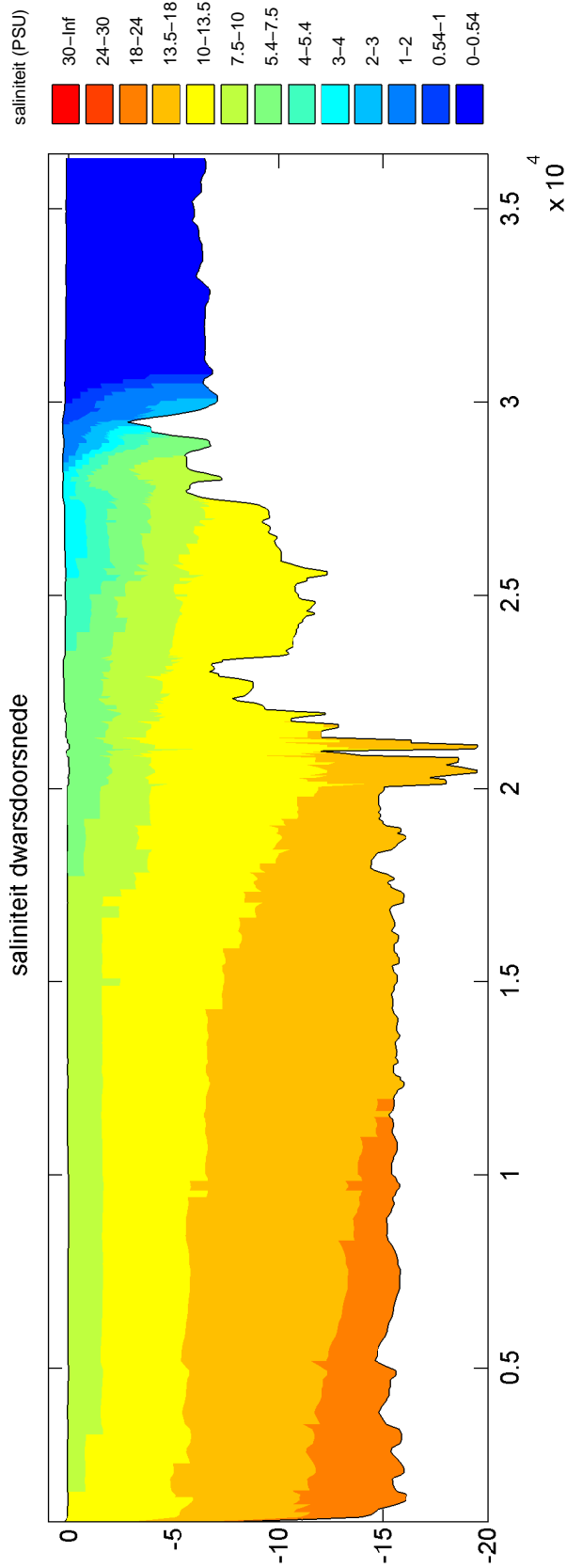
Langdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 140 MTA, sluis variant 2 t.o.v. huidige situatie 2008

sc4-2008/sc4-sluis\_140v2



Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 140 MTA, sluis variant 3 t.o.v. huidige situatie 2008

sc4-2008/sc4-sluis\_140v3



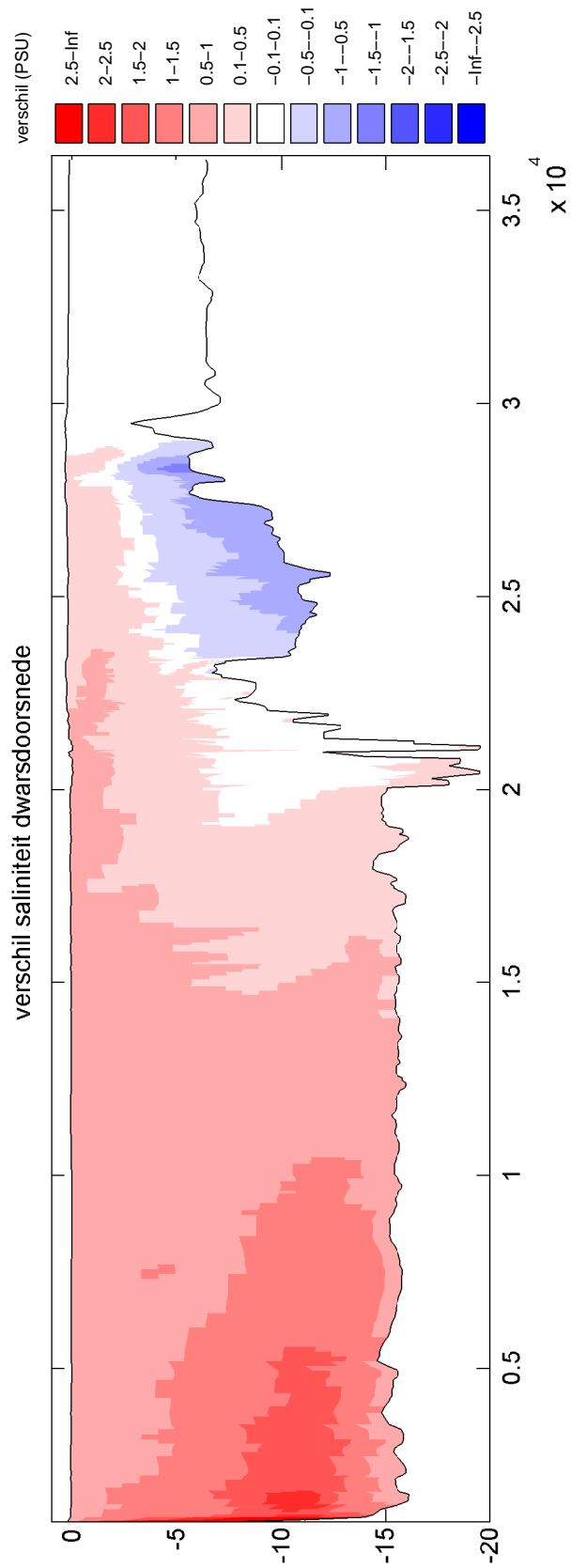
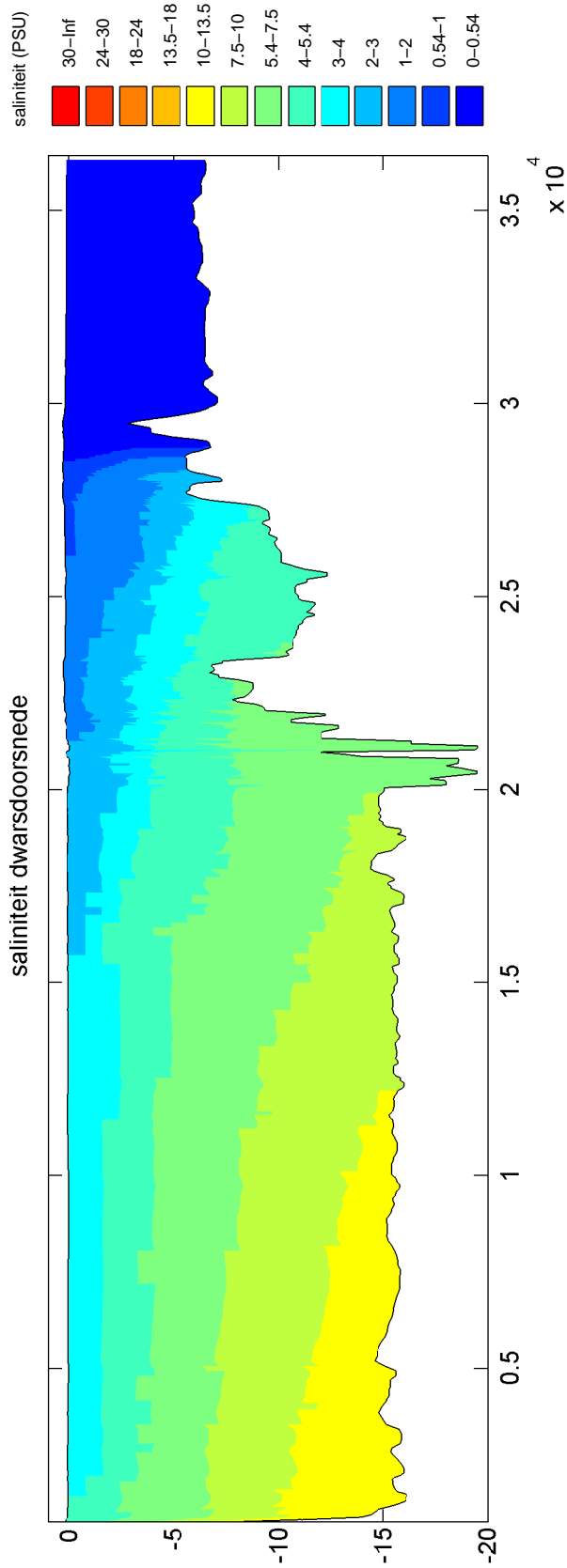
Langdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 125 MTA, 2% droog scenario t.o.v. huidige 2008, 2% droog scenario

sc2-2008/sc2-sluis\_125v2

Zoutindringingsonderzoek nieuwe schutsluis IJmuiden

A2769

Fig. 4.14



Langdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 125 MTA, 2% nat scenario t.o.v. huidige 2008, 2% nat scenario

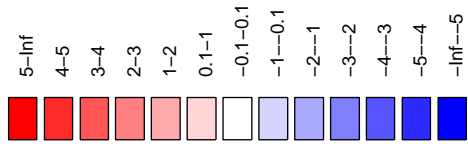
sc6-2008/sc6-sluis\_125v2

Zoutindringingsonderzoek nieuwe schutsluis IJmuiden

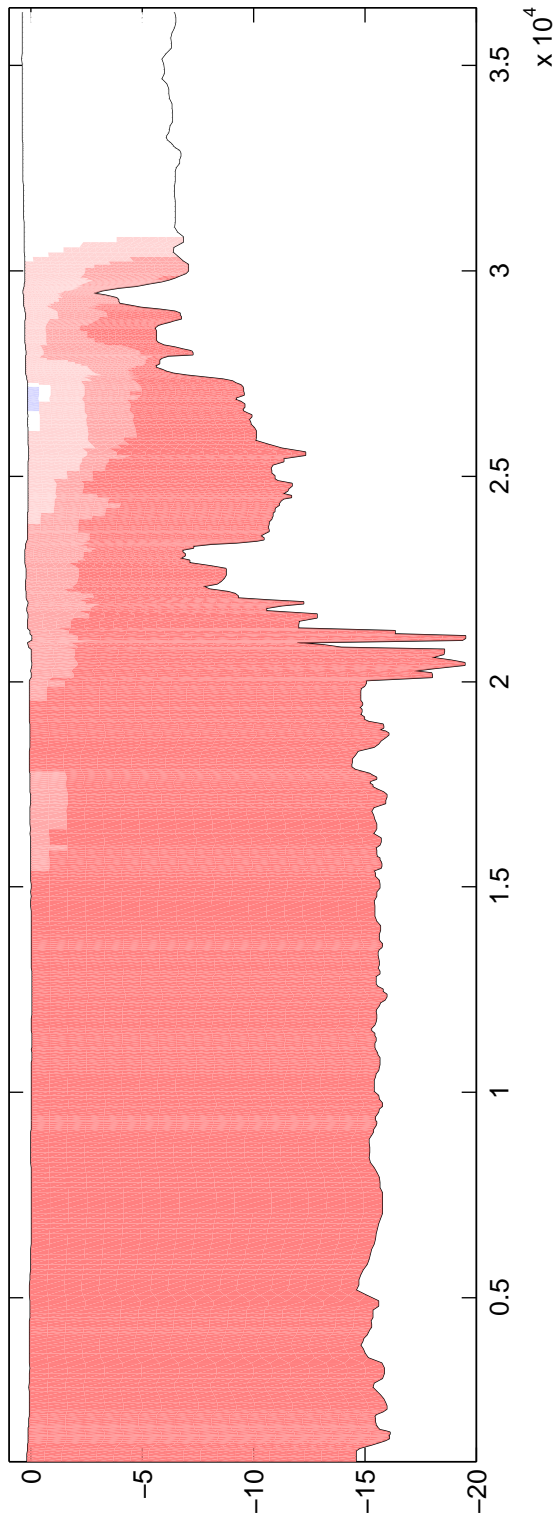
A2769

Fig. 4.15

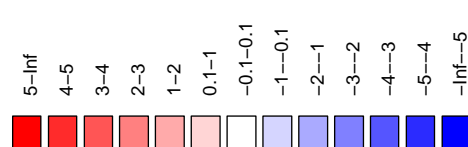
verschil (PSU)



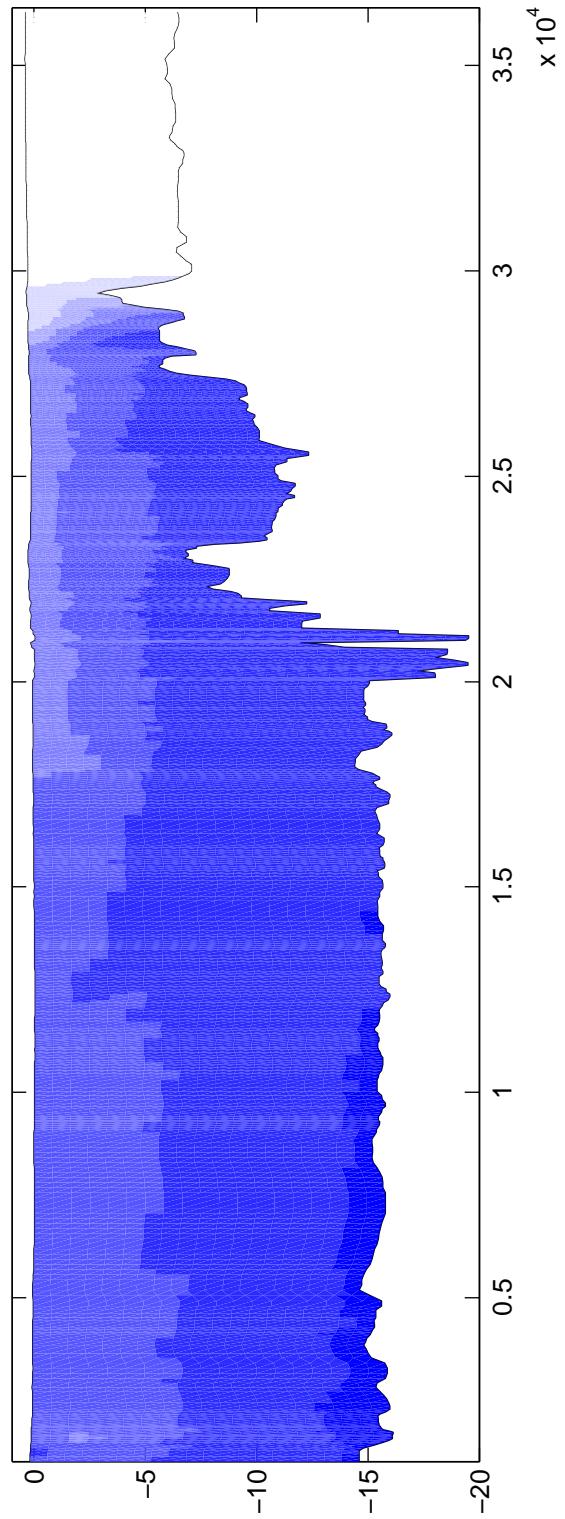
verschil saliniteit dwarsdoorsnede t.o.v. zomer scenario



verschil (PSU)

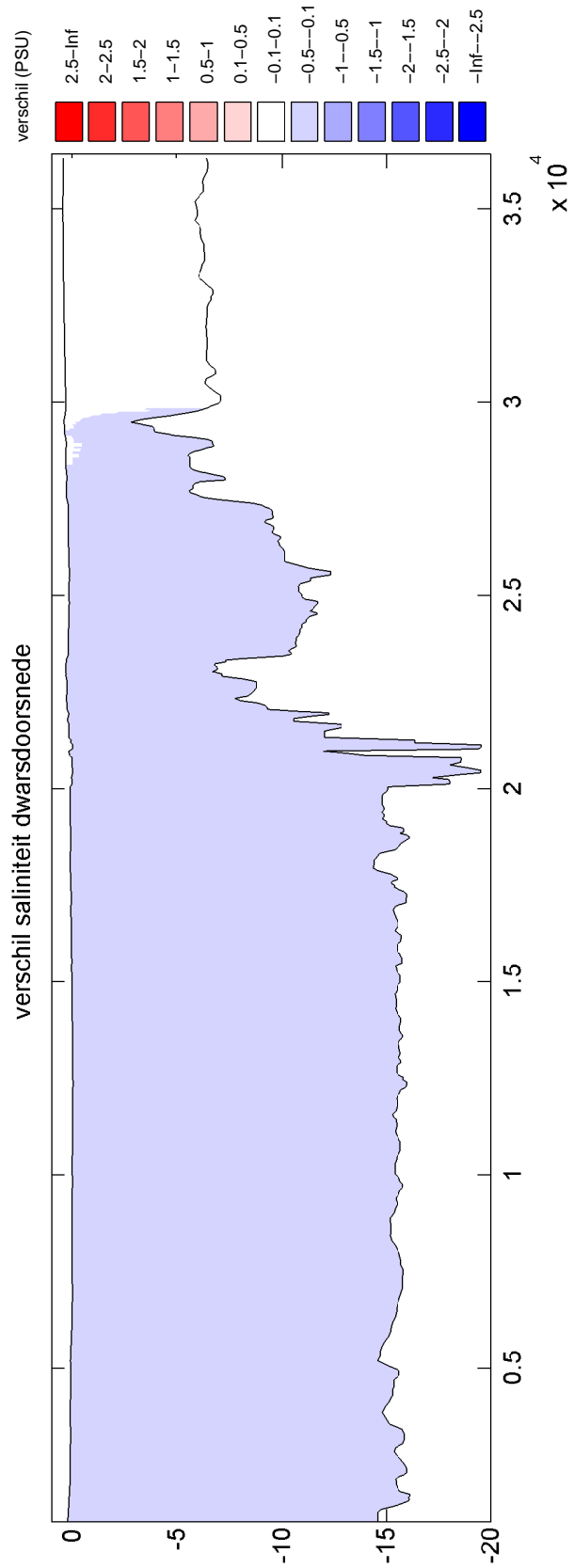
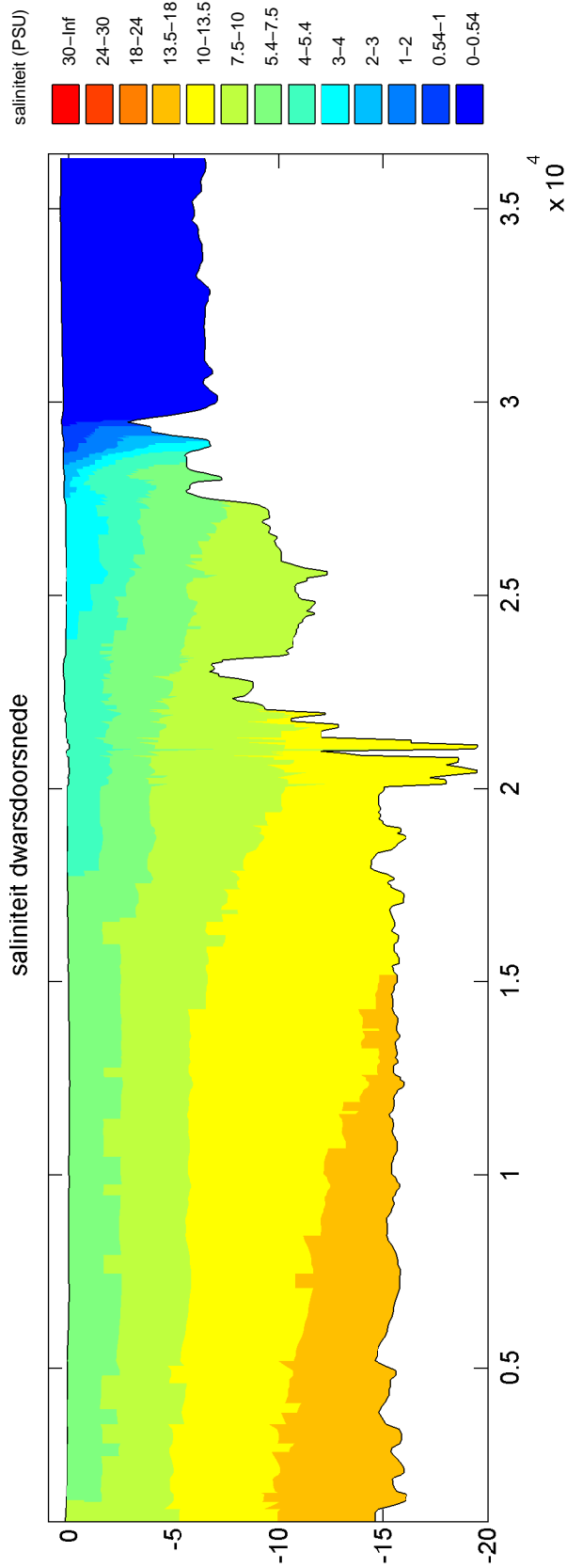


verschil saliniteit dwarsdoorsnede t.o.v. zomer scenario



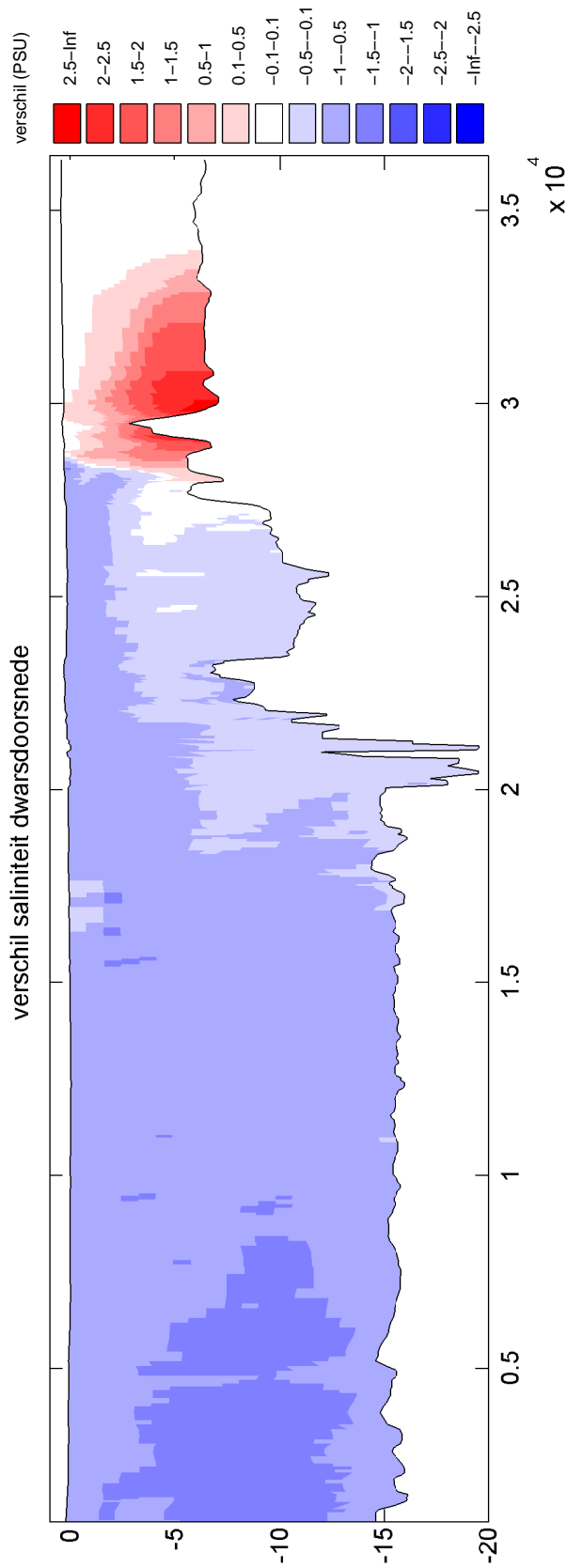
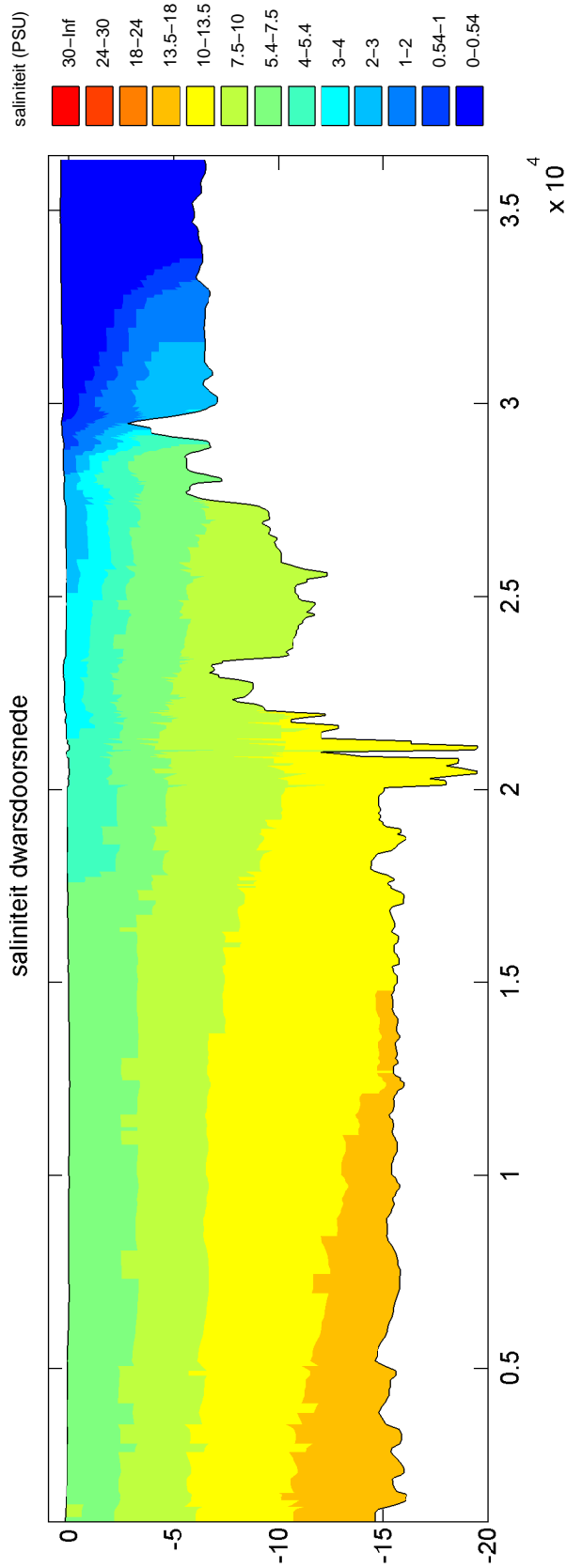
Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 125 MTA, 2% droog scenario en  
125 MTA, 2% nat scenario t.o.v. zomer scenario

sc2-sluis\_125v2/sc6-sluis\_125v2



Langdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
verschil 125 MTA, sluis variant 2 (maalocatie) t.o.v. 125 MTA, sluis variant 2

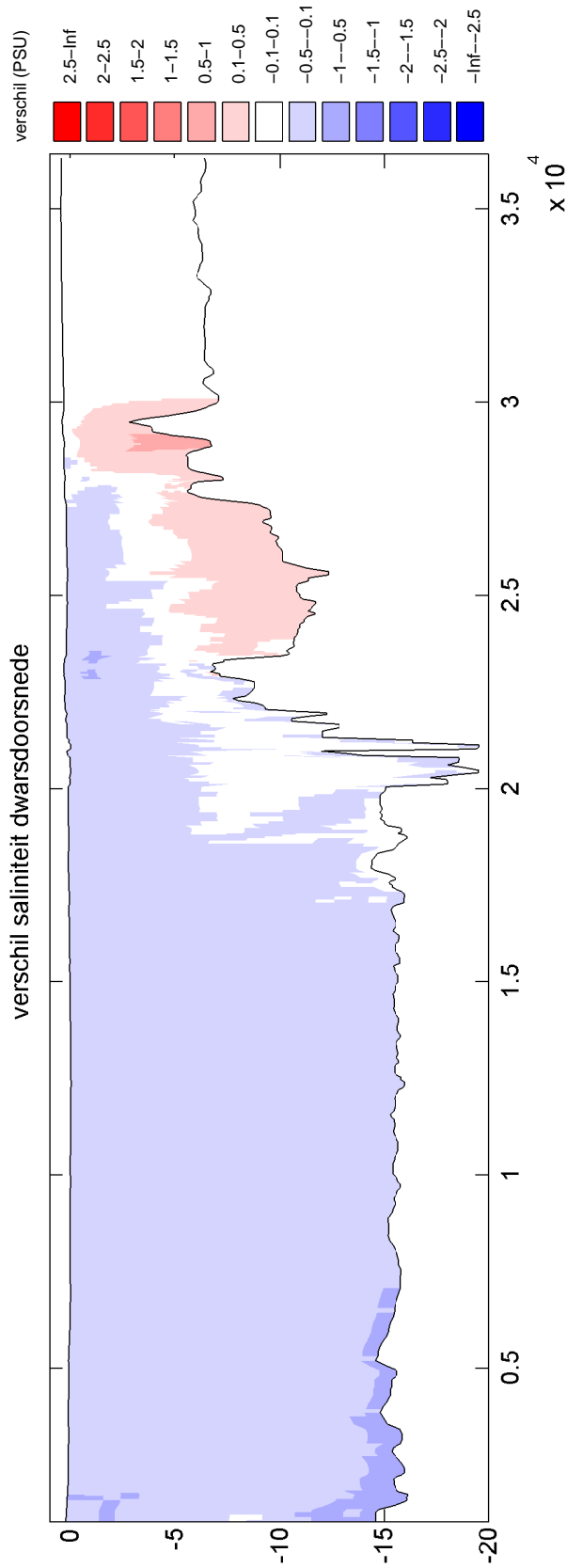
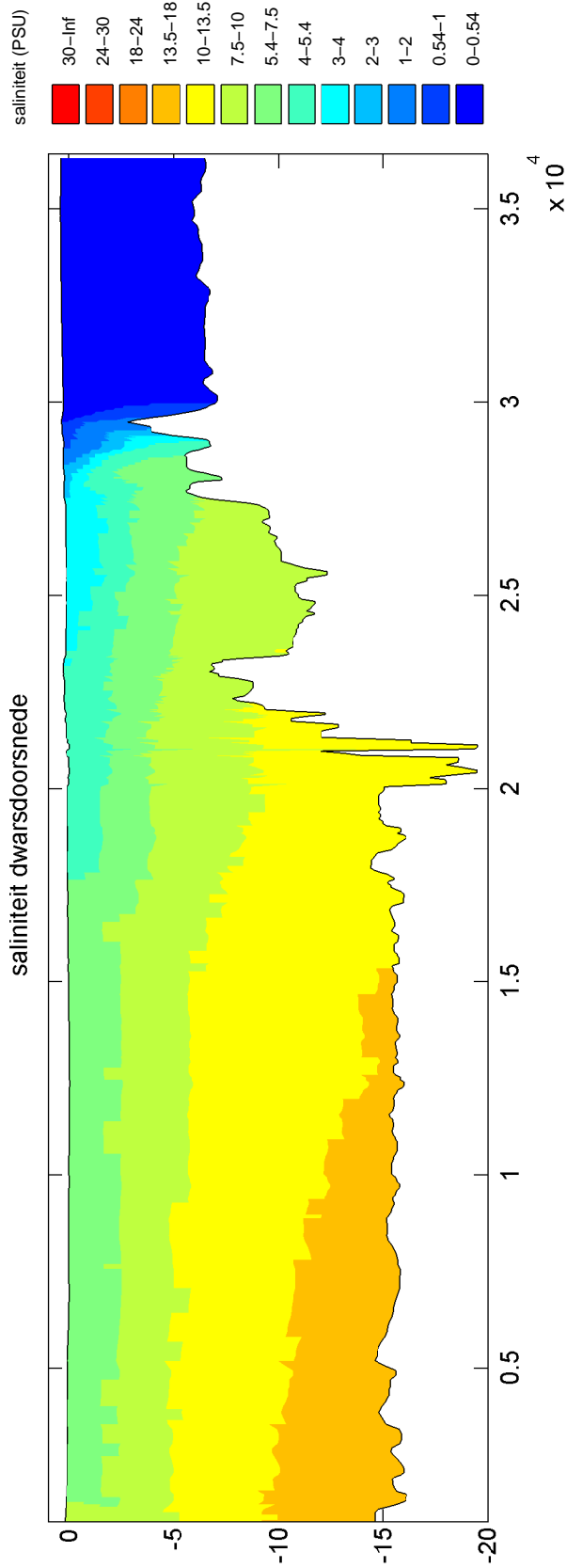
sc4-sluis\_125v2/sc4-sluis\_125v2\_mm



Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
 verschil 125 MTA, sluis variant 2 (bezetting) t.o.v. 125 MTA, sluis variant 2

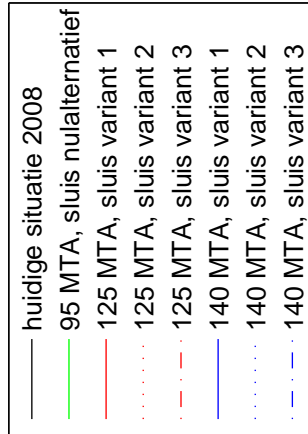
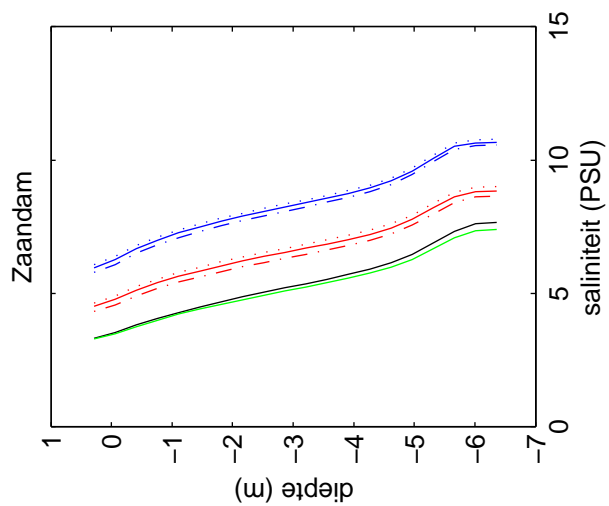
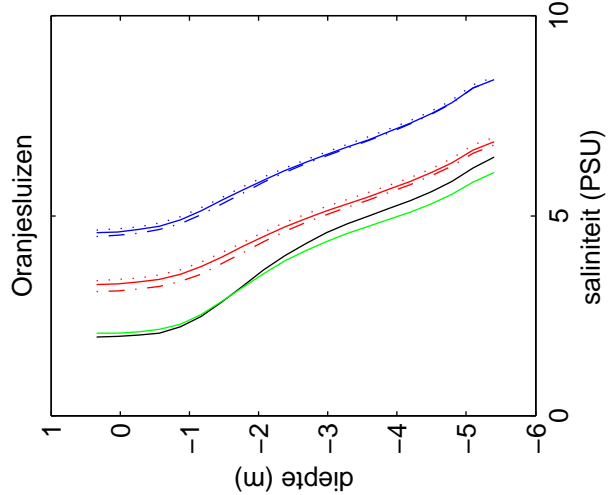
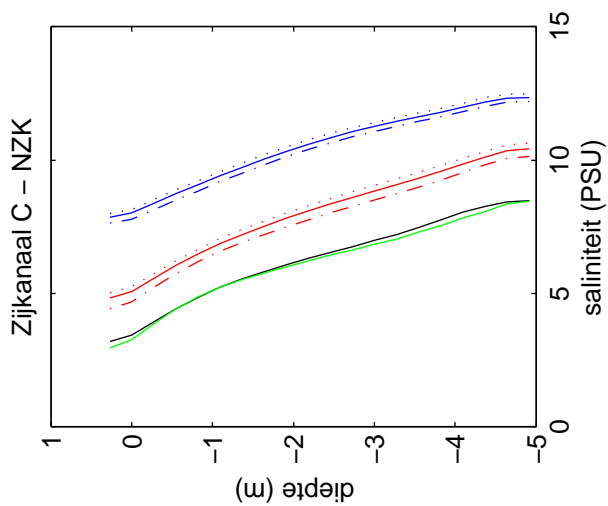
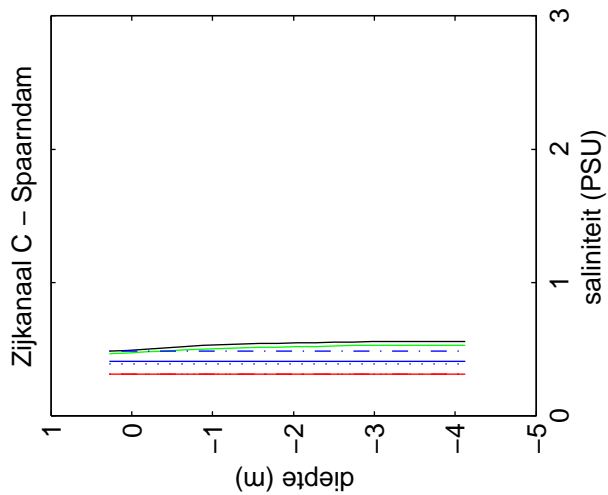
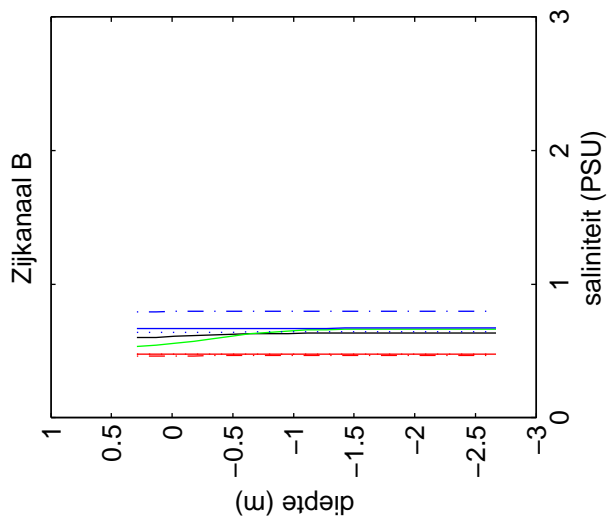
sc4-sluis\_125v2/sc4-sluis\_125v2\_mmoot



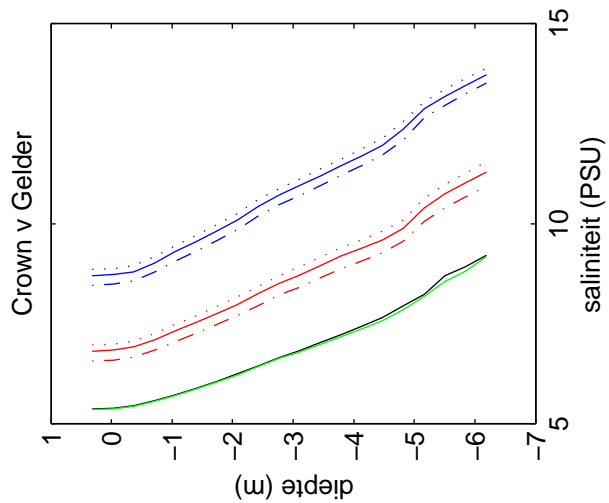
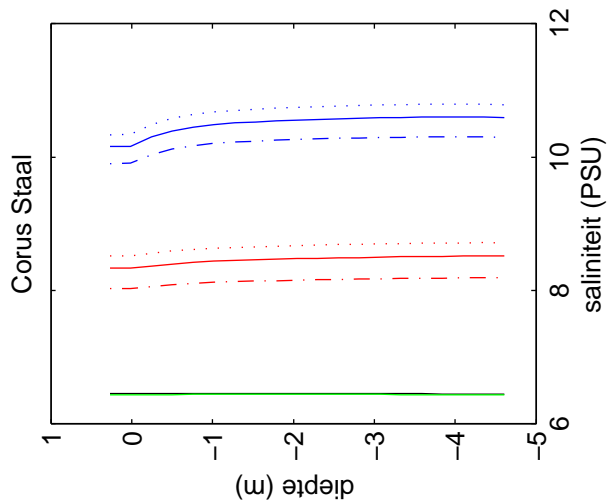
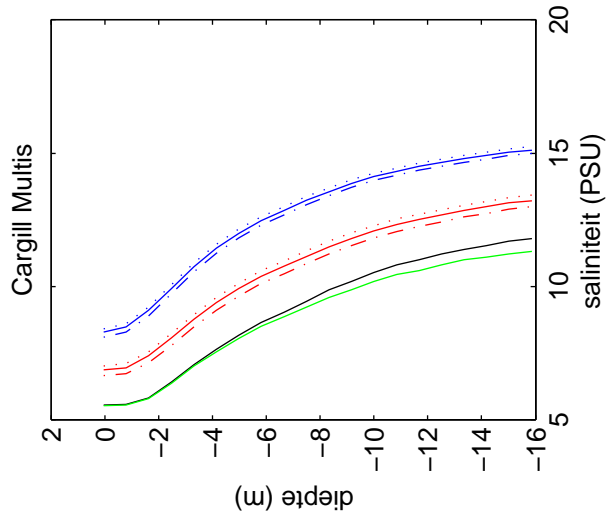
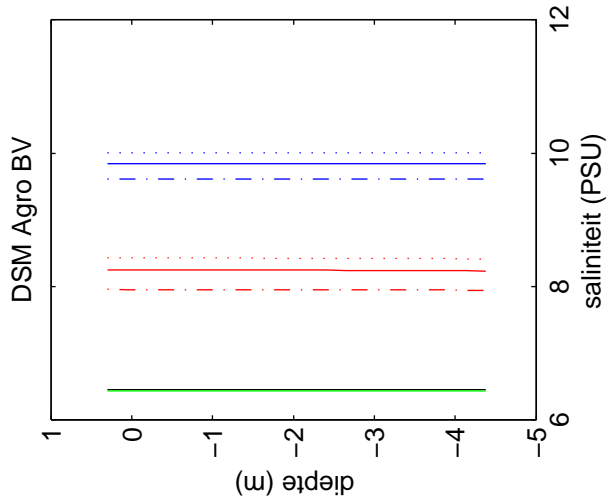
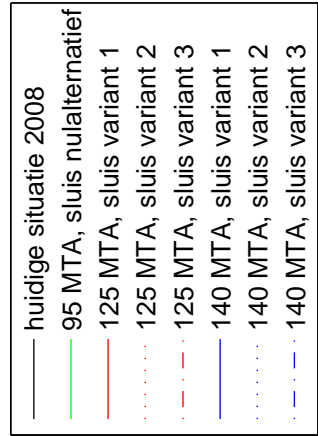
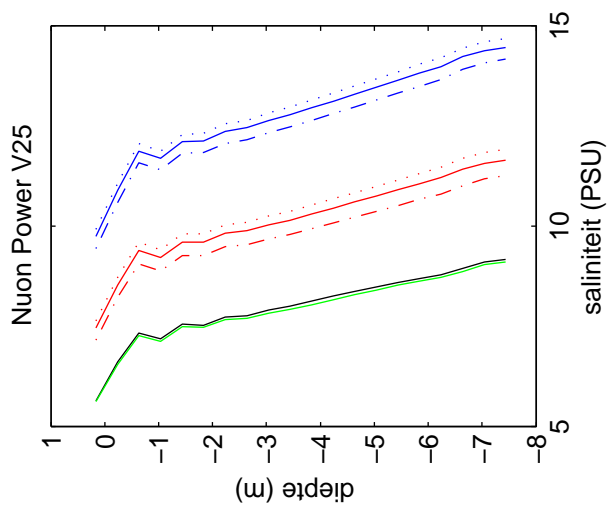


Langsdoorsnede saliniteit in het Noordzeekanaal  
 verschil 125 MTA, sluis variant 2 (bellenscherm) t.o.v. 125 MTA, sluis variant 2

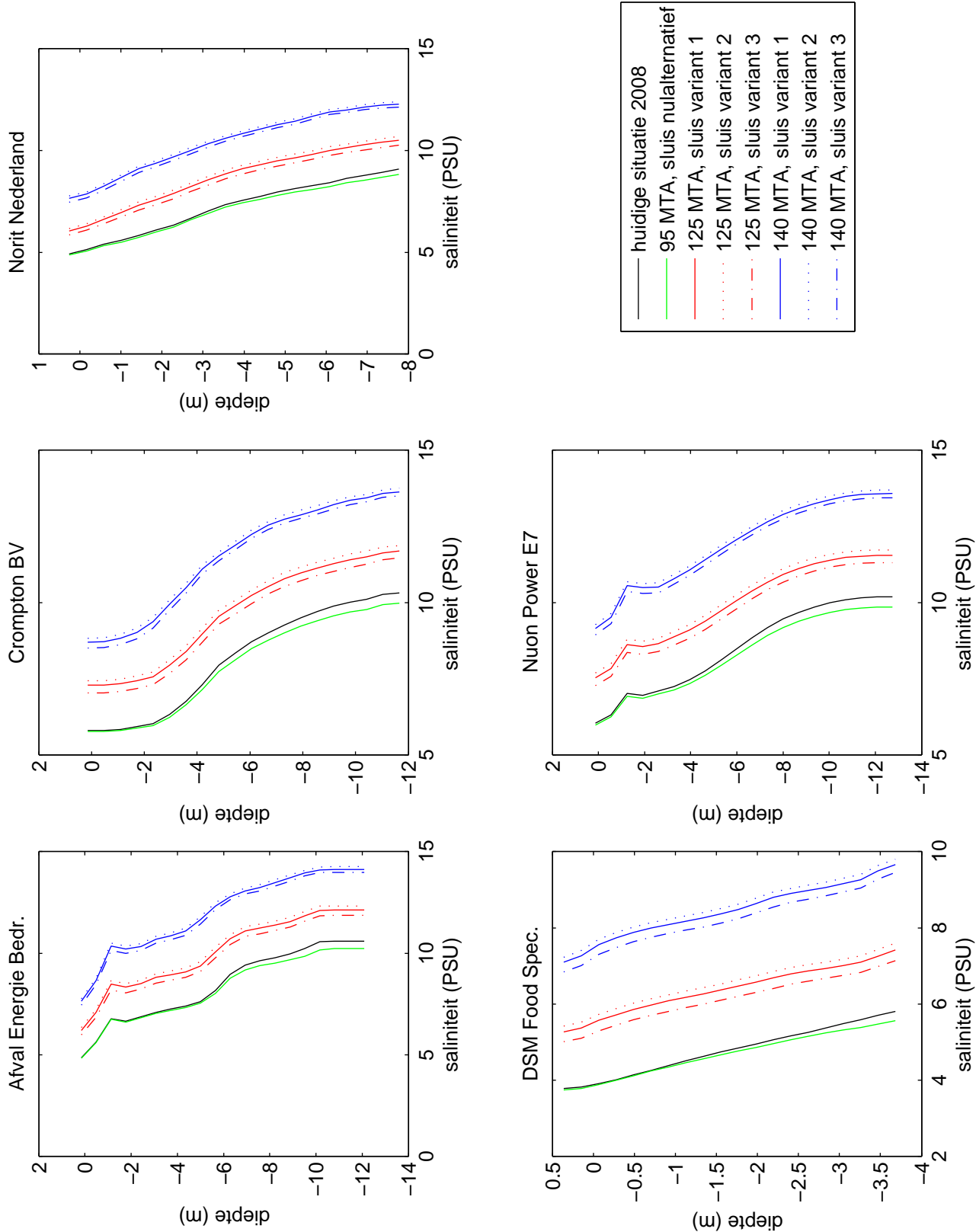
sc4-sluis\_125v2/sc4-sluis\_125v2\_mmbs



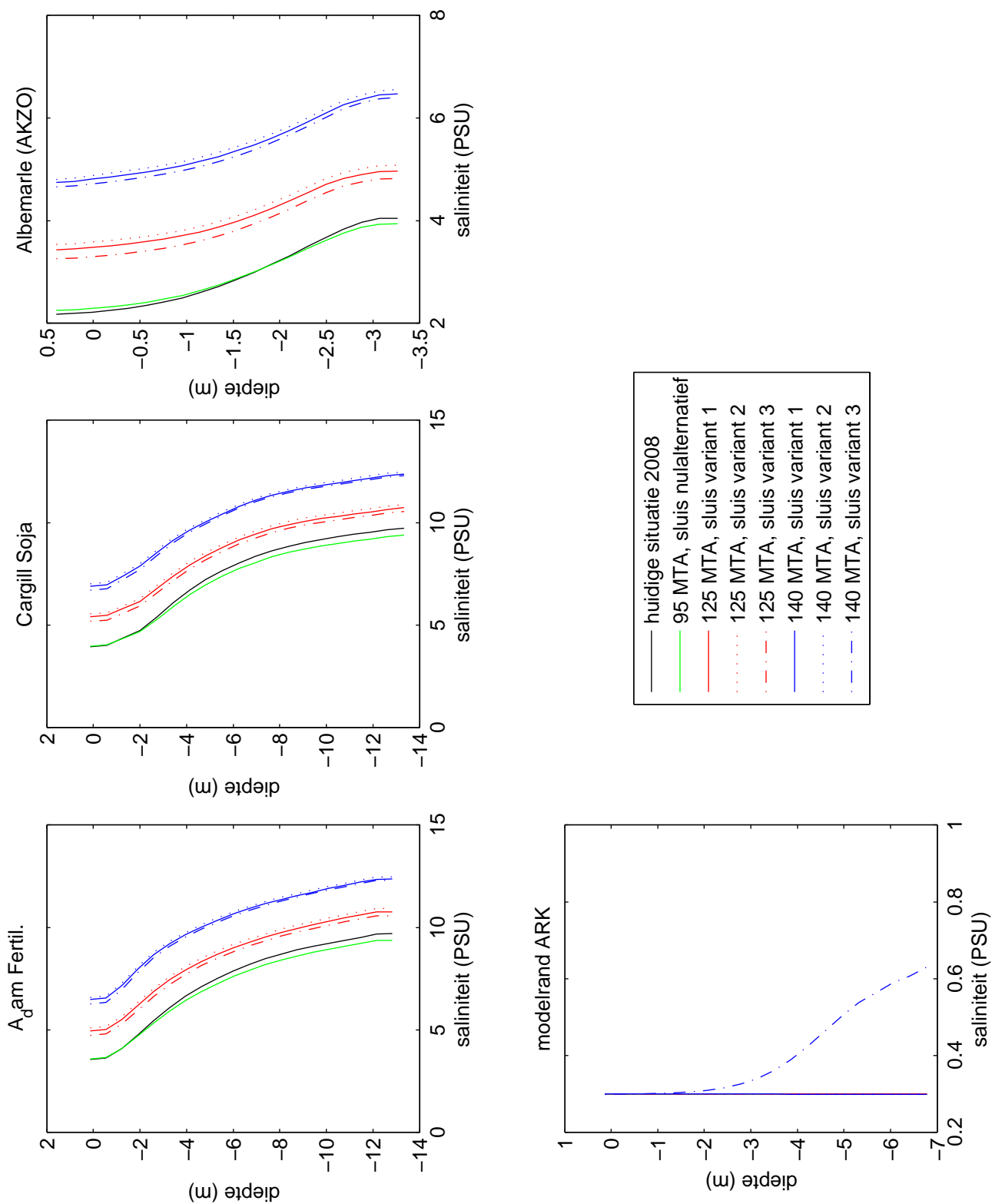
Saliniteitsprofielen in verschillende innamelocaties voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten



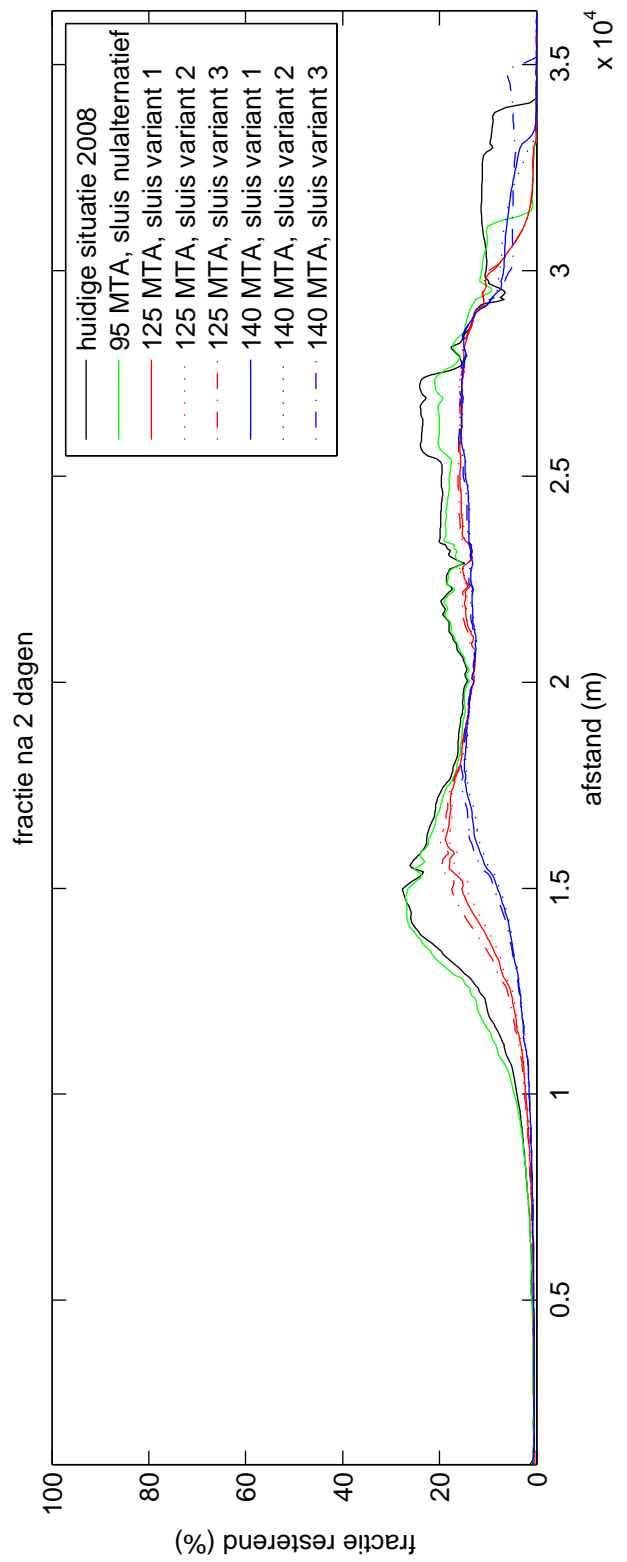
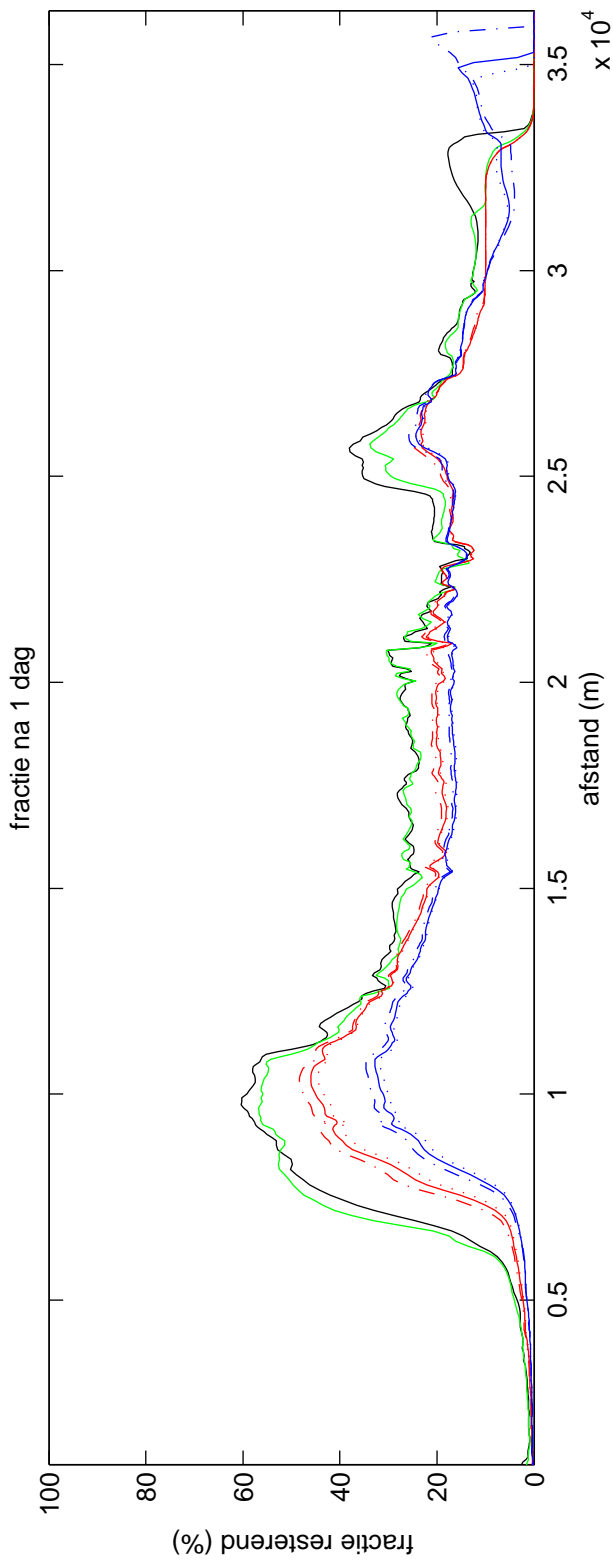
Saliniteitsprofielen in verschillende koelwater innamelocaties voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten



Saliniteitsprofielen in verschillende koelwater innamelocaties voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten



Saliniteitsprofielen in verschillende koelwater inname locaties en nabij de open rand ARK voor de verschillende ladingsscenario's en sluisvarianten



Vergelijking tracerconcentraties na 1 en 2 dagen