

## Memo

**Aan**  
Hans van Pagee

<b>Datum</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Aantal pagina's</b>
7 december 2011	1204314-000-ZKS-0004	11
<b>Van</b>	<b>Doorkiesnummer</b>	<b>E-mail</b>
Arno Nolte	+31 (0)88 33 58 430	arno.nolte@deltares.nl

**Onderwerp**  
Aanvullende berekeningen voor de verspreiding van 20 kg/s zoutlek door de Volkeraksluizen

---

In voorafgaand onderzoek heeft Deltares aangetoond dat met een combinatie van bellenschermen, waterschermen, drempels en 'een lekkend ebdebiet' de zoutlek tot 60 kg/s beperkt kan worden (Deltares, 2011a). De verspreiding van het gelekte zout in het Hollandsch Diep en Haringvliet is berekend met een 3D hydrodynamisch model (Deltares, 2011b, 2011c). De berekening, die met het pakket Delft3D-FLOW is uitgevoerd, gaf aan dat bij lage rivierafvoer – de droge zomer van 2003 is als referentie genomen – de chlorideconcentratie bij innamepunten toch nog te hoog kan oplopen.

Rijkswaterstaat Waterdienst heeft Deltares vervolgens opdracht gegeven om maatregelen te onderzoeken die de zoutlek door de Volkeraksluizen tot 20 kg/s beperken. Deltares heeft de mogelijkheid van een zoutvang en zoutafvangde maatregelen onderzocht en aangegeven dat de zoutlek met enige marge onder de eis van 20 kg/s uitkomt (Deltares, 2011d). Deze opdracht bevatte niet de berekening van de zoutverspreiding in het Hollandsch Diep en Haringvliet.

Om toch een verificatie te hebben, zijn in overleg met Rijkswaterstaat Waterdienst de berekeningen met het 3D model uitgevoerd in het kader van het KPP 3D modelinstrumentarium. Dit memo beschrijft beknopt de resultaten.

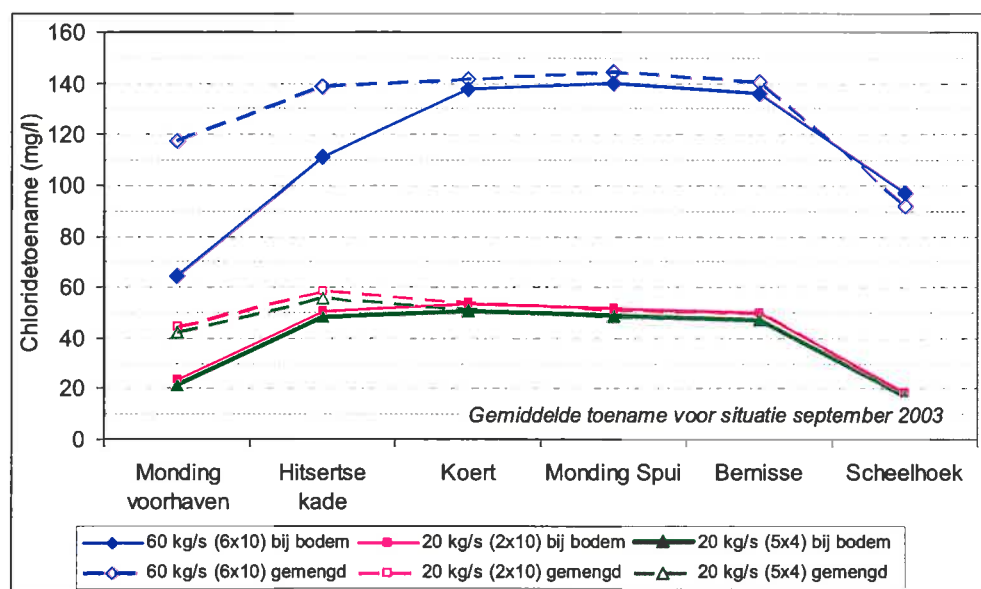
De volgende scenarioberekeningen zijn uitgevoerd:

Zoutlek	Wijze van uitstroming uit de Voorhaven		
	Debiet	Saliniteit	Verticale verdeling
60 kg/s	6 m <sup>3</sup> /s	10 ppt	Gelaagd
			Gemengd
20 kg/s	2 m <sup>3</sup> /s	10 ppt	Gelaagd
			Gemengd
20 kg/s	5 m <sup>3</sup> /s	4 ppt	Gelaagd
			Gemengd

De eerste berekening (60 kg/s met gelaagde verdeling) is uitgevoerd als onderdeel van het eerdere onderzoek en is gerapporteerd in Deltares (2011c).

Hoewel de zoutlek in kg/s bekend is, is de wijze van uitstroming uit de voorhaven niet bekend. De uitersten zijn een (relatief) hogere concentratie langs de bodem en een (relatief) lagere concentratie gemengd over de hele diepte. Omdat hierover geen uitsluitsel gegeven kan worden, zijn de varianten als een aantal gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd.

Figuur 1 toont de gemiddelde toename van de chlorideconcentratie in de oppervlakte voor de omstandigheden van september 2003. Een aantal locaties in het Hollandsch Diep en Haringvliet is weergegeven. De oppervlaktelaag is relevant omdat de inname van water uit de oppervlaktelaag gebeurt. Tabel 1 geeft een overzicht van de toename van de chlorideconcentratie in de oppervlaktelaag en Tabel 2 geeft hetzelfde voor de bodemlaag. De diepe putten van de geul dienen als tijdelijke opvang van het zoutere water: een natuurlijke zoutvang.



Figuur 1 Toename van de chlorideconcentratie in de oppervlaktelaag (mg/l, gemiddelde voor omstandigheden september 2003) op een aantal locaties in het Hollandsch Diep, Haringvliet en Spui

Uit Figuur 1 en de tabellen is een aantal conclusies af te leiden:

- Een lagere zoutlek werkt niet lineair door in de chloridetoename in de oppervlaktelaag. Bij een 67% reductie van 60 kg/s naar 20 kg/s neemt de toename van de chlorideconcentratie 54% tot 67% af. Bij Scheelhoek neemt de toename met 75% meer dan lineair af.
- De wijze van uitstroming uit de voorhaven (verticaal gelaagd of verticaal gemengd) heeft relatief veel invloed bij de monding van de voorhaven (82-88% hogere concentratie bij gemengd) en is ook nog merkbaar bij Hitsertse kade (15%-25% hogere concentratie). In de overige locaties in de wijze van uitstroming niet meer merkbaar ( $\leq 3\%$ ).
- Een groter debiet met een lagere concentratie ( $5 \text{ m}^3/\text{s} \times 4 \text{ ppt}$ ) resulteert in 5-9% hogere chlorideconcentratie in de oppervlaktelaag dan een lager debiet met een hogere concentratie ( $2 \text{ m}^3/\text{s} \times 10 \text{ ppt}$ ).
- De gevoeligheidsberekeningen geven aan dat de chlorideconcentratie in de locaties Koert, Haringvliet, monding Spui en Bernisse ongevoelig is voor de wijze van uitstroming en de ratio debiet:concentratie. De spreiding in de berekende concentraties is minder dan 5 mg/l.

In de bijlage zijn tijdseries en doorsneden toegevoegd. Deze worden verder niet in dit memo beschreven.



Tabel 1 Toename chlorideconcentratie (mg/l) in de oppervlaktelaag

	Statistiek over September 2003	Toename Chlorideconcentratie (mg/l) bij het wateroppervlak					
		Uitstroming voorhaven bij de bodem			Uitstroming voorhaven gemengd		
		60 kg/s 6 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 2 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 5 m <sup>3</sup> /s × 4 ppt	60 kg/s 6 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 2 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 5 m <sup>3</sup> /s × 4 ppt
Gemiddeld (afgebeeld in Figuur 1)	Monding voorhaven	64	24	22	117	44	42
	Hitsertse kade	111	51	48	139	59	55
	Koert	137	54	51	141	54	51
	Monding Spui	140	51	49	144	51	48
	Bernisse	136	50	47	140	50	47
	Scheelhoek	97	18	17	92	18	17
90-percentiel onderschrijding	Monding voorhaven	119	49	47	154	66	63
	Hitsertse kade	134	61	59	165	69	65
	Koert	161	60	57	164	59	55
	Monding Spui	157	55	52	155	55	52
	Bernisse	157	55	52	154	55	52
	Scheelhoek	78	24	23	73	24	22
Eind september	Monding voorhaven	120	44	38	149	54	51
	Hitsertse kade	139	57	54	159	58	54
	Koert	169	57	54	173	58	55
	Monding Spui	162	57	53	168	57	54
	Bernisse	161	53	50	161	54	51
	Scheelhoek	101	26	25	96	26	24

Tabel 2 Toename chlorideconcentratie (mg/l) bij de bodem

	Statistiek over September 2003	Toename Chlorideconcentratie (mg/l) bij de bodem					
		Uitstroming voorhaven bij de bodem			Uitstroming voorhaven gemengd		
		60 kg/s 6 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 2 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 5 m <sup>3</sup> /s × 4 ppt	60 kg/s 6 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 2 m <sup>3</sup> /s × 10 ppt	20 kg/s 5 m <sup>3</sup> /s × 4 ppt
Gemiddeld	Monding voorhaven	1206	448	418	547	238	223
	Hitsertse kade	427	82	74	266	67	62
	Koert	186	57	54	169	58	54
	Monding Spui	140	52	49	144	51	49
	Bernisse	136	50	47	140	50	47
	Scheelhoek	107	21	20	102	21	19
90-percentiel onderschrijding	Monding voorhaven	1394	559	522	592	266	249
	Hitsertse kade	512	107	96	313	80	74
	Koert	217	61	58	183	63	59
	Monding Spui	158	55	52	155	55	52
	Bernisse	157	55	52	154	55	52
	Scheelhoek	88	30	28	82	29	27
Eind september	Monding voorhaven	1258	363	341	526	232	219
	Hitsertse kade	350	61	57	238	58	54
	Koert	188	57	54	183	58	55
	Monding Spui	162	57	53	169	57	54
	Bernisse	161	53	50	161	54	51
	Scheelhoek	101	26	25	96	26	24



**Datum**  
7 december 2011

**Ons kenmerk**  
1204314-000-ZKS-0004

**Pagina**  
4/11

## Kwaliteitsborging

Versie	Datum	Auteur(s)	Review	Goedkeuring
1.0	7 dec '11	ir. Th. Van der Kaaij drs. A.J. Nolte	M.T. Villars M.Sc.	dr. ir. A. Zijdeveld

## Referenties

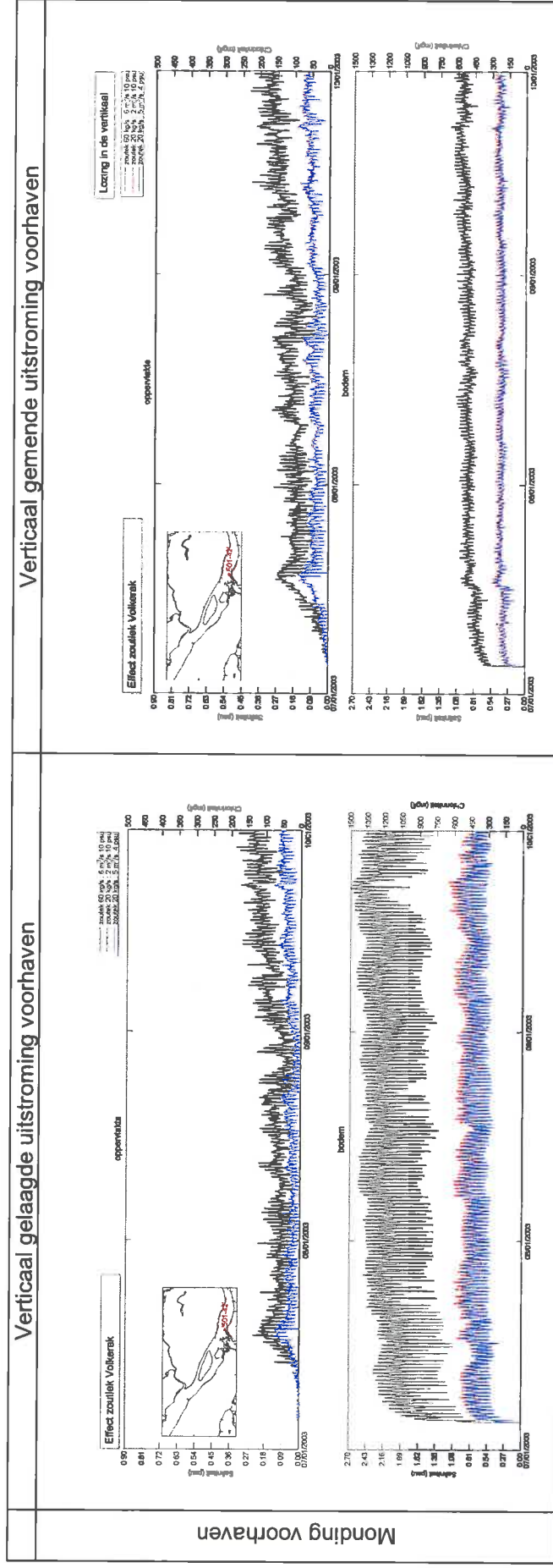
Deltares, 2011a: Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen; Eindrapport van het onderzoek naar mogelijkheden voor de zoutlekbeperving door de Volkeraksluizen na verzilting van het Volkerak-Zoommeer, Rapportnummer 1201226-015, M.T. Villars, R.E. Uittenbogaard, J.M. Cornelisse en A.J. Nolte; april 2011.

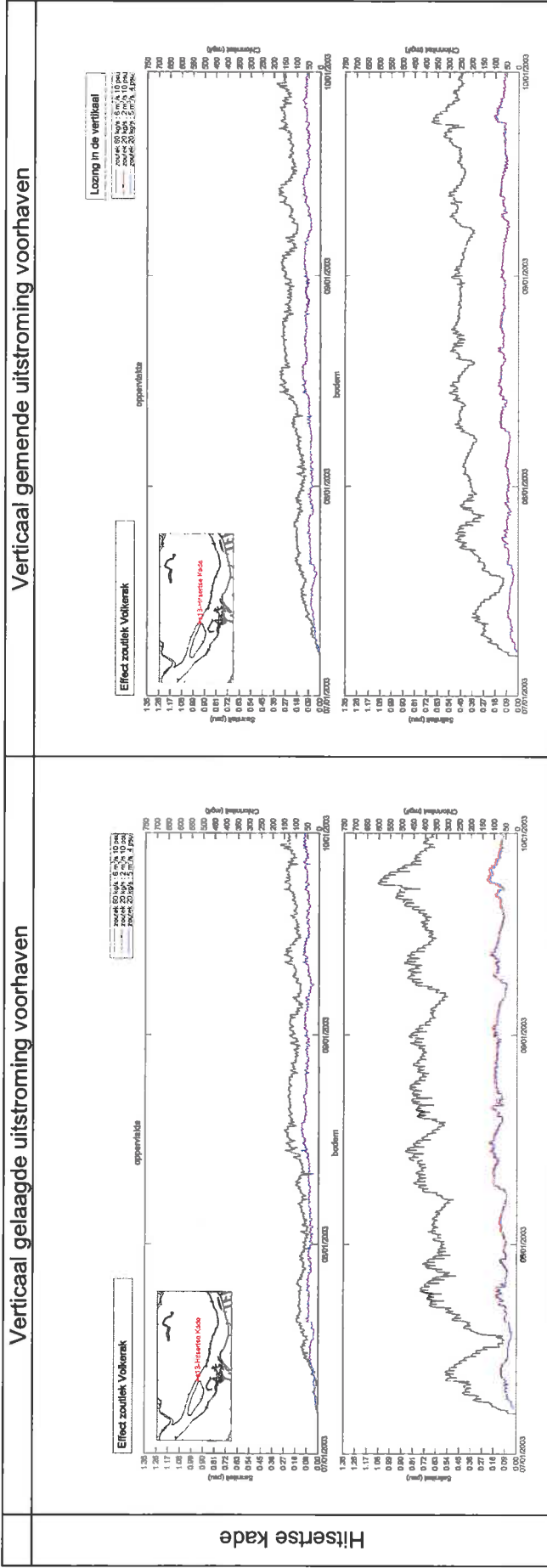
Deltares, 2011b: 3D modellering van zoutverspreiding in het Noordelijk Deltabekken; TO project validatie 3D modelinstrumentarium (Zeedelta schematisatie), SPA project zoutlekbeperving Volkeraksluizen, Rapportnummer 1201226-002, Th. van der Kaaij en E.D. de Goede, 24 maart 2011.

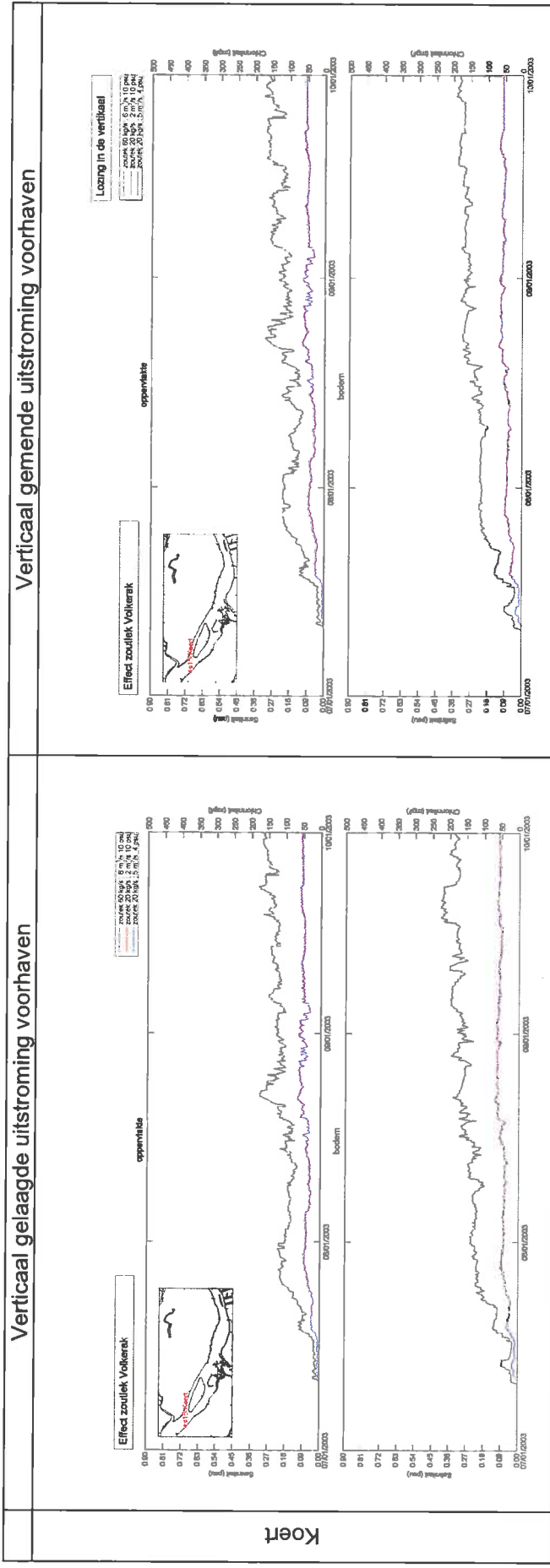
Deltares, 2011c: Ontwerpstudie en praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen; Scenarioberekeningen verspreiding zoutlek Volkeraksluizen in het Benedenrivierengebied, Rapportnummer 1201226-009, Th. van der Kaaij, 21 april 2011.

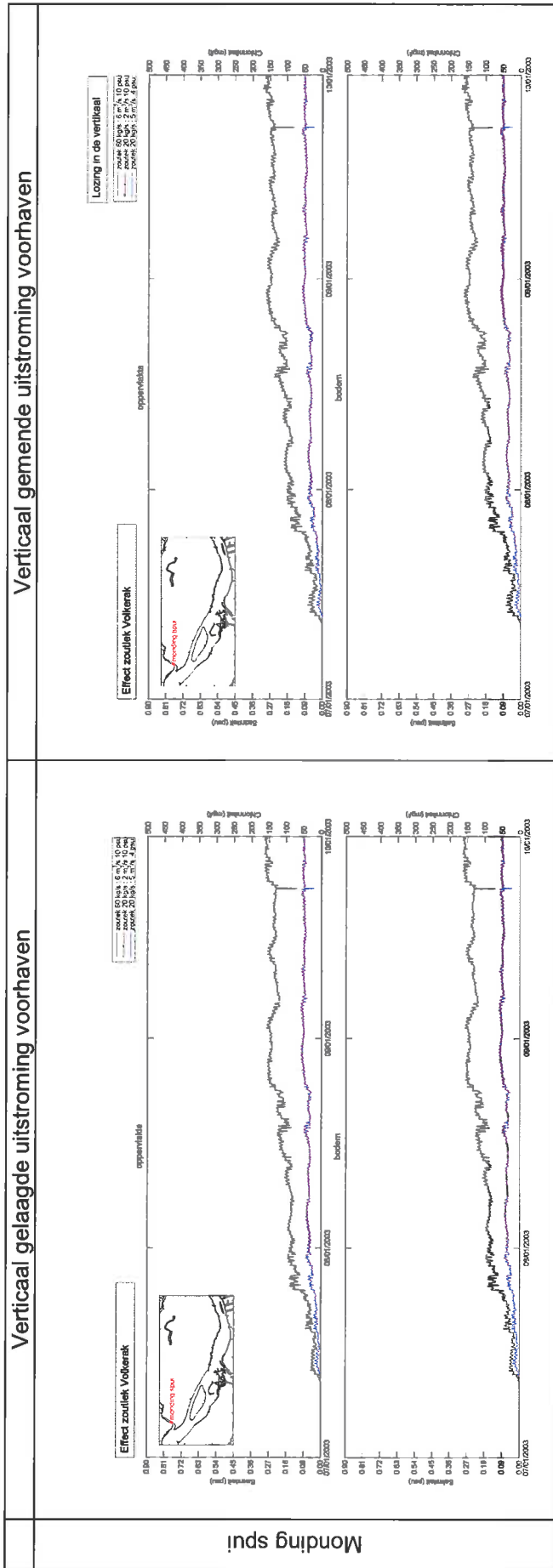
Deltares, 2011d: Volkeraksluizen - Verdere reductie van de zoutlek middels een zoutvang; Meerwerk "Zoutlekbeperving Volkeraksluizen"; CONCEPT, Rapportnummer 1204948-000, O.M. Weiler, R.E. Uittenbogaard, G.H. Keetels, A.C. Bijlsma en J.M. Cornelisse; 2 december 2011.

**Tijdsries van de toename van de chlorideconcentratie**



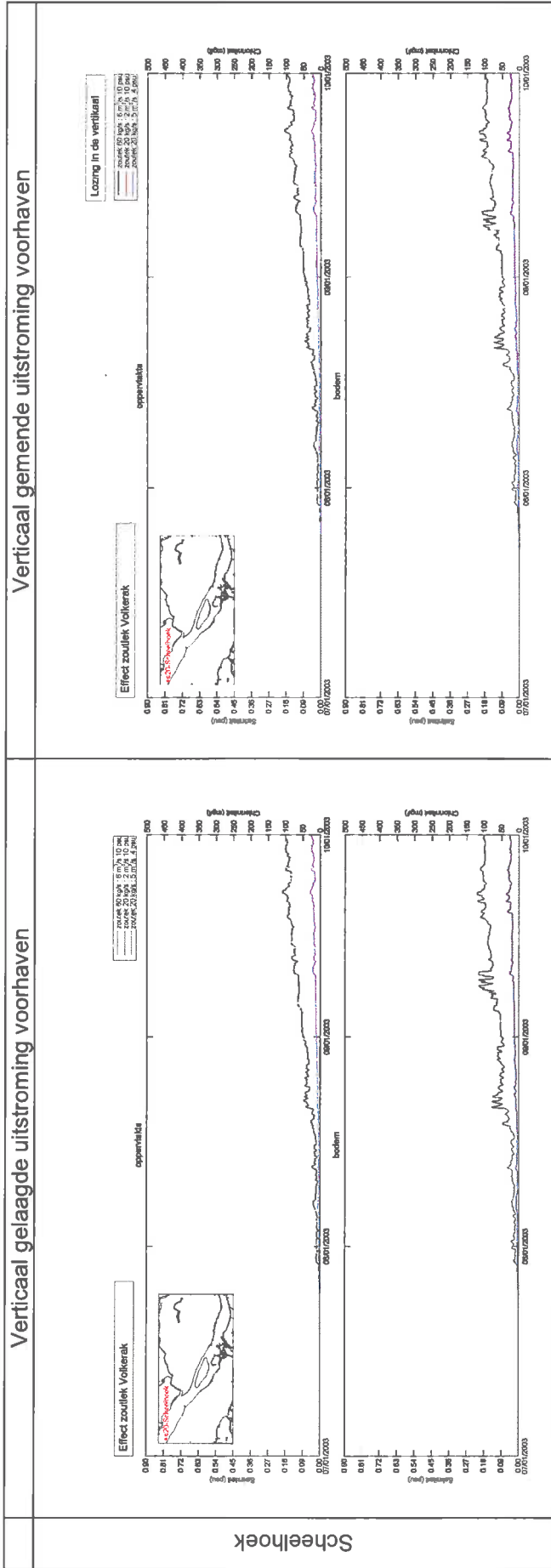








	Verticaal gelaagde uitstroming voorhaven	Verticaal gemeente uitstroming voorhaven
<b>Bemisse</b>		



**Dwarsdoorsnede Monding voorhaven tot Hitsertse kade – Absolute chlorideconcentratie**  
(dus niet toename van de chlorideconcentratie)

