

Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde

Basisrapport Zoutdynamiek

Kwaliteitscontrole

Gezien door m.e.r.-coördinator (P.A. Weijers):		Gezien door projectdirecteur (H.B. van Essen):	
Handtekening:	Datum:	Handtekening	Datum:

Colofon

Uitgave	Dit Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde is een uitgave van het project Verruiming vaargeul van RWS Zeeland en MOW Maritieme Toegang.
Opdrachtgever	Technische Scheldecommissie
Opdrachtnemer	Consortium ARCADIS - Technum
Titel	Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde Basisrapport Zoutdynamiek
Auteur(s)	Marc Sas, Gijsbert van Holland, Fernando Toro
Status	Versie 3.4
Datum	21 september 2007
Bestandsnaam	070921 Basisrapport Zoutdynamiek versie 3.4.pdf

Inhoudsopgave

Leeswijzer dossier “Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde” 6

1	Inleiding	10
1.1	Het milieueffectrapport	10
1.1.1	Context en doel	10
1.1.2	Voorgenomen activiteit	12
1.1.3	Alternatieven	17
1.2	Dit basisrapport	21
1.2.1	Doel en afbakening	21
1.2.2	Opzet van het basisrapport Zoutdynamiek	21
2	Aanpak	22
2.1	Inleiding	22
2.2	Uitwerking van alternatieven en varianten	22
2.2.1	Basisuitgangspunten en hoofdkeuzes	22
2.2.2	Onderzoeksvarianten en projectalternatieven	24
2.3	Autonome ontwikkeling	27
2.3.1	Zeespiegelrijzing	27
2.3.2	Bovenafvoer	27
2.3.3	Deurganckdok	28
2.3.4	Sigmaplan	28
2.3.5	Hedwige- en Prosperpolder	29
2.3.6	Natuurontwikkeling Middengebied Westerschelde	29
2.3.7	Zandwinning	30
2.3.8	Verruiming Scheur en Pas van 't Zand	30
2.3.9	Overige ontwikkelingen	30
2.4	Beoordelingskader	31
2.5	Studiegebied	31
2.6	Referentiejaren	32
2.7	Specifieke aspecten inzake aanpak voor dit basisrapport	32
2.7.1	Globale aanpak	32
2.7.2	Onderzoeksparameters	33
3	Saliniteit in de Schelde	34
3.1	Inleiding	34
3.2	Beschrijving van de huidige situatie	34
3.2.1	De bovendebieten in de Schelde	34
3.2.2	Variabiliteit van de bovendebieten	35
3.2.3	Het zoutgehalte in de Schelde	40
3.2.4	Seizoensvariatie of variatie met bovenafvoer	42
3.2.5	Saliniteitsamplitude	46
3.2.6	Variaties van saliniteit over een getij en kentering	47
3.2.7	Langsgradiënten	50

3.2.8	Verkennd onderzoek van de globale zoutverdeling in de Schelde voor een gemiddelde, hoge en lage rivierafvoer	50
3.3	Beschrijving verwachte autonome ontwikkeling inzake zoutdynamiek	60
4	Opzet en afregeling modelinstrumentarium	61
4.1	Inleiding	61
4.2	Slib3D modelopzet: aannamen en schematisaties	61
4.2.1	Achtergrond	61
4.2.2	Beschrijving van het Slib3D model	62
4.2.3	Rekenrooster	63
4.2.4	Bodemschematisatie	64
4.2.5	Randvoorwaarden	65
4.2.6	Initiële condities	68
4.2.7	Modelparameters	68
4.3	Calibratie van het Slib3D-model	69
4.4	Controle Slib3D-model na uitbreiding	70
4.5	Kracht en beperkingen toegepaste modellen	76
4.6	Overzicht van de uitgevoerde simulaties	78
5	Huidige situatie	80
5.1	Inleiding	80
5.2	Beschrijving huidige situatie	80
5.3	Analyse huidige situatie	81
5.3.1	Presentatie modelresultaten	81
5.3.2	Resultaten modelberekeningen – huidige situatie	82
5.3.3	Conclusies huidige situatie	87
6	Nulalternatief – autonome ontwikkeling	88
6.1	Inleiding	88
6.2	Beschrijving nulalternatief	89
6.3	Autonome ontwikkeling	89
6.4	Analyse nulalternatief	89
6.4.1	Presentatie modelresultaten	89
6.4.2	Resultaten modelberekeningen – autonome ontwikkeling	90
6.4.3	Conclusies nulalternatief	94
7	Nulplusalternatief – optimale stortstrategie	95
7.1	Inleiding	95
7.2	Beschrijving nulplusalternatief	95
7.3	Analyse nulplusalternatief	96
7.3.1	Resultaten modelberekeningen – stortstrategie	96
7.3.2	Conclusies nulplusalternatief	98
8	Projectalternatief – storing in nevengeulen	99
8.1	Inleiding	99
8.2	Beschrijving projectalternatief Nevengeul	100
8.3	Analyse projectalternatief Nevengeul	100
8.3.1	Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul	101
8.3.2	Resultaten modelberekeningen – stortstrategie	103
8.3.3	Conclusies projectalternatief P4N	105

9	Projectalternatief – storting op plaatranden	106
9.1	Inleiding	106
9.2	Beschrijving projectalternatief Plaatrand	107
9.3	Analyse projectalternatief Plaatrand	107
9.3.1	Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul	108
9.3.2	Resultaten modelberekeningen – stortstrategie	110
9.3.3	Conclusies projectalternatief Plaatrand	111
10	Projectalternatief min	113
10.1	Inleiding	113
10.2	Beschrijving projectalternatief min	113
10.3	Analyse projectalternatief min	114
10.3.1	Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul	114
10.3.2	Conclusies projectalternatief min	116
11	Overige aspecten	117
11.1	Zandwinning	117
11.2	Natuurontwikkeling Middengebied	117
12	Conclusies en overwegingen	118
12.1	Conclusies	118
12.2	Betrouwbaarheid en onzekerheden in de analyses	118
13	Referenties	121

APPENDIX A Scatterdiagrammen Regressie Analyse Randvoorwaardenbepaling

APPENDIX B Beschrijving Sigmaplan en Hedwige- en Prosperpolder

APPENDIX C Figuren bij Hoofdstuk 4

APPENDIX D Figuren bij Hoofdstuk 5

APPENDIX E Figuren bij Hoofdstuk 6

APPENDIX F Figuren bij Hoofdstuk 7

APPENDIX G Figuren bij Hoofdstuk 8

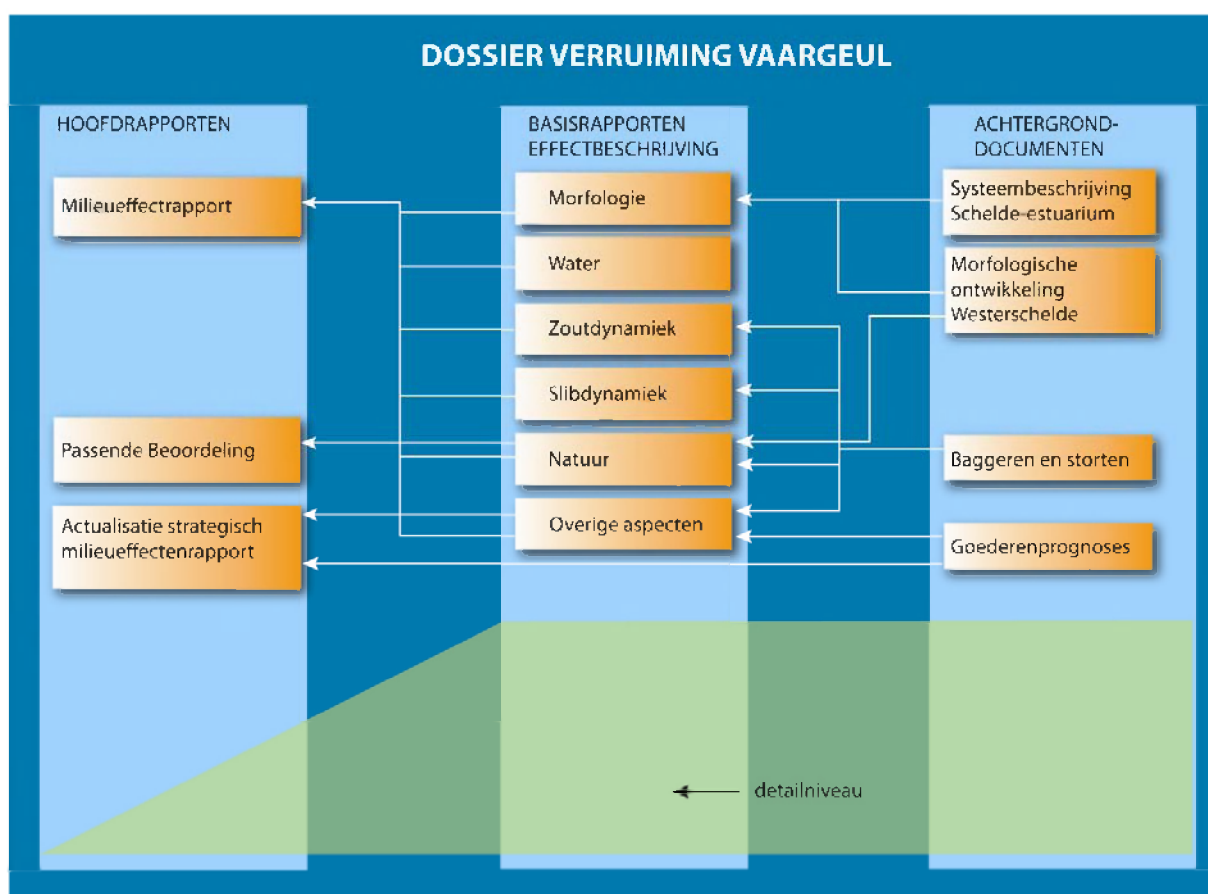
APPENDIX H Figuren bij Hoofdstuk 9

APPENDIX I Figuren bij Hoofdstuk 10

APPENDIX J Overzicht bodems en gebruikte data

Leeswijzer dossier “Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde”

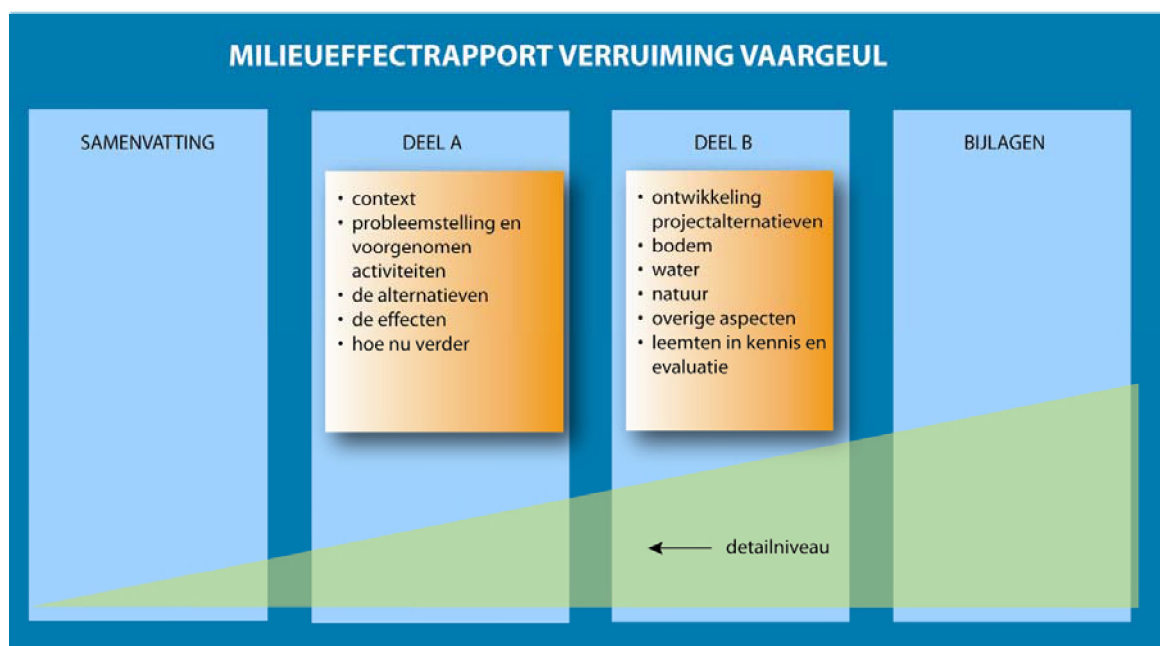
Het dossier Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde bevat het Milieueffectrapport, een Passende Beoordeling en een Actualisatie van het strategisch milieueffectenrapport. Deze hoofdrapporten worden nader onderbouwd en toegelicht in verschillende basisrapporten en achtergronddocumenten. De samenhang tussen deze documenten wordt toegelicht in onderstaande figuur.



Hoofdrapport Milieueffectrapport (MER)

Het Milieueffectrapport bestaat uit een samenvatting, deel A en deel B en bijlagen. De *samenvatting* geeft snel inzicht in het dossier en de resultaten van het onderzoek. *Deel A* van het milieueffectrapport beschrijft het 'waarom' van het project, de problemen, de oplossingen en hoe de oplossingen ten opzichte van elkaar scoren. In deel A staat alle relevante informatie voor bestuurders en de besluitvorming. Een abstractieniveau dieper gaat *deel B* van het milieueffectrapport. In deze hoofdstukken worden de onderzoeken voor bodem, water, natuur en overige aspecten samengevat. Dit is een onderbouwing van deel A. De bijlagen (achter in dit milieueffectrapport) geven extra informatie, ondermeer een overzichtskaart, een begrippenlijst en achtergrondinformatie.

Navolgend wordt de opbouw van deel A en B nader toegelicht.



Deel A

Hoofdstuk 1 *Context* beschrijft het kader waarbinnen het milieueffectrapport is opgesteld.

In Hoofdstuk 2 *Probleemstelling en voorgenomen activiteiten* worden de voorgenomen ingrepen beschreven. Waarom moet de vaargeul verruimd worden en waar moet bij de uitvoering van het project op gelet worden?

Voor het milieueffectonderzoek is de voorgenomen activiteit vertaald in alternatieven voor de uitvoering van de verdieping en verbreding van de vaargeul. Deze hebben betrekking op het bergen van de vrijkomende aanleg- en onderhoudsbaggerspecie. Hoofdstuk 3 *De alternatieven* beschrijft deze alternatieven.

In hoofdstuk 4 *De effecten* worden de effecten van de alternatieven beoordeeld. Uit deze beoordeling volgt het Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA): het alternatief dat de minst nadelige gevolgen heeft voor natuur en milieu. Ook wordt het beoordelingskader, de omvang van het studiegebied en het tijdsdomein in jaren waarop de effecten worden geïnterpreteerd en beoordeeld beschreven.

In Hoofdstuk 5 *Hoe nu verder* wordt de procedure van deze milieueffectrapportage beschreven. Hier vindt u informatie over de betrokken partijen, besluitvorming en inspraakmogelijkheden.

Deel B

Hoofdstuk 6 *Ontwikkeling van projectalternatieven* beschrijft de resultaten van het onderzoek om te komen tot de projectalternatieven die in hoofdstuk 3 beschreven zijn.

Hoofdstukken 7, 8, 9 en 10 bevatten de onderzoeksresultaten op hoofdlijnen per discipline. De onderzoeksresultaten bevatten een beschrijving van de huidige toestand en van de verwachte ontwikkelingen in het Schelde-estuarium en de effecten van de alternatieven.

Hoofdstuk 11 *Leemten in kennis en evaluatie* beschrijft de kennisleemten en onzekerheden in het onderzoek en de betekenis daarvan voor de interpretatie van de resultaten.

Hoofdrapport Passende Beoordeling

De Passende Beoordeling beschrijft de gevolgen van de verruiming van de vaargeul voor de volgende Natura 2000-gebieden:

- Westerschelde en Saeftinghe;
- Schelde- en Durme-estuarium;
- Durme en Middenloop van de Schelde;
- schorren en polders van de Beneden-Schelde;
- Kuifeend en Blokkersdijk.

De Passende Beoordeling bevat de volgende onderdelen:

- Beschrijving van het project;
- Beschrijving van de van belang zijnde vogel- en habitatrictlijngebieden;
- Beschrijving van de effecten;
- Effectbeoordeling;
- Mitigerende maatregelen;
- Alternatievenonderzoek;
- Redenen van groot openbaar belang en compenserende maatregelen.

Hoofdrapport Actualisatie strategisch milieueffectenrapport

De Actualisatie van het strategisch milieueffectenrapport beschrijft de effecten van de gewijzigde scheepvaartstromen over de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde als gevolg van de verruiming, uitgaande van de meest recente goederenprognoses.

Het rapport beschrijft:

- de belangrijkste conclusies op hoofdlijnen uit het strategisch milieueffectenrapport en of deze nog gelden na actualisatie van het onderzoek;
- hoe de uitgangspunten voor de goederenvervoersstromen opnieuw werden bepaald;
- de milieueffecten van deze bijgestelde goederenprognoses en de beoordeling ervan.
- de effecten van de scheepvaartstromen als gevolg van de verruiming (scenario met en zonder WCT);

Basisrapporten en achtergronddocumenten

De basisrapporten en achtergronddocumenten zijn technische en specialistische rapporten waarin de methode, resultaten en conclusies van het uitgevoerde (modelmatige) onderzoek zijn weergegeven.

De basisrapporten onderbouwen de effecten en conclusies uit het hoofdrapport. De achtergronddocumenten bieden aanvullende informatie.

Bij het milieueffectrapport horen de volgende basisrapporten:

- Basisrapport Morfologie
- Basisrapport Water
- Basisrapport Slibdynamiek
- Basisrapport Zoutdynamiek
- Basisrapport Natuur
- Basisrapport Overige Aspecten

De volgende achtergronddocumenten zijn onderbouwend aan de basisrapporten:

- Systeembeschrijving Schelde-estuarium, een visie op de macro-morfologische ontwikkeling
- Morfologische ontwikkeling Westerschelde, fenomenologisch onderzoek naar de ontwikkelingen op mesoschaal
- Baggeren en storten
- Goederenprognoses

Beschikbaarheid van informatie

Alle rapporten uit het dossier verruiming vaargeul inclusief de literatuur uit bijlage 2 van dit milieueffectrapport zijn opgenomen op de website www.verruimingvaargeul.nl / ~.be.

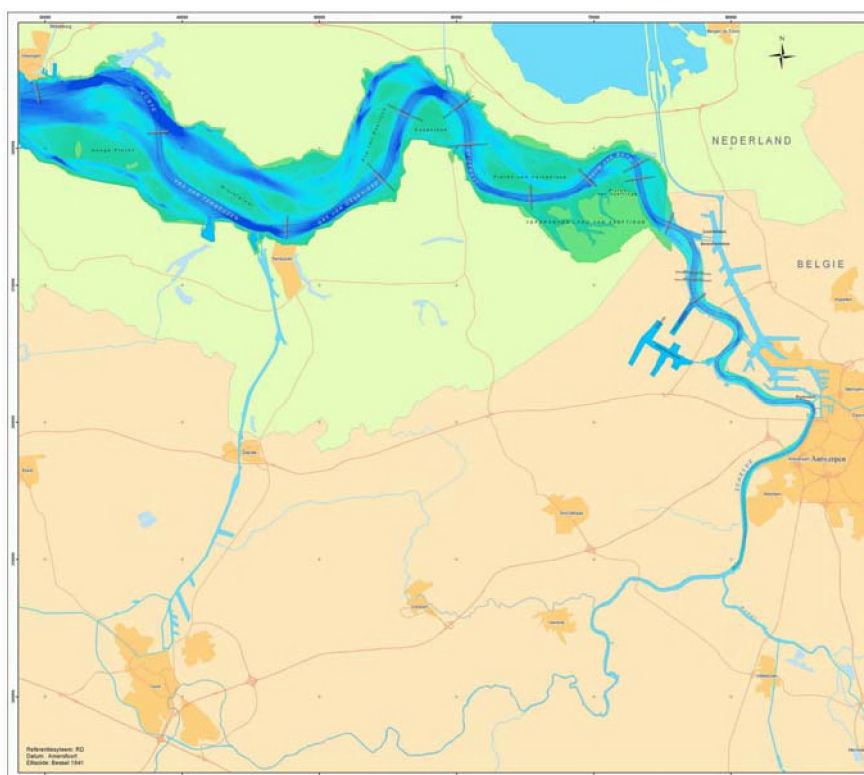
1 Inleiding

1.1 Het milieueffectrapport

1.1.1 Context en doel

Ontwikkelingsschets

De afgelopen jaren voerden Nederland en Vlaanderen een strategische verkenning uit naar een duurzame toekomst van het Schelde-estuarium: de *Ontwikkelingsschets*.



Figuur 1-1: Het Schelde-estuarium

Op basis hiervan namen de regeringen van beide landen (politieke) besluiten over projecten en maatregelen voor:

- de veiligheid tegen overstromen;
- de toegankelijkheid van de Scheldehavens;
- en de natuurlijkheid van het estuarium.

Eén van de voorgenomen projecten is de **“verruiming van de vaargeul”**, die de haven van Antwerpen beter toegankelijk moet maken.

Te nemen besluiten

Voor dit project moeten ondiepe gedeelten in de vaargeul dieper worden uitgebaggerd en in een deel van de Beneden-Zeeschelde moet de vaargeul ook breder worden gemaakt. De vrijkomende

baggerspecie moet elders in het estuarium worden teruggestort. Om aanzanden te voorkomen, moet de vaargeul permanent op diepte en breedte worden gehouden.

Baggeren en storten is dus niet alleen nodig bij de aanleg, maar ook voor het onderhoud. Hoe kan dit baggeren en storten het beste worden uitgevoerd? Daarover moeten in Vlaanderen en Nederland besluiten worden genomen: in Nederland in het Tracébesluit en in Nederland én Vlaanderen de vergunningverlening. In de voorbereiding en onderbouwing van die besluiten vormt het doorlopen van de procedure van de milieueffectrapportage een centrale stap. De besluitvormingsprocedures in Nederland en Vlaanderen verschillen weliswaar van elkaar, maar er is gekozen om gezamenlijke documenten op te stellen gebaseerd op dezelfde informatie. Deze documenten kunnen in beide procedures worden gebruikt. Waar mogelijk kunnen daardoor de procedures parallel worden doorlopen.

Procedure van de milieueffectrapportage

De Startnotitie / Kennisgeving Verruiming vaargeul (RWS en AWZ, 2006) is in februari 2006 gepubliceerd en heeft in het voorjaar van 2006 ter inzage gelegen ten behoeve van inspraak en advisering. Hierin staat onder meer de voorgenomen verruiming van de Scheldevaargeul beschreven en hoe de milieueffecten onderzocht zullen worden.

Dit gecombineerde Vlaams – Nederlandse Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde vormt de volgende stap.

Inhoud en doel Milieueffectrapport

Dit milieueffectrapport brengt de belangrijkste effecten van verschillende uitvoeringen (alternatieven en varianten) van de verruiming van de vaargeul in beeld. Voor water, bodem (morfologie), natuur, landschap, ruimtegebruik en mobiliteit, lucht, geluid en trillingen, externe veiligheid, nautische veiligheid en mens en gezondheid.

Zo kunnen de verschillende alternatieven en varianten voor de uitvoering goed met elkaar worden vergeleken. Zodat de beslissingsbevoegde overheidsinstanties bij het Tracébesluit in Nederland en de vergunningverlening in Nederland en Vlaanderen een afgewogen en verantwoorde beslissing kunnen nemen over:

- het (eenmalig) storten van de aanlegbaggerspecie;
- het jaarlijks storten van de onderhoudsbaggerspecie.

Daarbij gaat het er om de werkzaamheden zo uit te voeren dat er geen ongewenste milieueffecten verwacht mogen worden. Dus heeft dit milieueffectrapport ook tot doel te bepalen óf en waar mitigerende en eventueel compenserende maatregelen nodig zijn voor het voorkomen of compenseren van (negatieve) milieueffecten.

1.1.2 Voorgenomen activiteit

Op dit moment is in de Westerschelde een getijonafhankelijke vaart van schepen met een diepgang van 11,85 meter mogelijk. De verruiming moet een getijonafhankelijke vaart van schepen met een diepgang van 13,10 meter mogelijk maken, uitgaande van een kielspeling van 12,5 procent. Dit betekent een minimale gewaarborgde waterdiepte van GLLWS-14,7 meter.

De verruiming van de vaargeul bestaat als voorgenomen activiteit uit drie onderdelen:

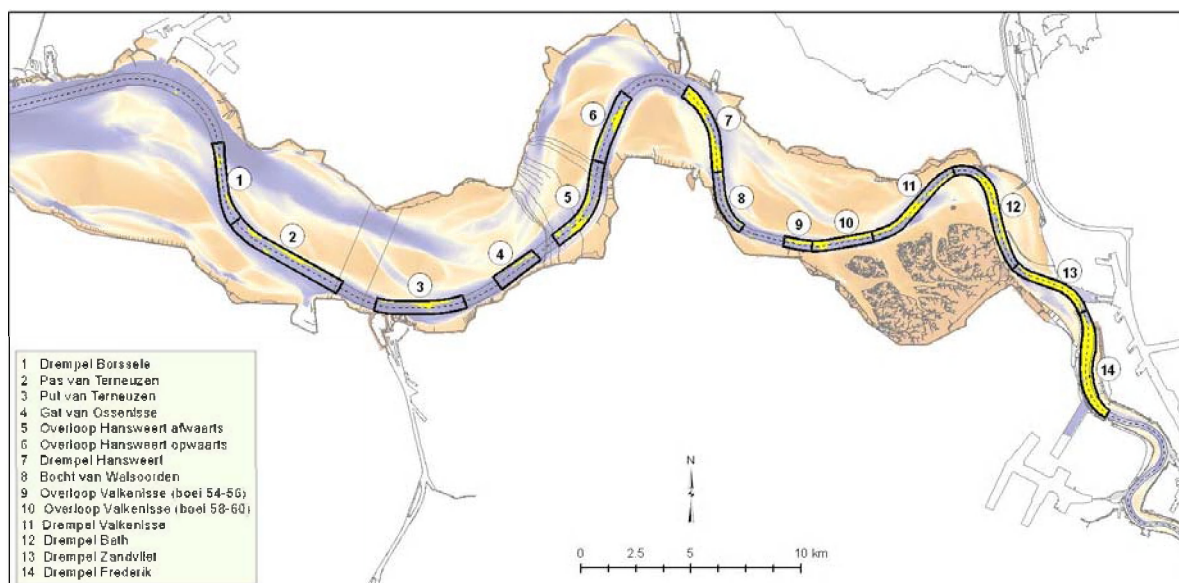
1. verdiepen van de vaargeul;
2. verbreden van de vaargeul inclusief aanleg van de zwaaizone;
3. het storten van de baggerspecie (aanleg en onderhoud).

De aanlegwerkzaamheden zullen plaatsvinden in twee jaar (voorzien voor 2008 en 2009) zodat vanaf 2010 de verruimde vaargeul in gebruik zal zijn. Als gevolg van de voorgenomen activiteiten

zullen eventueel ook afgeleide activiteiten nodig zijn: berging van wrakken en obstakels, geulwandverdediging en verplaatsing en/of bescherming van kabels en leidingen.

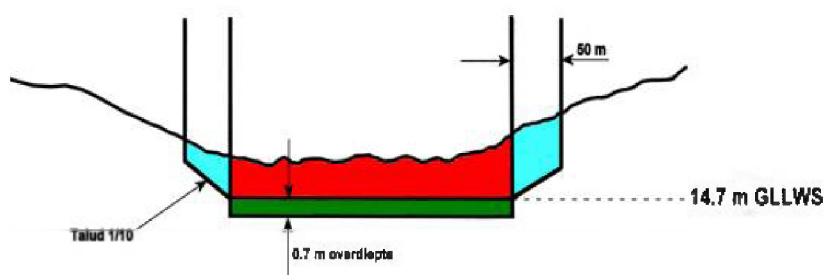
a. Verdieping van de vaargeul

Het is niet nodig om over de hele lengte van de vaargeul baggerwerkzaamheden uit te voeren. Uitbaggeren is alleen nodig op veertien lokaal ondiepe gedeelten, de elf drempels zoals aangegeven in de Startnotitie / Kennisgeving en op enkele aan platen grenzende randen van de vaargeul (zie *Figuur 1-2*).



Figuur 1-2: Locaties van de ondiepe gedeelten in de vaargeul

Concreet betekent dit dat de vaargeul ter plaatse van de ondiepe gedeelten uitgebaggerd wordt tot de gewenste diepte en breedte volgens het schema in *Figuur 1-3*.



Figuur 1-3: Schematische weergave van het principe van het baggerwerk in de vaargeul

b. Verbreding van de vaargeul inclusief aanleg van de zwaaizone

Stroomafwaarts van Hansweert is de vaargeul in de huidige situatie 500 of 520 meter breed en tussen Hansweert en de Europaterminal nabij Zandvliet 370 meter. Stroomopwaarts van de Europaterminal is de breedte beperkt tot 250 meter. Verder zijn er in de Westerschelde enkele vernauwingen: bij de drempel van Borssele (330 meter), de bocht van Walsoorden (300 meter) en het Nauw van Bath (300 meter).

De vaargeul wordt verbreed tot 370 meter breed op het traject vanaf de Europaterminal tot 500 meter stroomopwaarts van het Deurganckdok. Uitzondering hierop is de leidam van Doel (tegenover de Europaterminal). Daar blijft de breedte 300 meter. Ook de genoemde vernauwingen in de Westerschelde blijven ongewijzigd. Opwaarts van de Europaterminal wordt ter verbetering van de nautische veiligheid een ellipsvormige zwaaizone aangelegd die een maximale breedte heeft van 500 meter en een maximale lengte van 800 meter.

c. Storten van de baggerspecie (aanleg en onderhoud)

Er wordt onderscheid gemaakt in baggerspecie die vrijkomt bij de (eenmalige) aanleg van de verdiepte en verbrede vaargeul en de baggerspecie die vrijkomt bij het onderhoud daarna. De vaargeul zal door de getijdenwerking en de afvoer van rivierwater aanzanden (en in de Beneden-Zeeschelde ook aanslibben) waardoor (jaarlijks) onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk is om de vaargeul op het gewenste peil te houden.

Hoeveelheid aanlegbaggerspecie

Bij het baggeren van de ondiepe en te verbreden plaatsen in de vaargeul komt aanlegbaggerspecie vrij (zie *Figuur 1-3*). Deze specie moet worden geborgen. Het uitgangspunt bij het bergen van de opgebaggerde specie is terugstorten in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Daarbij wordt de Vlaamse specie geborgen op Vlaams grondgebied en de Nederlandse specie op Nederlands grondgebied, behalve als hierover andere afspraken gemaakt worden.

Voor het in eerste aanleg realiseren van een getijonafhankelijke vaart van schepen naar Antwerpen met een diepgang van 13,1 meter is het effectief te baggeren volume ongeveer 14 miljoen m³. In *Tabel 1-1* staat hoeveel baggerspecie bij aanleg in de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde vrijkomt. Het project in de Beneden-Zeeschelde zonder zwaaizone zou een baggerinspanning van 5,25 miljoen m³ vragen.

Totaal	Beneden-Zeeschelde	Westerschelde		
		Oostelijk deel	Midden deel	Westelijk deel
	6,35	5,15	1,15	1,40
14,05	6,35	7,70		

Tabel 1-1: Baggervolumes bij aanleg van de verruimde vaargeul (in miljoenen m³ in situ, inclusief de overdiepte).

Hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie

De precieze hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie is op voorhand niet bekend. De wijze van verdiepen en de berging van de aanlegbaggerspecie is hierop van invloed. De berekende gemiddelde hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie voor de eerste vijf jaar varieert bij de in dit milieueffectrapport onderzochte verdiepingsalternatieven van jaarlijks 15,5 tot 16,2 miljoen m³. In paragraaf 1.1.3 worden de alternatieven toegelicht.

Jaarlijks, dus structureel, moet er in de huidige situatie ook onderhoudsbaggerspecie uit de Schelde gebaggerd worden tussen Vlissingen en 500 meter opwaarts van het Deurganckdok. Dit wordt voor

het grootste deel teruggestort in het estuarium. Tot en met 2001ⁱ is de jaarlijkse hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie in de Westerschelde ongeveer 10 à 11 miljoen m³. Na 2001 neemt de jaarlijkse hoeveelheid in de Westerschelde af tot 6,4 miljoen m³ in 2006. De hoeveelheid in de Beneden Zeeschelde varieert over de hele periode tussen de 2,8 en 4,1 miljoen m³.

In de Westerschelde is vrijwel uitsluitend zandige specie aanwezig. De specie in de Beneden-Zeeschelde bevat meer slib dan in de Westerschelde.

Stortstrategie onderhoudsbaggerspecie

Verbeterde stortstrategie

Uit het strategisch milieueffectenrapport voor de Ontwikkelingsschets is gebleken dat door het rigide voortzetten van de op dat moment toegepaste stortstrategie voor onderhoudsbaggerspecie (vergunning van 1998 tot 2006) het meergeulensysteem van de Westerschelde gevaar loopt: het systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende platen en ondiepwatergebieden, met een grote diversiteit aan schorren slikken en platen. De met het oog op het behoud van deze fysieke systeemkenmerken van het estuarium ontwikkelde '*verbeterde stortstrategie*' voor onderhoudsbaggerspecie is gebruikt bij de vergunning voor de periode van 2006 tot 2011. In de verbeterde stortstrategie wordt minder gestort in de nevengeulen.

Aangepaste stortstrategie

Sinds de strategische verkenningsfase is de beschikbare systeemkennis en het beschikbare modelinstrumentarium aanzienlijk verbeterd. In dit milieueffectrapport is met behulp hiervan de '*verbeterde stortstrategie*' voor onderhoudsbaggerspecie uit de vergunning voor 2006 verder geoptimaliseerd en aangepast aan de verruiming van de vaargeul. In dit milieueffectrapport wordt dit de '*aangepaste stortstrategie*' genoemd. In het basisrapport Morfologie zijn op iteratieve wijze meerdere **concrete invullingen** van de aangepaste stortstrategie voor onderhoudsbaggerspecie onderzocht voor de periode tot aan 2030, in samenhang met verschillende manieren van berging van de aanlegbaggerspecie van de verruiming. Hierbij is de stortverdeling over zowel de gehele Westerschelde als de verdeling over het storten in nevengeulen en de hoofdgeul gevarieerd waarbij ook het storten op plaatranden is onderzocht. Het zoeken naar een concrete invulling van de aangepaste stortstrategie maakt deel uit van het morfologisch onderzoek, terwijl de resultaten ervan het uitgangspunt vormen voor het onderzoek over waterbeweging, zout- en slibdynamiek.

Flexibel storten

In de Ontwikkelingsschets is een mogelijke maatregel beschreven om niet verwachte negatieve effecten van de verruiming van de vaargeul te voorkomen of te verminderen, een zogenoemde mitigerende maatregel: '*het concept van het flexibel storten*'. Hieronder wordt verstaan het bijsturen van het storten van onderhoudsbaggerspecie op basis van (voortschrijdend) inzicht, monitoring van effecten en praktische uitvoeringsaspecten zonder dat hiervoor een nieuwe vergunning nodig is. Hierdoor kan steeds accuraat worden geanticipeerd op de meest recente kennis en inzichten. Om dit mogelijk te maken is een **meer flexibele invulling van de onderhoudsvergunning** nodig. In het milieueffectrapport is de vrijheid voor flexibiliteit onderzocht en zo groot mogelijk gehouden. Bij de ontwikkeling van de projectalternatieven (zie paragraaf 1.1.3) heeft selectie alleen plaatsgevonden vanuit de primaire doelstelling van het project en de harde randvoorwaarden vanuit wet- en regelgeving. Zo zijn op voorhand alleen gebieden afgevalen als stortvak waar negatieve effecten voor morfologie en/of ecologie worden verwacht en geen gebieden die om andere redenen of belangen minder gewenst zijn. Er is gekozen om binnen de vastgestelde uitgangspunten met de

ⁱ gebaseerd op baggervolumes onderhoud van de verruimde vaargeul 1997-2006

onderzoeksvarianten de uitersten te onderzoeken en voor twee duidelijk onderscheidende projectalternatieven zodat meer inzicht is ontstaan in de potentieel beschikbare speelruimte voor flexibiliteit op het niveau van de hele Westerschelde. Ook is er afzonderlijk morfologisch onderzoek verricht (zie basisrapport Morfologie) naar specifieke vrijheden voor een flexibele invulling van de onderhoudsvergunning:

- Wanneer? Enkele verkennende berekeningen geven aan dat het inderdaad mogelijk is om met het aanpassen van de stortstrategie in de tijd negatieve ontwikkelingen bij te sturen.
- Waar? Voor de mate van erosie blijkt het niet uit te maken of de baggerspecie geconcentreerd of verspreid binnen een nevengeulstortvak wordt gestort.
- Hoe vaak? Het in één keer benutten van de stortcapaciteit van een plaatrandstortvak geeft per saldo minder erosie dan het benutten van deze stortcapaciteit in een aantal kleinere stappen.

De concrete invulling van de aangepaste stortstrategie is ontwikkeld voor de periode vanaf de aanleg van de verruiming tot aan 2030. Gedurende deze periode worden de morfologische en ecologische ontwikkelingen zorgvuldig gemonitord en geëvalueerd. De eerste vijf jaar na aanleg is alleen detaillering van de inrichting en bijsturing op basis van lokale monitoring mogelijk. Bijvoorbeeld om de natuurpotenties op de plaatranden optimaal te benutten of omdat de plaatranden eerder 'vol' zijn dan verwacht. De wijze van storten op de plaatranden kan hierop worden aangepast, maar ook de verdeling over de stortvakken op de plaatranden, nevengeulen en hoofdgeul binnen de betreffende macrocel (morfologische eenheid). Bijsturing van de verdeling over de gehele Westerschelde op basis van monitoring is minimaal 5 jaar na aanleg mogelijk. onder andere door de stortvakken zo groot mogelijk te maken. De eerste vijf jaar na aanleg - gedurende de looptijd van de vergunning voor de periode 2008 tot 2013 - is alleen detaillering van de inrichting en bijsturing op basis van lokale monitoring mogelijk. De wijze van storten kan hierop worden aangepast, maar ook de aanvangsverdeling over de stortvakken op de plaatranden, nevengeulen en hoofdgeul binnen de betreffende macrocel (morfologische eenheid). Bijsturing van de aanvangsverdeling over de gehele Westerschelde op basis van monitoring is minimaal 5 jaar na aanleg mogelijk.

d. Afgeleide activiteiten

Berging van wrakken en obstakels is nodig als deze een vlotte en veilige vaart belemmeren. Wrakken en obstakels die zich bevinden in de vaargeul tot 3 meter onder de te realiseren bodem, moeten worden geruimd. Ook wrakken en obstakels gelegen in de natuurlijke ontstane helling tussen de gerealiseerde verdieping en de oorspronkelijke bodem buiten de vaargeul zullen geruimd moeten worden. De gebieden die worden gebaggerd zijn onderzocht. Tijdens dit onderzoek zijn een aantal mogelijke obstakels ontdekt. Tijdens de tweede fase zullen deze locaties nader worden onderzocht. Deze informatie is niet in dit milieueffectrapport opgenomen, maar wordt wel gebruikt bij het Ontwerp Tracébesluit en bij de vergunningaanvragen.

Geulwandverdediging is nodig als ter plaatse de ontwikkeling van de geul een bedreiging vormt voor de stabiliteit van de waterkering en/of andere elementen (bijvoorbeeld schorren). In dit milieueffectrapport is onderzocht of de stroomsnelheden in de geulen als gevolg van de verruiming veranderen en of aanvullende maatregelen nodig worden geacht op het vlak van geulwandverdediging.

Uit een uitgebreide inventarisatie is gebleken dat **verplaatsen en/of beschermen van kabels en leidingen in de vaargeul** niet nodig is. In de baggerzone en stortzone afwaarts van de Overloop van Hansweert dient wel speciale aandacht gegeven te worden aan het baggeren en storten boven een aantal nutsleidingen. Daar lopen twee actieve 50 kV-kabels door de voornoemde aanlegbaggerzone en stortzone. Op basis van een onlangs uitgevoerd onderzoek wordt geconcludeerd dat de kabels kunnen

blijven liggen en dat bescherming voor wat betreft de vaargeul niet nodig is. Of bescherming daarbuiten nog nodig is, wordt nog nagegaan. Deze informatie is niet in dit milieueffectrapport opgenomen, maar wordt wel gebruikt bij het Ontwerp Tracébesluit en bij de vergunningaanvragen.

1.1.3 Alternatieven

a. Projectalternatieven Nevengeul en Plaatrand

De effecten van twee projectalternatieven (Nevengeul en Plaatrand) zijn beoordeeld ten opzichte van het nulalternatief: de huidige situatie met gestuurde en niet gestuurde autonome ontwikkelingen. Het verruimen van de vaargeul en het storten van de baggerspecie (de voorgenomen activiteit) impliceert twee belangrijke veranderingen ten opzichte van het nulalternatief (de referentiesituatie):

- Het verruimen van de vaargeul zelf (verdiepen en verbreden inclusief zwaaizone en afgeleide activiteiten) van eind 2007 tot eind 2009. En het storten van de aanlegbaggerspecie.
- Het onderhouden van de verruimde vaargeul en het storten van de onderhoudsbaggerspecie conform een aangepaste stortstrategie met voldoende vrijheid in de vergunning om in te kunnen spelen op voortschrijdend inzicht en monitoring (flexibel storten).

De ligging van de vaargeul (het tracé) en de benodigde verdieping en verbreding inclusief zwaaizone staan vast. Waar en hoe de aanlegbaggerspecie wordt gestort is nog niet bepaald. Dit geldt ook voor de invulling van de aangepaste stortstrategie en het flexibel storten van de onderhoudsbaggerspecie. In theorie zijn ontelbare combinaties van locatie, hoeveelheid, technieken en tijd mogelijk. In vijf selectiestappen is het aantal mogelijkheden ingeperkt tot twee concrete projectalternatieven:

1. Uitgangspunten vaststellen
2. Uitsluiten van gebieden met negatieve effecten
3. Ontwikkelen van onderzoeksvarianten
4. Toetsing van de onderzoeksvarianten
5. Kiezen van projectalternatieven

De ontwikkeling van de projectalternatieven is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 6 van het hoofdrapport van het Milieueffectrapport. De onderbouwing voor de bovenstaande stappen maakt integraal deel uit van de basisrapporten Morfologie, Water en Natuur.

Op basis van de conclusies van de morfologische en ecologische toetsing van de onderzoeksvarianten is besloten om twee projectalternatieven te onderzoeken. De morfologische effecten bleken niet onderscheidend en dus is de keuze gemaakt op basis van de ecologische toetsing:

1. Projectalternatief Nevengeul: in de Westerschelde naast storten in de hoofdgeul zoveel mogelijk storten van de aanleg- en onderhoudsbaggerspecie in de nevengeulen en niet op de plaatranden. Bij dit alternatief worden de risico's op negatieve effecten vanuit de ecologische instandhoudingdoelen zoveel mogelijk beperkt.
2. Projectalternatief Plaatrand: in de Westerschelde naast storten in de hoofdgeul en nevengeulen zoveel mogelijk storten van de aanleg- en onderhoudsbaggerspecie op de plaatranden. Dit is een alternatief met extra natuurpotenties.

In de Beneden-Zeeschelde wordt in beide alternatieven voor de aanlegbaggerspecie uitgegaan van een combinatie van storten in de vaargeul en berging op het land en in de Schaar van Ouden Doel en voor de onderhoudsbaggerspecie vormt de bestaande stortstrategie de basis.

In de paragrafen 6.7 en 6.8 van het hoofdrapport van het Milieueffectrapport worden de beide projectalternatieven nader uitgewerkt. De effecten van beide projectalternatieven zijn in dit

Milieueffectrapport vanuit een breed scala van milieuaspecten beschreven. In dit basisrapport staat een deel van de daarvoor benodigde informatie.

	Westerschelde Projectalternatief Nevengeul	Westerschelde Projectalternatief Plaatrand	Beneden-Zeeschelde
Vaargeul	Verruimen	Verruimen	Verruimen
Storten aanlegbagger- specie	Volledig in de nevengeulen	Volledig op plaatranden	Combinatie van storten in de vaargeul en berging op land en in de Schaar van Ouden Doel
Storten onderhouds- baggerspecie	Aangepaste stortstrategie zonder stort op plaatranden* Concrete invulling: jaarlijks 12,4 miljoen m ³ waarvan 6,1 in de nevengeulen en 6,3 in de hoofdgeul	Aangepaste stortstrategie met stort op plaatranden* Concrete invulling: jaarlijks 11,7 miljoen m ³ waarvan 2,4 op plaatranden, 4,4 in nevengeulen en 4,9 in de hoofdgeul	Huidige stortstrategie
Technieken voor baggeren, transporteren en storten	Sleephopperzuiger en kleppen.	Sleephopperzuiger en kleppen. Op plaatranden: ook rainbowen en sproeiponton.	Sleephopperzuiger en kleppen. Bij berging aan land: walpersen.

Tabel 1-2: Overzicht van de alternatieven

Uit de afweging, zoals beschreven in de bovengenoemde rapporten, bleek dat het onderscheidende karakter van de verschillende projectalternatieven gering is. Er is daarop besloten de afweging niet uit te voeren voor zout en slib, aangezien deze parameters een afgeleide vormen van de morfologie en de waterbeweging. A posteriori blijkt uit een vergelijking van de projectalternatieven Nevengeul en Plaatrand dat deze aanname correct was.

b. Referentiealternatieven

Om de effecten van de projectalternatieven te meten, zijn ze in dit milieueffectonderzoek vergeleken met de huidige situatie en autonome ontwikkelingen. Dit is het nulalternatief.

Daarnaast is onderzocht welke effecten kunnen worden toegeschreven aan de aangepaste stortstrategie en welke aan het verruimen van de vaargeul. Hiervoor zijn het nulplusalternatief en het projectminalternatief gebruikt. Dit zijn referentiealternatieven, die niet zijn te verkiezen als uitkomst van dit milieueffectrapport.

De referentiealternatieven: een overzicht

	<i>Huidige situatie en autonome ontwikkelingen</i> <i>(nulalternatief)</i>	<i>Effecten van aangepaste stortstrategie</i> <i>(nulplus alternatief)</i>	<i>Effecten van verruimen</i> <i>(projectmin alternatief)</i>
<i>Verruimen</i>	<i>Niet verruimen</i>	<i>Niet verruimen</i>	<i>Verruimen</i>
<i>Stortstrategie</i>	<i>Huidige stortstrategie</i>	<i>Aangepaste stortstrategie</i>	<i>Huidige stortstrategie</i>

Figuur 1-4: Overzicht van de referentiealternatieven

Nulalternatief: gestuurde en niet-gestuurde autonome ontwikkeling

Bij het nulalternatief wordt de vaargeul niet verruimd. Het nulalternatief bestaat daarom uit de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen die voor de toekomst te verwachten zijn. Het nulalternatief vormt de referentiesituatie. Dat wil zeggen dat de milieueffecten van de overige alternatieven worden bepaald en beoordeeld door vergelijking met het nulalternatiefⁱ. In dit milieueffectrapport wordt onderscheid gemaakt in de zogenaamde gestuurde en niet-gestuurde autonome ontwikkelingen.

De gestuurde ontwikkelingen zijn die beleidsontwikkelingen of geplande projecten waarvan met voldoende zekerheid vaststaat dat ze ook daadwerkelijk zullen plaatsvinden. Om in dit milieueffectrapport als onderdeel van de autonome ontwikkeling te kunnen worden beschouwd moeten deze ontwikkelingen ook voldoende concreet zijn geformuleerd en gevolgen hebben voor het zelfde studiegebied en dezelfde tijdshorizon hebben als de verruiming.

Niet-gestuurde autonome ontwikkelingen zijn het gevolg van natuurlijke veranderingen of zijn normale maatschappelijke ontwikkelingen. Een belangrijke niet gestuurde autonome ontwikkeling is de verandering van het klimaat met onder andere zeespiegelrijzing als gevolg.

In paragraaf 2.3 van dit basisrapport zijn de relevante gestuurde en niet-gestuurde ontwikkelingen beschreven.

Nulplus en projectmin

Het milieueffectonderzoek maakt ook duidelijk welke effecten zijn toe te schrijven aan de verruiming (projectminalternatief) en welke aan de aangepaste stortstrategie (nulplusalternatief).

Deze veranderingen zijn niet onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Uit de strategische verkenning bleek dat een verbeterde stortstrategie nodig is voor de instandhouding van systeemkenmerken, ongeacht of de vaargeul verruimd wordt of niet. Daarom is het van belang om in dit milieueffectrapport niet alleen inzicht te krijgen in de gezamenlijke effecten maar ook in de afzonderlijke effecten van de beide veranderingen. Daarmee wordt ook duidelijk of de effecten van beide veranderingen elkaar versterken of verzwakken. Dit inzicht in de relatie tussen de ingrepen en de effecten is van groot belang om in de toekomst daadwerkelijk te kunnen bijsturen op basis van de resultaten van monitoring.

ⁱ Voor de Passende Beoordeling zijn de instandhoudingdoelen de referentie.

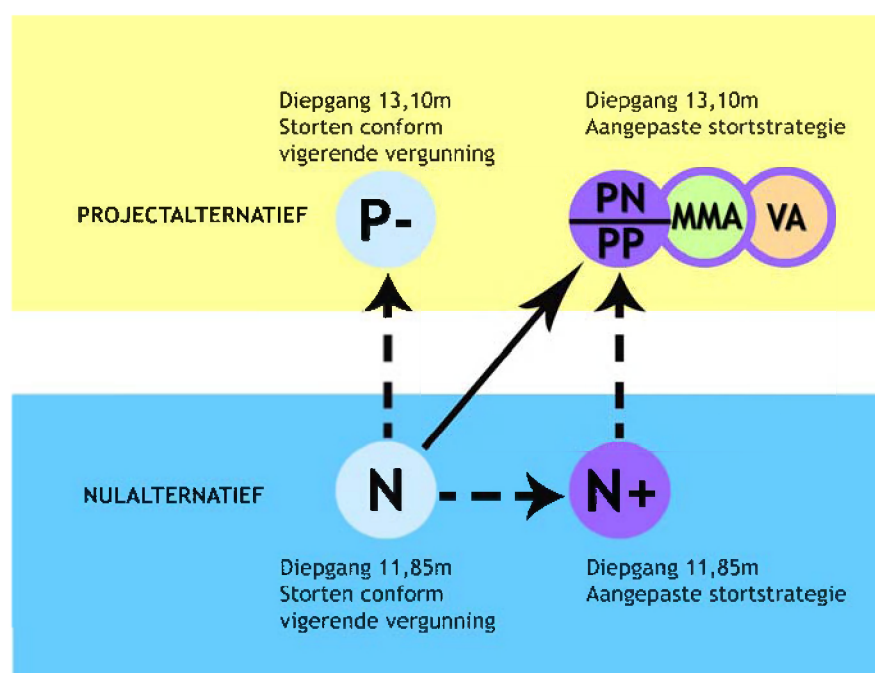
Om inzicht te krijgen in de afzonderlijke effecten van de beide veranderingen en de interactie tussen deze effecten zijn twee extra alternatieven onderzocht:

- Het nulplusalternatief: het nulalternatief, maar dan met een aangepaste stortstrategie. Dit alternatief geeft een beeld van de effecten van alleen het wijzigen van de huidige stortstrategie zonder dat verruiming plaats vindt. Door dit alternatief te vergelijken met de projectalternatieven worden de extra 'opgetelde' effecten als gevolg van de verruiming duidelijk.
- Het projectminalternatief: één van de projectalternatieven, maar dan met de huidige stortstrategie. Dit geeft een beeld van de effecten van de verruiming zonder dat de stortstrategie wordt aangepast. Door dit alternatief te vergelijken met het betreffende projectalternatief worden de extra 'opgetelde' effecten als gevolg van aanpassing van de stortstrategie duidelijk.

Deze alternatieven vormen aanvullende referentiesituaties bij het onderzoek naar de effecten van de projectalternatieven. Deze alternatieven zijn in dit milieueffectrapport daarom ook wel referentiealternatieven genoemd.

c. Overzicht alternatieven

Het geheel van de alternatieven en hun onderlinge relaties is voorgesteld in onderstaande figuur, waarin tevens het meest milieuvriendelijke alternatief en het voorkeursalternatief zijn opgenomen (zie paragraaf 3.5 van het hoofdrapport voor een toelichting).



Figuur 1-5: Samenvattend schematisch overzicht van de alternatieven

1.2 Dit basisrapport

1.2.1 Doel en afbakening

In het onderhavige rapport worden de belangrijkste verwachte effecten op de zoutdynamiek van het estuarium gepresenteerd van:

- de mogelijke alternatieven en varianten van de verruiming van de vaargeul (aanleg en onderhoud);
- de mogelijke alternatieven en varianten van het storten van de aanlegbaggerspecie.

De mogelijke effecten van alternatieven en varianten inzake (flexibel) storten van de onderhoudsbaggerspecie worden als niet onderscheidend beschouwd inzake de zoutdynamiek en derhalve niet onderzocht.

Specifiek zal inzake zoutdynamiek onderzocht worden hoe de zoutgradiënt in het Schelde-estuarium zal wijzigen door de geplande ingreep. Daarnaast zal worden nagegaan hoe het algemeen beeld van het zoutgehalte in het estuarium zal wijzigen in relatie tot overgangen tussen de verschillende (zoute) ecotopen.

1.2.2 Opzet van het basisrapport Zoutdynamiek

Na de inleiding wordt gestart met de uiteenzetting van de aanpak van de studie. In de Startnotitie / Kennisgeving staan reeds de alternatieven en varianten die bekeken gaan worden beschreven, alsmede de thema's en het beoordelingskader. Deze aspecten worden in dit rapport kort samengevat. Ten bate van de navolgbaarheid wordt eerst een (kort) overzicht en beschrijving van de bestudeerde alternatieven en varianten gegeven, alsmede een (korte) toelichting op het toegepaste beoordelingskader. Voor een uitgebreide beschrijving hiervan wordt verwezen naar de Startnotitie / Kennisgeving. Vervolgens worden de beoordelingscriteria en onderzoeksparameters met betrekking tot zoutdynamiek geïntroduceerd, dit zijn de parameters welke gehanteerd worden om de effecten in uit te drukken. In de daarop volgende paragraaf wordt aangegeven welke werkwijze gehanteerd wordt om de effecten in beeld te brengen. De gereedschappen die daarbij ingezet worden (te weten *expert judgement* en het model *Slib3D*), worden in hoofdstuk 4 verder toegelicht.

Het onderzoek naar de zoutdynamiek rust op een tweetal pijlers:

1. *Systeemkennis* waarbij op basis van waarnemingen uit het verleden het zoutregime in het systeem wordt *geïllustreerd* (hoofdstuk 3)
2. *Modelberekeningen* waarmee de zoutbewegingen in het systeem met en zonder verruimde vaargeul en voor verschillende regimes inzake bovenafvoer worden geschat (hoofdstuk 4 tot en met 10).

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op het modelinstrumentarium, met aandacht voor het opzetten en de afregeling. In de hoofdstukken 5 tot 10 worden de resultaten van de verschillende alternatieven en varianten gepresenteerd startend vanaf de huidige situatie. Na een korte beschrijving van iedere variant worden telkens de resultaten toegelicht en wordt een conclusie getrokken.

In hoofdstuk 11 wordt ingegaan op een aantal aspecten zoals zandwinning en natuurontwikkeling in het middengebied.

In hoofdstuk 12 tenslotte worden de conclusies gebundeld en worden enkele aanvullende overwegingen geformuleerd.

2 Aanpak

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt, ten bate van de navolgbaarheid, eerst een (kort) overzicht en een beschrijving van de bestudeerde alternatieven en varianten gegeven (zie paragraaf 2.2), alsmede een overzicht van de autonome ontwikkelingen (zie paragraaf 2.3), een toelichting op het toegepaste beoordelingskader (zie paragraaf 2.4), waarin de beoordelingscriteria en onderzoeksparameters geïntroduceerd worden (de parameters welke gehanteerd worden om de effecten in uit te drukken). Vervolgens wordt ingegaan op het studiegebied (zie paragraaf 2.5) en de referentie jaren (zie paragraaf 2.6) en ten slotte op de aanpak (zie paragraaf 2.7) met betrekking tot het onderdeel zoutdynamiek. In de eerste subparagraaf wordt de aanpak globaal uiteengezet. In de daarop volgende subparagrafen worden de middelen die ingezet worden om de effecten in beeld te brengen beschreven.

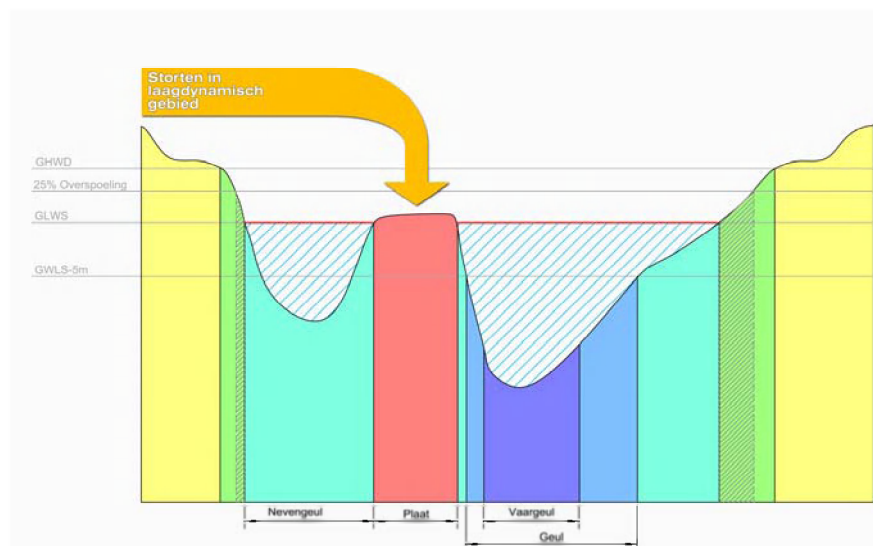
2.2 Uitwerking van alternatieven en varianten

2.2.1 Basisuitgangspunten en hoofdkeuzes

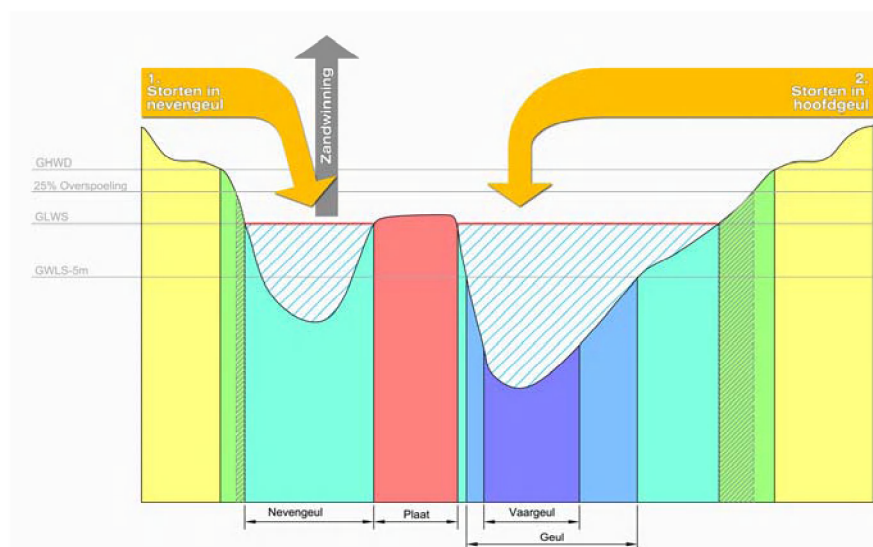
Zowel de aanlegbaggerspecie als de onderhoudsbaggerspecie kan worden geborgen in het mondingsgebied, de hoofdgeul en de nevengeulen en op de plaatranden en het land. Op basis van de aanwezige kennis en ervaring zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd en hoofdkeuzes gemaakt:

- Centraal staat het voorkomen van negatieve milieueffecten. De doelstelling van de voorgenomen activiteit richt zich immers op het verbeteren van de toegankelijkheid door verruiming van de vaargeul (dit project) en niet op verbetering van de natuurlijkheid van het systeem door natuurontwikkeling. Hiervoor zijn in de Ontwikkelingsschets vanuit de natuurlijke doelstelling aparte natuurontwikkelingsprojecten gedefinieerd.
- Alleen die varianten zijn onderzocht waarvan door de deskundigen op voorhand wordt verwacht dat de stortwijze een neutraal of positief effect heeft op de morfologie én de ecologie. Het Schelde-estuarium moet bij voorkeur als systeem benaderd worden, waarbij ecologie en morfologie hand in hand gaan en waarbij het fysische systeem een belangrijke, onmisbare drager is voor de ecologie.
- Belgisch/Vlaamse specie wordt geborgen op Belgisch/Vlaams grondgebied en Nederlandse specie op Nederlands grondgebied, tenzij hierover tussen Vlaanderen en Nederland andere afspraken worden gemaakt.
- Het verdient de voorkeur om de baggerspecie in het estuarium (en dus in het systeem) te houden en zoveel als mogelijk in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde terug te storten. Zeker in Vlaanderen is echter berging van alle aanleg- en onderhoudsbaggerspecie in de Beneden-Zeeschelde door de beperkte capaciteit niet mogelijk.
- De afstand tussen baggeren en storten moet liefst zo klein mogelijk zijn om de milieueffecten beperkt te houden. Beperking van de vaarafstand minimaliseert de uitstoot van schadelijke stoffen en de nautische risico's.
- Er is steeds gezocht naar bergingslocaties die het morfologische systeem (systeem van platen, geulen, kortsluitgeulen, ondiep water gebieden) zo robuust mogelijk houden en waarbij de milieueffecten minimaal en bij voorkeur positief zijn (ecologische meerwaarde).

- Berging van aanlegbaggerspecie op morfologisch laag dynamische plaatsen wordt aanbevolen (voorbeeld: Plaat van Walsoorden) zodat recirculatie naar de baggerlocaties (op de drempels) geminimaliseerd wordt. Vanuit dit gezichtspunt heeft de berging op plaatranden de voorkeur boven berging in de nevengeulen en de berging in nevengeulen de voorkeur boven berging in de hoofdgeul (zie figuur 2-1 en figuur 2-2).



Figuur 2-1: Storten in laagdynamisch gebied



Figuur 2-2: Storten in nevengeul en hoofdgeul

2.2.2 Onderzoeksvarianten en projectalternatieven

Om binnen de vastgestelde uitgangspunten de naar verwachting uitersten aan milieueffecten in beeld te brengen zijn meerdere onderzoeksvarianten ontwikkeld (dit is selectiestap 3 zoals beschreven in paragraaf 1.1.3). Belangrijkste variabele daarbij is de mate van morfologische activiteit oftewel de omvang van de sedimenttransporten ter plaatse van de stortlocatie. Dit bepaald hoe lang de gestorte baggerspecie blijft liggen en kan daarmee ondermeer van invloed zijn op de onderhoudsinspanning. De onderzoeksvarianten zijn in twee stappen ontwikkeld. De locaties voor het storten van de aanlegbaggerspecie vormen de basis voor de varianten. Vervolgens is per onderzoeksvariant een concrete invulling van de aangepaste strategie voor het storten van de onderhoudsbaggerspecie ontwikkeld.

De mogelijkheden voor het storten van aanlegbaggerspecie zijn voor de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde duidelijk verschillend. Daarom worden eerst drie concrete opties voor de Beneden-Zeeschelde uitgewerkt en drie concrete opties voor de Westerschelde. Vervolgens zijn door het maken van logische combinaties drie onderzoeksvarianten samengesteld.

Berging aanlegbaggerspecie in de Westerschelde

Op basis van de bovenvermelde uitgangspunten zijn er voor berging van aanlegbaggerspecie uit de Westerschelde de volgende opties mogelijk (en onderzocht):

- W1. *Berging in het mondingsgebied en op plaatranden.* In deze variant wordt de bij aanleg vrijkomende baggerspecie zo veel mogelijk geborgen in morfologisch inactieve gebieden (plaatranden als de Rug van Baarland, Plaat van Walsoorden en de Ballastplaat) of gestort in de monding in de vorm van een geulwandsuppletie in het Oostgat. Op deze manier ontstaat naar verwachting een minimaal retourtransport en blijven voldoende mogelijkheden over voor berging van de onderhoudsbaggerspecie.
- W2. *Berging in het mondingsgebied en in nevengeulen.* Hierbij wordt een zo groot mogelijk deel van de aanlegbaggerspecie gestort in de nevengeulen van dezelfde of aanliggende macrocellen (richting de monding). Een eventueel overschot wordt in het mondingsgebied gestort (geulwandsuppletie Oostgat). De storting van aanlegbaggerspecie in de nevengeulen wordt beperkt door de mogelijkheden om later ook onderhoudsbaggerspecie te kunnen storten. Voor deze variant (en ook voor W3) geldt dat de exacte hoeveelheden aanlegbaggerspecie die geborgen kunnen worden niet op voorhand te bepalen zijn. Deze zullen volgen uit de resultaten van de modelberekeningen. Aan de hand van een aantal criteria zal worden bepaald of de maximale bergingscapaciteit op een bepaalde locatie en een bepaald tijdstip al dan niet wordt overschreden. De restspecie zal vervolgens verder naar het westen worden gebracht.
- W3. *Berging op de Hooge Platen en in nevengeulen.* Deze variant is gelijk aan variant W2, met als enig verschil dat de reststorting niet in het mondingsgebied plaatsvindt maar op de Hooge Platen (om zodoende ecologisch interessant areaal te creëren). Het is evident dat het bepalen van de juiste locatie, de vorm en de omvang van de speciestorting voor ecologisch beheer zal gebeuren in nauw overleg met de ecologische experts.

Berging aanlegbaggerspecie in de Beneden-Zeeschelde

Rekening houdend met de geschatte bergingsmogelijkheden in de Schelde en aan land worden 3 concrete varianten voor de berging van aanlegbaggerspecie uit de Beneden-Zeeschelde geformuleerd:

B1. *Berging in de Schaar van Ouden Doel en op land.*

In deze variant wordt zo veel mogelijk sediment aan de Schelde onttrokken door berging aan land of opgeslagen in morfologisch inactieve gebieden door berging in de Schaar van Ouden Doel, normaliter ten behoeve van zandwinning. Voor de berging aan land wordt enkel overwogen om specie te bergen in het havengebied op de linkeroever, in de vorm van ophoging op het gedempte Doeldok of in ophogingen in de onmiddellijke omgeving van het Doeldok.

B2. *Berging in de Beneden-Zeeschelde.*

In deze variant wordt een groot deel van het sediment gestort in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde, tussen het Deurganckdok en Schelle. Het restant wordt gestort in de Schaar van Ouden Doel, ten behoeve van zandwinning.

B3. *Berging in de Schaar van Ouden Doel, Beneden-Zeeschelde en op land.*

Deze optie vormt een realistische combinatie van beide voorgaande opties. Enerzijds is het niet gewenst om een groot deel van de aanlegspecie in de vaargeul te storten door de verwachte toename van de onderhoudsinspanning. Anderzijds is het niet gewenst de aanlegspecie volledig op het land en in de Schaar van Ouden Doel te bergen omdat dit in strijd is met de beleidsdoelstelling om het zand primair in het systeem te houden. Het sediment dat vrijkomt bij de aanleg wordt verspreid over alle drie de mogelijkheden: de Beneden-Zeeschelde, de Schaar van Ouden Doel en het land.

Praktische invulling varianten en alternatieven

De uiteindelijk door te rekenen varianten en alternatieven voor het storten van aanlegbaggerspecie bestaan uit een combinatie van aanlegvarianten voor de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde. Om te voorkomen dat alle mogelijke combinaties moeten worden geanalyseerd, is een aantal voor de hand liggende combinaties gekozen. De keuze is zodanig gemaakt dat vergelijkbare varianten aan elkaar gekoppeld worden. Om naar verwachting de uitersten aan mogelijke effecten binnen de vastgestelde uitgangspunten (minimale of maximale invloed) in beeld te brengen is ervoor geopteerd om het projectalternatief P4 op te splitsen in een projectalternatief met zoveel mogelijk storten in de nevengeulen (P4N) en een projectalternatief met zo maximaal als realistisch mogelijk storten op de plaatranden (P4P).

De gekozen combinaties zijn:

Variant	Combinatie	Karakter
P1	B1 met W1	Zo veel mogelijk storten op morfologisch inactieve gebieden of onttrekken van sediment.
P2	B2 met W2	Storten in morfologisch dynamische gebieden buiten de vaarroute.
P3	B3 met W3	Storten in morfologisch dynamische gebieden buiten de vaarroute, optimalisatie van het gebruik van baggerspecie ten behoeve van ecologische doelen.
Alternatief		Karakter
P4		Optimale variant op basis van de onderzoeksresultaten.
<i>P4N</i>		<i>Zoveel mogelijk stort van aanleg- en onderhoudsbaggerspecie in de nevengeulen en niet op de plaatranden</i>
<i>P4P</i>		<i>Aanleg- en onderhoudsbaggerspecie worden zo maximaal als realistisch mogelijk gestort op de plaatranden</i>

Tabel 2-1: Varianten (aanlegstort) en de projectalternatieven

In de basisrapporten Zout- en Slibdynamiek wordt alleen ingegaan op de projectalternatieven P4N en P4P, aangezien het onderscheidende karakter van de verschillende varianten P1 tot en met P3 gering is (zie paragraaf 1.1.3 en de basisrapporten Morfologie, Water en Natuur).

Aangepaste stortstrategie onderhoudsbaggerspecie

Per onderzoeksvariant en projectalternatief is voor de Westerschelde een concrete invulling van de aangepaste stortstrategie voor de onderhoudsbaggerspecie ontwikkeld. In de aangepaste stortstrategie zijn steeds eerst de stortvakken op de kortste afstand van de baggerlocatie benut (en vervolgens verder in westelijke richting) en van deze locaties eerst de morfologisch minst actieve. De zo verkregen stortverdeling is met morfologische modellen doorgerekend voor een periode van vijf jaar, geoptimaliseerd op basis van de resultaten en vervolgens opnieuw doorgerekend. Dit net zo lang totdat een stortverdeling is ontstaan met een aanvaardbare morfologische ontwikkeling op macroschaal. Het benodigde aantal optimalisatieslagen varieerde van twee tot maximaal zeven afhankelijk van de betreffende onderzoeksvariant/ projectalternatief.

In de Beneden-Zeeschelde vormt voor alle onderzoeksvarianten en projectalternatieven de huidige stortstrategie voor onderhoudsbaggerspecie het uitgangspunt. Dit omdat er voor de Beneden-Zeeschelde geen reële afwijkende strategieën mogelijk zijn en omdat het uitgangspunt is dat er geen te storten baggerspecie over de Vlaams - Nederlandse grens wordt getransporteerd (zie basisuitgangspunten). Volgens de huidige strategie wordt het zandrijke deel gestort in de Schaar van Ouden Doel ten behoeve van de zandwinning en de slibrijke deel op enkele vergunde locaties in de Beneden-Zeeschelde buiten de vaargeul.

2.3 Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling wordt bepaald door verschillende factoren: enerzijds globale klimaatsveranderingen zoals zeespiegelstijging, anderzijds zijn de uitvoering van het Sigmaplan in de Zeeschelde en de aanleg van nieuwe buitendijks gelegen natuurgebieden in de Westerschelde (Hedwige- en Prosperpolder) hierop van invloed, evenals zandwinning op de Westerschelde. Het zandwinbeleid in Nederland wordt momenteel geëvalueerd en mogelijk aangepast.

Voor het onderzoek en het geheel van de milieueffectrapportage moeten de projecten die beschouwd worden voldoen aan een aantal voorwaarden:

- Het te beschouwen project moet voldoende concreet geformuleerd zijn
- Het te beschouwen project moet gevolgen hebben op hetzelfde studiegebied
- Het te beschouwen project moet beleidsmatig beslist zijn en
- Het te beschouwen project moet een zelfde tijdshorizon hebben.

Voor het huidige onderzoek zijn deze ontwikkelingen meegenomen zoals onderstaand beschreven.

2.3.1 Zeespiegelrijzing

De zeespiegelrijzing is een belangrijke autonome ontwikkeling als gevolg van de klimaatverandering. De toegepaste cijfers komen overeen met het middenscenario zoals recent gerapporteerd in Klimaat in de 21^e eeuw (Hurk et al, 2006). Deze cijfers zijn tevens in overeenstemming met de in het strategische milieueffectenrapport aangenomen waarden van de zeespiegelstijging.

Tabel 2-2 geeft naast de zeespiegelstijging ook de gemiddelde waterstanden in de te beschouwen jaren ten opzichte van NAP.

Jaar	Zeespiegelstijging ten opzichte van 2001 (ten opzichte van 2005) (meter)	Gemiddelde waterstand* (meter ten opzichte van NAP)
2001	-	NAP - 0,017
2005	0,0136 (-)	NAP - 0,0035
2010	0,035 (+0,0214)	NAP + 0,018
2015	0,060 (+0,0464)	NAP + 0,043
2030	0,150 (+0,1364)	NAP + 0,133

* middenstanden op de zeerand van het model dat gebruikt wordt voor de generatie van randvoorwaarden; deze liggen 3 centimeter lager ten opzichte van Vlissingen (zie basisrapport Water)

Tabel 2-2: Zeespiegelstijging als functie van de tijd

Het effect van zeespiegelrijzing is verdisconteerd in de randvoorwaarden die zijn aangeleverd vanuit de deelstudie Water (zie basisrapport Water).

2.3.2 Bovenafvoer

Ten aanzien van de bovenafvoer van de rivieren die op de Schelde uitkomen, wordt in de autonome ontwikkeling geen rekening gehouden met een verandering.

De bovenafvoer is verdisconteerd in de randvoorwaarden die vanuit de deelstudie Water zijn toegeleverd (zie basisrapport Water). Er worden berekeningen uitgevoerd voor hoge en voor lage afvoer om zodoende een beeld te krijgen van de effecten voor de verschillende seizoenen.

Voor de afvoeren van de Schelde en haar zijrivieren zijn de resultaten gebruikt van een hydrologische analyse (zie ook hoofdstuk 3).

	gemiddelde afvoer (m ³ /s)	hoge afvoer (m ³ /s)	lage afvoer (m ³ /s)
Scheldebekken te Schelle	111	407	24
Spuisluis te Bath	11	63	0,0
Totaal	122	471	24

Tabel 2-3: Bovenafvoeren in het Schelde bekken

2.3.3 Deurganckdok

In het jaar 2005 (huidige situatie) is het Deurganckdok voor circa tweederde van de finale lengte afgewerkt. De lengte van het dok bedraagt 1.550 meter (gemeten langs de noordzijde van het dok).

In 2010 zal het Deurganckdok voltooid zijn en een lengte hebben van 2.750 meter (gemeten langs de noordzijde van het dok, de zuidkade is 300 meter korter). De bodem wordt voorzien op –19,00 meter TAW (-21,35 meter NAP). Langs de kades wordt over een breedte van 100 meter een diepte van – 7,00 meter TAW (-19,35 meter NAP) voorzien.

2.3.4 Sigmaplan

Het hoofddoel van het Vlaamse Sigmaplan is de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloeden. Het oorspronkelijke Sigmaplan werd opgesteld in 1977 naar aanleiding van een overstromingsramp in januari 1976.

Door de Vlaamse regering is in 2005 het herziene Sigmaplan goedgekeurd (RA - IMDC, 2005). Rekening houden met de besluiten van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium is in het plan voorgesteld om voor wat de effectieve uitvoering betreft niet allen de verdere realisatie van het Sigmaplan van 1977 zonder stormvloedkering tot stand te brengen, maar ook een aantal deelprojecten prioritair op te starten. Bij de realisatie zal rekening worden gehouden met aangepaste streefwaarden voor de dijkhoogtes (11,00 meter TAW op de Zeeschelde tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Oosterweel, 9,25 meter TAW op de Zeeschelde tussen Oosterweel en Hoboken, 8,35 meter TAW op de Zeeschelde tussen Hoboken en Temse en 8,00 meter TAW in de rest van het Zeescheldebekken stroomopwaarts van Temse). De prioritaire deelprojecten maken deel uit van het meest wenselijk alternatief (aangevuld met Roggeman ter compensatie omwille van het feit dat het GOG Grote Wal - Kleine Wal - Zwijn niet met estuariene natuur ingevuld wordt maar met wetland) en werden op 1 juli 2005 opgestart.

In het plan zijn ondermeer gecontroleerd overstromingsgebieden (GOG), gecontroleerd gereduceerd getijgebieden (GGG), ontpolderingen en wetlands voorzien.

Aangezien in deze studie geen extreme hoogwaterstanden zullen worden berekend, zullen de GOG's, GGG's en wetlands in de voorziene simulaties niet onderlopen. Daarom zullen uit het Sigmaplan alleen de ontpolderingen worden meegenomen.

In de verschillende modelbodems zijn die ingrepen opgenomen waarvan de aanleg volgens het Sigmaplan circa 5 jaar voordien zijn gestart:

- tegen 2010 zullen nog geen ontpolderingen zijn gerealiseerd,
- tegen 2015 zijn gerealiseerd: de Potpolder van Lillo, De Bunt en de Uiterdijk en eveneens de Hedwigepolder, en de Prosperpolder (zie hieronder),
- tegen 2030 zijn gerealiseerd: Groot Schoor (Bornem), Stort van Hingene en Potpolder 1.

2.3.5 Hedwige- en Prosperpolder

In het kader van de natuurontwikkeling Schelde-estuarium (zoals vastgelegd in de Ontwikkelingsschets), zullen de Hertogin Hedwigepolder en de Prosperpolder ontwikkeld worden als natuurgebied (ongeveer 481 ha). De voorgenomen activiteit, te weten de inrichting van een (inter-)getijdengebied in de Hedwige- en Prosperpolder, bestaat uit de volgende ingrepen:

- het aanleggen van een waterkerende dijk langs de zuidelijke begrenzing van het projectgebied,
- het handhaven of (geheel of gedeeltelijk) verwijderen van de dijken die daardoor geen waterkerende functie meer vervullen, en
- het inrichten van het plangebied door middel van grondverzet, alsmede door het verwijderen van opstallen, kabels en leidingen, bomen, wegen en dergelijke.

De belangrijkste gevolgen van deze activiteiten voor de grootschalige ontwikkelingen in het Schelde-estuarium, zullen het gevolg zijn van de toegenomen komberging en het directe effect op het areaal intergetijdengebied (zie basisrapport Water). Het hydrodynamisch ontwerp voor het realiseren van het ecologisch streefbeeld is beschreven in (IMDC et al, 2006), het effect van het nieuwe getijdengebied op de getijvoortplanting in de Schelde is onderzocht in (Waterbouwkundig Laboratorium, 2005) en (ARCADIS et al, 2004). In dit laatste onderzoek is ook nagegaan wat de effecten zijn van de aanleg van HPP op de stroomsnelheden ter hoogte van de stortlocatie in de Schaar van Ouden Doel en in de vaargeul. Het geheel van de verwachte milieueffecten is beschreven in (Soresma et al, 2007). De Hedwige- en Prosperpolders worden gereed verondersteld in 2015.

2.3.6 Natuurontwikkeling Middengebied Westerschelde

Zoals in de Ontwikkelingsschets is vastgelegd, zal voor de versterking van de natuurlijkheid van het estuarium het zogenaamde Natuurpakket Westerschelde worden gerealiseerd. Het Natuurpakket Westerschelde bestaat uit realisatie van minimaal 600 hectare nieuwe estuariene natuur langs de Westerschelde op Nederlands grondgebied. Deze 600 hectare is als volgt verdeeld over drie ecologische zones: het Zwin (ongeveer 10 hectare), de Hertogin Hedwigepolder (ongeveer 295 hectare) en het Middengebied (minimaal 295 hectare, nader te lokaliseren).

Voor het Middengebied is een pre-selectie van 4 combinaties van gebieden gemaakt. Het zijn:

- Eendragt- en Hellegatpolder (356 hectare)
- Everinge-/ van Hattumpolder met Hellegatpolder (327 hectare)
- Everinge-/ van Hattumpolder met Eendragt polder (333 hectare)
- Everinge-/ van Hattum-/ Zuidpolder met een kleinere variant van de Hellegatpolder (330 hectare; nader te begrenzen).

Deze mogelijke combinaties zijn onderwerp van een milieueffectrapportage die gedeeltelijk parallel aan de huidige studie wordt uitgevoerd. Mogelijk kan er op basis van de inspraak en dit nader onderzoek een nieuwe (optimale) combinatie worden toegevoegd.

Vanwege de onzekerheid over de besluitvorming rond de natuurontwikkeling in het Middengebied zijn in het onderzoek geen simulaties uitgevoerd om de invloed van verschillende scenario's inzake natuurontwikkeling in het Middengebied te onderzoeken.

2.3.7 Zandwinning

Het huidige beleid voor zandwinning in de Westerschelde wordt thans onderworpen aan een kritische analyse. Dit zou kunnen resulteren in een afbouw van de zandwinning, om de invloed ervan op de grootschalige zandbalans van de Westerschelde te beperken, waarbij zou gestreefd worden naar een afbouw van de zandwinning tegen 2011. Een gezamenlijk Vlaams/Nederlands besluit hierover is nog niet genomen.

Geconstateerd kan worden dat zandwinning een belangrijke rol speelt bij de lange termijn ontwikkeling van de Schelde-bodem (zie basisrapport Morfologie) en het beoordelen van de veranderingen ten gevolge van de autonome ontwikkeling.

Het effect van de zandwinning is verdisconteerd in de bodemveranderingen die vanuit de Morfologische studie zijn toegeleverd (zie basisrapport Morfologie) en die gebruikt zijn om de bodems voor 2030 (en 2015) te construeren. Bij de morfologische berekeningen van de autonome ontwikkeling is het huidige zandwinningbeleid doorgezet. Het betreft een winning van 2 miljoen m³ zand per jaar in de Westerschelde en nog eens 1 tot 2 miljoen m³ zand per jaar in de Beneden-Zeeschelde, meer bepaald in de Schaar van Ouden Doel. Het morfologische effect van een verandering of afbouw van de zandwinning in de Westerschelde op de verruiming is onderdeel van de studie.

2.3.8 Verruiming Scheur en Pas van 't Zand

Om de nautische toegankelijkheid op een veilige manier te kunnen garanderen, zowel naar de haven van Zeebrugge als naar de Westerscheldehavens, is eind 2006 een programma van baggerwerken gerealiseerd, waarbij in de Pas van 't Zand en het Scheur volgende baggerdieptes worden nagestreefd (van west naar oost): Geul I (west en oost) – 164 decimeter, Scheur West – 162 decimeter, Pas van 't Zand – 162 decimeter, Scheur Oost I – 155 decimeter en tenslotte Scheur Oost II en III – 154 decimeter.

Gelet op de beperkte verruiming zijn de vaargeulen in het mondingsgebied niet opgenomen in de bodems van het morfologische model Delft3D en evenmin in het hydrodynamische model. Deze ontwikkelingen vallen buiten het modeldomein voor de slib- en zoutberekeningen. De onderzoekdeskundigen zijn, na bestudering van deze autonome ontwikkeling, van oordeel dat de verruiming zo marginaal is en dat de invloed daarvan op de modellen verwaarloosbaar is.

2.3.9 Overige ontwikkelingen

Van een aantal overige ontwikkelingen zoals de aanpak van de zwakke schakels in de nabijgelegen kustzone, de ontwikkeling van het Zwin en de mogelijke aanleg van de Westerschelde Container Terminal, wordt een zeer geringe invloed op de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde verwacht of is nog onvoldoende bekend hoe die ontwikkeling precies vorm zal krijgen. Deze ontwikkelingen zijn bij dit onderzoek dan ook verder niet betrokken.

In de Westerschelde wordt jaarlijks een totaal van circa 4,2 miljoen m³ baggerspecie gestort uit de Westerscheldehavens, conform de huidige stortvergunningen. Deze specie is afkomstig van meerdere havens langs de Westerschelde (met als voornaamste Terneuzen Braakmanhaven, Terneuzen Westbuitenhaven, Vlissingen, Hansweert Buitenhaven, Breskens). De gestorte specie uit de havens wordt gekarakteriseerd als 50 procent slib (< 63 µm) en 50 procent zand (>63 µm). Voor het storten van deze havenspecie zijn evenwel geen specifieke modelsimulaties uitgevoerd. In onderzoek ten behoeve van de habitattoets inzake de effecten van bagger- en stortactiviteiten t.b.v. het havenonderhoud in Zeeuwse wateren is uitvoerig ingegaan op de morfologische gevolgen van de zandstortingen (WL, 2006a en 2006b).

Hierin werd besloten:

- Op het schaalniveau van het hele estuarium wordt het effect van de beschouwde stortactiviteiten op de zandbalans verwaarloosbaar klein geschat;
- Voor de macrocellen worden geen negatieve effecten met betrekking tot de stabiliteit van het meergeulensysteem verwacht.
- In mesocel 2 is de hoeveelheid van storten dichtbij het stortcriterium. Maar de netto ingreep in dit gebied is een onttrekking vanwege de zandwinning, waardoor de effecten van het beschouwde storten worden verminderd.

Bij de beoordeling van de effecten van de verruiming is in het morfologisch onderzoek ingegaan op de interactie tussen de stortactiviteiten ten behoeve van het onderhoud in de Westerschelde enerzijds en de stortactiviteiten voor de havens anderzijds (zie basisrapport Morfologie).

Ten aanzien van de gestorte volumes slib uit de havens langs de Westerschelde wordt aangenomen dat de stortingen (en de retourstroom van sedimenten naar de havens) een intern proces vormen in de Westerschelde dat bijdraagt tot het globaal beeld inzake slibconcentratie in het gebied.

Voor de Beneden-Zeeschelde wordt rekening gehouden met de ontwikkelingen in het kader van het compensatieplan naar aanleiding van de bouw van het Deurganckdok, verankerd in het Nooddecreet en aangevuld met compensaties voor eerdere ingrepen tussen 1981 en 2001 (het Historisch Passief). Meer specifiek impliceert dit de realisatie van het slik-schorgebied de Brakke Kreek en het historische Paardenschor en anderzijds de inrichting van Doelpolder Noord. Het geheel van maatregelen moet leiden tot robuuste natuur en is beschreven in de Achtergrondnota Natuur (Afdeling Natuur et al, 2006). De meer concrete invulling van de natuurontwikkeling in het havengebied op linkeroever zal vorm krijgen na uitwerking van het Milieueffectrapport Strategisch Plan Haven van Antwerpen dat in voorbereiding is (RA et al, 2007).

2.4 Beoordelingskader

Het beoordelingskader is uitgewerkt in hoofdstuk 4 van het milieueffectrapport. De beoordelingsaspecten voor de milieueffectbeoordeling zijn uitgewerkt in hoofdcriteria. Deze hoofdcriteria zijn rechtstreeks gekoppeld aan de zogenaamde *onderzoeksparementers*. Voor het specifieke overzicht van de onderzoeksparementers wordt verwezen naar paragraaf 2.7.2 van dit basisrapport.

2.5 Studiegebied

Het projectgebied is het gebied waarbinnen de projectactiviteiten zullen worden uitgevoerd: de vaargeul en de stortlocaties. Ten gevolge van de activiteiten wordt een gebied beïnvloed. Dit gebied heet het studiegebied.

In het algemeen bestaat het studiegebied uit het estuarium van de Westerschelde in Nederland, inclusief het mondingsgebied en de Zeeschelde en de eventuele landbergingsplaatsen in Vlaanderen die voorzien worden voor het bergen van baggerspecie. Voor de meeste aspecten zal het effect beperkt zijn naar stroomopwaarts toe tot de Rupelmonding. Inzake waterbeweging, zout-en slibdynamiek wordt het studiegebied uitgebreid tot de grenzen van het getijgebied (dit is tot Gent en de bovenlopen van de Rupel). Dit impliceert niet dat alle modellen expliciet tot deze grenzen reiken, maar dat expert judgement zal ingezet worden voor de beoordeling van de effecten op basis van de modelresultaten en modelbeperkingen voor het volledige studiegebied.

2.6 Referentiejaren

In het Milieueffectrapport wordt er gekeken naar de effecten in de toekomst. Het verruimingsproject wordt mogelijk in de periode 2007-2009 uitgevoerd. Verwacht wordt dat het project in 2010 gerealiseerd is. Na 2010 zullen onderhoudswerkzaamheden nodig zijn om de gewenste diepte in de vaargeul te behouden.

In het onderzoek is uitgegaan van een effecthorizon voor de korte termijn van 2015 en een effecthorizon op (middel)lange termijn van 2030. Hiermee is een (maximale) uitwerktijd van korte termijn effecten van 5 jaar na de ingreep aangenomen.

Voor een verdere detaillering van deze referentiejaren wordt verwezen naar hoofdstuk 4 van het milieueffectrapport.

2.7 Specifieke aspecten inzake aanpak voor dit basisrapport

2.7.1 Globale aanpak

De zout/zoet overgang van het estuarium ligt in de Beneden-Zeeschelde. De ligging ervan wordt hoofdzakelijk bepaald door de bovenafvoer.

Ter karakterisatie van arealen is het zoutgehalte van belang (Bouma et al, 2005). Als kenmerken voor het zoutgehalte gelden:

- Het gemiddelde zoutgehalte bij hoogwater over een jaar met een gemiddelde zoetwaterafvoer (bovenafvoer of rivierafvoer)
- De zoutvariatie: deze wordt gedefinieerd als $((4 \times \text{de standaarddeviatie van het zoutgehalte}) / \text{gemiddelde zoutgehalte}) \times 100 \text{ procent}^i$

De standaarddeviatie dient idealiter bepaald te worden uit een langdurige (bij voorkeur langjarige simulatie, waarbij er een koppeling gebeurt tussen de afwaartse getijrandvoorwaarden en de opwaartse rivierafvoer. Met een 3D model is dit uitgesloten. Derhalve is in de aanvangsfase van het onderzoek middels een 1D modelberekening de gevoeligheid onderzocht van het zoutgehalte (op een bepaalde plaats in het estuarium) voor variaties in het bovendebiet. Hieruit volgt de aflijning van de afwaartse grens van het Slib3D model en een indicatie van de verwachte zoutvariatie langsheen het estuarium.

Om het effect van de verruiming op de saliniteitsgradiënt te onderzoeken, wordt gebruik gemaakt van het model Slib3D, dat ook wordt ingezet voor de simulatie van de turbiditeit (basisrapport Slibdynamiek).

Uit de simulaties wordt volgens de langsas van de rivier de maximale en de minimale zoutconcentratie afgeleid per locatie: uit de vergelijking van twee simulaties binnen een bepaald alternatief volgt de natuurlijke variatie van de zoutconcentratie en dus ook van de zoutgradiënt in de Beneden-Zeeschelde, terwijl uit vergelijking van twee simulaties (nulalternatief en projectalternatief) het effect van de verruiming zal worden afgeleid.

ⁱ Om de standaarddeviatie te berekenen is een groot aantal zoutberekeningen nodig, met name het doorrekenen van een volledig hydrologisch jaar of een langjarige tijdreeks. Vereenvoudigd kan worden aangenomen dat de zoutvariatie kan worden afgeleid uit twee zoutsituaties, namelijk een hoog bovendebiet en een laag bovendebiet.

2.7.2 Onderzoeksparemeters

Binnen de context van het Milieueffectrapport Verruiming vaargeul worden de effecten van de verruiming van de vaargeul bepaald en afgewogen tegen de autonome ontwikkeling.

Ten aanzien van de zoutdynamiek is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd: *“Zal door de verruiming de ligging van de zout/zoet overgang in het Schelde-estuarium significant veranderen?”*

Discipline Water, onderdeel zoutdynamiek		
Hoofdcriterium	Code	Onderzoeksparemeter
Saliniteit	P22	Verschuiving van grens tussen zout/brak en brak/zoete omstandigheden

Tabel 2-4: Overzicht van onderzoeksparemeters zoutdynamiek

Discipline Water, onderdeel zoutdynamiek		
Hoofdcriterium	Code	Onderzoeksparemeter
Saliniteit	W1	Ligging van grens tussen zout/brak en brak/zoete omstandigheden (gemiddelde wintertoestand en gemiddelde zomertoestand)
	W2	Aantal dagen per jaar dat het zoutgehalte op een aantal vastgelegde locaties de grenswaarde voor een bepaalde soort (bodemorganismen) overschrijdt
	W15	Zoutgehalte
	W11	Locatie zoutgradiënt, dat wil zeggen: overgang van zout naar brak en van brak naar zout dient per habitattype bepaald te worden.

Tabel 2-5: Overzicht van tussenparemeters zoutdynamiek

Daarnaast is door de experten de vraag geformuleerd om na te gaan hoe extreme wisselingen in het zoutgehalte als gevolg van piekafvoer van zoetwater kunnen beïnvloed worden door de verruiming.

Het onderzoek wordt uitgevoerd tegen het licht van de hypothese die gehanteerd is in het MOVE monitoring programma van de tweede verruiming (verruiming 78/43), met name “Het zoutgehalte verandert zeer weinig, vandaar dat er niet met verschillende zoutkaarten is gewerkt, wel met de zoutgehalteverdeling van 1992 tijdens hoogwater (Van Eck, G.T.M. et al, 2006).

3 Saliniteit in de Schelde

3.1 Inleiding

Het tijgebonden deel van de Schelde omvat de Westerschelde en de Zeeschelde en bestaat uit een estuarium en een tijrivier.

De zout-, brak- en zoetwaterslikken, de platen en geulen vormen een unieke omgeving voor diverse leefgemeenschappen. Het bestaan van deze ecosystemen is het gevolg van de complexe interactie tussen verschillende fysische fenomenen zoals de hydrodynamica, de saliniteitsverdeling, het sedimenttransport (troebelheid), het gehalte aan opgeloste nutriënten en het zuurstofgehalte (Meire et al, 1995).

Het zoutregime in getijwateren wordt in essentie bepaald door de getijwerking, de bovenafvoer van de rivier en de morfologie. De combinatie van al deze factoren maakt dat de zoutconcentratie variaties vertoont op diverse tijdschalen.

De Schelde is 'macrotidal', dit is een estuarium met een tijverschil (verschil tussen hoog- en laagwater) groter dan 4 meter. Het tijverschil bepaalt in grote mate de mogelijkheid van de stroming om zoet- en zeewater te mengen en om sedimenten te transporteren.

Uit het bovenstaande blijkt dat een aantal abiotische elementen karakteriserend zijn voor de toestand op een bepaalde plaats in het estuarium. Van hieruit wordt het begrip fysiotoop gehanteerd, dat met name een eenheid is die homogeen is inzake abiotische omstandigheden die maatgevend zijn voor biotische aspecten. Als dus danig is het beschrijven en bepalen van fysiotoopen een noodzakelijke voorwaarde om ecotopen te kunnen karakteriseren. Immers ecotopen zijn eenheden die ruimtelijk begrensd zijn en waarvan de samenstelling en de ontwikkeling worden bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities. Voor het ecotopenstelsel in de Schelde wordt gebruik gemaakt van enerzijds het Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) voor de Westerschelde, waarin zoute en brakke wateren zijn opgenomen, en dat (de klassifikatie) inzake brakke waters in Vlaanderen wordt overgenomen voor de Zeeschelde. Voor de Zeeschelde is specifieke aandacht besteed aan de overgang tussen brakke en zoete ecotopen.

Dit heeft geresulteerd in een stelsel waarin saliniteit een belangrijk indelingskenmerk is.

3.2 Beschrijving van de huidige situatie

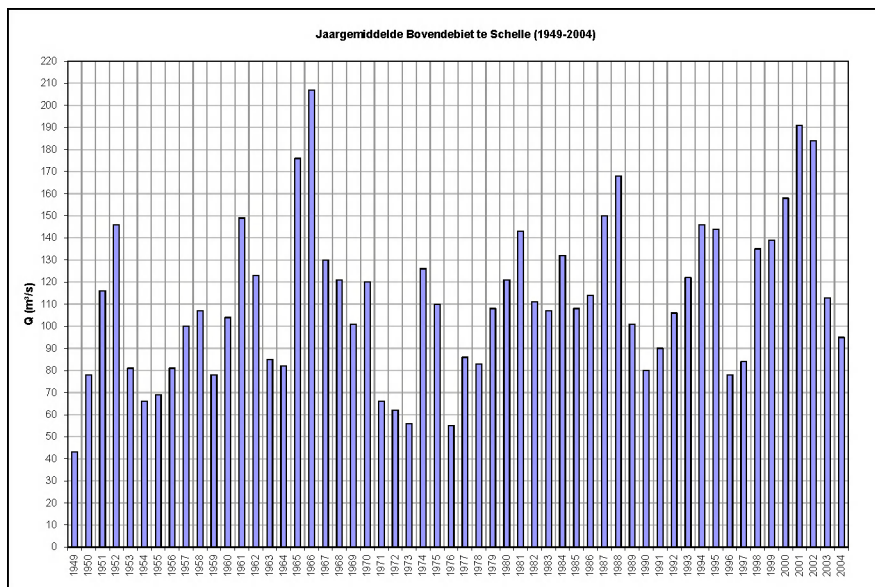
3.2.1 De bovendebieten in de Schelde

De data van de bovendebieten worden verzameld door het Waterbouwkundig Laboratorium in een aantal meetposten gelegen buiten de invloed van het getij. Deze debieten aan de meetraaien worden omgerekend naar debieten aan de monding van de verschillende zijrivieren en naar een totaal bovendebiet te Schelle (zie Antwerpse Zeediensten, 1974).

De meetraaien zijn gelegen te Melle (Schelde), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne), Haacht (Dijle), Itegem (Grote Nete) en Grobbendonk (Kleine Nete). Te Melle en Dendermonde wordt het debiet gemeten met een akoestische debietsmeter terwijl in de andere meetposten een waterhoogte gemeten wordt en het debiet berekend wordt uit een gecalibreerde relatie tussen debiet en waterhoogte.

De debieten aan de monding van de resp. zijrivier in de Schelde worden gecorreleerd met de gemeten debieten in de opwaarts gelegen meetraaien, aan de hand van de relatie tussen de respectievelijke hydrografische oppervlakten.

Figuur 3-1 geeft de evolutie weer van de jaargemiddelde bovendebieten vanaf 1949 tot 2004. Het maximale bovendebiet was in recente jaren het hoogste in 2002, met een decadegemiddelde piekwaarde van 590 m³/s. In 2000 en 2001 bedroegen de (decadegemiddelde) piekwaarden respectievelijk 420 en 268 m³/s.

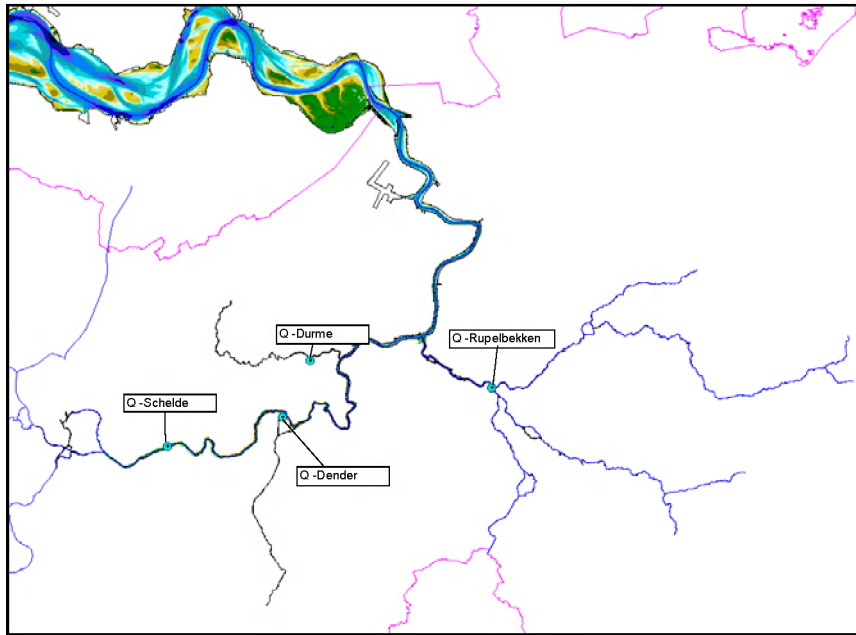


Figuur 3-1: Jaargemiddelde bovendebieten te Schelle (1949-2004)

3.2.2 Variabiliteit van de bovendebieten

In het kader van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) voor het Sigmaplan werd een langdurige simulatie over de periode 1971-2000 uitgevoerd met het hydrodynamische model Sigma (IMDC 2003c, IMDC 2003d en IMDC 2005). De opwaartse randen worden gevoed door de neerslagreeksen uit een hydrologische neerslag-afvoer simulatie (periode 1971-2000) met de hydrologische NAM-modellen (IMDC 2003a) en meetreeksen (Dendermonde en Melle). Als afwaartse randvoorwaarde werd gebruik gemaakt van de waterstanden- en windmeetreeksen te Vlissingen (IMDC 2003b).

Uit de resultaten van deze simulatie werden debieten afgeleid op verschillende locaties, de volgende figuur geeft een overzicht van deze locaties.



Figuur 3-2: Afgeleide gesimuleerde langdurige debieten (1971-2000)

Op basis van deze gesimuleerde debieten werd een analyse van de verschillende meetreeksen uitgevoerd. In eerste instantie werd een reeks met een gemiddeld dagelijks debiet berekend, waaruit een tweede reeks met het gemiddelde tiendaagse debieten werd bepaald. Op basis van deze tiendaagse reeks werd een gemiddeld tiendaags debiet bepaald. Verder werden ook een bovengrens en ondergrens aan de hand van de volgende vergelijkingen berekend:

$$Q_{\text{bovengrens}} = Q_{\text{gemiddelde}} + 2\sigma$$

$$Q_{\text{ondergrens}} = Q_{\text{gemiddelde}} - 2\sigma$$

Waarin:

σ : standaarddeviatie

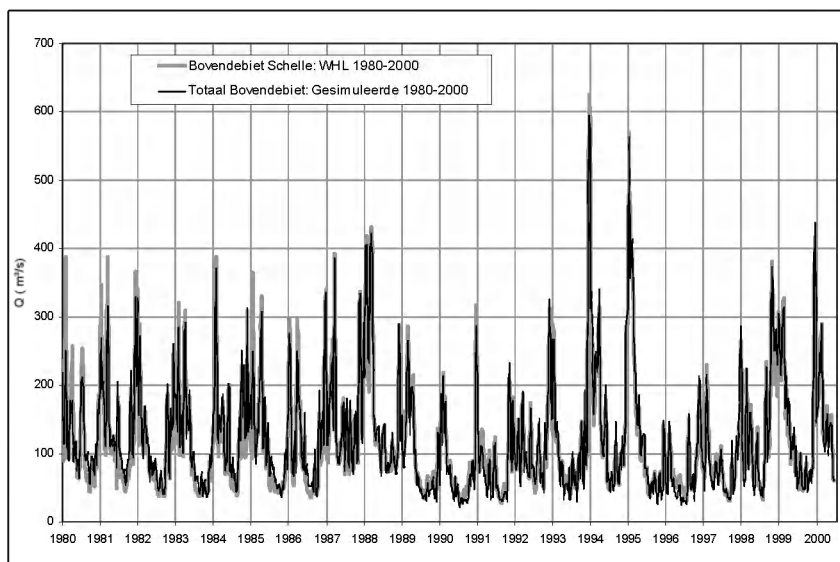
Gelijkaardige afleidingen van gemiddelde tiendaagse debieten op basis van dagelijkse debieten, werden toegepast voor het dagelijkse debiet van de spuisluis te Bath.

Op basis van de lange-termijn simulatie, werden vier reeksen met debieten afgeleid voor de periode 1971-2000 (zie figuur 3-2):

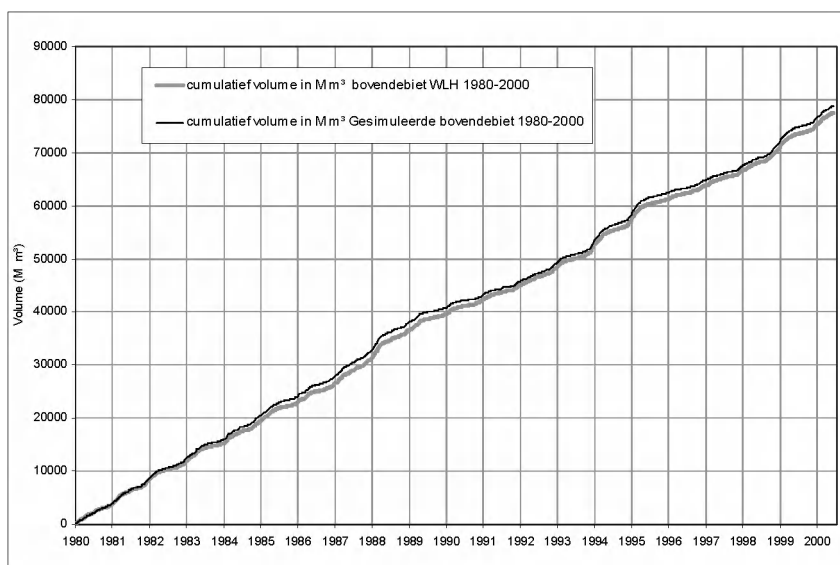
- Q Schelde
- Q Dender
- Q Durme
- Q Rupel

De som van deze debieten vertegenwoordigt het totale bovendebiet van de Schelde ter hoogte van Schelle. Om deze afgeleide debieten te kunnen controleren werd de gesimuleerde reeks vergeleken met de bovenafvoer van de Schelde te Schelle, berekend door het Waterbouwkundig Laboratorium voor de periode 1980-2000.

In figuur 3-3 worden de twee reeksen voorgesteld, zodat het mogelijk is een goede overeenkomst te zien tussen beide. Uit de gecumuleerde debieten in figuur 3-4 kunnen we afleiden dat de gesimuleerde debieten de trend van de gemeten debieten goed volgen en slechts een overschatting van 2 procent.



Figuur 3-3: Verloop van de bovenafvoer te Schelle (1971-2000)

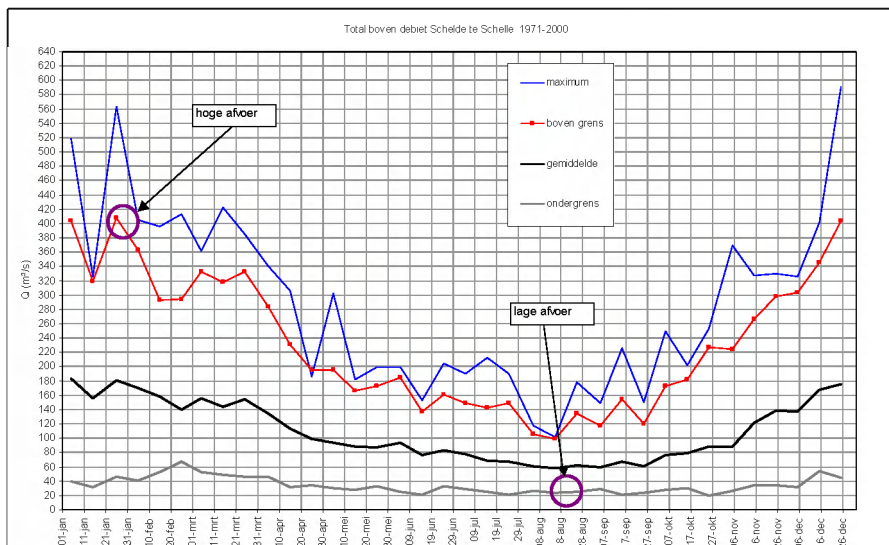


Figuur 3-4: Ccumulatief volume van de bovenafvoer te Schelle (1971-2000)

In tabel 3-1 wordt een overzicht van de bovenafvoer per decade weergegeven met aanduiding van het gemiddelde debiet, het maximaal en minimum debiet. Bovendien wordt ook een boven- en ondergrens aangeduid zoals hoger gedefinieerd.

		Totaal Bovendebiet te Schelle: gesimuleerde periode 1971-2000					
Maand	decade	max	min	gem	stdev	boven grens	ondergrens
Januari	decade 1	519	39	184	110	404	39
	decade 2	326	31	156	82	320	31
	decade 3	563	47	181	113	407	47
Februari	decade 1	405	41	170	97	363	41
	decade 2	396	52	159	67	292	52
	decade 3	412	67	140	77	294	67
Maart	decade 1	362	53	156	88	332	53
	decade 2	422	49	144	87	318	49
	decade 3	385	47	154	89	332	47
April	decade 1	341	46	134	75	283	46
	decade 2	306	31	113	59	231	31
	decade 3	186	34	99	48	195	34
Mei	decade 1	302	30	94	51	195	30
	decade 2	182	27	89	39	167	27
	decade 3	199	33	87	43	173	33
Juni	decade 1	199	25	94	46	185	25
	decade 2	153	21	76	30	137	21
	decade 3	204	33	83	39	161	33
Juli	decade 1	190	29	78	36	149	29
	decade 2	212	25	69	37	143	25
	decade 3	189	21	67	41	149	21
Augustus	decade 1	118	27	61	23	106	27
	decade 2	101	24	58	21	100	24
	decade 3	178	26	62	36	134	26
September	decade 1	149	29	59	29	117	29
	decade 2	226	21	67	44	155	21
	decade 3	151	24	61	30	120	24
Oktober	decade 1	250	27	76	49	173	27
	decade 2	202	31	79	52	183	31
	decade 3	253	20	89	69	226	20
November	decade 1	369	26	88	68	224	26
	decade 2	327	34	121	72	266	34
	decade 3	330	34	139	80	298	34
December	decade 1	326	32	137	83	304	32
	decade 2	401	54	168	89	346	54
	decade 3	591	45	176	114	404	45
	jaar	591	20	111	77		

Tabel 3-1: Totaal bovenafvoer van de Schelde te Schelle.



Figuur 3-5: Verloop van decadewaarden voor de bovenafvoer van de Schelde te Schelle (1971-2000)

Op basis van deze gegevens werden naast de gemiddelde waarden, twee representatieve situaties bepaald (zie tabel 3-2); enerzijds een situatie met een **zeer hoge bovenafvoer** tijdens de derde decade van januari, anderzijds een situatie met een **lage afvoer** tijdens de tweede decade van augustus.

Uit deze resultaten kan afgeleid worden dat de gemiddelde bovenafvoer van het Scheldebekken ter hoogte van Schelle 111 m³/s bedraagt. Voor een hoge bovenafvoer kan men rekening houden met 407 m³/s en voor een lage bovenafvoer met 24 m³/s.

Indien rekening wordt gehouden met het debiet afkomstig van de spuisluis te Bath, bedraagt de gemiddelde bovenafvoer van de Schelde 122 m³/s. Voor een situatie met hoge en lage bovenafvoer, kunnen we rekenen met respectievelijk 471 m³/s en 24 m³/s.

	gemiddelde afvoer (m³/s)	hoge afvoer (m³/s)	lage afvoer (m³/s)
Scheldebekken te Schelle	111	407	24
Zeeschelde Gent	35	188	5
Rupel	64	165	16
Durme	2	5	0,6
Dender	10	57	0,1
Spuisluis Bath	11	63	0,0
Totaal Schelde (inclusief spuisluis)	122	471	24

Tabel 3-2: Gemiddelde, hoge en lage bovenafvoer van de Schelde te Schelle, te Bath en het totaal bekken

3.2.3 Het zoutgehalte in de Schelde

Het zoutgehalte of de saliniteit is de hoeveelheid zouten opgelost in water. Bij metingen wordt dikwijls het chloridegehalte gemeten aangezien deze stof gemakkelijk detecteerbaar is. Er wordt dan aangenomen dat de samenstelling van de zouten niet verandert. De relatie tussen saliniteit en chloridegehalte is $S = 0,03 + 1,8053Cl$. Het chloridegehalte wordt bepaald door de conductiviteit van het water te bepalen. (UNESCO, 1991). Waterlichamen kunnen opgedeeld worden volgens hun gehalte aan zouten, en de oorzaak van het gehalte aan zouten.

Homoiohaliene omgevingen bestaan uit waters waarvan de saliniteit afkomstig is van een zee of oceaan waarmee ze in verbinding staan. Deze saliniteit wordt thalassisch genoemd en varieert tussen 0 en ongeveer 45 ppt.

Poikilohaliene omgevingen bestaan uit waters waarvan de saliniteit een biologische oorsprong heeft. De saliniteit kan variëren tussen 0 en 300 ppt.

Binnen de homoiohaliene omgevingen kan nog een onderscheid gemaakt worden gebaseerd op het gehalte aan zouten (Dahl, 1956).

			Zoutgehalte in g/l
Zoet water			0,0-0,5
Brak water	Oligohalien	Licht brak water	0,5-5,0
	Mesohalien	Matig brak water	5,0-18,0
	Polyhalien	Zeer brak water	18,0-30,0
Zout water	Euhalien		30,0-35
	Metahalien		36-40

Tabel 3-3: Onderverdeling van de homoiohaliene wateren (Dahl, 1956)

Voor de karkarakterisatie van het Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) is gebruik gemaakt van een pragmatische indeling, die berust op het Venetië systeem (Bouma et al, 2005):

	ZOUTGEHALTE (g/l)		
	< 5,4 zoet	5,4 – 18 brak	> 18 zout
Zoutvariatie			
≤ 100 procent	Weinig variabel		
> 100 procent	Variabel		

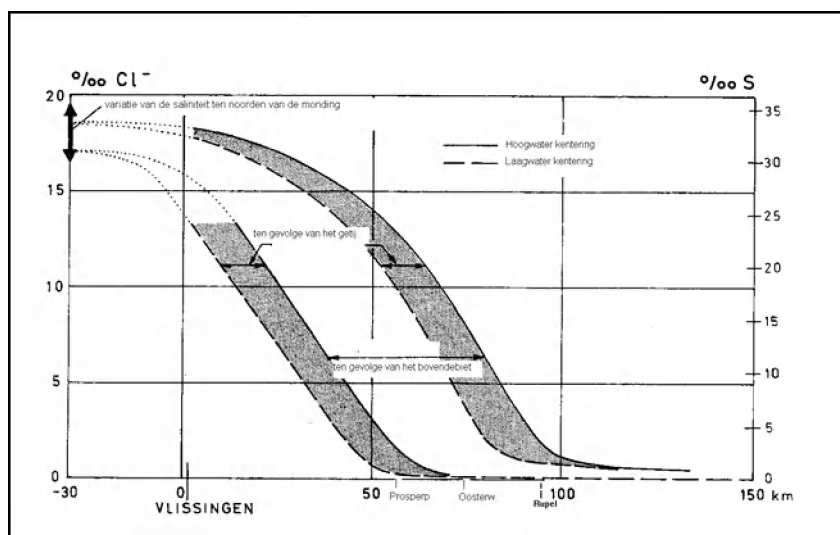
Tabel 3-4: Gehanteerde saliniteitsgrenzen in ZES.1

Voor de Zeeschelde is voorgesteld om naar analogie met het ZES.1 systeem (Van Braeckel et al, 2006) gebruik te maken van een klasseindeling met 4 klassen; mesohalien, oligohalien en zoet met respectievelijk lange en korte verblijftijd. Deze klassen worden onderstaand weergegeven. Met betrekking tot verblijftijd onderscheidt men een korte en lange verblijftijd (Van Damme et al, 1999). De korte verblijftijd wordt gekenmerkt door de combinatie van geringe rivierbreedte- en diepte, waardoor de invloed van de rivierafvoer relatief groot is. De chloriden verblijven hier gemiddeld slechts 2 tot 5 dagen en de zone loopt van de sluizen in Merelbeke tot Appels. De zone met lange verblijftijd loopt tot de Durmemonding.

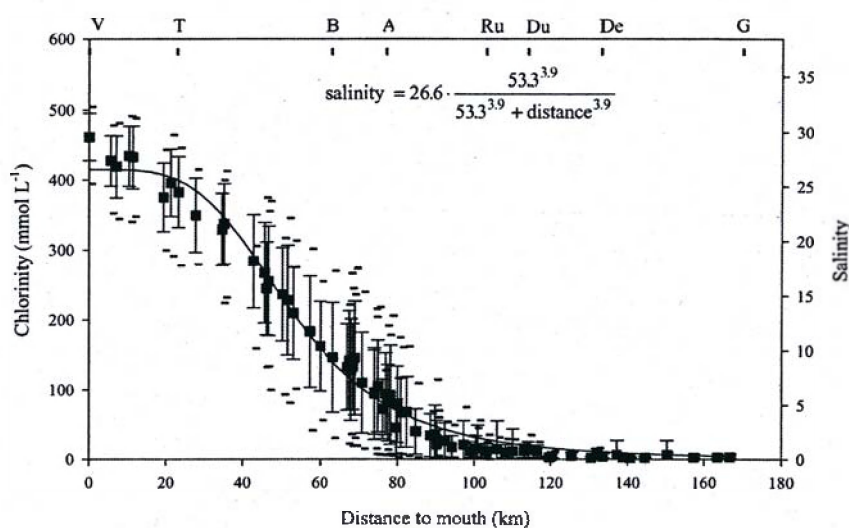
			Zoutgehalte in g Cl ⁻ /l	Zoutgehalte in g/l
Zoet water			0,0-0,3	0-0,5
Brak water	Oligohalien	Licht brak water	0,3-3,0	0,5-5,0
	Mesohalien	Matig brak water	>3,0-	>5,0

Tabel 3-5: Onderverdeling van de zoutklassen ten behoeve van de ecotopen in de Zeeschelde (Van Braeckel et al, 2006)

Een algemeen overzicht van de variaties van de saliniteit in de Schelde werd gegeven door Peters en Sterling (1976) en voorgesteld in figuur 3-6 en recent door Soetaert et al (2006), zie figuur 3-7 en voor de Beneden-Zeeschelde door Fettweis et al (1994), Fettweis et al (1997) en Fettweis et al (1998) en ook door Van Damme et al (2005).



Figuur 3-6: Verloop van de saliniteit langs de Schelde (Peters en Sterling, 1976)



Figuur 3-7: Verloop van de saliniteit langs de Schelde (Soetaert et al, 2006)

Het is belangrijk om op te merken dat de saliniteit op een bepaalde plaats diverse variaties vertoont:

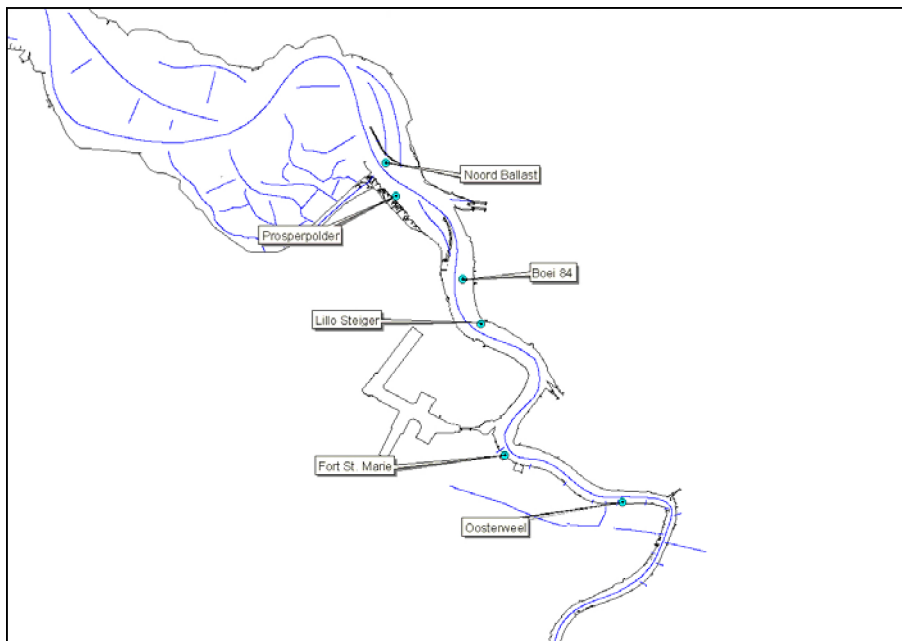
- De seizoensvariatie die gekoppeld is aan het bovendebiet op de Schelde.
- De variaties binnen de cyclus doottij-springtij (gekenmerkt door de saliniteitsamplitude).
- De variaties binnen de de getijcyclus, gekoppeld aan vloed en eb.
- De verticale zoutgradiënt, met zouter water nabij de bodem.
- De horizontale zoutgradiënt (of langsgradiënt).

3.2.4 Seizoensvariatie of variatie met bovenafvoer

In de Beneden-Zeeschelde werden langdurige metingen uitgevoerd (oktober 1997 – december 1998) op een aantal locaties zoals weergegeven in *Tabel 3-6* en *Figuur 3-8* (IMDC, 1999).

Locatie	Diepte (meter TAW)	Afstand ten opzichte van monding (kilometer)	M11-label
Noord Ballast	-8,60	55	ZEESCHELDE2 1900,00
Prosperpolder	-5,00	56	ZEESCHELDE2 3100,00
Boei 84	-9,50	60	ZEESCHELDE2 7900,00
Lillo Steiger	-6,80	63	ZEESCHELDE2 10129,00
Fort St. Marie	-1,60	70	ZEESCHELDE 17200,00
Oosterweel	-9,5/-6,2	75	ZEESCHELDE 22404,00

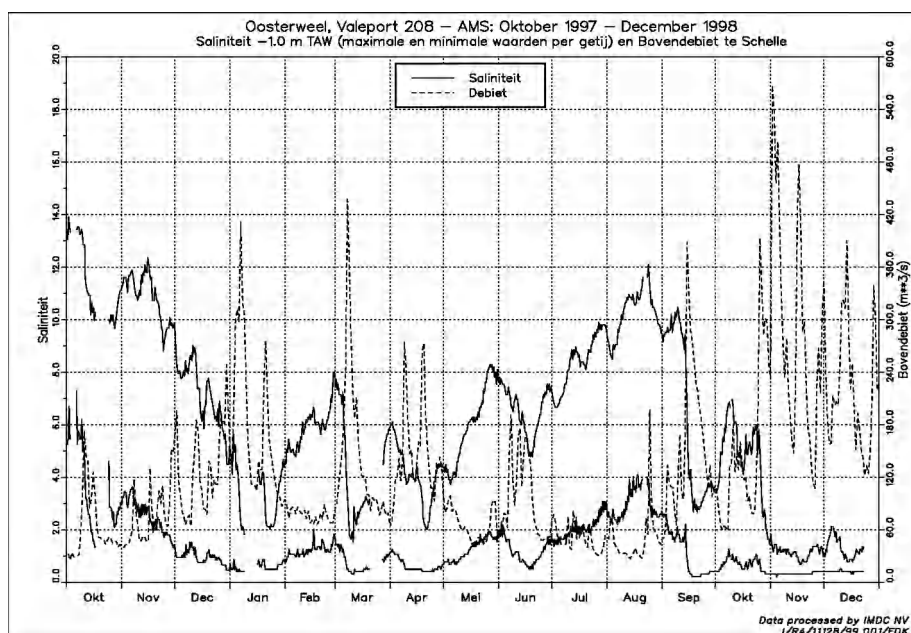
Tabel 3-6: Locatie en diepte van de meetlocaties



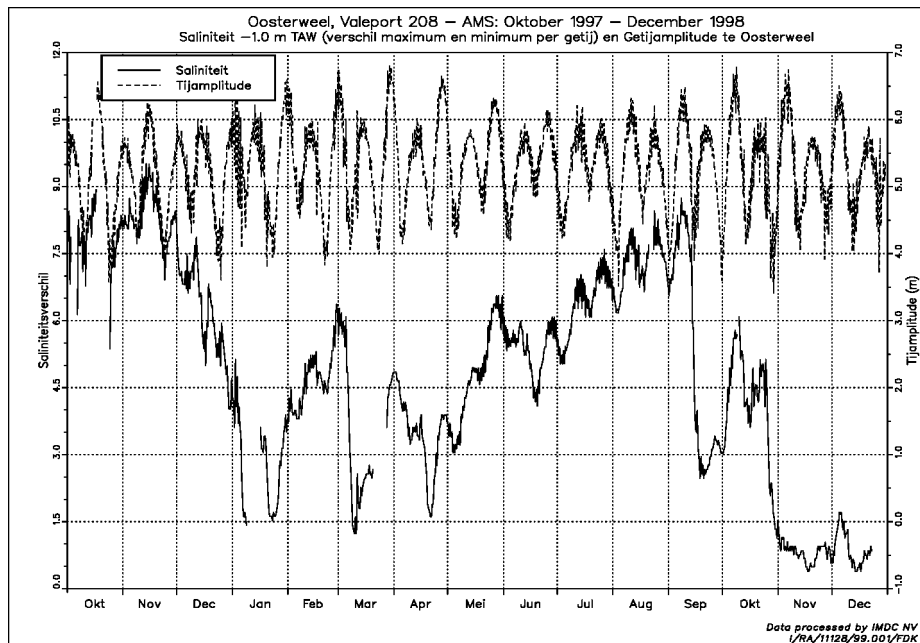
Figuur 3-8: Locatie van de meetpunten 97-98.

Tijdens deze metingen (bijvoorbeeld figuur 3-12) werden saliniteiten geregistreerd tussen 20 g/l (Prosperpolder, oktober 1997) en 0,6 g/l (Oosterweel, november 1998).

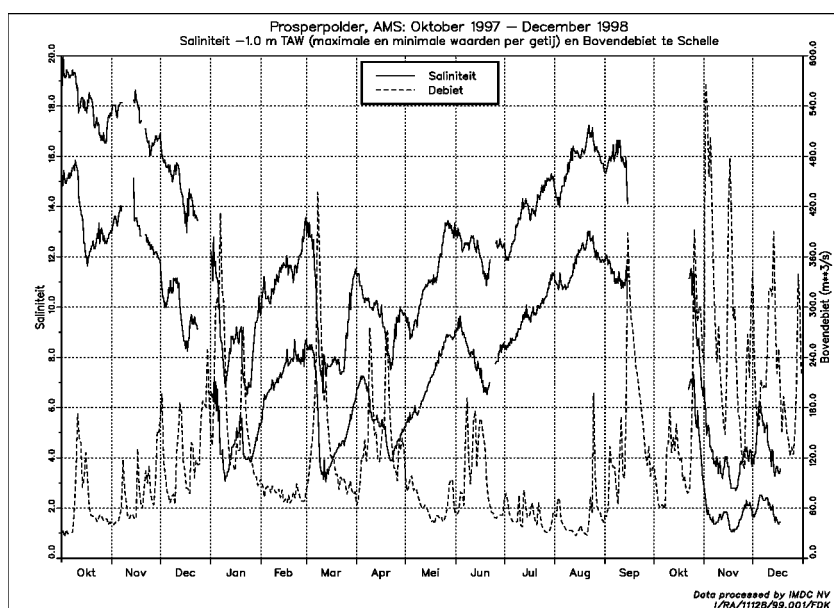
Door de hevige regens in september 1998 en de grote bovendebieten daalde de saliniteit sterk vanaf september 1998. In het meetpunt te Oosterweel blijft per getij de saliniteit omstreeks laag water gedurende een langere tijd nagenoeg constant, dit omdat deze minima de 'achtergrondwaarde' (zoetwater) weergeven.



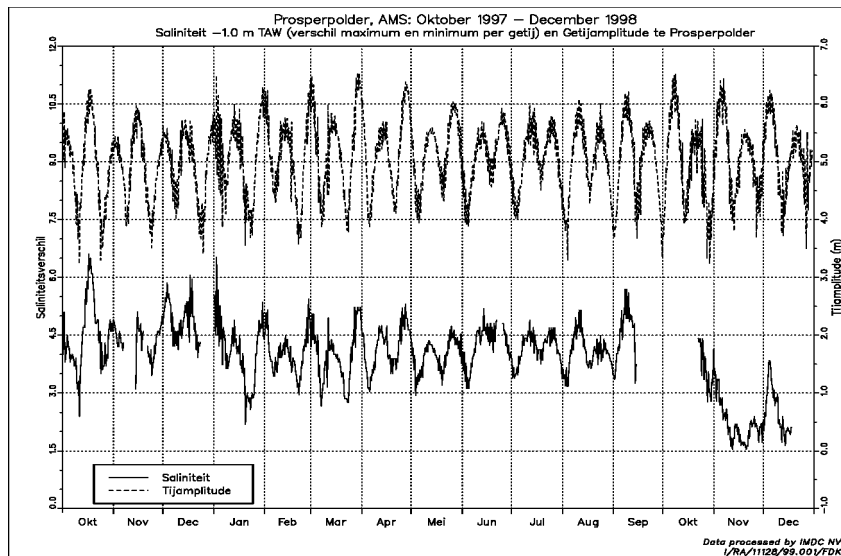
Figuur 3-9: Oosterweel (-1 meter TAW), Maximale en minimale saliniteit per getij en daggemiddeld bovendebiet te Schelle (IMDC, 1999).



Figuur 3-10: Oosterweel (-1 meter TAW) Saliniteits- en tijverschil te Oosterweel. Oktober 1997 – December 1998 (IMDC, 1999).



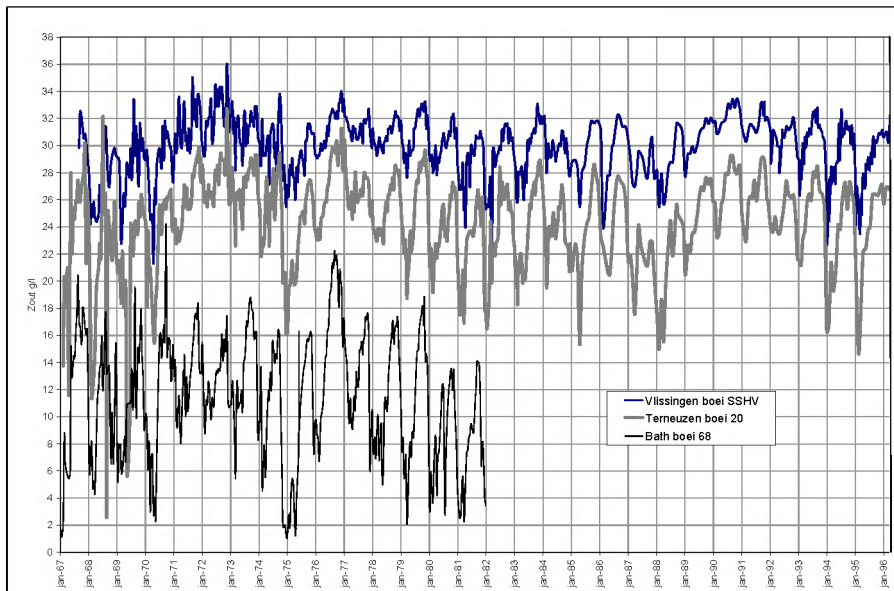
Figuur 3-11: Prosperpolder (-1 meter TAW) Maximale en minimale saliniteit per getij en daggemiddeld bovendebiet te Schelle, Oktober 1997 – December 1998 (IMDC, 1999).



Figuur 3-12: Prosperpolder (-1 meter TAW) Saliniteits- en tijdsverschil te Prosperpolder. Oktober 1997 – December 1998 (IMDC, 1999).

De gemiddelde saliniteit is maximaal (15,98 g/l) in oktober 1997 te Prosperpolder en minimaal in november 1998 (0,60 g/l) te Oosterweel.

Voor de Westerschelde worden in figuur 3-13 de meetwaarden waargegeven zoals gemeten om de 14 dagen. Hierin is duidelijk de variatie met de seizoenen merkbaar, met gemiddeld lage zoutgehaltes in de winter en hoge in de zomer.



Figuur 3-13: Waargenomen zoutgehalte in verschillende locaties langs de Westerschelde (waterbase, 1967-1996)

De saliniteit aan de Scheldemonding is nagenoeg constant en bedraagt ongeveer 32 g/l, met lichtjes hogere waarden tijdens de zomer dan tijdens winter (Otto et al, 1990).

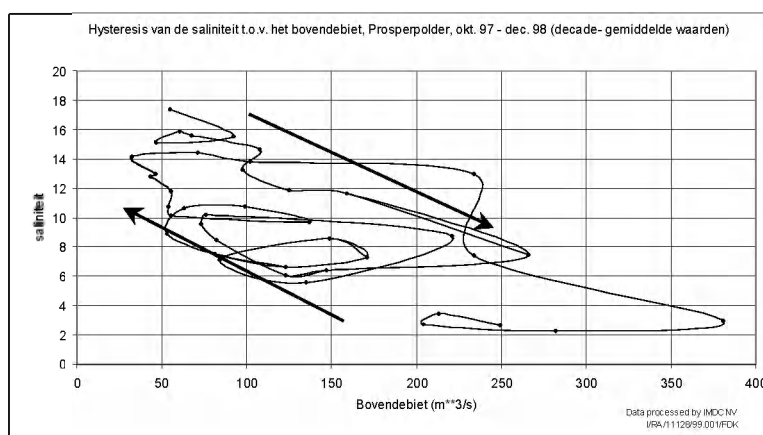
3.2.5 Saliniteitsamplitude

Het is belangrijk om de saliniteitsamplitude (verschil tussen maximale en minimale saliniteit gedurende een getij) en haar variaties te kennen, omdat deze de voornaamste oorzaak zijn van het ontstaan van densiteitsstromingen. Densiteitsstromingen zorgen voor een verhoogde wateruitwisseling tussen toegangsgeulen tot sluizen en de rivier en zijn dus voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor de hoge sedimentaanvoer naar en de sedimentatie in deze kunstmatige insteken (IMDC-WLB, 1993b; IMDC-WLB, 1995; Fettweis en Sas, 1994).

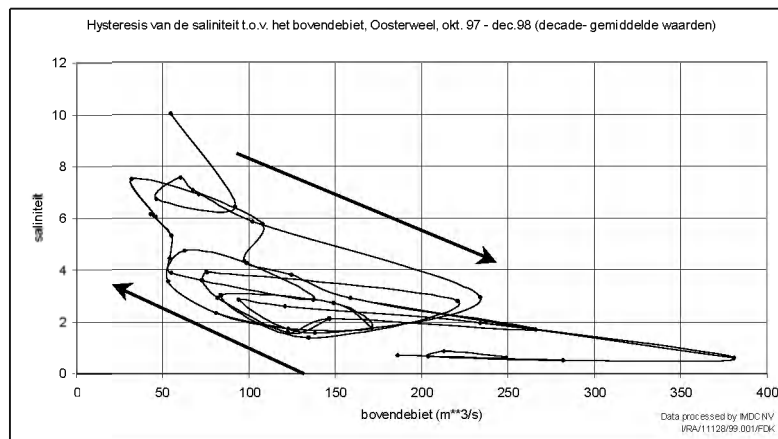
Het blijkt (onder andere figuur 3-10 en figuur 3-12) dat de saliniteitsamplitude in de Beneden-Zeeschelde bepaald wordt door twee factoren, zijnde enerzijds het tijverschil en anderzijds de 'absolute saliniteitswaarde', die op haar beurt afhangt van de bovenafvoer van de Schelde en natuurlijk ook bepaald is door de ligging van het meetpunt.

Het tijverschil blijkt bij een normale toestand (dit zijn geen extreme neerslagen zoals einde 1998) een dominante invloed te hebben op de saliniteitsamplitude ter hoogte van Belgisch-Nederlandse grens, terwijl de absolute saliniteitswaarde (bovenafvoer) een belangrijker invloed heeft op de amplitude in de opwaarts gelegen locaties (zie bijvoorbeeld Oosterweel). Hierdoor is in de afwaarts gelegen punten de gemiddelde saliniteitsamplitude vrij constant. In de opwaarts gelegen punten zijn de variaties in saliniteitsamplitude veel groter. Boven de schommelingen die het gevolg zijn van de doottij-springtij cycli treden variaties op die veroorzaakt worden door de verschuivingen van het saliniteitsfront. Bij heel hoge bovenafvoeren bereikt het saliniteitsminimum een minimum (dit is zoetwater, te Oosterweel werd in november 1998 een saliniteit van 0,21 g/l gemeten) en wordt de saliniteitsamplitude klein (ongeveer 1 g/l). Tijdens droge periodes bevindt het saliniteitsfront zich meer opwaarts, de saliniteit is hoger (te Oosterweel werd in oktober 1997 een saliniteit van 13,91 g/l gemeten) en bereikt de saliniteitsamplitude waarden tot meer dan 9 g/l.

De variaties tengevolge van de bovenafvoer zijn niet symmetrisch. Bij een hoge bovenafvoer daalt de saliniteit vrij plots, terwijl bij afnemende bovenafvoer de saliniteit traag toeneemt. In figuur 3-14 en figuur 3-15 wordt dit geïllustreerd door de decadegemiddelde saliniteiten te Oosterweel en Prosperpolder uit te zetten in functie van het decadegemiddelde bovendebiet te Schelle en de punten in de tijd te verbinden. Deze hysteresis van de zoutwaarde in functie van de bovenafvoer is meer uitgesproken bij een heel lage saliniteit dan bij een hoge. Hierdoor kan de saliniteitsamplitude in de opwaarts gelegen locaties waar de minimum saliniteit geregeld minimaal wordt (zoetwater) hoge waarden bereiken. In dit overgangsgebied zijn de horizontale en verticale saliniteitsgradiënten het grootst in het estuarium.



Figuur 3-14: Hysteresis van decadegemiddelde saliniteit ten opzichte van het bovendebiet te Oosterweel (-1 meter TAW)



Figuur 3-15: Hysteresis van decadegemiddelde saliniteit ten opzichte van het bovendebiet te Prosperpolder (-1meter TAW).

De saliniteitsgegevens tonen aan dat in alle stations de saliniteitsamplitude gemiddeld groter is bij een hogere absolute saliniteit (lage bovenafvoer) en kleiner bij een lagere absolute saliniteit (hoge bovenafvoer). In de opwaarts gelegen stations is de variaties in amplitude veel groter en zijn de waarden extremer (groter of kleiner) dan in de afwaarts gelegen meetlocaties.

De hoger beschreven invloed van de absolute saliniteitswaarde op de saliniteitsamplitude maakt dat er geen eenduidig verband afgeleid kan worden tussen saliniteits- en tijverskil.

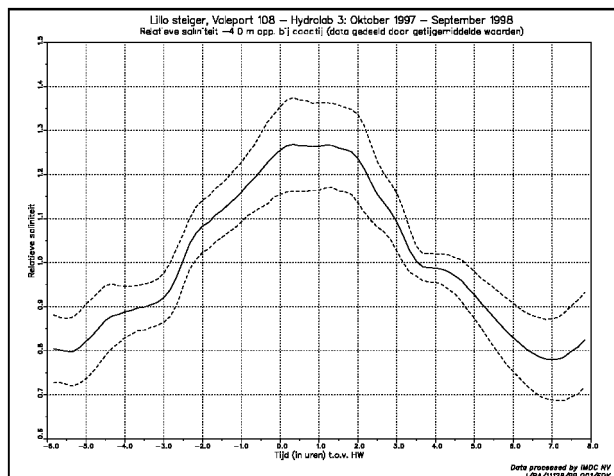
3.2.6 Variaties van saliniteit over een getij en kentering

Voor de meetposten te Lillo en Boei 84 werd een relatieve saliniteitscurve opgesteld. Het verloop van deze relatieve saliniteit (saliniteit gedeeld door de gemiddelde saliniteit per getij) is uitgezet. Omdat de data met een frequentie van 10 minuten gemeten zijn, is er een onnauwkeurigheid in de berekende tijdstippen van maximaal 10 minuten. Deze vergelijking werd uitgevoerd voor een gemiddeld springtij en gemiddeld doottij (voor de periode 1997-1998).

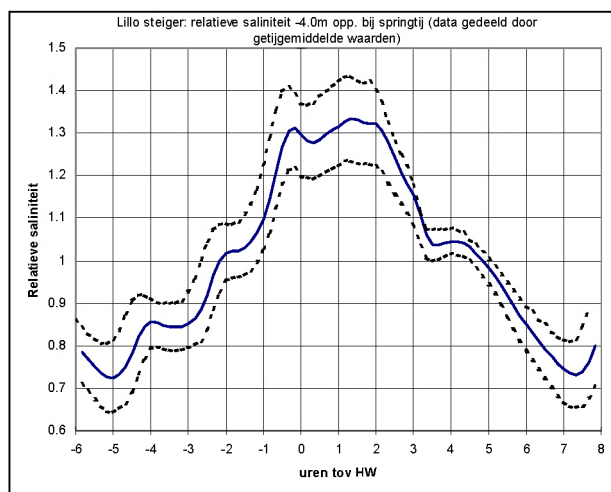
Per getijcyclus treden er twee kenteringen op. Het tijdstip van laagwater- en hoogwaterkentering wordt gedefinieerd als het tijdstip van minimum en maximum saliniteit respectievelijk. Uit de relatieve saliniteitscurven kan het tijdstip van maximum saliniteit niet eenduidig bepaald worden, omdat het verloop van de saliniteit meestal een dubbel maximum kent. Dit dubbel maximum is het gevolg van verticale variaties in saliniteit.

Algemeen kan echter opgemerkt worden dat zowel laagwater- als hoogwaterkentering vroeger optreden tijdens doottij dan tijdens springtij. Daardoor duurt een vloed langer en een eb korter dan bij springtij.

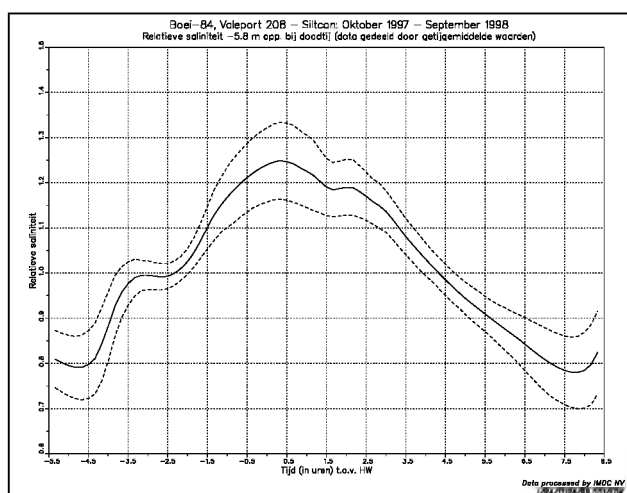
Onderstaand worden ter illustratie de variaties in saliniteit gegeven tijdens een getijcyclus voor de meetposten Lillo en Boei 84. Figuur 3-16 en figuur 3-17 geven de relatieve saliniteitscurve voor Lillo, voor springtij en doottij voor de meetperiode 1998. Figuur 3-18 tot en met figuur 3-21 geeft dezelfde data voor boei 84.



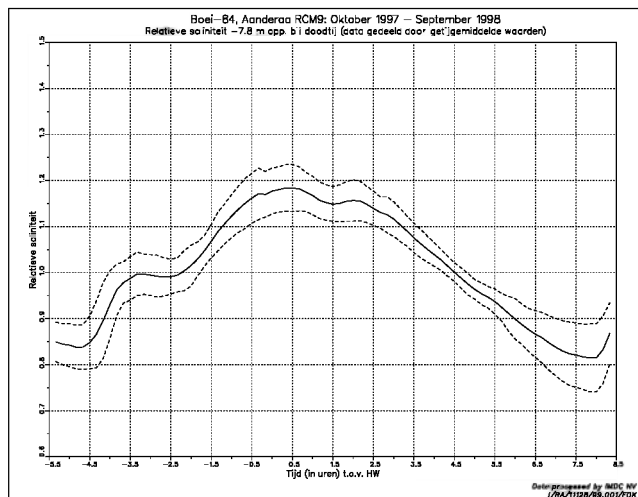
Figuur 3-16: Lillo: relatieve saliniteitscurve bij doortij (meetperiode 1997-1998)



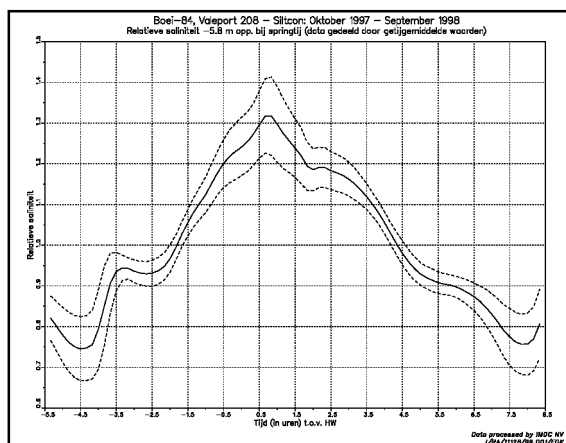
Figuur 3-17: Lillo: relatieve saliniteitscurve bij springtij (meetperiode 1997-1998)



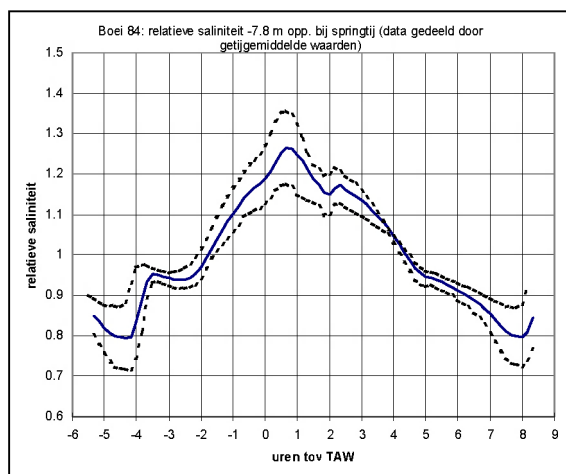
Figuur 3-18: Boei 84 (-5,8 meter opp) relatieve saliniteitskurve bij doortij (meetperiode 1997-1998)



Figuur 3-19: Boei 84 (-7,8 meter opp) relatieve saliniteitskurve bij doottij (meetperiode 1997-1998)



Figuur 3-20: Boei 84 (-5,8 meter) relatieve saliniteitskurve bij springtij (meetperiode 1997-1998)



Figuur 3-21: Boei 84 (-7,8 meter) relatieve saliniteitskurve bij springtij (meetperiode 1997-1998)

3.2.7 Langsgradiënten

Het Schelde-estuarium wordt beschouwd als zijnde goed gemengd met een gemiddelde verticaal saliniteitsverschil van 1 g/l. Uit de hoger beschreven metingen en uit specifieke 13-uursmetingen (IMDC-WLB, 1992, 1993a, 1993b en 1994) blijkt dat het verticale verschil groter kan zijn in de Beneden-Zeeschelde.

De horizontale saliniteitsgradiënt had in juni 2002 tussen Waarde en Oosterweel een maximum waarde van 0,49 g/l per kilometer, en een minimumwaarde van 0,32 g/l per kilometer. Uit de metingen van 1990 (gebaseerd op data AWZ, 1993) kon voor de horizontale gradiënt tussen Prosperpolder en Schelle een maximumwaarde van 0,5 g/l per kilometer (in november) en 0,25 g/l per kilometer (in maart) worden afgeleid. Uitzonderlijk kunnen waarden van 0,75 g/l per kilometer in de Beneden-Zeeschelde optreden (IMDC 2006).

Uit analyse van de langdurige metingen uitgevoerd in 1997-1998 blijkt dat de horizontale saliniteitsgradiënt een functie is van het tijverschil en groter is bij een springtij dan een doottij. Door de uitgevoerde middeling over langere periodes (maand, trimester) kan de doottijwaarde soms groter zijn dan de springtijwaarde. De besproken variaties in saliniteitsamplitude gedurende de meetperiode kunnen ook in de horizontale gradiënten teruggevonden worden. Gedurende het eerste trimester (oktober – december 1997) zijn de saliniteitsgradiënten het grootst, met waarden tussen 0,5–0,6 g/l per km te Oosterweel en 0,4–0,6 g/l per kilometer ter hoogte van de Boei 84. In de meetpost Lillo worden grotere waarden gevonden (tot 0,7-1,2 g/l per kilometer). De gradiënt daalt gedurende de eerste drie trimesters van 1998 tot waarden van 0,3-0,4 g/l per kilometer tijdens springtij en 0,2-0,4 g/l per kilometer tijdens doottij te Oosterweel en 0,5-0,6 g/l per kilometer tijdens springtij en 0,4-0,5 g/l per kilometer tijdens doottij ter hoogte van Boei 84. Op het einde van de meetperiode is de saliniteitsgradiënt overal laag en met een minimum te Oosterweel van 0,1 g/l per kilometer.

3.2.8 Verkennend onderzoek van de globale zoutverdeling in de Schelde voor een gemiddelde, hoge en lage rivierafvoer

Om een goed inzicht te hebben in de variatie van het zoutgehalte langsheen de Schelde als functie van de bovenafvoer werd oriënterend een 1D-model opgezet, waarmee lange tijdreeksen kunnen worden uitgerekendⁱ. Het model is opgebouwd met behulp van het één dimensionale stromingsmodel Mike11 ontwikkeld door DHI, Denemarken en maakt voor de zoutconcentratieberekeningen gebruik van de AD-module.

Model calibratie

Het hydrodynamische model voor de Schelde was reeds eerder gekalibreerd (IMDC, 2003c). Voor de kalibratie van de AD-module is gebruikt gemaakt van saliniteitsmetingen die uitgevoerd werden tussen oktober 1997 en december 1998. Tabel 3-6 geeft een overzicht van deze meetplaatsen en figuur 3-8 toont de locatie. Verder is ook gebruik gemaakt van verschillende reeksen saliniteitsmetingen langs de Westerschelde (tabel 3-7).

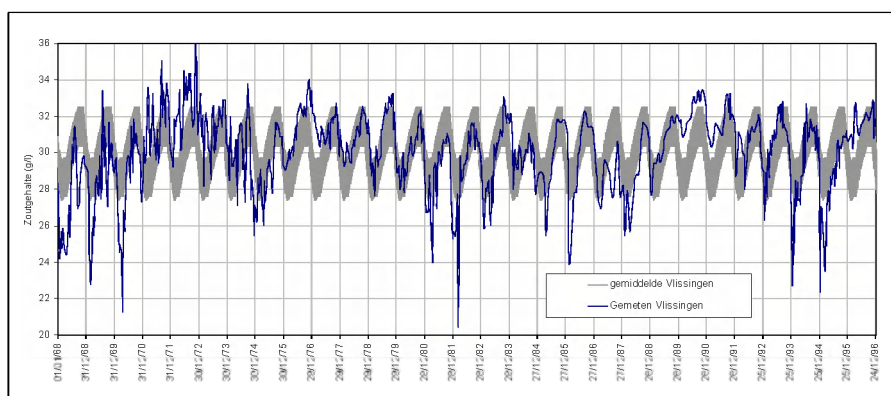
ⁱ Met het 1D model konden in voorbereiding van het 3D gedetailleerd modelonderzoek langdurige (20 jaar) berekeningen worden uitgevoerd betreffende het zoutgehalte in de Schelde.

Locatie	van	tot	Bron
Vlissingen boei SSHV	1967	1996	www.waterbase.nl
Breskens badstrand	1988	1997	www.waterbase.nl
Terneuzen boei 20	1967	1996	www.waterbase.nl
Valkenisse boei 65	1964	1981	www.waterbase.nl
Bath boei 68	1964	1981	www.waterbase.nl
Vlakte-vd-Raan	1981	2006	www.hmcz.nl
Hoofdplaat	1987	2006	www.hmcz.nl
Overloop Hansweert	1996	2006	www.hmcz.nl
Baalhoek	1987	2006	www.hmcz.nl

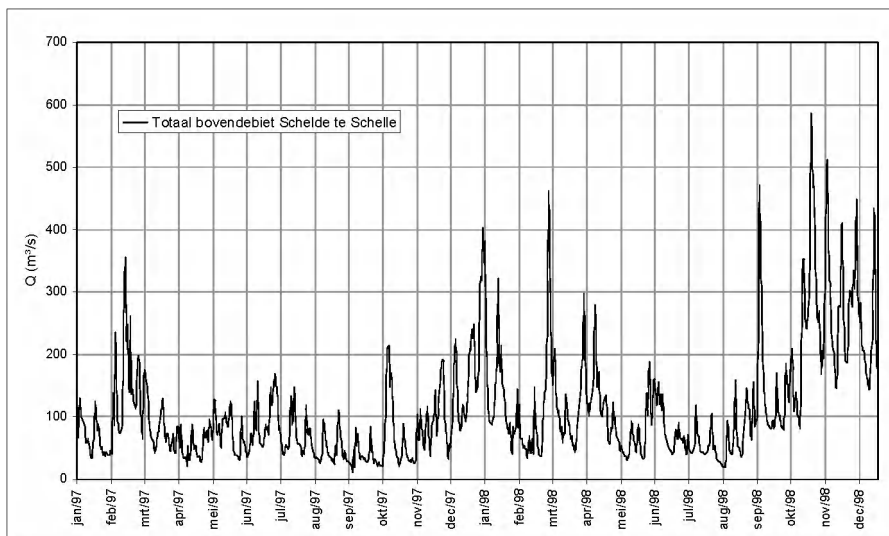
Tabel 3-7: Meetlocaties zoutgehalte langs de Westerschelde

Randvoorwaarden

De kalibratie werd uitgevoerd met waargenomen debieten, waterstanden en windmeetreeks, die als hydrodynamische randvoorwaarden werden opgelegd in het model. Voor de AD simulaties werd een tijdreeks met het gemiddelde zoutgehalte in Vlissingen opgelegd. In figuur 3-22 wordt het verloop van de waargenomen reeks in Vlissingen en de gemiddelde saliniteit weergegeven. Figuur 3-23 geeft een detail van het verloop van het totale debiet van de Schelde ter hoogte van Schelle voor de periode 1997-1998.



Figuur 3-22: Zoutgehalte in Vlissingen, Boei SSHV (1967-1996)



Figuur 3-23: Totaal bovendebiet Schelde te Schelle (1997-1998)

Calibratie

De volgende tabel geeft een samenvatting van de gekalibreerde dispersiecoëfficiënten langs de Westerschelde en de Zeeschelde.

Locatie	afstand ten opzichte van Noordzee	Dispersie coef . m ² /s
Vlissingen	1800	80
Terneuzen	22800	77
Overloop Hansweert	36300	73
Hansweert	41400	72
Walsoorden	46505	71
Baalhoek	53700	69
Bath	62100	65
Prosperpolder	67964	60
Liefkenshoek	75394	55
Kallo- sluis	80843	50
Opwaarts Antwerpen	89572	45

Tabel 3-8: Dispersie coëfficiënten

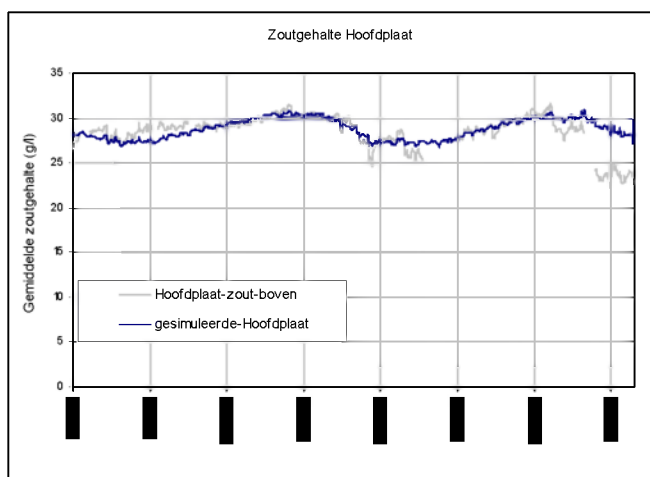
Figuur 3-24 tot en met figuur 3-33 tonen het verloop van de waargenomen zoutwaarden in vergelijking met de resultaten van de simulaties voor verschillende stations, gaande van de Hoofdplaat tot Oosterweel. Uit deze figuren kan afgeleid worden dat de zoutconcentratie voor de meeste locaties goed gesimuleerd wordt met behulp van de AD-module.

De algemene trend van het zoutgehalte is goed gemodelleerd, maar het zoutgehalte langs de Westerschelde en de Zeeschelde tot in Prosperpolder wordt licht overschat en dat in het bijzonder voor de periode na oktober 1998. Dit kan deels verklaard worden door het feit dat de afwaartse randvoorwaarde voor de saliniteit geen waargenomen zoutgehalte bevat maar alleen het gemiddelde zoutgehalte in Vlissingen.

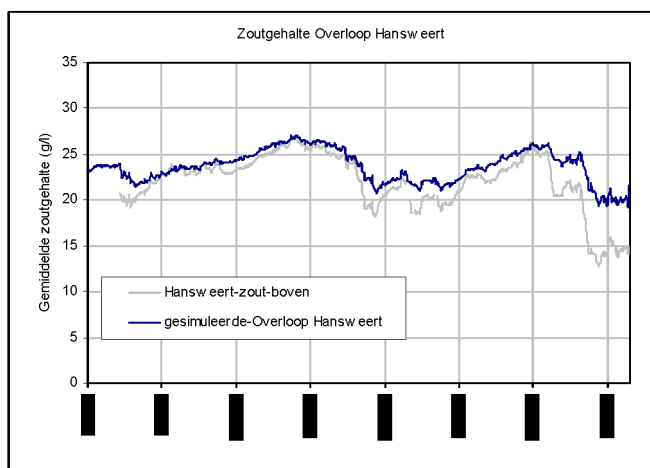
Een natte periode zoals oktober 1998 tot december 1998 verlaagt de saliniteit ter hoogte van de Hoofdplaat (zie figuur 3-24) en zal bijgevolg ook het zoutgehalte in Vlissingen beïnvloeden (verlagen), wat in het model niet in rekening is gebracht. Verder opwaarts wordt het zoutgehalte licht onderschat ter hoogte van Oosterweel, ook voor een natte periode zoals oktober-december 1998.

Op basis van de simulaties is het mogelijk te zien dat het zoutgehalte in het estuarium sterk beïnvloed wordt door de (zoete) bovenafvoer, die ervoor zorgt dat het longitudinale zoutprofiel voortdurend in beweging is. De variaties ten gevolge van de bovenafvoer zijn niet symmetrisch. In de Beneden-Zeeschelde daalt bij een (plotselinge) verhoging van de bovenafvoer de saliniteit vrij snel, terwijl bij afnemende bovenafvoer (herstelperiode) de saliniteit traag toeneemt. In de Westerschelde past de saliniteit zich veel trager aan. De verschillen in saliniteit tussen lage en gemiddelde afvoer zijn beperkt, en de aanpassingen aan een hoge bovenafvoer verlopen langzaam.

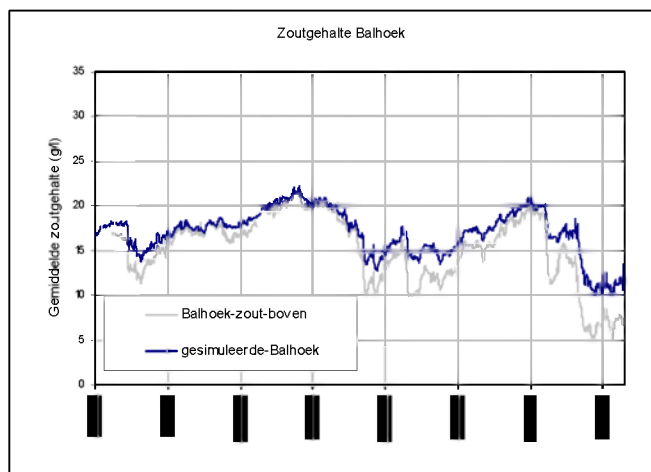
Tenslotte wordt in figuur 3-33 het verloop getoont van de saliniteit ter hoogte van Prosperpolder gedurende een week, hieruit kan de saliniteitsamplitude worden afgelezen.



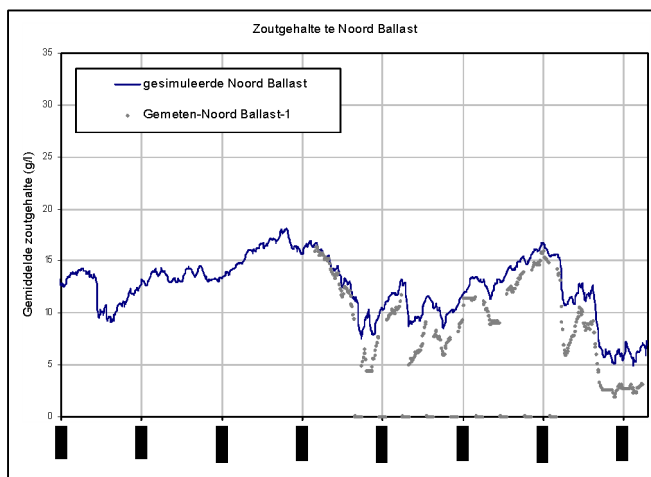
Figuur 3-24: Gemiddeld zoutgehalte (Hoofdplaat)



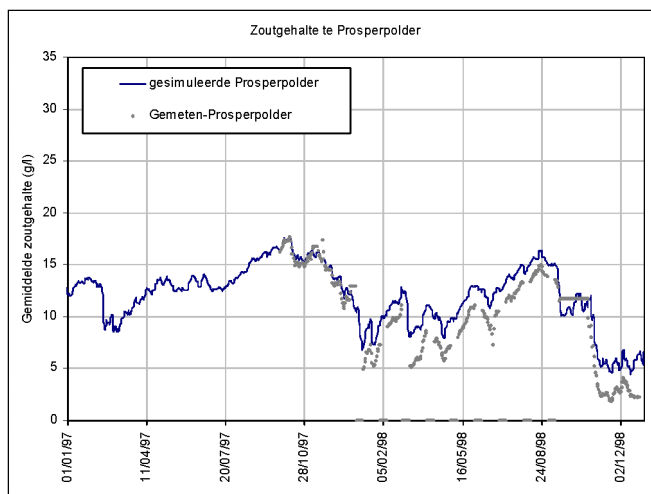
Figuur 3-25: Gemiddeld zoutgehalte (Hansweert)



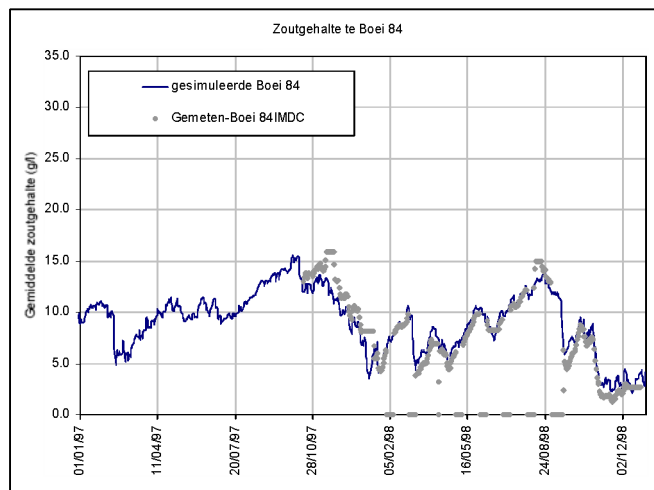
Figuur 3-26: Gemiddeld zoutgehalte (Baalhoek)



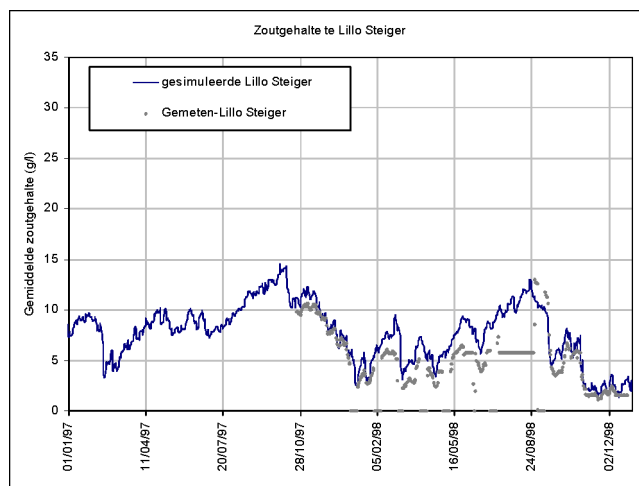
Figuur 3-27: Gemiddeld zoutgehalte (Noord-Ballast)



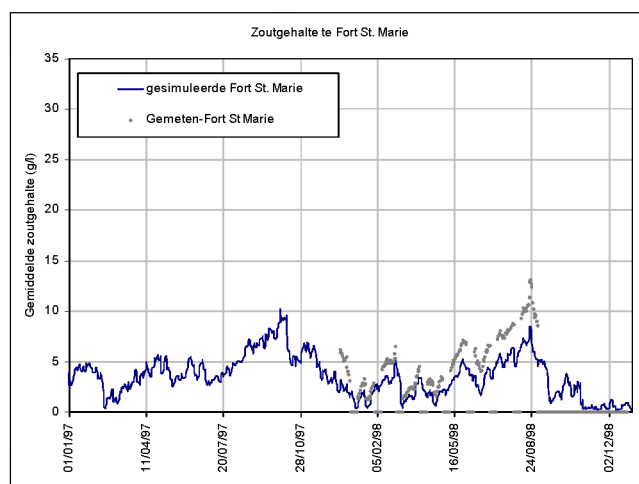
Figuur 3-28: Gemiddeld zoutgehalte (Prosperpolder)



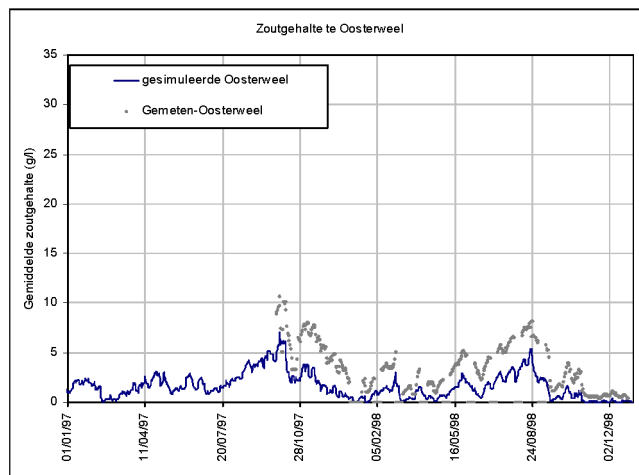
Figuur 3-29: Gemiddeld zoutgehalte (Boei 84)



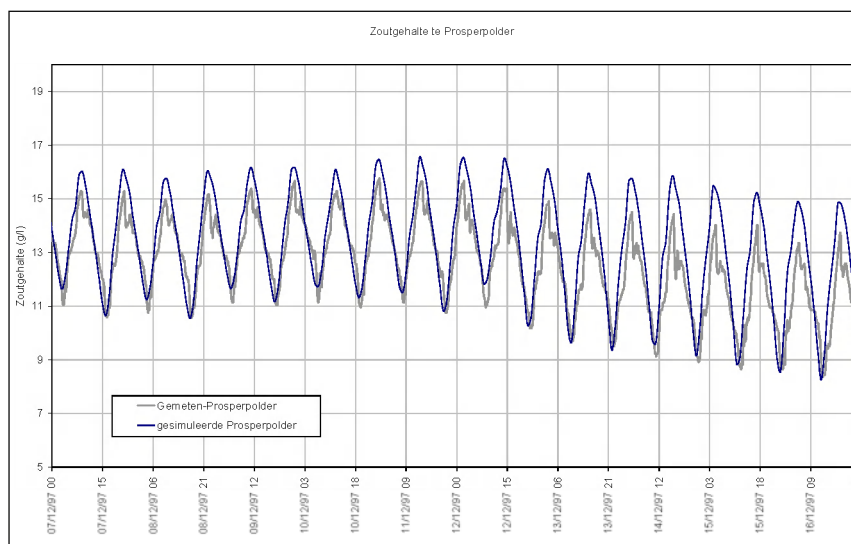
Figuur 3-30: Gemiddeld zoutgehalte (Lillo Steiger)



Figuur 3-31: Gemiddeld zoutgehalte (Fort St. Marie)



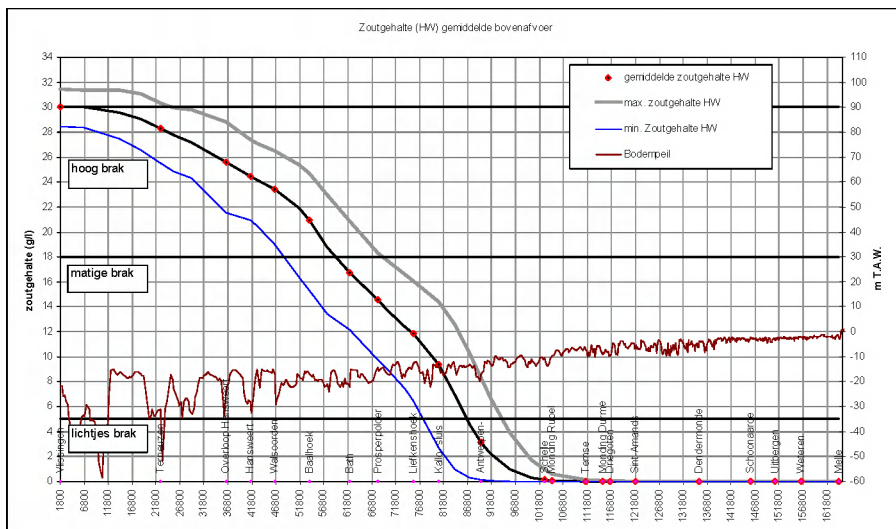
Figuur 3-32: Gemiddeld zoutgehalte (Oosterweel)



Figuur 3-33: Verloop van het zoutgehalte ter hoogte van Prosperpolder

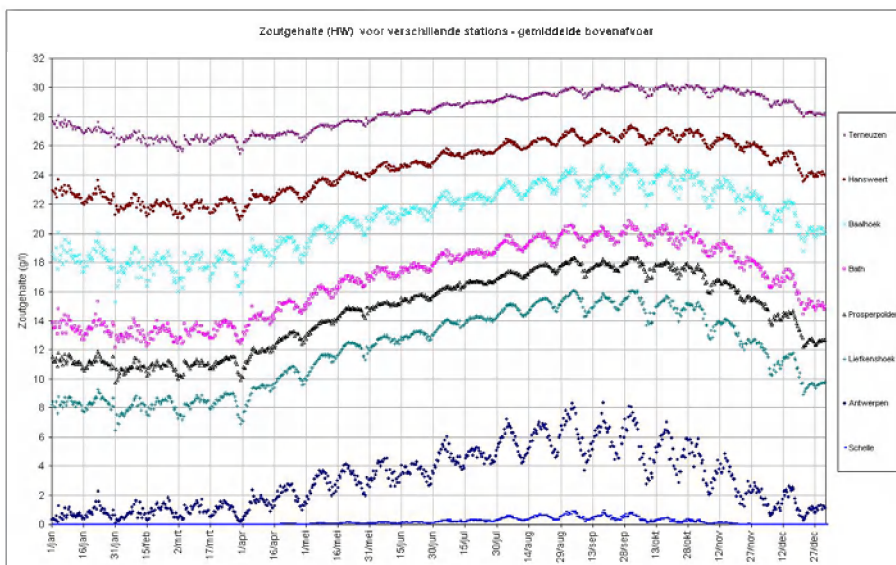
Simulaties en resultaten

Op basis van de uitgevoerde simulaties wordt in figuur 3-34 een lengteprofiel van het gemiddelde zoutgehalte bij hoogwater als gevolg van een jaar met gemiddelde bovenafvoer voorgesteld. Uit deze figuur kan afgeleid worden dat de overgangszone brak-zoet water bij hoogwater in een gemiddeld jaar zich stroomafwaarts Antwerpen bevindt. Deze overgangszone verschuift tijdens de wintermaanden naar afwaarts tot ongeveer Liefkenshoek en tijdens de droge maanden stroomopwaarts tot ongeveer Burcht.

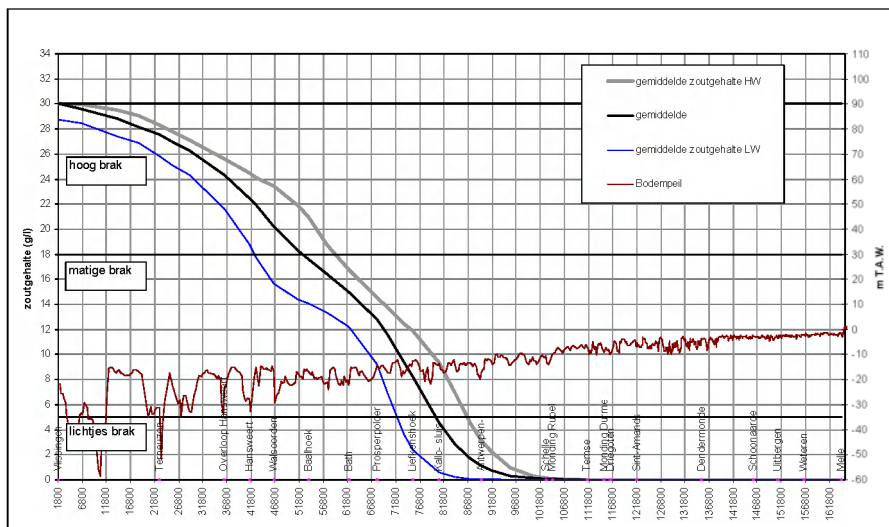


Figuur 3-34: Lengteprofiel van het zoutgehalte bij hoogwater bij gemiddelde bovenafvoer

In figuur 3-35 wordt het verloop van het zoutgehalte voor verschillende locaties voorgesteld: daarin is het jaarlijks patroon van het zoutgehalte bij hoogwater, dat voornamelijk veroorzaakt wordt door de bovenafvoer, duidelijk zichtbaar. De saliniteit bereikt de laagste waarden voor alle stations in de maand januari en de hoogste waarden in de maand september. Het effect van het getij is beter merkbaar in figuur 3-36 waar een lengteprofiel van het gemiddelde zoutgehalte voor een jaar met gemiddelde afvoer geplot is, samen met het gemiddeld zoutgehalte bij hoog- en laagwater.

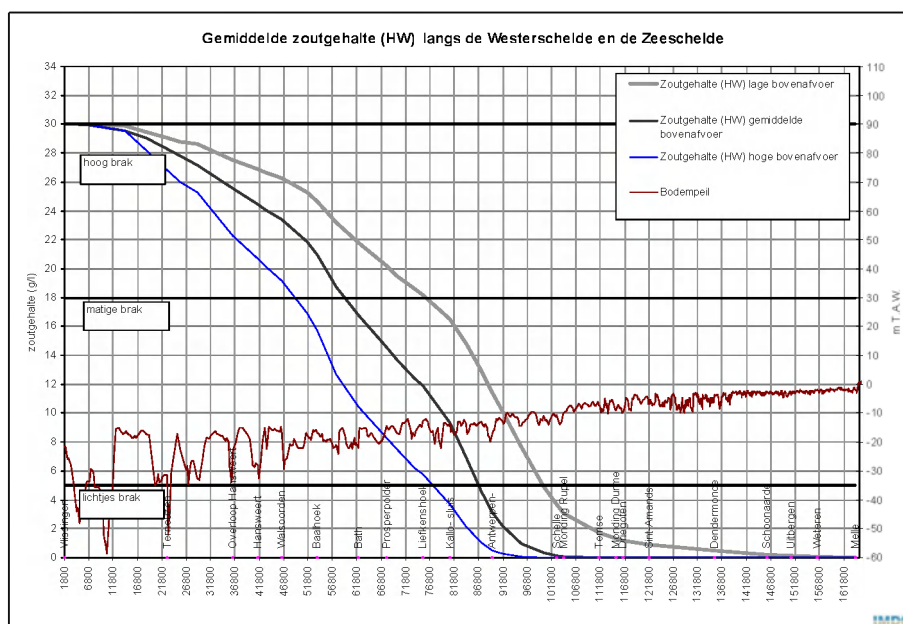


Figuur 3-35: Verloop van het zoutgehalte bij hoogwater bij een gemiddelde bovenafvoer.



Figuur 3-36: Lengteprofiel van het gemiddelde zoutgehalte over een jaar met een gemiddelde bovenafvoer¹

Om de variabiliteit van het zoutgehalte te illustreren, wordt in figuur 3-37 een lengteprofiel van het gemiddelde zoutgehalte (HW) voor een jaar met gemiddelde bovenafvoer voorgesteld, samen met het gemiddelde zoutgehalte (HW) voor een jaar met hoge en lage bovenafvoer.

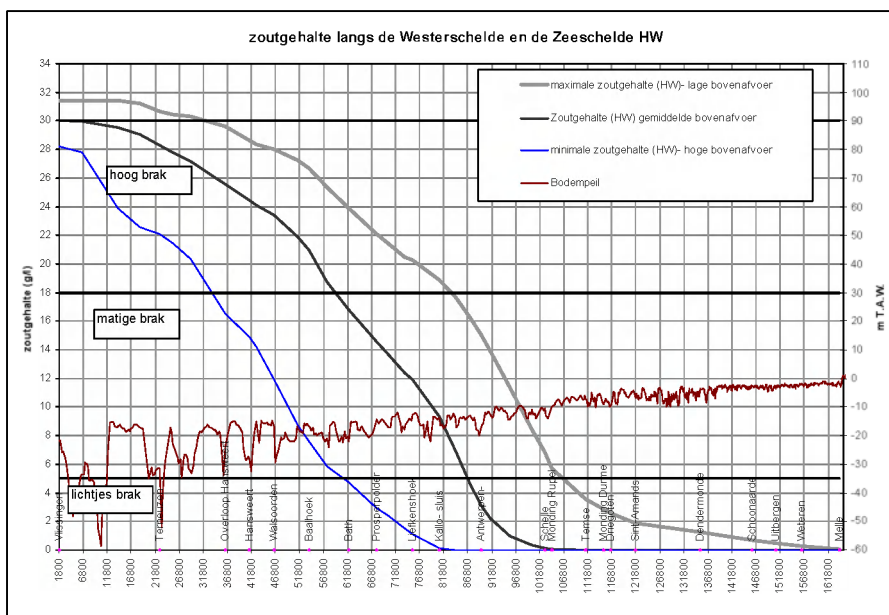


Figuur 3-37: Lengteprofiel van het zoutgehalte bij hoogwater voor verschillende bovenafvoer

Deze figuur geeft een overzicht van de gemiddelde variabiliteit van het zoutgehalte (HW) in het estuarium. Uit deze figuur kan afgeleid worden dat de overgangszone brak-zoet bij hoogwater zelfs tot in Liefkenshoek verschuift en opwaarts tot de monding van de Rupel.

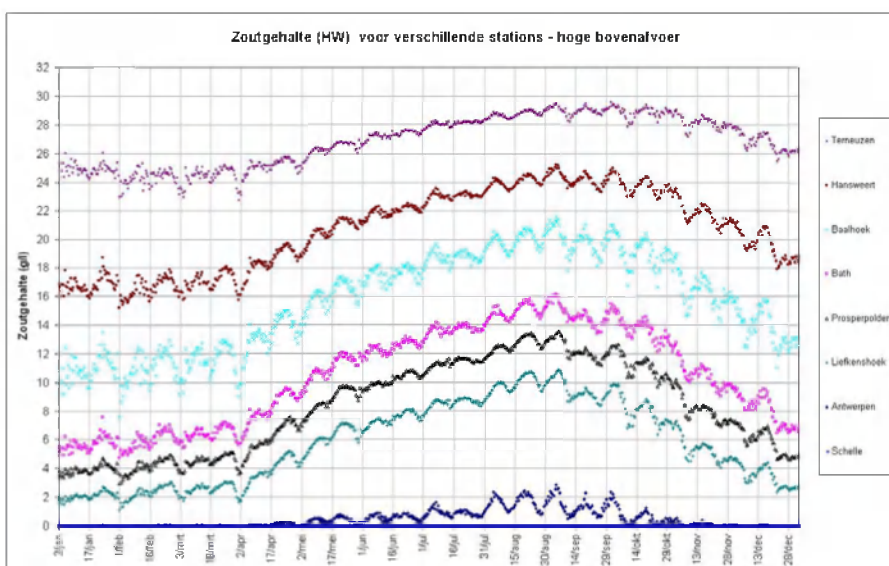
¹ Voor de correcte interpretatie van deze figuur is het belangrijk te melden dat deze variatie niet alleen veroorzaakt is door de variatie van het getij maar ook door de invloed van de bovenafvoer met een seizoensgebonden patroon.

Figuur 3-38 geeft een overzicht van de extreme variabiliteit van de saliniteit in het estuarium tijdens hoogwater: voorstelling van het gemiddelde zoutgehalte (HW) voor een jaar met gemiddelde bovenafvoer samen met het maximale zoutgehalte (HW) voor een jaar met lage bovenafvoer (hoog saliniteit) en het minimale zoutgehalte (HW). Deze figuur bevestigt dat het water opwaarts de monding van de Rupel kan beschouwd worden als zoet of lichtjes brak water, zelfs voor een extreme situatie, terwijl de overgangszone brak-zoet tijdens hoogwater kan verschuiven tot afwaarts Bath.

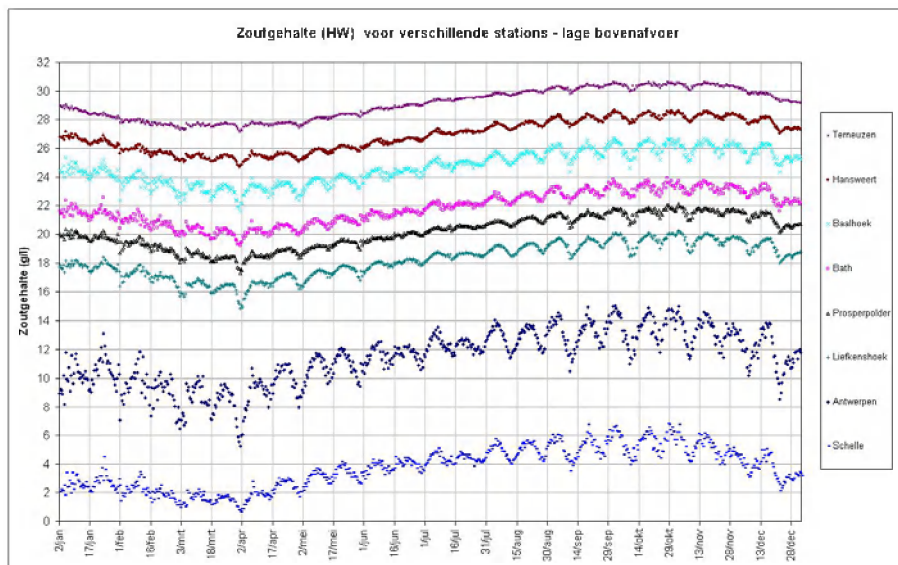


Figuur 3-38: Lengteprofiel met de extreme variabiliteit van het zoutgehalte langs het estuarium

Tenslotte wordt in de volgende figuren het verloop van het zoutgehalte in verschillende locaties voorgesteld voor een jaar met hoge bovenafvoer (figuur 3-39) en een lage bovenafvoer (figuur 3-40).



Figuur 3-39: Verloop van het zoutgehalte bij hoogwater bij hoge bovenafvoer.



Figuur 3-40: Verloop van het zoutgehalte bij hoogwater bij lage bovenafvoer.

3.3 Beschrijving verwachte autonome ontwikkeling inzake zoutdynamiek

Op basis van de gekende autonome ontwikkeling in het Schelde-estuarium zijn er geen aanwijzingen dat de zoutdynamiek zal wijzigen door deze ontwikkeling. Dit wordt mede onderbouwd door de gemeten zoutgehalten in Vlissingen over de periode 1967-1996, zoals weergegeven in figuur 3-22, en tevens door de MOVE monitoring, zoals beschreven in paragraaf 2.7.2.

4 Opzet en afregeling modelinstrumentarium

4.1 Inleiding

Om de veranderingen in het zoutregime ten gevolge van de verruiming van de vaargeul te bestuderen is het 3-dimensionale hydrodynamisch model Slib3D toegepast. Het Slib3D-model is tevens gebruikt voor de berekeningen van de slibdynamiek (zie basisrapport Slibdynamiek). De opzet en afregeling van het Slib3D model (hydrodynamica, inclusief saliniteit) worden in dit hoofdstuk besproken.

De randvoorwaarden voor het Slib3D stromingsmodel, zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts, worden toegeleverd uit de deelstudie Water. In de deelstudie Water is een gedetailleerd 2D-stromingsmodel van de Oosterschelde en Westerschelde toegepast, dat is ingebed in een grootschalig model van de Noordzee. Deze modellen worden beschreven in het Basisrapport Water. Om tot een consistente schematisering te komen van de verschillende modellen die in de verschillende studie onderdelen zijn gebruikt, is er veel zorg besteed aan het uitwisselen van de modelbodems en het afstemmen van de modelparameters.

In dit hoofdstuk worden de opzet van het Slib3D-model en de verschillende aannamen en schematiseringen besproken. Vervolgens wordt ingegaan op de afregeling van het model en wordt aangetoond dat het model gebruikt kan worden voor de bestudering van de voorliggende onderzoeksvragen en wat de sterke en zwakke punten van het model zijn. Tot slot volgt een overzicht van de uit te voeren simulaties.

4.2 Slib3D modelopzet: aannamen en schematisaties

4.2.1 Achtergrond

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van het Slib3D instrumentarium, gebaseerd op de Delft3D software, dat in het verleden door IMDC en het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout gebruikt is om de aanslibbing in het Deurganckdok te bepalen en de milieueffecten te bepalen van de verschillende alternatieven voor het onderhoudsbaggerwerk in de Beneden-Zeeschelde (IMDC 2004a, IMDC 2004b, IMDC 2004c). Het originele Slib3D model domein strekt zich uit van Baarland tot opwaarts de Rupelmonding.

Het model is vervolgens door WL | Delft Hydraulics en IMDC in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout verder verfijnd om de slibuitwisseling ter hoogte van het Deurganckdok en de water- en slibbeweging in de omgeving van de mogelijke *Current Deflecting Wall* beter te kunnen simuleren (WL-IMDC 2005).

In het kader van een studie naar de dichtheidsstromingen in de Beneden-Zeeschelde, meer bepaald ten behoeve van de meetcampagne naar hooggeconcentreerde slibsuspensies is het model opnieuw toegepast en zijn enkele wijzigingen uitgevoerd (IMDC 2005a; WL 2005b).

Hieronder volgt een overzicht van de studies waarin het Slib3D model is opgezet, uitgebreid en toegepast voor advieswerk:

- Alternatieve stortlocaties voor onderhoudsbaggerspecie
In 2004 werd onderzoek verricht naar de mogelijkheid van het gebruik van de stortlocatie Vlake van Hoboken in het kader van de milieuvergunningaanvraag. Het betreffende 3D slibmodel is beschreven in (Waterbouwkundig Laboratorium 2004a)
- Deurganckdok
Onderzoek werd uitgevoerd naar de optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken voor het Deurganckdok en het bepalen van de meest milieuvriendelijke werkwijze voor het baggeren en storten van de onderhoudsbaggerspecie uit Deurganckdok en de Beneden-Zeeschelde. In het kader van dit project is het 3D slibmodel verder gedetailleerd en afgeregeld (IMDC, 2004a tot en met c).
- 3D-slibtransportmodel
Met het oog op een verbeterd inzicht in de uitwisselingsprocessen tussen het Deurganckdok en de Beneden-Zeeschelde werd het 3D-slibtransportmodel van de Beneden-Zeeschelde uitgebreid tot 40 lagen (WL-IMDC 2005)
- HCBS-denstiteitsstromingen
Als analysefase voor de planning van de metingen in het kader van de LTV-studie naar HCBS-densiteitsstromingen in de Beneden-Zeeschelde werd het Slib3D slibtransportmodel toegepast. Er zijn enkele optimalisaties aan de parameter instellingen uitgevoerd (IMDC 2005a; WL 2005b).
- Masterplan Oosterweelverbinding
In opdracht van de Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel (BAM NV) is een 3D studie uitgevoerd naar de aanslibbing en onderhoudsbaggerwerken van de tunnelsleuf van voor de Oosterweelverbinding. In dit kader is het 3D slibtransportmodel opwaarts uitgebreid tot Tielrode en Walem (TV SAM 2006).

Het modeldomein van Slib3D is ten behoeve van de voorliggende studie uitgebreid in zeewaartse richting, zodat het model ondersteunend kan zijn aan de beantwoording van onderzoeksvragen over de (verandering van) bodemsamenstelling van platen en slikken in dat gedeelte van het Schelde-estuarium.

4.2.2 Beschrijving van het Slib3D model

Zout en slib zijn parameters die een zekere gradiënt vertonen over de diepte. Deze gradiënt is sterk voor slib, aangezien slib onder invloed van de zwaartekracht uitzakt naar de bodem. Echter, ook voor zout kan in sommige gevallen een zekere gelaagdheid of verticale variatie ontstaan. In situaties met een zoete rivierafvoer en een opkomend zout getij kan er een overgangsvlak ontstaan waarbij het zoute water zich onder het zoetere water zal begeven, in dergelijke gevallen spreken we van verticale gelaagdheid. Anderzijds kan, zoals reeds aangehaald in de beschrijving van de saliniteit in de Schelde (zie hoofdstuk 1), een verticale zoutstructuur ontstaan, die niet door gelaagdheid gekenmerkt wordt, doch die aanleiding geeft tot densiteitsstromingen. Ook in diepere stroomluwe gebieden treedt mogelijk een verhoging van de zoutwaarde op. De belangrijkste waarde van deze studie betreft dus het 3D-aspect van de stroming.

Het Schelde-estuarium wordt beschouwd als zijnde goed gemengd, omwille van de relatief beperkte aanvoer van zoet water uit de bovenlopen, die gemiddeld ongeveer $100\text{m}^3/\text{s}$ bedraagt. Dit impliceert dat de saliniteitsverschillen over de verticaal klein zijn, zoals gebleken is uit talrijke metingen in het verleden en recent (februari 2005, maart en september 2006) tijdens de meetcampagne HCBS die door IMDC samen met WL|Delft Hydraulics werd uitgevoerd.

Het Slib3D model simuleert de waterbeweging, de zoutbeweging en de slibbeweging in 3D. Door een toegesneden horizontale en verticale resolutie is het model goed in staat om de estuariene processen te kunnen weergeven. Hiermee is het Slib3D model een goed gereedschap om de voorliggende onderzoeksvragen te beantwoorden.

In de onderstaande paragrafen zullen de verschillende onderdelen van het Slib3D model worden toegelicht.

4.2.3 Rekenrooster

Voor de studie naar de effecten van de verruiming van de vaargeul op het zoutregime in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde is een rekenrooster nodig dat zich voldoende ver stroomopwaarts en voldoende ver stroomafwaarts uitstrekt. Bovendien heeft het rooster een voldoende hoge resolutie nodig om de processen in detail te kunnen simuleren.

Het originele Slib3D model stamt uit 2004. Nadien is het rekenrooster uitgebreid tot Tielrode en Walem. Het Slib3D model biedt een goede schematisering van de Beneden-Zeeschelde en van een beperkt deel van de Westerschelde. In het kader van deze milieueffectrapportstudie is het Slib3D-model verder uitgebreid in zeewaartse richting met een gedetailleerde versie van het rooster van de Westerschelde dat wordt toegepast voor de morfologische studies (zie basisrapport Morfologie).

Op de volgende punten is het gecombineerde rooster aangepast:

- Uitbreiding van het rekenrooster tot aan Vlissingen.
- Uitbreiding van het rooster met de polders uit het Sigmaplan.
- Verbeterde resolutie in de omgeving van de stroomgeleidingsdammen bij Doel en Noord Ballast.
- Verbeterde *orthogonaliteit* en *smoothness* in alle deeldomeinen.
- Aanpassing haven van Vlissingen.

Het Slib3D-model heeft een resolutie die in overeenstemming is met de locale snelheden, gradiënten in snelheden en saliniteit, en waterdiepte. Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen is voor een gelijkmatige resolutie doorheen het Schelde-estuarium gekozen. In de Beneden-Zeeschelde varieert de resolutie tussen de 50 meter à 150 meter in langsrichting en 30 meter à 80 meter in de dwarsdoorsnede van de rivier. In de Westerschelde is het model iets minder fijn, tussen de 150 meter à 200 meter in langsrichting en 35 meter à 100 meter dwars op de as van de vaargeul.

De roosters van de afzonderlijke deeldomeinen voldoen alle aan de gebruikelijke kwaliteitsnormen voor *orthogonaliteit* (<0,03), *smoothness* (<1,10 à 1,15) en *aspect ratio* (<2 à 4, lokaal zijn hogere waarden in de stroomrichting toegestaan).

Het Slib3D-model is gedefinieerd in het Nederlands Rijksdriehoek coördinatensysteem (RD).

Verticale verdeling van de verschillende rekenlagen

Het model bestaat uit 10 lagen in de verticaal, waarbij de onderste 5 lagen circa 25 procent van de diepte beslaan. Hierdoor wordt er voldoende resolutie nabij de bodem gecreëerd waar de grootste gradiënten in slib (zie basisrapport Slibdynamiek) worden verwacht. In onderstaande tabel 4-1 is voor de 10 lagen uit het model de bijbehorende laagdikte gepresenteerd.

	dikte (procent)
Laag 1, oppervlak	13,5 procent
Laag 2	13,5 procent
Laag 3	17,0 procent
Laag 4	17,0 procent
Laag 5	13,0 procent
Laag 6	10,0 procent
Laag 7	6,5 procent
Laag 8	4,5 procent
Laag 9	3,0 procent
Laag 10, bodem	2,0 procent

Tabel 4-1: Laagdikte als percentage van de waterdiepte

Ten behoeve van de studie naar de slibuitwisseling met het Deurganckdok is het aantal verticale lagen opgevoerd tot 40. Deze hoge verticale resolutie is echter niet vereist voor het beantwoorden van de voorliggende onderzoeksvragen.

Domein Decompositie

Aangezien het een 3-dimensionaal model en dus een zeer rekenintensief model betreft, is besloten het rekendomein op te splitsen in verschillende deeldomeinen. Deze deeldomeinen worden parallel uitgerekend door het numerieke Delft3D-Flow model (*domain decomposition*).

Het gebruikte rekenrooster bestaat uit de volgende vier deeldomeinen:

- Domein B: Vlissingen tot het Gat van Ossensisse.
- Domein C: Gat van Ossensisse tot de Overloop van Valkenisse.
- Domein E: Overloop van Valkenisse tot de Punt van Mersele.
- Domein F: Punt van Mersele tot Tielrode (Schelde) en Walem (Rupel).

Deeldomein A (zeewaarts van Vlissingen) is in deze studie niet meegenomen. Hierdoor ligt de zeewaartse rand van het model ter hoogte van Vlissingen. De opwaartse (rivier) randen liggen in de Schelde ter hoogte van Tielrode en in de Rupel ter hoogte van Walem.

4.2.4 Bodemschematisatie

Bodemgegevens voor het jaar 2004 en 2005 zijn aangeleverd door de Afdeling Maritieme Toegang van de Vlaams Overheid (versie 3 april 2006). De gegevens zijn aangevuld met gegevens uit het project Actualisatie Sigmaplan 2001 (IMDC 2003).

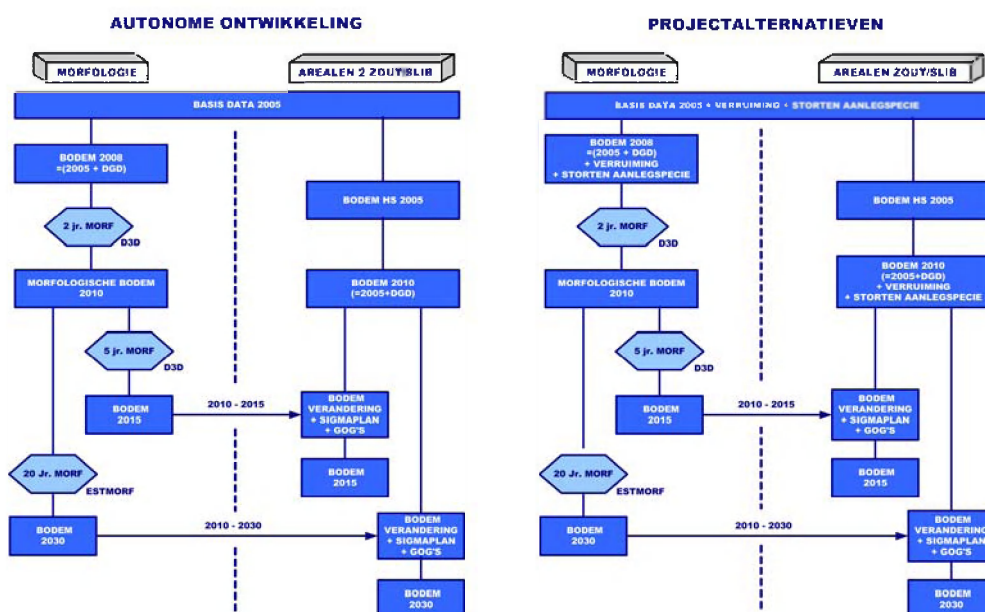
Om ervoor te zorgen dat alle in alle deelstudies gebruik gemaakt wordt van dezelfde data en zodoende na interpolatie naar de verschillende rekenroosters over dezelfde bodemschematisering te beschikken, is een gebiedsdekkend Digitaal Terrein Model (DTM) samengesteld. De databestanden die gebruikt zijn voor het samenstellen van de verschillende toegepaste modelbodems staan opgelijst in Appendix J.

Het referentieniveau van het Slib3D-model is TAW. Hierbij is rekening gehouden met een verschil tussen NAP en TAW van 2,35 meter voor de Westerschelde en het Zeescheldebekken volgens het recente communiqué van het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (brief 16EB-U-06-0366, van 27 juli 2006) volgend op de Vijfde Nauwkeurigheidswaterpassing van het Normaal Amsterdams Peil (NAP).

De overstroombare dammen bij Doel en Noord Ballast blokkeren de stroming niet volledig en zijn geschematiseerd door lokaal de bodem te verhogen en gelijktijdig de bodemruwheid aan te passen. De hoogte van de dam bij Doel varieert van 3,5 meter +TAW tot 0,5 meter +TAW bij de kop. De hoogte van de dam bij Noord Ballast verloopt van 5 meter +TAW tot 0 meter +TAW bij de kop.

De verruiming en de daaraan gerelateerde stortingen van de aanlegbaggerspecie zijn voor de verschillende projectalternatieven in het DTM aangebracht en vervolgens naar de rekenroosters geïnterpoleerd. In de vaargeul is de zwaaizone opgenomen die zal worden gerealiseerd juist opwaarts (ten zuiden) van de Europaterminal volgens AMT-kaart 16EFGIS-1222_V1 (van 10 oktober 2006).

De modelbodems voor de verschillende projectalternatieven voor het jaar 2030 zijn geconstrueerd door de berekende bodemveranderingen (2010 – 2030) uit de deelstudie Morfologie te interpoleren en op te tellen bij het Digitaal Terrein Model voor 2010.



Figuur 4-1: Overzichtsschema aangaande de opbouw van de modelbodems in 2010, 2015 en 2030

4.2.5 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de stroomopwaartse en de stroomafwaartse randen van het Slib3D-model worden verkregen uit een gedetailleerd 2D-model van de Oosterschelde en Westerschelde, welk op zijn beurt is ingebed in een grootschalig model van de Noordzee. Deze modellen worden beschreven in het Basisrapport Water.

De referentieperiode voor de representatieve springtij-doodtij cyclus is van 24 juni 1998 05:50 tot 9 juli 1998 18:00. De randvoorwaarden zijn beschikbaar vanaf 14 juni 1998 14:50 (zie tabel 4-2). In de rapportage wordt steeds ingegaan op de verschillende effecten tijdens het springtij (26 juni 1998) en het doottij (3 juli 1998). Vanwege de dagelijkse ongelijkheid in het getij is een dubbele getijperiode gekozen (zie tabel 4-3).

Referentieperiode	24 juni 1998 05:50 – 9 juli 1998 18:00
Randvoorwaarden	14 juni 1998 14:50 – 9 juli 1998 18:00
Interval tijdserie	10 minuten

Tabel 4-2: *Overzicht begin- en eindtijd beschikbare tijdseries*

Springtij	25 juni 1998 21:25 – 26 juni 1998 22:15
Gemiddeld tij	29 juni 1998 15:10 – 30 juni 1998 15:50
Doodtij	2 juli 1998 22:50 – 4 juli 1998 0:00

Tabel 4-3: *Overzicht rekentijdstippen spring en doottij*

Hoog en laag bovendebiet

Om het aantal modelsimulaties enigszins te beperken zijn in de deelstudie Water alleen berekeningen verricht bij een gemiddelde bovenafvoer. Uit de resultaten voor de huidige situatie (zie hoofdstuk 5) is een methodiek ontwikkeld om uit de resultaten bij gemiddeld bovendebiet randvoorwaarden af te leiden voor hoge en lage bovenafvoer. De volgende berekeningsresultaten zijn van uit de deelstudie Water aangeleverd:

Resultaten van de huidige situatie:

- HS 2005, gemiddeld bovendebiet.
- HS 2005, hoog bovendebiet.
- HS 2005, laag bovendebiet.

Resultaten van de situatie in 2010 (gemiddeld bovendebiet):

- NA 2010.
- P4N 2010.

Resultaten van de situatie in 2030 (gemiddeld bovendebiet):

- NA 2030.
- NA+ 2030.
- P4N 2030.
- P4P 2030.
- P- 2030.

Inspeeleffecten

De randvoorwaarden zijn beschikbaar voor de periode 14 juni 1998 14:50 – 9 juli 1998 18:00.

De referentieperiode is van 24 juni 1998 05:50 tot 9 juli 1998 18:00 (zie tabel 4-2 en tabel 4-3).

Dit betekent dat er tot aan de referentieperiode circa 10 dagen resteren om het model in te spelen. Dit is voor waterstanden en snelheden ruim voldoende, echter voor de modellering van saliniteit in een groot estuarium is een dergelijke inspeelduur beperkt. Daarom is het extra belangrijk te beschikken over goede initiële condities (zie paragraaf 4.2.6).

Door een variërende bovenafvoer is de saliniteit in het Schelde-estuarium continu in beweging. De variaties ten gevolge van de bovenafvoer zijn niet symmetrisch. Bij een hoge bovenafvoer daalt de saliniteit in de Beneden-Zeeschelde vrij plots, terwijl bij afnemende bovenafvoer de saliniteit traag toeneemt (zie paragraaf 3.2.5). In de Westerschelde zal vooral tijdens hoge afvoer de saliniteit zich traag aanpassen.

Bij het bepalen van de randvoorwaarden is gerekend met een constante bovenafvoer (zie basisrapport Water). Gezien de natuurlijke fluctuatie van de aanvoer van zoet water zal een constante bovenafvoer zich slechts gedurende een beperkte periode voordoen. Het is daarom ook niet nodig de berekeningen door te laten lopen totdat de saliniteit zich volledig heeft gestabiliseerd.

Afleiding correlatie coëfficiënten

Dat de saliniteit zich nog steeds aanpast, blijkt ook uit de regressieanalyse die is uitgevoerd voor het afleiden van de correlatie coëfficiënten. In scatter-diagrammen (zie figuur A-1 tot en met figuur A-6 in Appendix A) is de saliniteit bij een hoge afvoer (respectievelijk lage afvoer) uitgezet tegen de saliniteit bij gemiddelde afvoer. Hierin valt een grote spreiding in de punten waar te nemen die het gevolg is van verschillen in de mate waarin het estuarium zich heeft aanpast aan de veranderde aanvoer van zoet water.

Wanneer de spreiding in de wolk tijdsafhankelijk wordt geanalyseerd, blijkt dat de saliniteit zich (bij hoge en bij gemiddelde afvoer) langzaam stabiliseert. De regressieanalyse is daarom uitgevoerd op de laatste getijden uit de cyclus om zodoende een meer stabiele saliniteitsvariatie te verkrijgen.

Voor de benedenstroomse randvoorwaarde (Vlissingen) is de correlatie bepaald voor waterstanden en saliniteit. Aan de opwaartse randen van het model (Tielrode en Walem) zijn correlaties bepaald voor debieten en saliniteit. De hieronder beschreven correlaties zijn geverifieerd met het 1D-model dat van de Schelde is opgesteld.

Voor de waterstanden en saliniteit in Vlissingen en de debieten in Temse en Walem wordt een lineair verband aangetoond. De correlatie is over het algemeen goed ($R^2 = 0,9926$ tot 1). De correlatie van de saliniteit (bij lage afvoer) in Temse en Walem voldoet aan een machtsfunctie en is goed ($R^2 = 0,9831$ tot 0,9975). Bij hoge afvoer is geen variatie van de saliniteit meer merkbaar in de opwaartse randen. Hier wordt daarom een constante saliniteit van 0,3 (zoet water) opgelegd. In Appendix A worden de correlatie coëfficiënten per randlocatie gegeven.

Controle

Een gevolg van de gekozen methodiek is dat eventuele inspeelverschijnselen in de originele randvoorwaarden bij hoge of lage afvoer (huidige situatie) verschillen opleveren wanneer deze worden vergeleken met randvoorwaarden die zijn verkregen uit de resultaten bij gemiddelde afvoer.

Er is een controle uitgevoerd waarbij het model zowel is aangestuurd met de originele randvoorwaarden, als met randvoorwaarden die zijn afgeleid uit de resultaten bij gemiddelde afvoer. Er is een goede overeenkomst tussen de waterstanden en snelheden uit beide simulaties in het gehele estuarium.

Zoals verwacht zijn ten aanzien van de saliniteit enige verschillen tussen beide berekeningen aanwezig, voornamelijk bij hoge afvoer voor locaties in (het westelijke deel van) de Westerschelde. De saliniteit bij hoge afvoer verkregen uit de gemiddelde condities ligt in deze punten beduidend lager dan de saliniteit verkregen uit de originele tijdseries.

In Vlissingen is het verschil in saliniteit tussen hoog en gemiddelde bovendebiet veel groter dan tussen laag en gemiddeld bovendebiet. Hierdoor zal de saliniteit bij hoog bovendebiet zich over een veel langere periode aanpassen dan bij laag bovendebiet.

Ook laat het scatter-diagram voor saliniteit bij gemiddelde en hoge afvoer (figuur A-2a in Appendix A) een veel grotere spreiding zien dan het scatter-diagram bij gemiddelde en lage afvoer (figuur A-2b in Appendix A). Dit toont aan dat in de originele randvoorwaarde in Vlissingen de saliniteit zich nog sterk aanpast aan de hoge bovenafvoer.

Door de correlatie te baseren op de laatste getijden uit de cyclus en de coëfficiënten toe te passen op de stabiele randvoorwaarden bij gemiddelde afvoer, is het mogelijk dat de correlatie methodiek randvoorwaarden oplevert die minder inspeleeffecten vertonen dan de originele randvoorwaarden.

De conclusie is dat de methodiek om de randvoorwaarden voor hoge en lage afvoer af te leiden uit de randvoorwaarden bij gemiddelde afvoer voldoet en kan worden toegepast om de randvoorwaarden te berekenen voor de verschillende projectalternatieven.

4.2.6 Initiële condities

De berekeningen worden gestart met een goede schatting van de waterstand en de saliniteit. Correcte initiële condities van de waterstand zijn belangrijk om schommelingen in de waterstand (en dus in de snelheden) te minimaliseren. Goede beginvoorwaarden van de saliniteit zijn essentieel omdat de inspeeltijd die beschikbaar is vaak onvoldoende is om het zoutveld volledig in te spelen. Aangezien de snelheden onmiddellijk reageren op het verhang in de waterstanden is het niet nodig hiervoor initiële condities aan te maken.

Waterstanden en saliniteit zijn zorgvuldig geïnterpoleerd uit de berekeningsresultaten van de deelstudie Water, die ook voor de bepaling van de randvoorwaarden zijn gebruikt.

4.2.7 Modelparameters

De instellingen van de modelparameters van het Slib3D model zijn overgenomen uit de studies naar de onderhoudsbaggerwerken in het Deurganckdok (IMDC 2004a). Tevens zijn de aanbevelingen uit de HCBS studie meegenomen (IMDC 2006). Voor de schematisering van de bodemruwheden is echter aansluiting gezocht bij het model uit de deelstudie Water dat gebruikt wordt om de randvoorwaarden te genereren.

Bodemruwheden

Voor de afregeling van het Slib3D model zijn verschillende (ruimtelijk variërende) bodemruwheden onderzocht. Uiteindelijk is gekozen de bodemruwheid zoveel mogelijk te laten aansluiten bij de instellingen die in de deelstudie Water zijn toegepast (zie ook Alkyon 2006). Op deze wijze wordt ook een interne (tussen de verschillende modellen binnen het MER-onderzoek) consistentie tussen de randvoorwaarden, snelheden en verhangen in het modelgebied gegarandeerd.

In het model wordt gebruik gemaakt van een ruimtelijk variërende ruwheidscoëfficiënt volgens Manning. De Manning coëfficiënt varieert van $0,019 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ in de monding tot $0,027 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ter hoogte van Bath en verder oplopend tot $0,020 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ stroomopwaarts van Schelle.

Turbulentiemodel en diffusiecoëfficiënt

De benadering voor de schematisering van de diffusiecoëfficiënt is verschillend voor een 2D-model en een 3D-model. In een 2D-model worden een constant of ruimtelijk variërende diffusiecoëfficiënt opgegeven. Deze parameter moet voor een deel de verticale menging schematiseren die in het 3D-model wordt uitgerekend.

In het 3D-model wordt de verticale menging uitgerekend waarbij gebruik gemaakt wordt van het k-epsilon turbulentiemodel, een veel preciezere benadering. Hierbij worden de coëfficiënten voor de verticale diffusie en viscositeit bepaald op basis van transportvergelijking van de turbulente kinetische energie en de dissipatie hiervan (zie Delft3D-FLOW manual, WL 2005a). Tevens moet in het 3D-model een achtergronddiffusie en viscositeit worden opgegeven die normaliter op 1 m²/s, respectievelijk 0,00001 m²/s wordt gesteld (zie ook de aanbevelingen in IMDC 2006).

Overige modelinstellingen

In onderstaande tabel 4-4 is een aantal relevante overige instellingen opgenomen.

Tijdstap	0,25min
Referentietijd	1 juni 1998 0:00hr
Dichtheid water	1015 kilogram/m ³
Temperatuur water	15°C

Tabel 4-4: Overige modelinstellingen.

4.3 Calibratie van het Slib3D-model

Het Slib3D model is in voorgaande projecten regelmatig toegepast voor de bestudering van de zout- en slibdynamiek van de Beneden-Zeeschelde, onder andere voor de bepaling van de milieueffecten van de verschillende alternatieven voor het onderhoudsbaggerwerk in de Beneden-Zeeschelde (zie voor een overzicht paragraaf 4.2.1). Voor een uitgebreide beschrijving van het model, de opzet en de calibratie wordt daarom verwezen naar de verschillende rapporten (bijvoorbeeld: Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok, deelrapport 1: hydrodynamisch model, en deelrapport 2: sedimentologisch en morfologisch onderzoek, IMDC 2004).

In het kader van de huidige studie is het model uitgebreid met het westelijke deel van de Westerschelde en opwaarts tot aan Tielrode en Walem (zie paragraaf 4.2.3). Om een goede aansluiting te krijgen bij de resultaten uit in het kader van het milieueffectrapport parallel uitgevoerde studies (zie hieronder) en om er voor te zorgen dat het model ook in het uitgebreide modeldomein goed presteert is een beperkte calibratie uitgevoerd. In deze calibratie is de gevoeligheid voor de volgende parameters onderzocht:

- Initiële condities.
- Bodemruwheid.
- Tijdstap.
- Achtergrond diffusiecoëfficiënt.

In de aanbevelingen van de verschillende studies werd reeds het belang onderstreept van goede initiële condities voor saliniteit. Hieraan is in dit onderzoek extra aandacht besteed. Tevens is het effect van de ruwheid onderzocht teneinde een zo goed mogelijke aansluiting wat betreft waterstanden, dieptegemiddelde snelheden en dieptegemiddelde saliniteit met de studie naar de dynamiek van de waterbeweging (basisrapport Water) te verkrijgen.

In het geval een 3D-model wordt toegepast, wordt de verticale menging berekend met behulp van een turbulentiemodel (zie paragraaf 4.2.7). Hierbij worden de coëfficiënten voor de verticale diffusie en viscositeit door het model bepaald als functie van de lokale stroming. Daarnaast moet in het 3D-model een achtergronddiffusie en viscositeit worden opgegeven die een grote invloed hebben op de uiteindelijke waarde van de parameters. De diffusiecoëfficiënt is gevarieerd binnen gangbare waarden. Bij de uiteindelijke keuzen van de instellingen zijn de aanbevelingen uit de rapportage in het kader van de HCBS-dichtheidsstromingen (WL-IMDC 2005, WL 2005b) sturend geweest.

4.4 Controle Slib3D-model na uitbreiding

Na de aanpassingen aan het model, zoals beschreven in paragraaf 4.2, is nagegaan of de resultaten van het model overeenkomen met metingen en observaties van de huidige situatie, zoals beschreven in hoofdstuk 1. Daartoe zijn simulaties uitgevoerd voor de periode juni – juli 1998, waarvoor tevens metingen van waterstanden, snelheden en saliniteit beschikbaar zijn. Tevens wordt een beschouwing gegeven om eventuele verschillen toe te lichten.

De volgende bronnen zijn gebruikt om de berekeningen te valideren:

- Langdurige metingen van waterstanden, snelheden, zout, turbiditeit, oktober 1997 en december 1998, uitgevoerd in het kader van het onderzoek naar Containerdok West. Meetposten: Oosterweel, Fort St. Marie, Lillo (Steiger), Boei 84, Prosperpolder en Noord Ballast. (IMDC 1999).
- Langdurige stroom- en sedimentmetingen, juli – december 2005, uitgevoerd in het kader van de LTV meetcampagne naar hooggeconcentreerde slibsuspensies HCBS, (IMDC 2006).
- Observaties van waterstanden en saliniteit uit Meetnet ZEGE van het Hydro Meteo Centrum Zeeland (HMCZ), Meetinformatiedienst Rijkswaterstaat zoals die beschikbaar zijn op www.hmcz.nl. Meetposten: Hoofdplaat, Overloop van Hansweert en Baalhoek.

Tijdsafhankelijke vergelijking van waterstanden, snelheden en saliniteit

In figuur C-1 tot en met figuur C-15 (Appendix C) zijn voor verschillende locaties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde het verloop van de waterstanden, (dieptegemiddelde) stroomsnelheden en saliniteit vergeleken met beschikbare metingen. Tevens is een vergelijking gemaakt met de resultaten van het 2D stromingsmodel dat is toegepast in het basisrapport Water om de arealen te bepalen.

Uit de vergelijking van de resultaten met metingen blijkt dat er een goede overeenkomst is ten aanzien van de waterstanden, snelheden en saliniteit.

Eventuele verschillen in waterstanden en snelheden zijn acceptabel, aanzien de metingen worden beïnvloed door de meteorologische omstandigheden (zoals wind) ten tijde van de metingen. In aanvulling daarop is een vergelijking van snelheden gevoelig voor verschillen in de exacte ligging van de observatiepunten in zowel metingen als model, ten aanzien van de diepte waarop de meting is uitgevoerd, de lokale waterdiepte en de afstand uit de oever.

De saliniteit wordt sterk beïnvloed door de bovenafvoer van de Schelde en de voorafgaande perioden van regenval (zie ook paragraaf 3.2.4), wat impliceert dat er afhankelijkheid is van het absolute niveau van de saliniteit. Na een periode van hoge afvoer zal de saliniteit, onder invloed van de zee, langzaam toenemen. Aangezien in het model wordt gerekend met een constante bovenafvoer, zijn verschillen in de absolute waarde van de saliniteit tussen metingen en model onvermijdelijk.

Wel blijkt uit de analyses in paragraaf 3.2.4 dat de saliniteitsvariatie (verschil tussen maximale en minimale saliniteit) in een locatie relatief constant is, met uitzondering van de locaties nabij de uiterste zoutindringing (brakke en zwakbrakke gebieden), waar de minimale saliniteit gelijk is aan zoet water. Zowel de absolute saliniteit, als de saliniteitsvariatie worden door het model goed voorspeld.

Tevens is een vergelijking gemaakt met de resultaten uit de studie naar de waterdynamiek (zie basisrapport Water) waarbij een 2D stromingsmodel toegepast. Ter bestudering van de zout- en slibdynamiek is een 3D stromingsmodel toegepast. In een onderlinge vergelijking komen de over de diepte gemiddelde resultaten van het 3D stromingsmodel komen goed overeen met het 2D stromingsmodel.

In het 2D stromingsmodel (basisrapport Water) is een relatief hoge diffusie toegepast. In het 3D stromingsmodel Slib3D wordt de diffusie berekend door middel van een (verticaal) turbulentiemodel. Dit is een meer gedetailleerde aanpak, waardoor er lokaal variaties en gradiënten in de horizontale en verticale saliniteitsverdeling worden berekend. Een en ander uit zich in de resultaten in een minder 'glad' verloop van de resultaten. Dit is niet in conflict met de observaties, waar tevens zelden sprake is van een glad verloop van de saliniteit.

Hoog- en laagwaterstanden

In het basisrapport Water wordt beschreven hoe een representatieve doottij-springtij periode is bepaald op basis van een meerjarige analyse van de waterstanden in Vlissingen. Er is een periode geselecteerd waarvoor de waarden zo goed mogelijk overeenkomen met de langjarige gemiddelden. De geselecteerde periode loopt van 24 juni 1998 05:50 uur tot en met 9 juli 1998 18:00 uur (zie basisrapport Water).

Het gemiddelde getijbereik (het verschil tussen hoog en laag water) loopt van 3,86 meter nabij Vlissingen, via 4,83 meter nabij Bath tot ongeveer 5,20 meter bij Antwerpen. Hoewel in (Rijkswaterstaat, kengetallen MWTL, 1998) wordt gesteld dat het getijbereik ongeveer het grootst is in Antwerpen blijkt uit de gegevens voor de Zeeschelde dat het getijbereik een maximum heeft in de buurt Schelle tot Temse (IMDC, 2007). In tabel 4-5 wordt voor verschillende locaties in de Beneden-Zeeschelde het getijbereik voor verschillende fases uit de doottij-springtij cyclus gegeven, welke ontvangen zijn van Afdeling Maritieme Toegang in het kader de opzet en afregeling van het Slib3D model (IMDC 2004).

Tijpost	Springtij			Gemiddeld tij			Doodtij		
	HW (m TAW)	LW (m TAW)	bereik (m)	HW (m TAW)	LW (m TAW)	bereik (m)	HW (m TAW)	LW (m TAW)	bereik (m)
Prosperpolder	5,53	-0,15	5,68	5,09	0,07	5,02	4,54	0,42	4,12
Liefkenshoek	5,63	-0,18	5,81	5,19	0,05	5,14	4,63	0,39	4,24
Kallo	5,73	-0,23	5,96	5,26	0,01	5,25	4,69	0,35	4,34
Antwerpen	5,72	-0,23	5,95	5,29	0	5,29	4,77	0,34	4,43
Schelle	5,83	-0,18	6,01	5,45	0,03	5,42	4,95	0,34	4,61
Temse	5,90	-0,09	5,99	5,51	0,08	5,43	4,98	0,34	4,64
Dendermonde	5,59	1,16	4,43	5,28	1,14	4,14	4,86	1,14	3,72
Melle	5,14	2,62	2,52	4,93	2,55	2,38	4,68	2,45	2,23

Tabel 4-5: Gemiddeld hoogwater (HW), laagwater (LW) en tijverschil (meter) bij een gemiddeld springtij, gemiddeld tij en doottij langsheen de Zeeschelde voor de periode 1991 - 2000 (AMT, ongepubliceerd)

In onderstaande tabel worden de berekende hoog- en laagwaterstanden gegeven in verschillende locaties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, bij springtij, gemiddeld tij en doottij. De resultaten komen binnen acceptabele marges overeen met de langjarige gemiddelden op de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Eventuele verschillen in de hoog- en laagwaterstanden hangen samen met de keuze van de representatieve getijperiode. Hiervoor wordt verwezen naar het basisrapport Water.

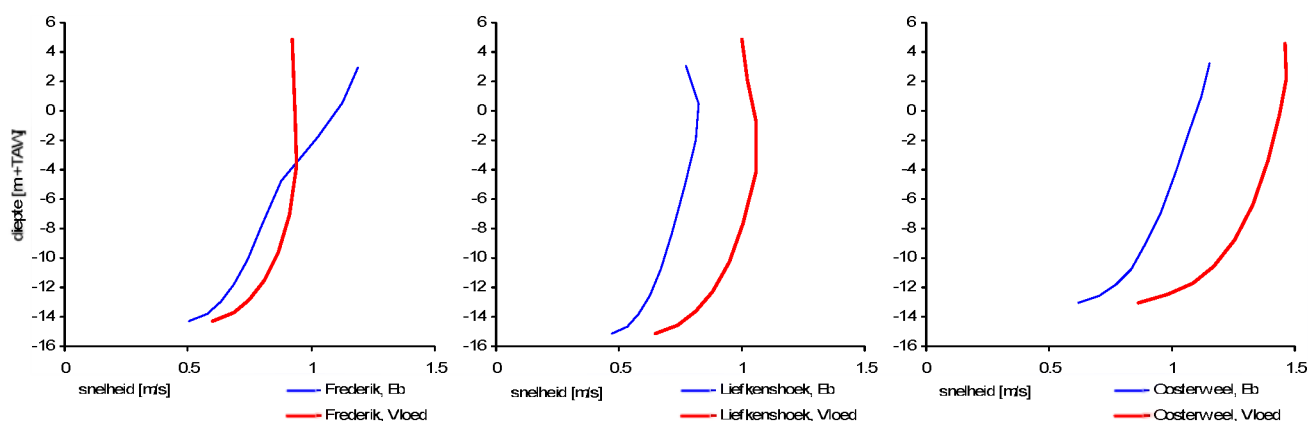
Tijpost	Springtij			Gemiddeld tij			Doodtij		
	HW (m TAW)	LW (m TAW)	bereik (m)	HW (m TAW)	LW (m TAW)	bereik (m)	HW (m TAW)	LW (m TAW)	bereik (m)
Vlissingen	4,95	0,34	4,61	4,53	0,64	3,89	3,79	1,04	2,75
Terneuzen	5,24	0,21	5,03	4,80	0,50	4,30	4,00	0,93	3,07
Hansweert	5,36	0,11	5,25	4,96	0,37	4,59	4,20	0,83	3,37
Prosperpolder	5,71	-0,03	5,74	5,31	0,23	5,08	4,47	0,67	3,80
Liefkenshoek	5,78	-0,10	5,87	5,38	0,16	5,22	4,53	0,63	3,90
Kallo	5,82	-0,13	5,95	5,43	0,13	5,30	4,58	0,60	3,98
Antwerpen	5,90	-0,17	6,07	5,53	0,09	5,44	4,67	0,54	4,14
Schelle	6,20	-0,26	6,46	5,79	-0,02	5,81	4,90	0,42	4,48

Tabel 4-6: Berekend gemiddeld hoogwater (HW), laagwater (LW) en tijverschil (meter) bij een gemiddeld springtij, gemiddeld tij en doottij op verschillende locaties in Westerschelde en Beneden-Zeeschelde

Verticale verdeling van snelheden en saliniteit

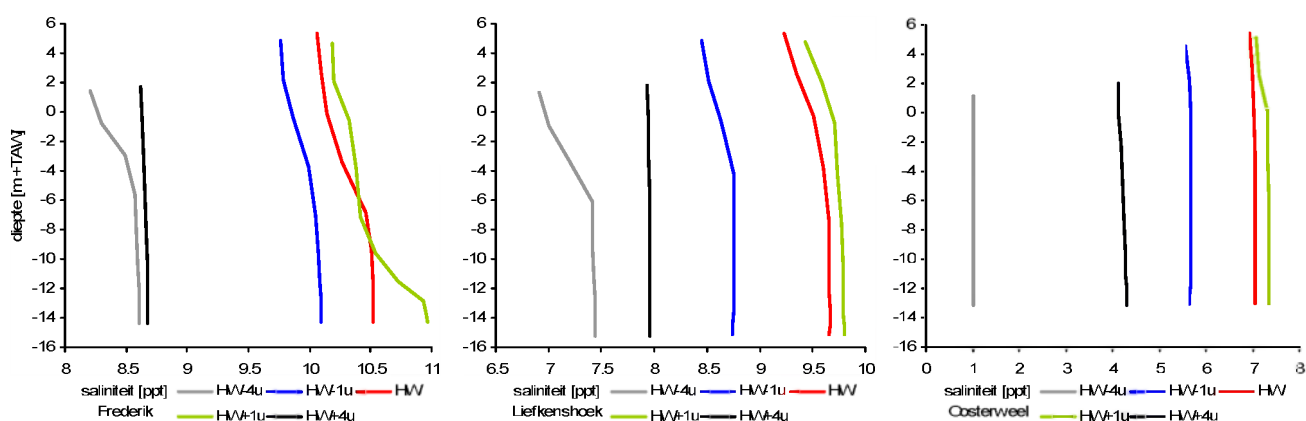
Uit 13-uursmetingen is gebleken dat tijdens eb en vloed de vorm van de snelheidsverticalen verschilt (zie ook IMDC 2004). Aan het oppervlak is een zeewaartse component en aan de bodem een landwaartse component waarneembaar. Dit resulteert in een afname van de snelheid aan de oppervlakte tijdens vloed en een toename ervan tijdens eb ten opzichte van het theoretische logaritmische snelheidsprofiel.

Door de aanwezigheid van verschillende eb- en vloedgeulen overheerst in de Westerschelde de asymmetrie in de stroomsnelheden ten gevolge van de horizontale verdeling van de debieten. In de Beneden-Zeeschelde moet rekening gehouden worden met de vele (scherpe en minder scherpe) bochten die de interpretatie van de verticale snelheden bemoeilijken.



Figuur 4-2: Verticale verdeling van de maximale snelheden tijdens eb en vloed, bij gemiddelde afvoer, ter hoogte van Drempel van Frederik, Liefkenshoek en Oosterweel

In figuur 4-2 zijn voor drie locaties langs de as van de Beneden-Zeeschelde, de verticale verdeling van de maximale snelheid tijdens eb en tijdens vloed weergegeven. Uit de figuren blijkt dat ter hoogte van de Drempel van Frederik, en in minder mate ter hoogte van Liefkenshoek, zich in overeenstemming met de observaties verticale gradiënten in de snelheidsverdeling voordoen.

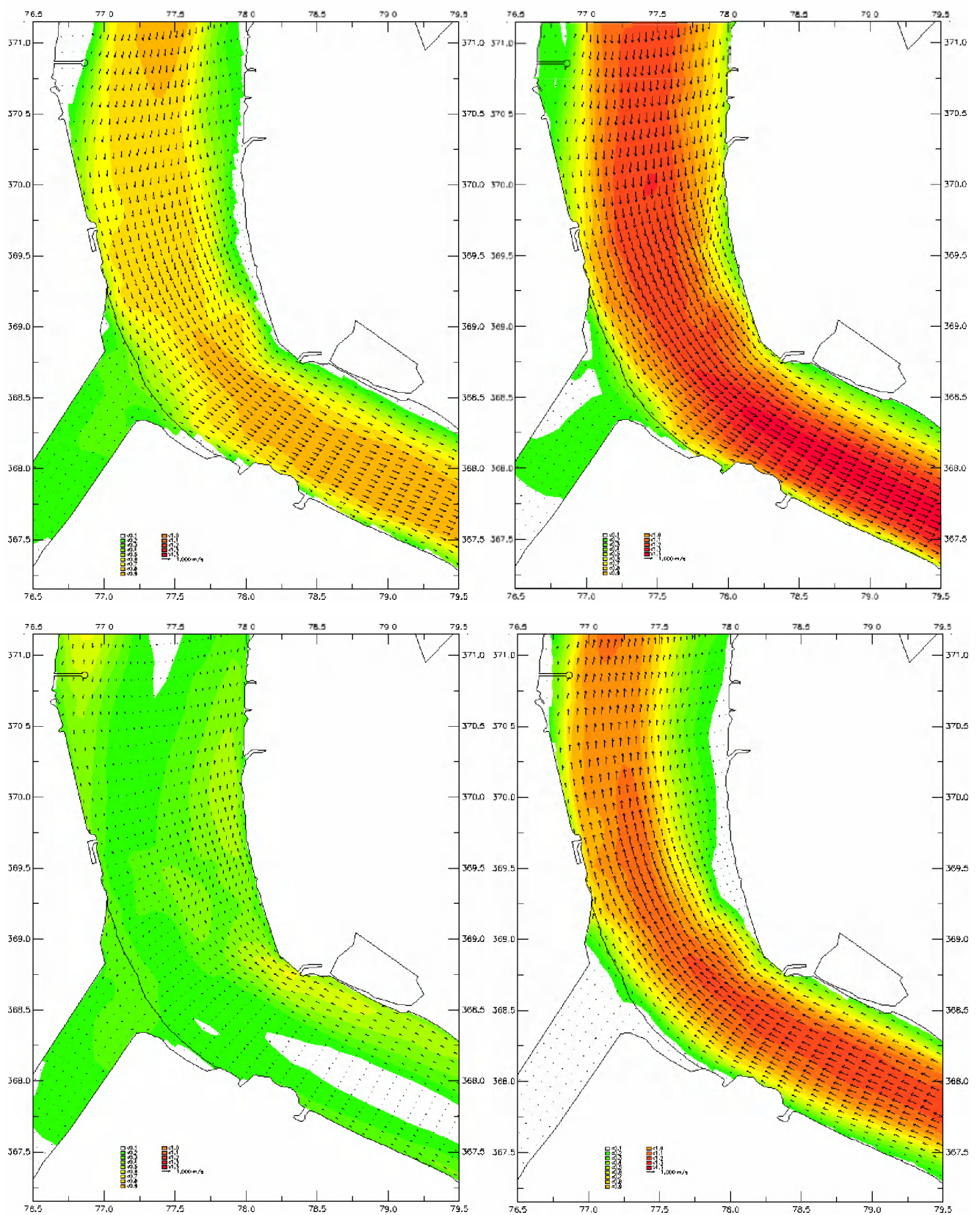


Figuur 4-3: Verticale verdeling van de saliniteit tijdens maximale eb en vloodsnelheden, bij gemiddelde afvoer, ter hoogte van Drempel van Frederik, Liefkenshoek en Oosterweel

Tijdens kentering kan er ten gevolge van de horizontale saliniteitsgradiënt een verticale gradiënt of meer-lagen stroming ontwikkelen. Dit blijkt ook uit figuur 4-3 waar voor dezelfde locaties voor verschillende tijdstippen gedurende het getij de verticale saliniteitsverdeling is gepresenteerd. Tijdens kentering zijn er saliniteitsverschillen in de orde van 1 ppt ter hoogte van Frederik. In Oosterweel is het systeem goed gemengd, wat tevens volgt uit het logaritmische snelheidsprofiel.

Dieptegemiddelde snelheidsvectoren

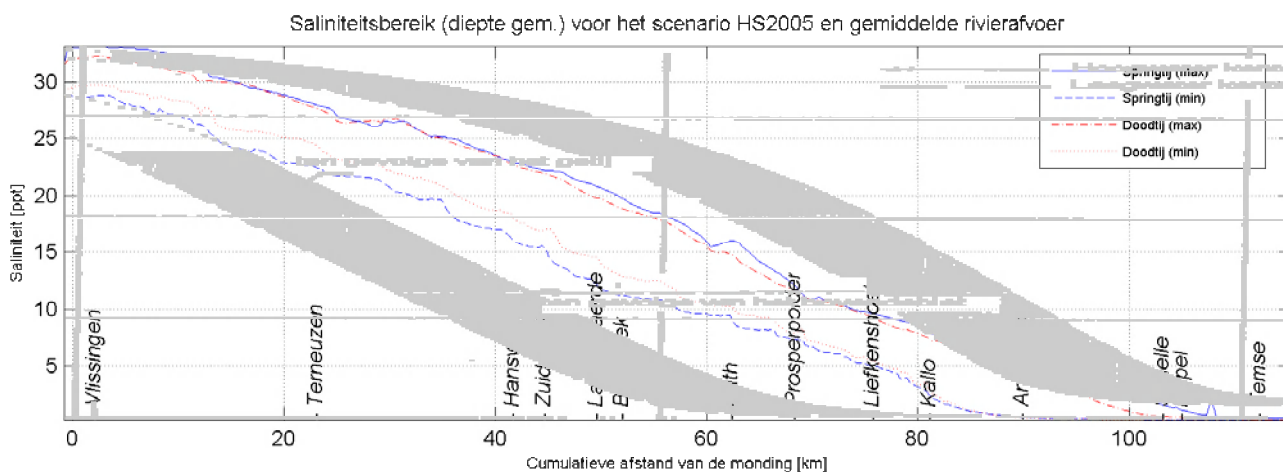
De vertikaal gemiddelde snelheden in de Beneden-Zeeschelde (omgeving Deurganckdok), berekend met het Slib3D model, illustreren voor de belangrijkste tijdstippen in de getijcyclus het snelheidspatroon. Zie figuur 4-4a) tot en met d).



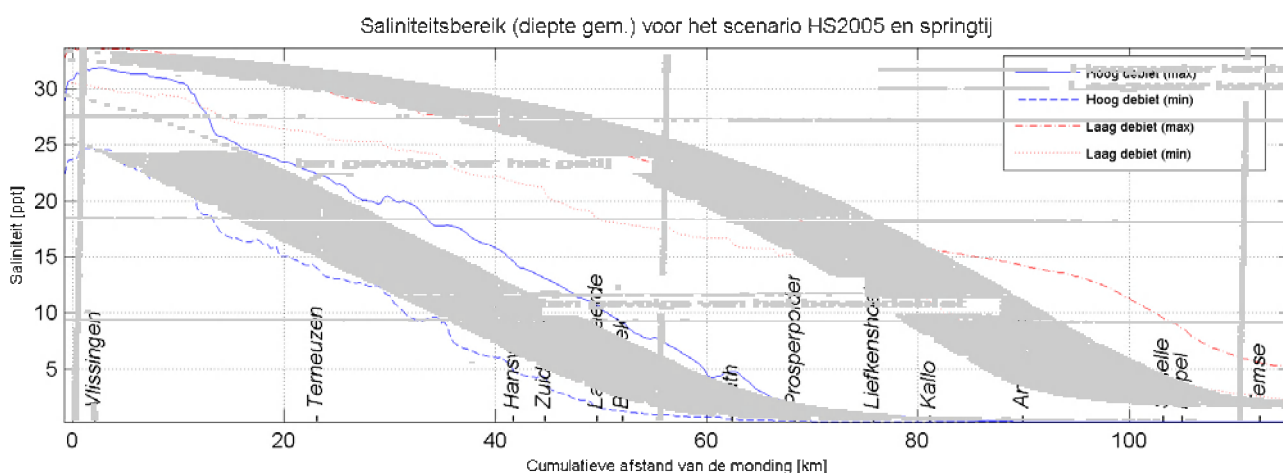
Figuur 4-4: Dieptegemiddelde snelheidsvectoren en magnitude bij springtij, a) 4 uur voor HW, b) 1 uur voor HW, c) 1 uur na HW, d) 4 uur na HW

Zoutgradiënt langsprofiel

In figuur 4-5 wordt de variatie van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gedurende een getij bij gemiddelde afvoer langs de as van de Schelde gepresenteerd. Infiguur 4-6 wordt de variatie van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit voor verschillende bovenafvoeren vergeleken (bij springtij). In de figuren worden de berekeningsresultaten vergeleken met een algemene voorstelling van de variaties van de saliniteit volgens Peters en Sterling (1976).



Figuur 4-5: Saliniteitsbereik bij gemiddelde afvoer; variaties van de saliniteit volgens Peters en Sterling (1976)



Figuur 4-6: Saliniteitsbereik bij hoge en lage afvoer; variaties van de saliniteit volgens Peters en Sterling (1976)

Vooral tijdens gemiddelde en hoge afvoer (springtij) wordt een goede overeenkomst bekomen met de algemene voorstelling van Peters en Sterling. Bij lage afvoer is de berekende saliniteit in de Westerschelde lager, en opwaarts van Kallo hoger dan de algemene waarden.

Hierbij wordt opgemerkt dat de saliniteit zich langzamer aanpast van hoge naar lage afvoer, dan omgekeerd. De waargenomen saliniteit hangt dus zeer sterk af van de duur van de periode met lage afvoer, en tevens hoe laag de afvoer in die periode is. In het model wordt met een constante afvoer gerekend, waardoor de periode met lage afvoer relatief lang is en de zoutdoordringing op de Beneden-Zeeschelde daardoor groot.

De berekende maximale waarden voor de saliniteit bij Prosperpolder en Oosterweel zijn overigens in goede overeenstemming met de maxima uit de langdurige metingen in Prosperpolder en Oosterweel (zie paragraaf 3.2.4). Tijdens de langdurige metingen zijn in Prosperpolder maximale waarden tot 20 ppt geregistreerd, en in Oosterweel zijn maximale waarden tot 14 ppt geregistreerd.

Uit de langjarige metingen volgt tevens dat de saliniteitsvariatie (verschil tussen maximale en minimale saliniteit) in Prosperpolder vrij constant is (tussen 3 en 5 ppt) en neemt af tot circa 1,5 ppt bij hoge afvoer. In Oosterweel is de variatie veel groter; deze varieert tussen zoet water en circa 9 ppt. Het model is hiermee in overeenstemming zoals blijkt uit figuur 4-5 en figuur 4-6.

4.5 Kracht en beperkingen toegepaste modellen

Delft3D is een voorspellingsmodel dat bestaat uit een set van mathematische vergelijkingen waarmee het fysisch systeem wordt beschreven volgens de meest recente inzichten. Na afregeling van de verschillende modelparameters op basis van metingen en observaties kan het model worden gebruikt voor het voorspellen van toekomstige scenario's.

De onzekerheden van een voorspelling met een dergelijk, deterministisch model kunnen worden onderverdeeld in modelonzekerheden (de gebruikte mathematische vergelijkingen), parameteronzekerheden (de juiste calibratie) en onzekerheden in (de schematisering van) de randvoorwaarden (natuurlijke variabiliteit) (Smale en Van Rijn 2006).

Het Delft3D-model is ontwikkeld door WL|Delft Hydraulics en uitgebreid getest en gevalideerd tegen eenvoudige en meer gecompliceerde cases die zijn gebaseerd op metingen of analytische oplossingen die zijn gedocumenteerd in de literatuur. De modelonzekerheden zijn derhalve bekend en in het voorliggende geval beperkt.

Uit de validatie van het model blijkt dat de waterstanden, snelheden en zoutwaarden een goede overeenkomst vertonen met gemeten waarden in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde voor zowel situaties bij hoge, gemiddelde als lage bovenafvoer.

De onzekerheid van de uitkomsten van het Slib3D-model wordt in grote mate bepaald door de onzekerheden in de randvoorwaarden. De betrouwbaarheid van het model om de effecten van verschillende onderzoeksalternatieven en varianten te simuleren is echter niet in het geding.

Op basis van de ervaringen met het Slib3D en de validatie in paragraaf 4.4 kunnen de onderstaande kenmerken (kracht en beperkingen) van het model worden genoemd.

Kracht van het toegepaste Slib3D-model:

- Uit de validatie van het model blijkt dat de waterstanden, snelheden en zoutwaarden een goede overeenkomst vertonen met gemeten waarden in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde voor zowel situaties bij hoge, gemiddelde als lage bovenafvoer.
- Het model heeft een optimale resolutie van het rekenrooster in zowel de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde waardoor een goede schematisatie van de vaargeul kan worden verkregen. Dit maakt dat het model ook eenvoudig uit te breiden of aan te passen is voor verschillende onderzoeksalternatieven en varianten.
- Door het gebruik van meerdere rekendomeinen wordt de rekeninspanning verdeeld over meerdere rekenkernen.
- Door het gebruik van meerdere rekendomeinen kan, ondanks het grote aantal rekencellen, een gedetailleerde 3-dimensionale berekeningen worden uitgevoerd, waarbij zowel dichtheids-gedreven stromingen, als verticale gelaagdheid in de saliniteit kan worden gemodelleerd. Deze techniek heeft ertoe bijgedragen dat niet enkel een springtij of een doottij werden gesimuleerd, zoals voorgesteld in het onderzoeksplan, maar dat (meer dan) een volledige springtij-doottij cyclus werd berekend.
- De 3-dimensionale representatie van de dichtheidsgedreven stromingen is een belangrijk aspect voor de modellering van de slibhuishouding in de omgeving van sluzentoegangen en getijdedokken zoals het Deurganckdok.
- Er is een geautomatiseerde nabewerking van de resultaten ontwikkeld waarmee op eenvoudige wijze een grote hoeveelheid figuren en vergelijkingen tussen verschillende scenario's kunnen worden gemaakt.

Beperkingen van het toegepaste Slib3D-model:

- De onzekerheid van de uitkomsten van het Slib3D-model (onder andere op de menging in het estuarium) wordt in grote mate bepaald door de onzekerheden in de randvoorwaarden (waterstanden, bovenafvoer en bodemveranderingen door zandwinning en morfologische ontwikkelingen, zie ook de basisrapporten Water en Morfologie).
- Het effect van golven en wind op de waterstanden, stroomsnelheden en in tweede orde op de menging van de saliniteit wordt in de studie niet meegenomen.
- De zeerand van het model is om pragmatische redenen ter hoogte van Vlissingen geplaatst. Hierdoor neemt de betrouwbaarheid van de resultaten in het westelijke deel van de Westerschelde af.
- Er is in de gevolgde aanpak gekozen – omwille van de noodzaak om specifieke situaties bij hoge en lage debieten te karakteriseren – om de representatieve bovenafvoer als een constante te schematiseren, waardoor de saliniteit in de modelberekeningen de neiging heeft te stabiliseren. Echter, gezien de natuurlijke variabiliteit van de bovenafvoer, zal in werkelijkheid de saliniteit in het Schelde-estuarium nog meer in beweging zijn dan blijkt uit de berekeningen.
- Daarmee samenhangend leidt een lange inspeelduur in combinatie met een constante bovenafvoer tot enigmatische onrealistische saliniteitswaarden. Een berekening met een lage, constante bovenafvoer zal in het model uiteindelijk leiden tot een volledige verzilting van het systeem. Het is daarom belangrijk de inspeelperiode niet te kort, maar vooral ook niet te lang te kiezen.
- De hoge horizontale en verticale resolutie van het model leiden tot aanzienlijke rekentijden en grote uitvoerbestedingen. Hierdoor is de flexibiliteit van het model, ten aanzien van het doorrekenen van grote hoeveelheden scenario's, beperkt en is de nabewerking van de resultaten complex. Ook kan, door de fysieke beperkingen aan de bestandsgrootte van de resultaatbestanden, slechts een beperkt deel van de uitvoer in hoge resolutie worden opgeslagen.

Bij het gebruik en de interpretatie van resultaten van complexe modellen is het belangrijk altijd met 'gezond verstand' naar de modelresultaten te kijken. Eventuele verschillen tussen de uitkomsten van een model en de vooraf gestelde hypothesen kunnen nieuwe inzichten opleveren in het gedrag van het complexe watersysteem dat wordt bestudeerd.

Veelal wordt het model, zoals ook in deze studie, in een vergelijkend onderzoek toegepast. In een dergelijke aanpak worden de resultaten van verschillende onderzoeksalternatieven met elkaar vergeleken, waardoor de resultaten minder afhankelijk worden van de exacte reproductie van de bestudeerde parameter. Anders gezegd, de relatieve nauwkeurigheid van het model is veel hoger dan de absolute nauwkeurigheid van het (gekalibreerde) model.

4.6 Overzicht van de uitgevoerde simulaties

Onderstaand wordt een overzicht gegeven van de simulaties die uitgevoerd werden met het Slib3D model, teneinde de ligging van de zoutgradiënt (en het turbiditeitsmaximum) te bepalen.

Gelet op de vereisten om de ligging (en de mogelijke verandering ervan als gevolg van de ingreep) van de zoutgradiënt te kennen, is geopteerd om deze te bepalen bij een hoog en een laag bovendebiet. Anderzijds dient voor de kennis van de gemiddelde zoutconcentratie (ten behoeve van de ecotopen) gerekend te worden bij een gemiddelde bovenafvoer.

De simulaties worden uitgevoerd onmiddellijk na realisatie van de verruiming in 2010 en op middellange termijn (2030).

Simulaties worden telkens uitgevoerd voor Qlaag, Qhoog	Rekenjaar			
	2005	2010	2015	2030
	Bodem			
	2004/2005	2010	2015	2030
Huidige situatie	1,2			
nulalternatief inclusief autonome ontwikkeling + stortstrategie 2006		3,4		5,6
Nulplusalternatief + flexibel storten nevengeulen		=3,4		7,8
Projectalternatief P4N storten in nevengeulen ¹		9,10		11,12
Projectalternatief P4P storten op plaatranden ²		=9,10		13,14
Verdieping + stortstrategie 2006 (project alternatief min)		=9,10		15,16

¹B: 2,4 miljoen m³ geul Beneden-Zeeschelde, 2 miljoen m³ Schaar van Ouden Doel, 2 miljoen m³ land; NL: zo veel mogelijk nevengeulen

²B: 2,4 miljoen m³ geul Beneden-Zeeschelde, 2 miljoen m³ Schaar van Ouden Doel, 2 miljoen m³ land; NL: deels op plaatranden, rest in de nevengeulen

Tabel 4-7: Overzicht Slib3D simulaties

Om de relatie tussen de zoutconcentratie bij gemiddelde bovenafvoer en de zoutconcentratie bij hoge en lage bovenafvoer te kennen, zijn 3 supplementaire simulaties uitgevoerd. Voor de huidige situatie is deze relatie toegepast om randvoorwaarden te bepalen voor de verschillende simulaties bij hoge en lage bovenafvoer uit de resultaten van de deelstudie Water (basisrapport Water) bij gemiddelde bovenafvoer. De procedure is getoetst door uitvoeren van een effectieve simulatie bij gemiddelde bovenafvoer voor het nulalternatief en projectalternatief 4, beide voor het jaar 2010 (zie paragraaf 4.2.5 en Appendix A).

5 Huidige situatie

5.1 Inleiding

Voor de huidige situatie is het jaar 2005 gekozen. De huidige situatie is gebruikt ter vergelijking van de modelresultaten met (zout)metingen die in het gebied beschikbaar zijn (zie paragraaf 3.2).

Voor het jaar 2005 zijn met het Slib3D-model simulaties uitgevoerd met zowel hoge en lage afvoer. De resultaten van deze simulaties zullen gebruikt worden om een vergelijking te maken met de referentiesituatie in 2010 (nulalternatief) waarin het Deurganckdok is uitgebreid en een zeespiegelstijging is toegepast (zie Hoofdstuk 6).

	Rekenjaar		
	2005	2010	2030
Huidige situatie	HS05-hoog HS05-laag HS05-gem.	-	-

Tabel 5-1: Simulatieoverzicht

5.2 Beschrijving huidige situatie

Voor de huidige situatie zijn alle schematisaties in de modellering meegenomen, die in het jaar 2005 zijn gerealiseerd. Voor 2005 betreft dat de gedeeltelijke realisering van het Deurganckdok. De ontwikkelingen als gevolg van de realisatie van het Sigma-plan en de uitpolderingen nabij Hedwige en Prosperpolder zijn pas actueel bij de bestudering van de autonome ontwikkeling (zie paragraaf 6.3).

In het jaar 2005 (huidige situatie) is het Deurganckdok voor circa tweederde van de finale lengte afgewerkt. De lengte van het dok bedraagt 1.550 meter (gemeten langs de noordzijde van het dok).

De bodem van huidige situatie is geconstrueerd met behulp van de gemeten bodemligging in 2004 en 2005 die is aangeleverd door AMT (zie paragraaf 4.2.4). In deze gemeten bodem is de vaargeul met zijn huidige diepgang (GLLWS -13,3 meter) aanwezig.

Voor 2005 zijn vanuit de deelstudie Water randvoorwaarden (waterstanden, debieten en zoutgehalte) aangeleverd voor het Slib3D-model bij een gemiddelde, hoge en lage afvoer (zie basisrapport Water). Uit deze resultaten zijn door middel van (lineaire) regressie analyse relaties afgeleid tussen de randvoorwaarden bij hoge en lage afvoer en de randvoorwaarde bij gemiddelde afvoer. Deze relaties zijn gebruikt om voor de verschillende toekomstige alternatieven de randvoorwaarden bij hoge en lage afvoer af te leiden uit de randvoorwaarden voor gemiddelde afvoer (zie paragraaf 4.2.5). Om een onderlinge vergelijking te kunnen uitvoeren zijn ook de randvoorwaarden voor de huidige situatie volgens deze methodiek afgeleid uit de gemiddelde afvoer.

Voor de afvoeren van de Schelde en haar zijrivieren zijn de resultaten gebruikt van een hydrologische analyse (zie ook paragraaf 3.2.2).

	gemiddelde afvoer (m ³ /s)	hoge afvoer (m ³ /s)	lage afvoer (m ³ /s)
Scheldebekken te Schelle	111	407	24
Spuisluis te Bath	11	63	0,0
Totaal	122	471	24

Tabel 5-2: Bovenafvoeren in het Schelde bekken

5.3 Analyse huidige situatie

Binnen de context van het milieueffectrapport worden de effecten van de verruiming van de vaargeul bepaald en afgewogen tegen de autonome ontwikkeling.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 is ten aanzien van de zoutdynamiek de volgende onderzoeksvraag geformuleerd (zie tabel 5-3): “Zal door de verruiming de ligging van de zout/zoet overgang in het Schelde-estuarium significant veranderen?”

Discipline Water, onderdeel zoutdynamiek		
Hoofdcriterium	Code	Onderzoeksparemeter
Saliniteit	P22	Verschuiving van grens tussen zout/brak en brak/zoete omstandigheden

Tabel 5-3: Overzicht van onderzoeksparemters zoutdynamiek

Discipline Water, onderdeel slibdynamiek		
Hoofdcriterium	Code	Onderzoeksparemeter
Saliniteit	W1	Ligging van grens tussen zout/brak en brak/zoete omstandigheden (gemiddelde wintertoestand en gemiddelde zomertoestand)
	W2	Aantal dagen per jaar dat het zoutgehalte op een aantal vastgelegde locaties de grenswaarde voor een bepaalde soort (bodemorganismen) overschrijdt
	W15	Zoutgehalte
	W11	Locatie zoutgradiënt, dat wil zeggen overgang van zout naar brak en van brak naar zout dient per habitatype bepaald te worden.

Tabel 5-4: Overzicht van tussenparemters zoutdynamiek

Hiertoe is het belangrijk allereerst een beschrijving te geven van de zoutdynamiek in de huidige situatie om zodoende de effecten van de verruiming te kunnen inschatten. De basiskenmerken van de saliniteit zijn beschreven in hoofdstuk 1.

5.3.1 Presentatie modelresultaten

Om de interpretatie en analyses te ondersteunen zijn verschillende type figuren aangemaakt:

Tiidseries:

In de figuur wordt in drie grafieken het tijdsafhankelijke verloop uitgezet van de waterstand, de stroomsnelheid en de saliniteit. Er is een vijftiental representatieve stations geselecteerd die overeenkomen met tijposten en meetlocaties op de Schelde.

Langsprofiel dieptegemiddelde saliniteit bij gemiddelde/hoge afvoer:

De figuur geeft het verloop van de dieptegemiddelde waarde van de saliniteit weer langs de thalweg van de Schelde, tussen Vlissingen en Temse. In de figuur wordt de enveloppe gegeven van de maximale en minimale saliniteit, voor zowel springtij als doottij.

Langsprofiel dieptegemiddelde saliniteit bij springtij:

De figuur geeft het verloop van de dieptegemiddelde waarde van de saliniteit weer langs de thalweg van de Schelde, tussen Vlissingen en Temse. In de figuur wordt de enveloppe gegeven van de maximale en minimale saliniteit, voor zowel hoge als lage afvoer.

Langsprofiel saliniteit:

De figuur geeft een momentopname weer van het verloop van de saliniteit nabij de bodem en aan het wateroppervlak langs de thalweg van de Schelde. De figuren uit een simulatie kunnen gecombineerd worden tot een animatie.

Diepte- en getijgemiddelde saliniteit:

Deze kaart laat van alle locaties de diepte- en getijgemiddelde waarde zien (tijdens springtij) van de saliniteit bij gemiddelde afvoer (huidige situatie, nulalternatief 2010, en projectalternatief P4N 2010) hoge afvoer of lage afvoer. Het gemiddelde is bepaald voor de tijd dat een locatie (rekencel) onder water staat. Permanent droge rekencellen hebben geen kleur (wit).

Maximale saliniteit nabij de bodem:

Deze kaart laat van alle locaties de maximale waarde zien (tijdens springtij) van de saliniteit nabij de bodem, die gedurende gemiddelde afvoer (huidige situatie, nulalternatief 2010, en projectalternatief P4N 2010) hoge afvoer of lage afvoer is berekend. Het maximum is bepaald voor de tijd dat een locatie (rekencel) onder water staat. Permanent droge rekencellen hebben geen kleur (wit).

Minimale saliniteit nabij de bodem:

Deze kaart laat van alle locaties de minimale waarde zien (tijdens springtij) van de saliniteit nabij de bodem, die gedurende gemiddelde afvoer (huidige situatie, nulalternatief 2010, en projectalternatief P4N 2010) hoge afvoer of lage afvoer is berekend. Het minimum is bepaald voor de tijd dat een locatie (rekencel) onder water staat. Permanent droge rekencellen hebben geen kleur (wit).

Saliniteitsvariatie nabij de bodem

Deze kaart laat van alle locaties het verschil zien tussen de maximale en minimale saliniteit nabij de bodem, die gedurende het springtij (of het doottij) is berekend. Het verschil is bepaald voor de periode dat een locatie (rekencel) onder water staat. Permanent droge rekencellen hebben geen kleur (wit).

5.3.2 Resultaten modelberekeningen – huidige situatie

Het zoutgehalte of de saliniteit is de hoeveelheid zouten opgelost in water. Omgevingen waarvan de saliniteit afkomstig is van een zee of oceaan waarmee ze in verbinding staan, kunnen opgedeeld worden volgens hun gehalte aan zouten (zie ook paragraaf 4.2.3). Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- zout water (zoutgehalte hoger dan 30 g/l).
- sterk brak water (tussen 18 en 30 g/l).
- brak of matig brak water (tussen 5 en 18 g/l).
- licht brak water (tussen 0,5 en 5 g/l) en
- zoet water (lager dan 0,5 g/l).

Door de natuurlijke variatie van de saliniteit in het Schelde-estuarium liggen de overgangen van deze typeringen niet vast, maar worden beïnvloed door:

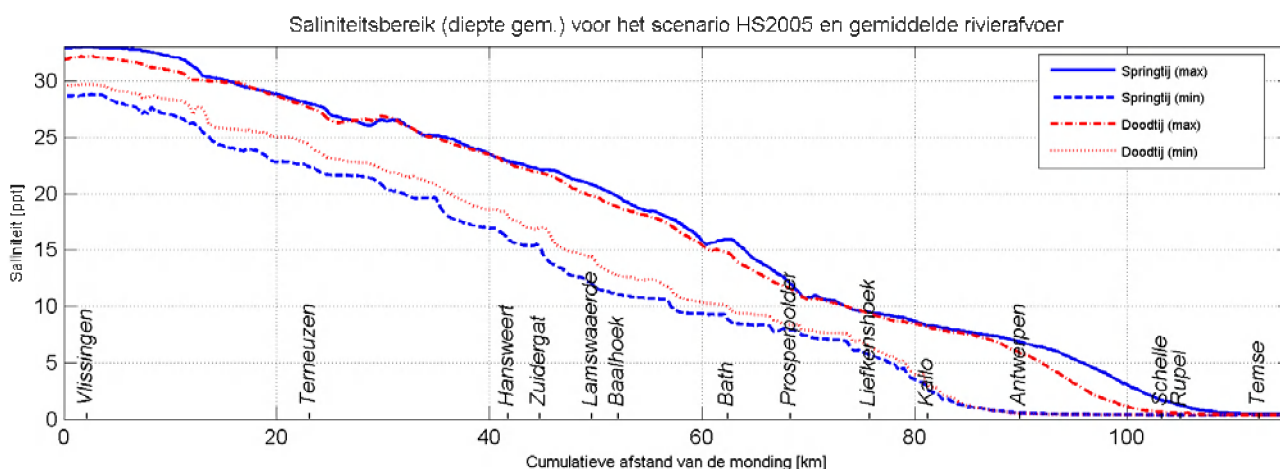
- de variaties binnen de doottij-springtij cyclus (gekenmerkt door de saliniteitsamplitude).
- de seizoensvariatie die gekoppeld is aan het bovendebiet op de Schelde.
- de variaties binnen de getijcyclus, gekoppeld aan vloed en eb.
- de verticale zoutgradiënt, met zouter water nabij de bodem.
- de horizontale zoutgradiënt (of langsgradiënt).

Saliniteitsvariatie

Bij een zekere afvoer hangt in ieder punt langs de Schelde het verschil in saliniteit tussen eb (minimale saliniteit) en vloed (maximale saliniteit) samen met de getijexcursie en de langsgradiënt van de saliniteit. De getijexcursie is de afstand die het water aflegt tussen maximale eb en maximale vloed. Deze afstand neemt toe wanneer het getijverschil toeneemt (bij springtij), of wanneer het water door een nauwere sectie van de Schelde passeert.

Dit impliceert ook dat door de hogere stroomsnelheden de langsvariatie in de geulen groter is dan daarbuiten. Tijdens vloed wordt in de voornaamste stroomgeulen een hogere maximale saliniteit waargenomen dan daarbuiten, en tijdens eb wordt in de (eb)geulen juist een lagere saliniteit aangetroffen dan daarbuiten.

Dit blijkt duidelijk uit de figuren D-1 tot en met D-12 die in Appendix D van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling van de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.



Figuur 5-1: Saliniteitsbereik bij springtij en doottij (gemiddelde afvoer)

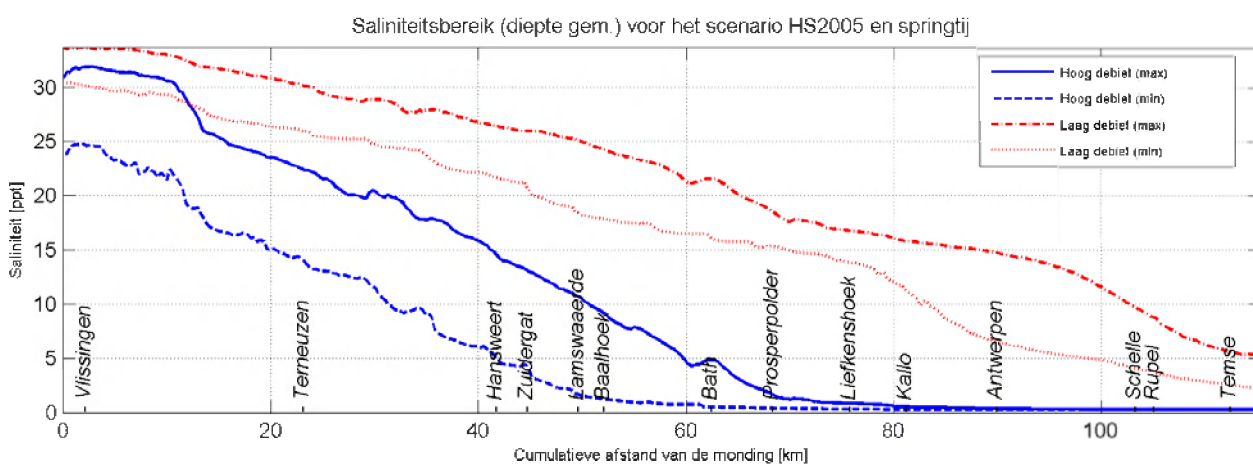
In figuur 5-1 wordt de variatie van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit langs de as van de Schelde gepresenteerd. In de figuur worden berekeningsresultaten vergeleken bij springtij en bij doottij, gecombineerd met gemiddelde afvoer.

De resultaten bevestigen de bevindingen uit paragraaf 3.2.8. Onder invloed van het verschil tussen doottij en springtij neemt de saliniteitsamplitude met circa 2 à 3 ppt toe in de Westerschelde, terwijl de saliniteitsamplitude in de Beneden-Zeeschelde vrij constant is.

De saliniteitsamplitude bij springtij is het grootst tussen Hansweert en Bath en loopt op tot circa 8 ppt bij gemiddelde afvoer (tijdens doottij circa 5 à 6 ppt). In dit gebied is de langsgradiënt van de saliniteit het sterkst. Ter plaatse van de overgang van de Westerschelde naar de Beneden-Zeeschelde ondervindt de zoutdoordringing enige weerstand door een afname van de natte doorsnede van het estuarium. Dit komt tot uiting in een sterkere afname van de (maximale) saliniteit tussen Bath en Prosperpolder

De saliniteitsamplitude is tussen Prosperpolder en Liefkenshoek minimaal (circa 5 ppt, tijdens doottij en tijdens springtij), en neemt toe richting Antwerpen, waar de Beneden-Zeeschelde vernauwt.

In figuur 5-2 wordt de variatie van de (diepte gemiddelde) minimale en maximale saliniteit voor verschillende bovenafvoeren vergeleken. Uit een vergelijking van figuur 5-1 en figuur 5-2 blijkt dat de invloed van de bovenafvoer op de saliniteitsamplitude veel groter is dan de invloed van de springtij-doottij cyclus. In het vervolg van de analyses zal daarom alleen het springtij worden beschouwd.



Figuur 5-2: Saliniteitsbereik bij hoge en lage afvoerⁱ

Uit figuur 5-2 blijkt dat de bovenafvoer zowel van invloed is op de saliniteitsgradiënt in het estuarium, als op de saliniteitsamplitude. Deze neemt in de Westerschelde in het geval van een hoge bovenafvoer toe tot meer dan 10 ppt, in vergelijking tot circa 5 ppt tijdens lage afvoer.

Bij hoge bovenafvoer bevindt het saliniteitsfront zich afwaarts van Prosperpolder. In de Beneden-Zeeschelde is de saliniteitsvariatie daardoor klein (zoet water). In droge perioden, met een lage bovenafvoer, bevindt het saliniteitsfront zich meer opwaarts, zelfs voorbij Antwerpen.

Saliniteitsgradiënt

Bij hoge afvoer is de gradiënt van de saliniteit (langs de as van de vaargeul) in de Westerschelde groter dan tijdens lage afvoer aangezien de gehele Beneden-Zeeschelde tijdens hoge afvoer bijna zoet of zwak brak is. Bij lage afvoer komt het brakke water tot voorbij Temse. Door het opkomende, zoute water tijdens vloed dat het zoetere water terug de Schelde op duwt, is de saliniteitsgradiënt, gemeten langs de as van de vaargeul, tijdens vloed groter dan tijdens eb.

ⁱ De as van de vaargeul waarlangs de resultaten zijn geïnterpoleerd, loopt bij Vlissingen diagonaal over de Westerschelde. Daarbij wordt de uitstroming van het Oostgat gekruist, waar gedurende het getij een hogere maximale saliniteit optreedt (zie figuur D-5 uit Bijlage D). Hierdoor lijkt de maximale saliniteit (bij hoge afvoer) stroomopwaarts van Vlissingen eerst toe te nemen.

De overgang tussen zout en sterk brak water (~30 ppt) ligt bij gemiddelde afvoer zeewaarts van Vlissingen (eb) en Borssele (vloed); de overgang tussen sterk brak en brak water (~18 ppt) ligt tussen de Overloop van Hansweert (eb) en Valkenisse (vloed); de overgang tussen brak en zwak brak water (~5 ppt) ligt tussen Liefkenshoek (eb) en Antwerpen (vloed); de overgang tussen zwak brak en zoet water (~0,5 ppt) ligt tussen Oosterweel (eb) en de Rupelmonding (vloed).

De overgang tussen zout en sterk brak water ligt bij hoge afvoer zeewaarts van (eb) en ter hoogte van (vloed) Vlissingen; de overgang tussen sterk brak en brak water ligt tussen Borssele (eb) en de Overloop van Hansweert (vloed); de overgang tussen brak en zwak brak water ligt tussen Hansweert (eb) en Bath (vloed); de overgang tussen zwak brak en zoet water ligt tussen Bath (eb) en de Liefkenshoek (vloed).

De overgang tussen zout en sterk brak water ligt bij lage afvoer tussen Vlissingen (eb) en Terneuzen (vloed); de overgang tussen sterk brak en brak water ligt tussen Baalhoek (eb) en Prosperpolder (vloed); de overgang tussen brak en zwak brak water ligt tussen Hoboken (eb) en Temse (vloed); de overgang tussen zwak brak en zoet water bij lage afvoer valt niet binnen de modelbegrenzingsen en ligt dus opwaarts van Temse.

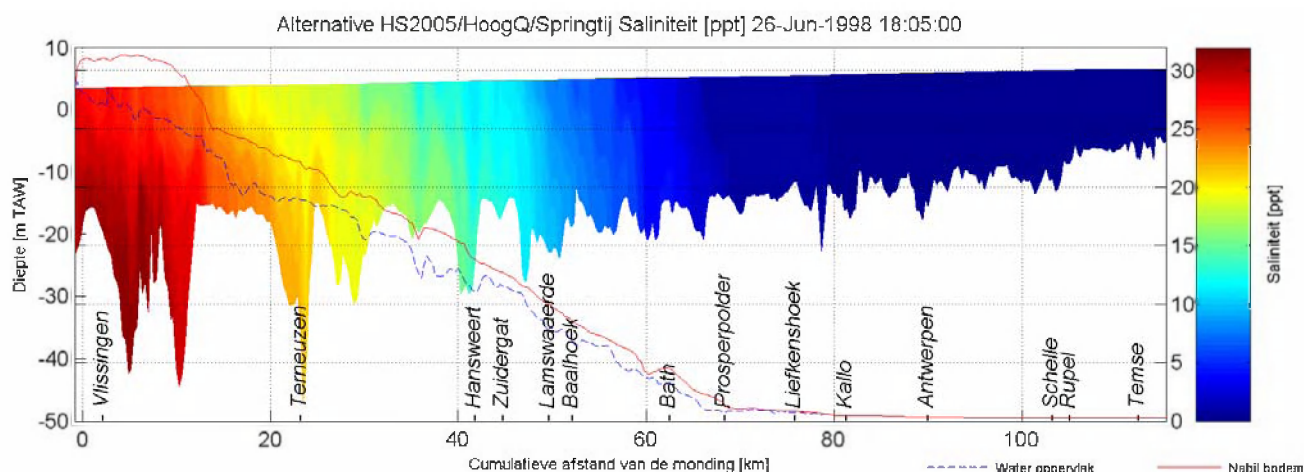
Verticale saliniteitsverschillen

Het Schelde-estuarium wordt beschouwd als zijnde goed gemengd met een gemiddelde verticaal saliniteitsverschil van 1 g/l. Dit blijkt ook uit de berekeningen.

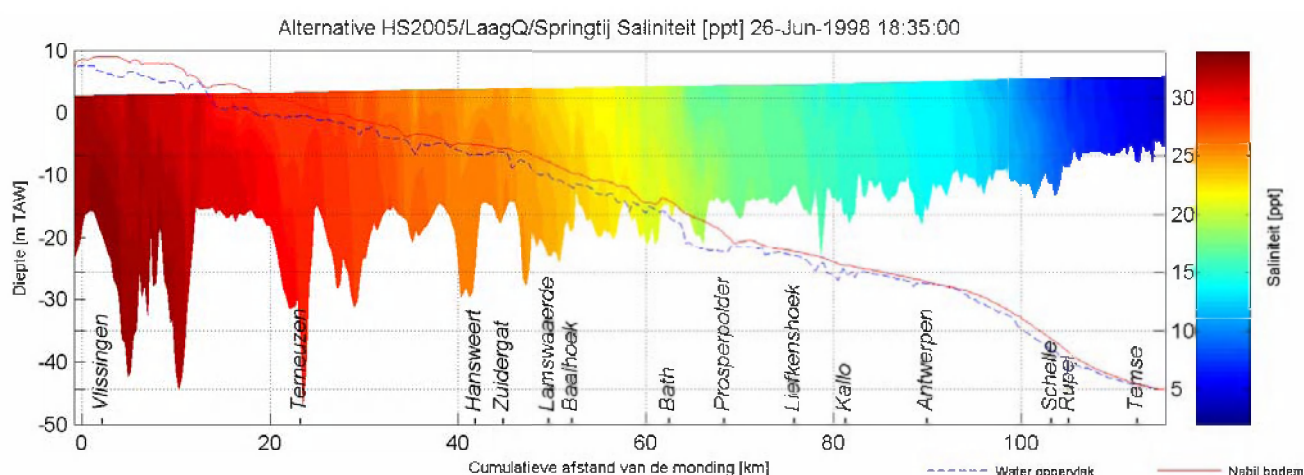
Uit de berekeningen blijkt dat de verticale saliniteitsverschillen minimaal zijn tussen de kenteringen in en vooral tijdens de vloedkentering tijdelijk toenemen. Tijdens de vloedkentering blijkt dat kentering aan het wateroppervlak eerder optreedt, waardoor hier de saliniteit afneemt, en aan de bodem nog niet. Van de resultaten zijn animaties beschikbaar waarin dit proces goed zichtbaar is.

In figuur 5-3 en figuur 5-4 wordt de berekende saliniteit voor een hoge, respectievelijk lage afvoer nabij de bodem vergeleken met de saliniteit aan het wateroppervlak op het moment dat de vloedkentering plaatsvindt.

Terwijl over het algemeen de verticale saliniteitsverschillen gering zijn (circa 1 tot 2 ppt), is de saliniteit tijdens de vloedkentering nabij de bodem hoger dan aan het oppervlak. Het effect treedt voornamelijk op in de Westerschelde. Het saliniteitsverschil kan dan oplopen tot circa 2 tot 3 ppt bij gemiddelde afvoer. Bij hoge afvoer nemen de verschillen in saliniteit tussen bodem en oppervlak toe richting Vlissingen tot circa 3 tot 4 ppt juist na kentering; bij lage afvoer is het systeem juist beter gemengd, er is immers ook minder zoet water beschikbaar. In de Beneden-Zeeschelde is het saliniteitsverschil geringer, tot circa 1ppt.



Figuur 5-3: Langsverdeling saliniteit: maximale verticale verschillen juist na vloedkentering, bij springtij en hoge afvoer



Figuur 5-4: Langsverdeling saliniteit: maximale verticale verschillen juist na vloedkentering, bij springtij en lage afvoer

Saliniteitsvariatie aan de bodem

Het verschil tussen de maximale en minimale saliniteit varieert nabij de bodem tussen de 8 en 12 ppt in de geulen. Daarbuiten zijn de variaties kleiner en op droogvallende platen loopt het verschil terug tot verschillen beneden de 5 ppt. Aangezien sommige platen (gedeeltelijk) droogvallen, neemt de saliniteit ter plaatse niet af tot de laagste waarde die elders tijdens eb bereikt wordt.

Bij lage afvoer zijn op de Westerschelde de verschillen tussen de maximale en minimale saliniteit kleiner dan bij hoge afvoer. De saliniteit nabij de bodem varieert tussen de 4 en 6 ppt in de geulen. Daarbuiten zijn de variaties kleiner en op droogvallende platen loopt het verschil terug tot verschillen beneden de 3 à 4 ppt. Op de Beneden-Zeeschelde nemen de verschillen in saliniteit nabij de bodem tussen Oosterweel en Hoboken toe tot circa 7 à 8 ppt.

5.3.3 Conclusies huidige situatie

Op basis van bovenstaande analyses worden de volgende conclusies getrokken:

- De resultaten van de huidige situatie komen goed overeen met de systeembeschrijving in paragraaf 3.2.
- De saliniteitsvariatie is het grootst als gevolg van de variatie van de bovenafvoer van de Schelde.
- De saliniteitsamplitude is tijdens springtij circa 2 à 3 ppt hoger dan tijdens doodtij.
- Het estuarium is over het algemeen goed gemengd; alleen tijdens de vloedkentering treedt aan het wateroppervlak een lagere saliniteit op.
- Aangezien de stroomsnelheden in de geulen hoger zijn dan daarbuiten, is in de geulen ook de saliniteitsamplitude groter.

6 Nulalternatief – autonome ontwikkeling

6.1 Inleiding

De verdieping/verruiming zal worden uitgevoerd in de jaren 2008-2009. Het jaar 2010 is als referentiejaar genomen voor het bepalen van de onmiddellijke effecten van aanleg. In het onderzoek wordt verondersteld dat in dat jaar dan de gehele verdieping is gerealiseerd. Het referentiejaar voor de effecten op middellange termijn is 2030.

Voor deze beide jaren (2010 en 2030) zijn met het Slib3D-model simulaties uitgevoerd. De resultaten van deze simulaties zullen gebruikt worden als referentie om het relatieve effect op de zoutdynamiek van zowel de verruiming, als de geoptimaliseerde stortstrategie van het onderhoudsbaggerwerk te bepalen.

	Rekenjaar		
	2005	2010	2030
nulalternatief	-	NA10-hoog NA10-laag NA10-gem.	NA30-hoog NA30-laag

Tabel 6-1: Simulatieoverzicht

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de autonome ontwikkeling op de zoutdynamiek van het Schelde-estuarium, direct na aanleg en op middellange termijn. Hiervoor zal een vergelijking worden gemaakt tussen de huidige situatie in het jaar 2005, het nulalternatief in het jaar 2010 en het nulalternatief in 2030.

Op middellange termijn (2030) zullen de resultaten gebruikt worden om een vergelijking te maken met het projectalternatief min, waarin de effecten van de verruiming zijn gesimuleerd uitgaande van de huidige stortstrategie (zie hoofdstuk 10). Juist na aanleg heeft de keuze van de onderhoudsstrategie nog niet tot verschillende morfologische ontwikkelingen geleidt. Daarom zal alleen projectalternatief P4N met de resultaten van het nulalternatief worden vergeleken (zie hoofdstuk 8).

De resultaten van 2030 zullen ook gebruikt worden om het middellange termijn effect van de geoptimaliseerde stortstrategie op de zoutdynamiek te bepalen, uitgaande van de autonome ontwikkeling zonder verruimde vaargeul. Hiertoe zullen de resultaten van het nulalternatief in hoofdstuk 7 vergeleken worden met het nulplusalternatief.

Er zijn geen simulaties uitgevoerd om de veranderingen van de zoutdynamiek op korte termijn (2015) te bestuderen aangezien deze voor wat betreft de zoutdynamiek in voldoende mate worden afgedekt door de simulaties voor 2010 en 2030.

6.2 Beschrijving nulalternatief

Voor de autonome ontwikkeling (zie paragraaf 6.3) in 2010 en 2030 zijn alle schematisaties in de modellering meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft onderdelen als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige- en Prosperpolder (zie ook hieronder in paragraaf 6.3).

De simulaties voor 2010 zijn bedoeld als referentie om de effecten van de verruiming direct na aanleg te bestuderen. Als beste schatting voor de bodemligging van 2010 volgens het nulalternatief is de bodem van 2005 gekozen, uitgebreid met eventuele autonome ontwikkelingen (zie paragraaf 2.3). Eventuele bodemveranderingen tussen 2010 en 2005 zijn derhalve buiten beschouwing gelaten; onzekerheden met betrekking tot de bodemveranderingen tussen 2010 en 2005 zijn hierdoor minimaal.

De simulaties voor 2030 geven inzicht in de effecten van de verruiming 20 jaar na aanleg. Hiertoe dienen bodemveranderingen die gedurende deze periode hebben plaatsgevonden, met en zonder verruiming en met de huidige of de geoptimaliseerde stortstrategie, te worden bepaald. De bodem van 2030 volgens het nulalternatief is geconstrueerd met behulp van de resultaten van het morfologisch model die zijn toegeleverd vanuit de deelstudie Morfologie (zie basisrapport Morfologie). Bij de morfologische berekeningen is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen die voor deze periode zijn voorzien. De vaargeul is met zijn huidige diepgang (GLLWS -13,3 meter) in stand gehouden en het vigerende stortbeleid is gehandhaafd.

Voor de jaren 2010 en 2030 zijn vanuit de deelstudie Water randvoorwaarden (waterstanden, debieten en zoutgehalten) aangeleverd voor het Slib3D-model bij een gemiddelde afvoer (zie basisrapport Water). Hieruit zijn door extrapolatie randvoorwaarden gegenereerd bij hoge en bij lage afvoer (zie paragraaf 4.2.5). Bij de berekeningen van de randvoorwaarden is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen (inclusief zeespiegelstijging en bodemveranderingen) die voor deze periode zijn voorzien.

6.3 Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling zoals deze in het onderzoek is opgenomen is beschreven in paragraaf 2.3.

6.4 Analyse nulalternatief

De effecten van de aanleg van de verruimde vaargeul en de geoptimaliseerde stortstrategie zijn afgezet tegen de verwachte autonome ontwikkeling. In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties en de analyse van de autonome ontwikkeling van de zoutdynamiek voor de situatie in 2010 en 2030 gepresenteerd.

6.4.1 Presentatie modelresultaten

In aanvulling op het type figuren dat wordt besproken in paragraaf 5.3.1 zijn voor de verschillende berekende alternatieven figuren gemaakt die het verschil weergeven met een referentieberekening. Een selectie van deze verschilfiguren is in het rapport opgenomen. De overige figuren zijn separaat (digitaal) beschikbaar. Om de interpretatie en analyses te ondersteunen zijn verschillende type figuren aangemaakt:

Langsprofiel verschil dieptegemiddelde saliniteit bij gemiddelde afvoer:

De figuur geeft het verloop weer van het verschil ten opzichte van een referentieberekening van de dieptegemiddelde waarde van de saliniteit langs de thalweg van de Schelde, tussen Vlissingen en Temse. In de figuur worden de verschillen gegeven van de maximale en minimale saliniteit, voor zowel springtij als doottij.

Langsprofiel verschil dieptegemiddelde saliniteit bij springtij:

De figuur geeft het verloop weer van het verschil ten opzichte van een referentieberekening van de dieptegemiddelde waarde van de saliniteit langs de thalweg van de Schelde, tussen Vlissingen en Temse. In de figuur worden de verschillen gegeven van de maximale en minimale saliniteit, voor zowel hoge als lage afvoer.

Verskil maximale saliniteit nabij de bodem:

Deze kaart laat van alle locaties het verschil ten opzichte van een referentieberekening zien (tijdens springtij) van de maximale waarde van de saliniteit nabij de bodem, die bij gemiddelde afvoer (huidige situatie, nulalternatief 2010, en projectalternatief P4N 2010) hoge afvoer of lage afvoer is berekend. Rood geeft een toename van de maximale saliniteit weer, blauw een afname van de maximale saliniteit. Schaal: +2 ppt tot -2 ppt. Het verschil is bepaald gedurende de periode dat een locatie (rekencel) onder water staat.

Verskil minimale saliniteit nabij de bodem:

Deze kaart laat van alle locaties het verschil ten opzichte van een referentieberekening zien (tijdens springtij) van de minimale waarde van de saliniteit nabij de bodem, die bij gemiddelde afvoer (huidige situatie, nulalternatief 2010, en projectalternatief P4N 2010) hoge afvoer of lage afvoer is berekend. Rood geeft een toename van de minimale saliniteit weer, blauw een afname van de minimale saliniteit. Schaal: +2 ppt tot -2 ppt. Het verschil is bepaald gedurende de periode dat een locatie (rekencel) onder water staat.

6.4.2 Resultaten modelberekeningen – autonome ontwikkeling

Als gevolg van de autonome ontwikkeling 2005 – 2010 – 2030 blijft de zoutdynamiek kwalitatief gezien onveranderd. Voor een globale beschrijving van de resultaten van de berekeningen wordt daarom verwezen naar de bespreking van de resultaten voor de huidige situatie in paragraaf 5.3.

In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het nulalternatief en de huidige situatie kunnen worden afgeleid.

Saliniteitsvariatie

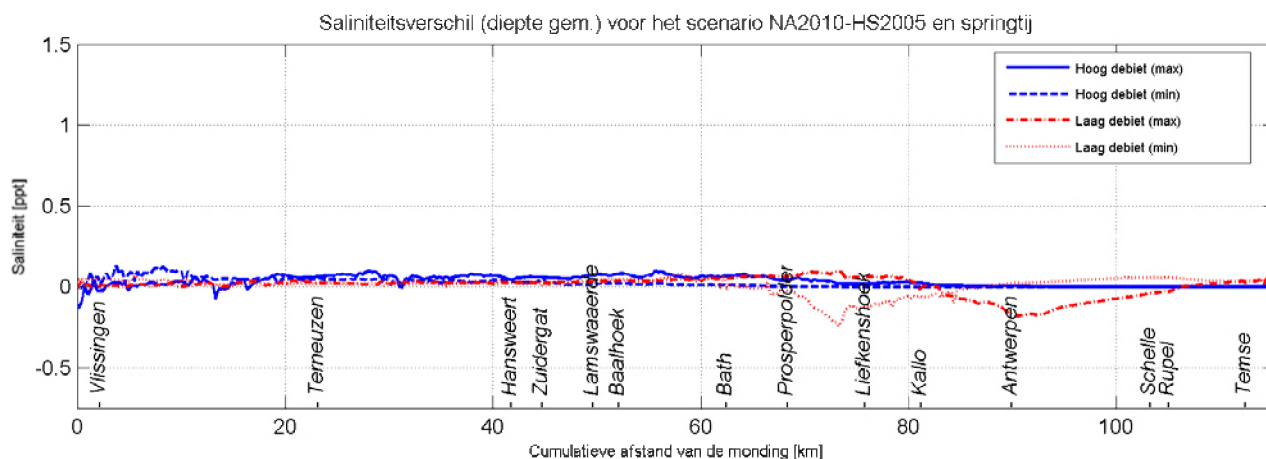
Door de autonome ontwikkeling tot 2010 treden er geringe veranderingen op in het gebied, die zich doorzetten in de autonome ontwikkeling tot 2030.

In figuur 6-1 en figuur 6-3 wordt het verschil van de minimale en maximale (dieptegemiddelde) saliniteit langs de as van de Schelde voor verschillende bovenafvoeren gegeven (springtij). In figuur 6-2 en figuur 6-4 wordt het verschil van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gepresenteerd bij springtij en bij doottij, gecombineerd met een hoge afvoer.

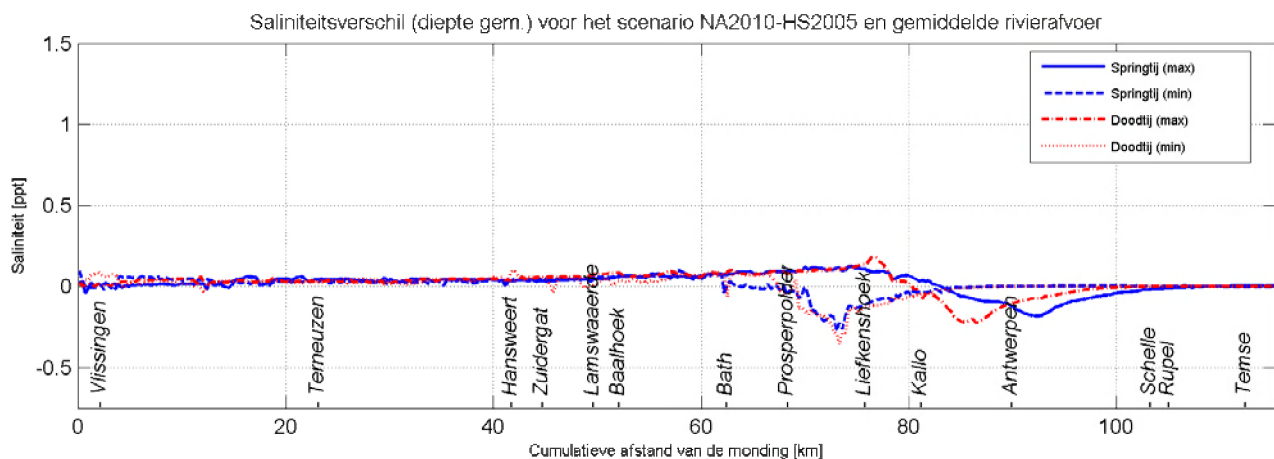
Globaal is er sprake van een geringe toename van zowel de maximale, als de minimale saliniteit. Tijdens hoge afvoer treden de veranderingen in saliniteit vooral op in de Westerschelde; de Beneden-Zeeschelde is bij hoge afvoer immers zoet of zwak-brak. De grootste veranderingen liggen in 2010 tussen Hansweert en Prosperpolder (kleiner dan 0,2 ppt) en in 2030 tussen Baarland en Bath (kleiner dan 1 ppt).

Bij lage afvoer treden de veranderingen vooral op in de Beneden-Zeeschelde waar, in 2030, de minimale saliniteit met circa 0,5 ppt toeneemt ten opzicht van 2010; de toename van de maximale saliniteit is geringer, circa 0,3 à 0,4 ppt. In de Westerschelde zijn de veranderingen afwaarts van Hansweert klein (kleiner dan 0,2 ppt); tussen Hansweert en Bath is de toename van de minimale saliniteit iets groter (0,2 à 0,4 ppt) en voornamelijk geconcentreerd in de hoofdgeul (Zuidergat). In 2010 worden de grootste veranderingen bij lage afvoer tussen Bath en Liefkenshoek berekend (kleiner dan 0,2 ppt).

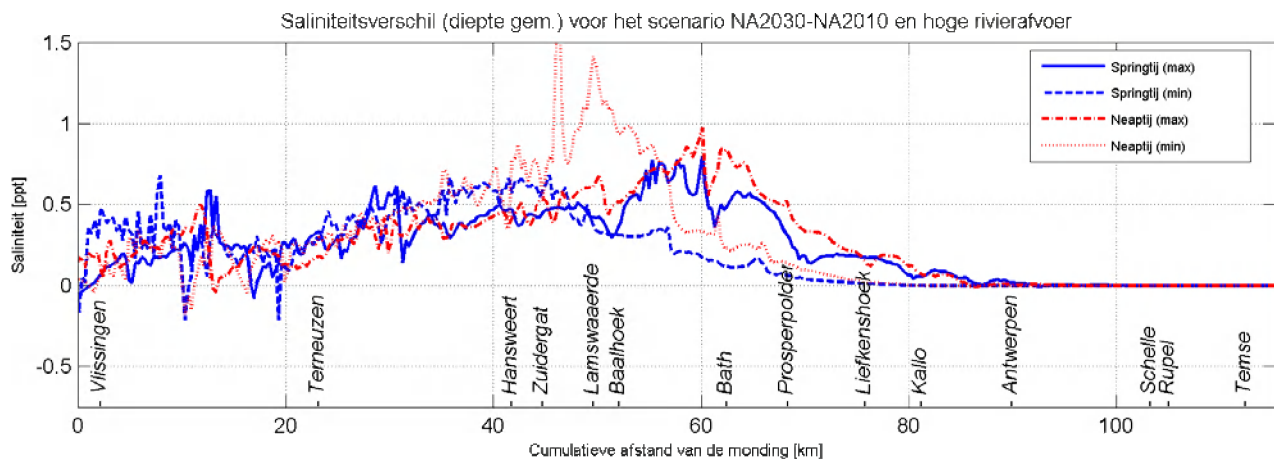
Uit een vergelijking van de figuren onderling (figuur 6-1 tot en met figuur 6-4) blijkt dat de invloed van de autonome ontwikkeling een gering effect heeft zowel bij hoge als bij lage afvoer, en zowel bij springtij als bij doodtij. Bij doottij lijken de veranderingen in 2010 evenwel iets geringer te zijn dan bij springtij.



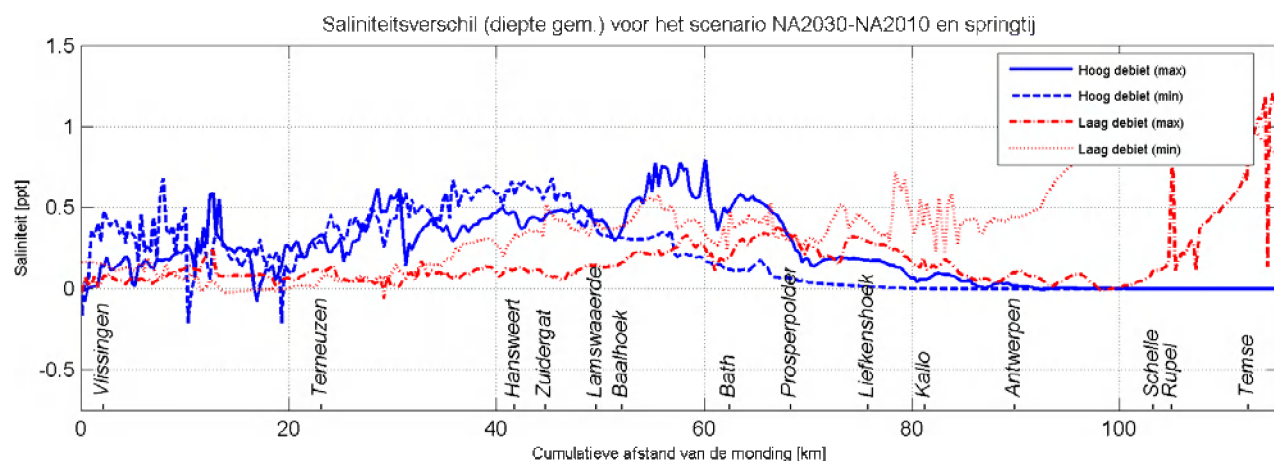
Figuur 6-1: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de autonome ontwikkeling tot 2010



Figuur 6-2: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij springtij en doodtij ten gevolge van de autonome ontwikkeling tot 2010



Figuur 6-3: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de autonome ontwikkeling 2010 – 2030



Figuur 6-4: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij springtij en doodtij ten gevolge van de autonome ontwikkeling 2010 – 2030

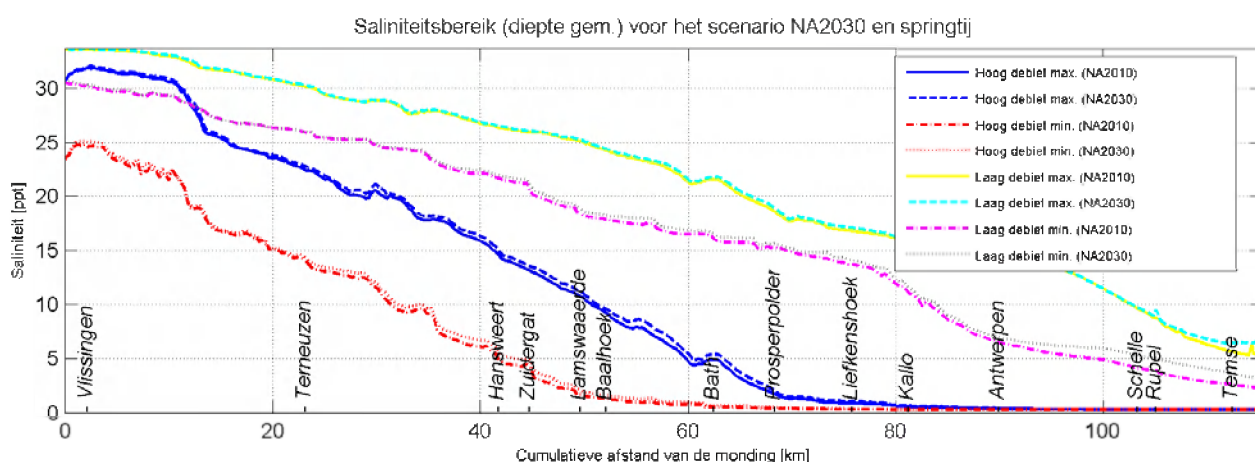
De toename van de saliniteit treedt niet alleen op in de hoofdgeulen, maar ook daarbuiten, in de nevengeulen en in de omgeving van de platen. Tevens treedt er, door de hogere waterstand (zeespiegelstijging), ook een verschuiving op van de gebieden die droogvallen (zie basisrapport Water). Ook dit heeft consequenties ten aanzien van het zoutgehalte waaraan een bepaalde dieptezone wordt blootgesteld, zoals bijvoorbeeld in het Verdrongen land van Saeftinghe en de plaat van Valkenisse.

Dit blijkt ook uit de figuren die in Appendix E van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen tussen enerzijds de situatie 2010 en 2005 (figuur E-13 tot en met figuur E-18) en anderzijds de situatie 2030 en 2010 (figuur E-27 tot en met figuur E-30). In de figuren zijn de verschillen in de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Saliniteitsgradiënt

In figuur 6-5 wordt de variatie van de (diepte gemiddelde) minimale en maximale saliniteit voor verschillende bovenafvoeren voor de situatie in 2010 en de situatie in 2030 vergeleken. In de figuur wordt zowel de gradiënt weergegeven bij hoge afvoer, als bij lage afvoer, beide bij springtij. Uit de figuur blijkt dat een verandering in saliniteit, zoals beschreven in de vorige paragraaf, gering zijn ten opzichte van de variatie binnen het getij (maximaal versus minimaal in onderstaande figuur) of ten opzichte van de variatie als gevolg van de variërende bovenafvoer (hoog versus laag debiet in onderstaande figuur). Tijdens doortij is de variatie in maximale en minimale saliniteitswaarde iets kleiner dan tijdens springtij, echter de gradiënt komt overeen (zie paragraaf 5.3.2). De variatie verschilt per locatie.

Bij hoge rivier afvoer bedraagt de toename van de saliniteit circa 0,5 ppt en neemt op sommige locaties (tussen Hansweert en Bath) toe tot circa 1,0 ppt (vooral tijdens doortij). Bij lage rivierafvoer blijkt dat de toename van de saliniteit circa 0,5 ppt bedraagt bij hoge afvoer, en 0,3 à 0,4 ppt bij lage afvoer. Dit kan gesteld worden tegenover een 'saliniteitsbereik' dat binnen het getij gelijk is aan (afhankelijk van de locatie) 5 à 7 ppt bij lage afvoer en 7 à 10 ppt bij hoge afvoer. Als gevolg van variatie in de bovenafvoer bedraagt het 'saliniteitsbereik' (afhankelijk van de locatie) circa 15 à 20 ppt op jaarbasis.



Figuur 6-5: Saliniteitsbereik autonome ontwikkeling

Ondanks de geringe toename in maximale en minimale saliniteit kan er toch sprake zijn van een verschuiving van de zout-, brak- en zoetwaterzones. De zoutgradiënt in het estuarium bedraagt gemiddeld circa 0,5 ppt per kilometer (met uitschieters van 0,2 tot 1 ppt per kilometer) (zie paragraaf 3.2.7). De berekende verhoging van de saliniteit van 0,5 tot 1,0 ppt in 2030 leidt dan tot een verschuiving van de absolute waarde van de saliniteit met circa 1 tot 2 kilometer ten opzichte van de situatie in 2010 (zie figuur 6-5). Ook deze verschuiving is gering gezien de natuurlijke variatie in de ligging van de zout-, brak- en zoetwaterzones (circa 20 kilometer als gevolg van het getij en circa 30 tot 50 kilometer als gevolg van variatie in de bovenafvoer). Globaal gezien blijft de vorm en de ligging van de saliniteitsgradiënt ongewijzigd.

Door de kleine toename van maximale en minimale saliniteit treedt er een verschuiving van de overgang van zwak brak naar brak water (5 ppt) op die varieert van circa 1 tot 1,5 kilometer bij hoge afvoer (tussen Baarland en Bath) tot circa 5 km bij lage afvoer (opwaarts van Schelle). De overgang van brak naar sterk brak water (18 ppt) schuift maximaal circa 500 meter op bij zowel hoge als lage afvoer. De overgang van sterk brak naar zout verschuift hoegenaamd niet. Ook de overgang van zoet naar zwak brak tijdens hoge afvoer verschuift nauwelijks en ligt bij lage afvoer buiten het model.

Ten opzichte van de huidige situatie (2005) leidt de (relatief) geringe toename van saliniteit in 2010 niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

6.4.3 Conclusies nulalternatief

Op basis van bovenstaande analyses worden de volgende conclusies getrokken:

- De toename in saliniteit ten opzichte van de huidige situatie (HS, 2005), als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010, is over het algemeen zeer klein (kleiner dan 0,2 ppt).
- Ten opzichte van de huidige situatie (2005) leidt de (relatief) geringe toename van saliniteit in 2010 niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.
- De verandering in saliniteit ten opzichte van de situatie in 2010 (nulalternatief 2010), als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030, is over het algemeen klein (kleiner dan 1,0 ppt). Het betreft zowel een toename van de maximale, als de minimale saliniteit, zowel tijdens springtij, als tijdens doodtij;
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling (inclusief zandwinning en zeespiegelstijging) wordt een toename van de saliniteit zowel bij hoge afvoer op de Westerschelde (tot 0,5 à 1,0 ppt) als bij lage afvoer op de Beneden-Zeeschelde (0,3 à 0,5 ppt) berekend, tegenover een saliniteitsbereik van 5 tot 10 ppt als gevolg van het getij en circa 15 tot 20 ppt als gevolg van de jaarlijkse variatie van de bovenafvoer. Bij hoge afvoer zijn de grootste veranderingen tussen Terneuzen en Prosperpolder, terwijl bij lage afvoer de veranderingen tussen Prosperpolder en Antwerpen liggen.
- Ten opzichte van de situatie in 2010 leidt de geringe toename van saliniteit als gevolg van de combinatie van zeespiegelstijging en bodemdaling door zandwinning in 2030 tot een (opwaartse) verschuiving van de saliniteitsgradiënt met circa 1 tot 2 kilometer. Ook deze verschuiving is gering gezien de natuurlijke variatie in de ligging van de zout-, brak- en zoetwaterzones (circa 20 kilometer als gevolg van het getij en circa 30 tot 50 km als gevolg van variatie in de bovenafvoer). Globaal gezien blijft de vorm en de ligging van de saliniteitsgradiënt ongewijzigd.
- Er treedt een verschuiving van de overgang van zwak brak naar brak water op die varieert van circa 1 tot 1,5 kilometer bij hoge afvoer (tussen Baarland en Bath) tot circa 5 kilometer bij lage afvoer (opwaarts van Schelle). De overgang van brak naar sterk brak water schuift maximaal circa 500 meter op bij zowel hoge als lage afvoer. De overgang van sterk brak naar zout, en de overgang van zoet naar zwak brak verschuiven hoegenaamd niet.

7 Nulplusalternatief – optimale stortstrategie

7.1 Inleiding

Uit analyse van historische waarnemingen (zie achtergronddocument *Systeembeschrijving Schelde-estuarium*, een visie op macro-morfologische ontwikkeling) is gebleken dat er een nieuwe strategie nodig is voor het storten van de onderhoudsbaggerspecie om de fysieke systeemkenmerken van het estuarium te behouden. In de huidige milieueffectrapportstudie is gezocht naar deze optimale strategie. Dit proces wordt beschreven in het basisrapport *Morfologie*.

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de geoptimaliseerde stortstrategie op de zoutdynamiek van het Schelde-estuarium op middellange termijn, uitgaande van de huidige vaarweg. Hiervoor zal een vergelijking worden gemaakt met het nulalternatief in het jaar 2030. De stortstrategie die voor het nulplusalternatief is toegepast, is identiek aan de stortstrategie van het projectalternatief *Nevengeul*.

Juist na aanleg (2010) heeft de keuze van de onderhoudsstrategie nog niet tot verschillende morfologische ontwikkelingen geleid. Daarom is het voldoende de projectalternatieven te vergelijken met het nulalternatief 2010.

Voor het jaar 2030 zijn met het Slib3D-model onderstaande simulaties uitgevoerd.

	Rekenjaar		
	2005	2010	2030
Nulplusalternatief	-	-	NA+30-hoog NA+30-laag

Tabel 7-1: *Simulatieoverzicht*

De resultaten van het nulplusalternatief zullen gebruikt worden om het middellange termijn effect (2030) van de verruiming op de zoutdynamiek te bepalen. Hiertoe zullen de resultaten van projectalternatieven *Nevengeul* en *Plaatrand* worden vergeleken met de resultaten van het nulplusalternatief (zie hoofdstuk 8 en 9).

7.2 Beschrijving nulplusalternatief

Voor de autonome ontwikkeling in 2030 zijn alle schematisaties in de modellering meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft onderdelen als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het *Sigmaplan* en de uitpolderingen nabij *Hedwige-* en *Prosperpolder* (zie ook paragraaf 6.3).

De bodem van 2030 volgens het nulplusalternatief is geconstrueerd met behulp van de resultaten van het morfologische model die zijn toegeleverd vanuit de deelstudie *Morfologie* (zie basisrapport *Morfologie*). Bij de morfologische berekeningen is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen die voor deze periode zijn voorzien.

De vaargeul is met zijn huidige diepgang (GLLWS -13,3 meter) in stand gehouden en de geoptimaliseerde stortstrategie (identiek aan projectalternatief Nevengeul) is toegepast.

Voor het jaar 2030 zijn vanuit de deelstudie Water randvoorwaarden (waterstanden, debieten en zoutgehalten) aangeleverd voor het Slib3D-model bij een gemiddelde afvoer (zie basisrapport Water). Hieruit zijn door extrapolatie randvoorwaarden gegenereerd bij hoge en bij lage afvoer (zie paragraaf 4.2.5). Bij de berekeningen van de randvoorwaarden is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen (inclusief zeespiegelstijging en bodemveranderingen) die voor deze periode zijn voorzien.

7.3 Analyse nulplusalternatief

De effecten van de geoptimaliseerde stortstrategie (analoog aan het projectalternatief Nevengeul stortstrategie) zijn afgezet tegen de verwachte autonome ontwikkeling bij de huidige stortstrategie. In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties en de analyse van de verschillen in autonome ontwikkeling van de zoutdynamiek voor de situatie in 2030 gepresenteerd.

Bij de bespreking van de figuren zal gebruik gemaakt worden van het type figuren dat beschreven staat in paragraaf 6.4.1.

Als gevolg van de autonome ontwikkeling met geoptimaliseerde stortstrategie blijft de zoutdynamiek kwalitatief gezien onveranderd ten opzichte van de autonome ontwikkeling met de huidige stortstrategie. In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op de verschillen in ontwikkeling die zich voordoen in 2030, zonder dat de verschillen ten opzichte van voorgaande jaren worden besproken.

Voor een globale beschrijving van de resultaten van de berekeningen wordt daarom verwezen naar de bespreking van de resultaten voor de huidige situatie in paragraaf 5.3 en voor de verschillen met de situatie in 2010 naar het nulalternatief in paragraaf 6.4.

7.3.1 Resultaten modelberekeningen – stortstrategie

In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het nulplusalternatief in 2030 en het nulalternatief in 2030 kunnen worden afgeleid.

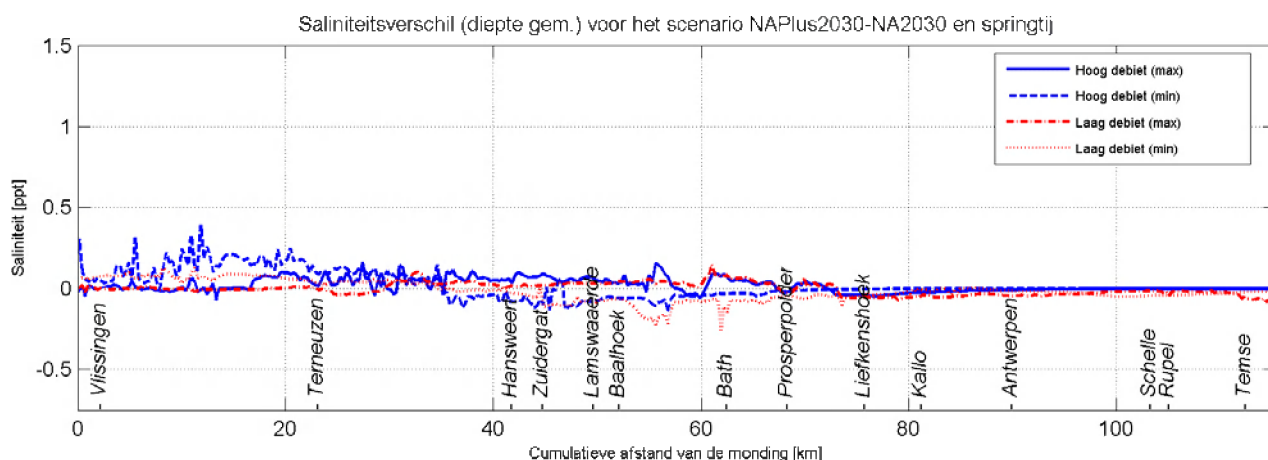
Saliniteitsvariatie

Het additionele effect van autonome ontwikkeling met geoptimaliseerde stortstrategie op de saliniteit is na 20 jaar klein tot zeer klein (kleiner dan 0,3 ppt).

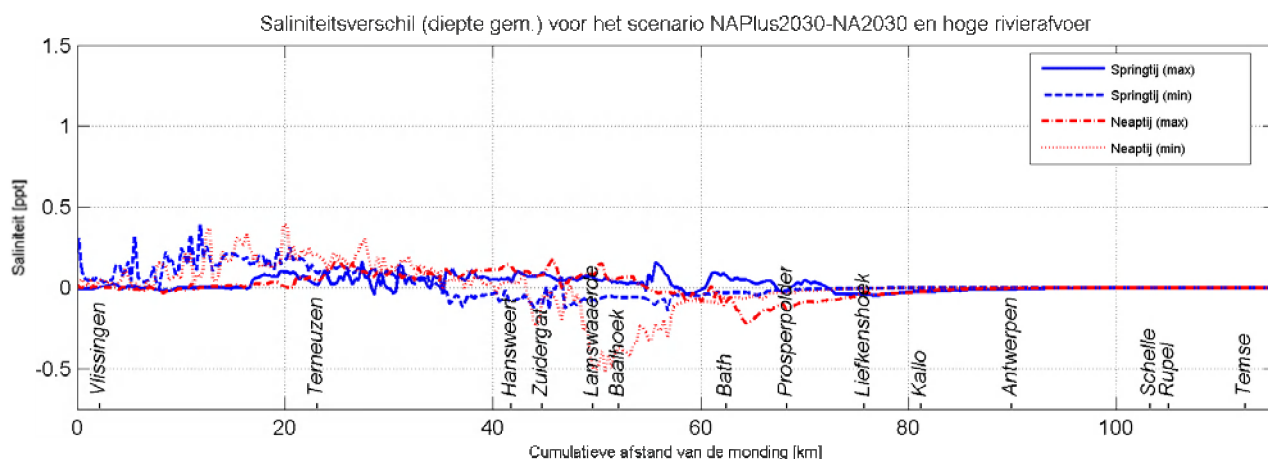
In figuur 7-1 wordt het verschil van de minimale en maximale (diepte gemiddelde) saliniteit langs de as van de Schelde voor verschillende bovenafvoeren gegeven (springtij). In figuur 7-2 wordt het verschil van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gepresenteerd bij springtij en bij doodtij, gecombineerd met een hoge afvoer.

Tijdens springtij zijn de effecten klein (kleiner dan 0,2 ppt) en voornamelijk in de Westerschelde. Er is een geringe toename van de maximale saliniteit tussen Terneuzen en Prosperpolder. De minimale saliniteit neemt in het zeewaartse deel van de Westerschelde (tussen Vlissingen en Baarland) toe en in het opwaartse deel van de Westerschelde (tussen Baarland en Prosperpolder) af.

Hierdoor neemt het verschil tussen de maximale en minimale saliniteit (saliniteitsbereik) in het zeewaartse deel van de Westerschelde iets af (afname is bij hoge afvoer iets groter), en in het opwaartse deel van de Westerschelde iets toe (toename is bij lage afvoer iets groter).



Figuur 7-1: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie tot 2030



Figuur 7-2: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij doortij en springtij ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie tot 2030

In Appendix F van dit rapport zijn figuren (figuur F-1 tot en met figuur F-4) opgenomen die voor de situatie 2030 de ruimtelijke verdeling van de verschillen weergegeven tussen de autonome ontwikkeling met de geoptimaliseerde stortstrategie (nulplusalternatief) en de autonome ontwikkeling met de huidige stortstrategie (nulalternatief). In de figuren zijn de verschillen in de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Uit de figuren blijkt dat de toename van de minimale saliniteit bij hoge afvoer in het zeewaartse deel van de Westerschelde op geïsoleerde locaties optreedt (verschillen kleiner dan 0,5 à 1,0 ppt). Er moet echter rekening gehouden worden met mogelijke (kleine) modeffecten (randverstoringen) nabij de randen van het model, waardoor aan deze toename geen conclusies kunnen worden verbonden.

Overigens is er door het hele studiegebied heen, zowel binnen als buiten de geulen, geen uitgesproken toename van de saliniteit berekent.

Saliniteitsgradiënt

De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leidt niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

7.3.2 Conclusies nulplusalternatief

Op basis van bovenstaande analyses worden de volgende conclusies getrokken:

- Het effect van de geoptimaliseerde stortstrategie (analoog aan de P4N stortstrategie) op de saliniteit, zonder de aanwezigheid van de verruimde vaargeul, is na 20 jaar klein tot zeer klein (kleiner dan 0,2 à 0,3 ppt).
- In de Beneden-Zeeschelde zijn eventuele veranderingen van de saliniteit kleiner dan 0,1 ppt.
- De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

8 Projectalternatief – storting in nevengeulen

8.1 Inleiding

In de morfologische studie is een keuze gemaakt voor een geoptimaliseerde stortstrategie die het beste aansluit bij de behoudsdoelstelling van het milieueffectrapport (zie basisrapport Morfologie). Aangezien in deze variant geen aanlegbaggerspecie op plaatranden gestort wordt, zou de gewenste integrale milieueffecten van storten op de plaatranden niet beschreven worden. Om hier wel zorg voor te dragen is besloten om twee P4 alternatieven te bestuderen. In de eerste variant (projectalternatief Nevengeul) wordt zoveel mogelijk aanleg- en onderhoudsbaggerspecie op de nevengeulen gestort, in de tweede variant (projectalternatief Plaatrand) wordt een deel van zowel de aanleg- als de onderhoudsbaggerspecie (20 procent) op plaatranden gestort, zie paragraaf 1.1.3.

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de verruiming van de vaargeul op de zoutdynamiek van het Schelde-estuarium, uitgaande van de geoptimaliseerde stortstrategie waarbij zoveel mogelijk wordt gestort in de nevengeulen (projectalternatief Nevengeul). De invloed van de verruiming waarbij een deel van het onderhoud op de plaatranden (projectalternatief Plaatrand) wordt gestort, wordt beschreven in hoofdstuk 9.

In dit hoofdstuk zal ook beschreven worden wat het effect op middellange termijn (2030) van de geoptimaliseerde stortstrategie is op de zoutdynamiek, uitgaande van de ontwikkeling met verruimde vaargeul. Hiertoe zullen de resultaten van het projectalternatief Nevengeul vergeleken worden met het projectalternatief min.

Juist na aanleg (2010) heeft de keuze van de onderhoudsstrategie nog niet tot verschillende morfologische ontwikkelingen geleid. Om het effect van de verruiming op de zoutdynamiek direct na aanleg te bepalen zal een vergelijking worden gemaakt met het nulalternatief in het jaar 2010.

Voor de jaren 2010 en 2030 zijn met het Slib3D-model onderstaande simulaties uitgevoerd:

	Rekenjaar		
	2005	2010	2030
Projectalternatief P4N	-	P4N10-hoog P4N10-laag P4N10-gem.	P4N30-hoog P4N30-laag

Tabel 8-1: Simulatieoverzicht

Om de effecten van de verruiming op middellange termijn te onderzoeken zal een vergelijking worden gemaakt met het nulplusalternatief in het jaar 2030. De stortstrategie die voor het nulplusalternatief is toegepast, is identiek aan de stortstrategie van het projectalternatief Nevengeul.

Door een vergelijking te maken tussen de projectalternatieven en het nulplusalternatief worden de effecten van de verruiming en bijbehorende stortstrategie geïsoleerd van de autonome veranderingen.

Op deze wijze wordt dus een integrale effectanalyse uitgevoerd voor de verschillende aanlegvarianten.

8.2 Beschrijving projectalternatief Nevengeul

Voor de situatie in 2010 en 2030 van het projectalternatief Nevengeul zijn alle schematisaties in de modellering meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft onderdelen als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige- en Prosperpolder (zie ook paragraaf 6.3).

De bodem van 2010 is buiten de verruimde vaargeul identiek aan de bodem van het nulalternatief. In de vaargeul is de zwaaizone opgenomen volgens AMT-kaart 16EFGIS-1222_V1 (van 10 oktober 2006), die worden gerealiseerd juist opwaarts (ten zuiden) van de Europaterminal.

De bodem van 2030 volgens het projectalternatief Nevengeul is geconstrueerd met behulp van de resultaten van het morfologisch model die zijn toegeleverd vanuit de deelstudie Morfologie (zie basisrapport Morfologie). Bij de morfologische berekeningen is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen die voor deze periode zijn voorzien. De vaargeul is verdiept en onderhouden op zijn toekomstige diepgang (GLLWS –14,70 meter) en de geoptimaliseerde stortstrategie (zoveel mogelijk in de nevengeulen) is toegepast.

Voor de jaren 2010 en 2030 zijn vanuit de deelstudie Water randvoorwaarden (waterstanden, debieten en zoutgehalten) aangeleverd voor het Slib3D-model bij een gemiddelde afvoer (zie basisrapport Water). Hieruit zijn door extrapolatie randvoorwaarden gegenereerd bij hoge en bij lage afvoer (zie paragraaf 4.2.5). Bij de berekeningen van de randvoorwaarden is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen (inclusief zeespiegelstijging en bodemveranderingen als gevolg van de verruiming) die voor deze periode zijn voorzien.

8.3 Analyse projectalternatief Nevengeul

De effecten van de verruimde vaargeul (projectalternatief Nevengeul) zijn afgezet tegen referentieberekeningen, enerzijds om de effecten van de verruiming te bestuderen (vergelijking met het nul(plus)alternatief), anderzijds om het effect van de geoptimaliseerde stortstrategie te beoordelen in de situatie dat ook de vaargeul is gerealiseerd (vergelijking met projectalternatief min). In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties en de analyse van de verschillen in ontwikkeling van de zoutdynamiek voor de situatie in 2010 en 2030 gepresenteerd.

Bij de bespreking van de figuren zal gebruik gemaakt worden van het type figuren dat beschreven staat in paragraaf 6.4.1.

Als gevolg van de ontwikkeling met verruimde vaargeul en de geoptimaliseerde stortstrategie blijft de zoutdynamiek kwalitatief gezien onveranderd ten opzichte van de autonome ontwikkeling (met de geoptimaliseerde stortstrategie). In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op de verschillen in ontwikkeling die zich voordoen in 2010 en 2030, zonder dat de verschillen ten opzichte van voorgaande jaren worden besproken.

Voor een globale beschrijving van de resultaten van de berekeningen wordt daarom verwezen naar de bespreking van de resultaten voor de huidige situatie in paragraaf 5.3 en voor de verschillen met de situatie in 2010 naar het nulalternatief in paragraaf 6.4.

8.3.1 Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul

In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het projectalternatief Nevengeul en het nul(plus)alternatief kunnen worden afgeleid.

Saliniteitsvariatie

Het effect op de saliniteit veroorzaakt door de verruiming, in combinatie met de geoptimaliseerde stortstrategie waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen wordt gestort, is zowel in 2010, als na 20 jaar in 2030, klein tot zeer klein (over het algemeen kleiner dan 0,2 ppt).

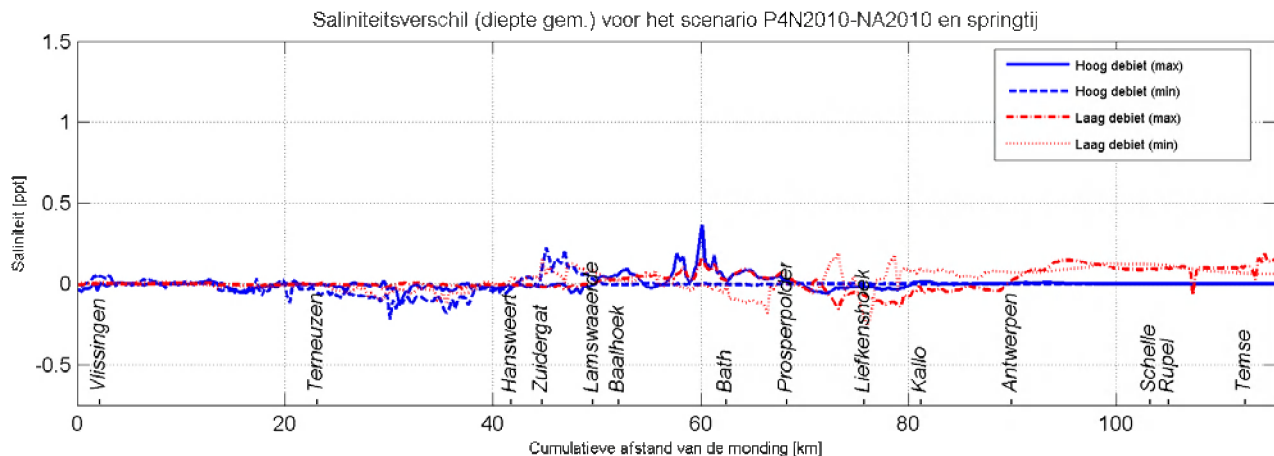
In figuur 8-1 en figuur 8-3 wordt het verschil van de minimale en maximale (diepte gemiddelde) saliniteit langs de as van de Schelde voor verschillende bovenafvoeren gegeven (springtij). In figuur 8-2 en figuur 8-4 wordt het verschil van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gepresenteerd bij springtij en bij doottij, gecombineerd met een hoge afvoer.

Uit een vergelijking van de figuren onderling (figuur 8-1 en figuur 8-3, en figuur 8-2 en figuur 8-4) blijkt dat de invloed van de verruiming gering is zowel bij hoge als bij lage afvoer en zowel bij springtij als bij doottij. Zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde worden afwisselend zones van geringe afname en geringe toename berekend. De verschillen zijn echter altijd klein (kleiner dan 0,2 ppt).

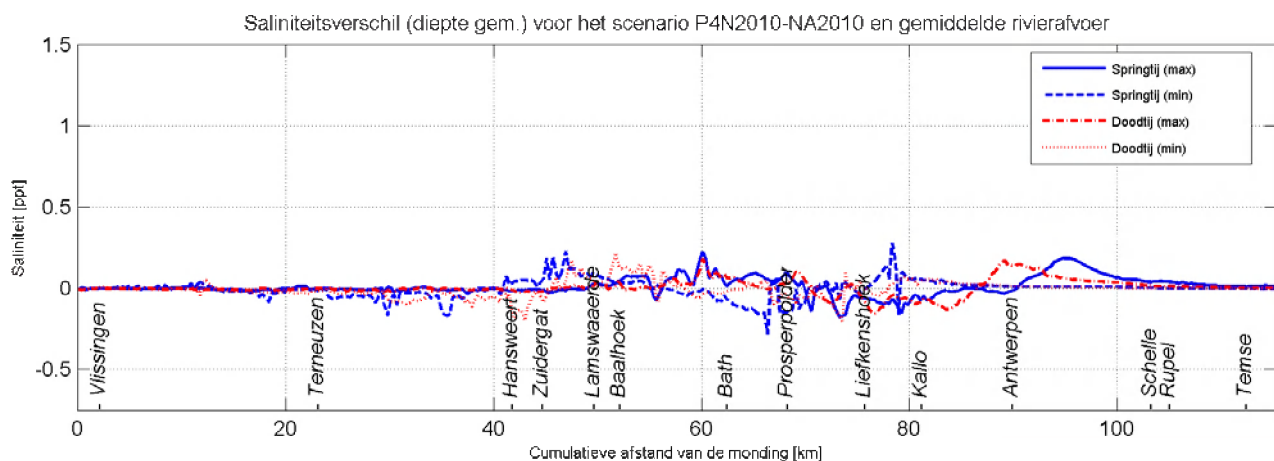
Het verloop van het saliniteitsverschil van de maximale en minimale dieptegemiddelde saliniteit (verschil tussen het projectalternatief en een referentiealternatief) voor de situaties in 2010 en 2030 vertonen slechts kleine verschillen. Blijkbaar leiden de bodemveranderingen na 20 jaar niet tot een andere respons op de verdiepte vaargeul.

In 2010 is er sprake van een geringe toename van de maximale saliniteit tussen Hansweert en Prosperpolder en een geringe afname van de maximale saliniteit opwaarts Prosperpolder tot aan ongeveer Antwerpen. De minimale saliniteit neemt af tussen Terneuzen en Hansweert, toe tussen Hansweert en Valkenisse, en weer af tussen Valkenisse en Liefkenshoek.

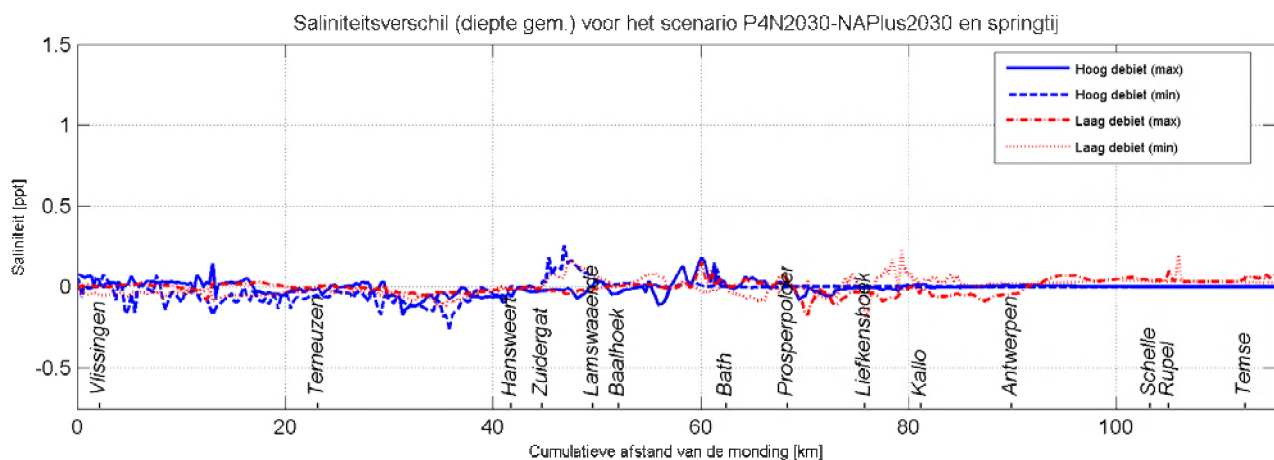
In 2030 nemen zowel de minimale als de maximale saliniteit zeewaarts van Hansweert af. Tussen Hansweert en Bath is er een toename van de minimale saliniteit; de maximale saliniteit is onveranderd. Tussen Prosperpolder en Antwerpen is er een afname van de maximale saliniteit; de minimale saliniteit is onveranderd.



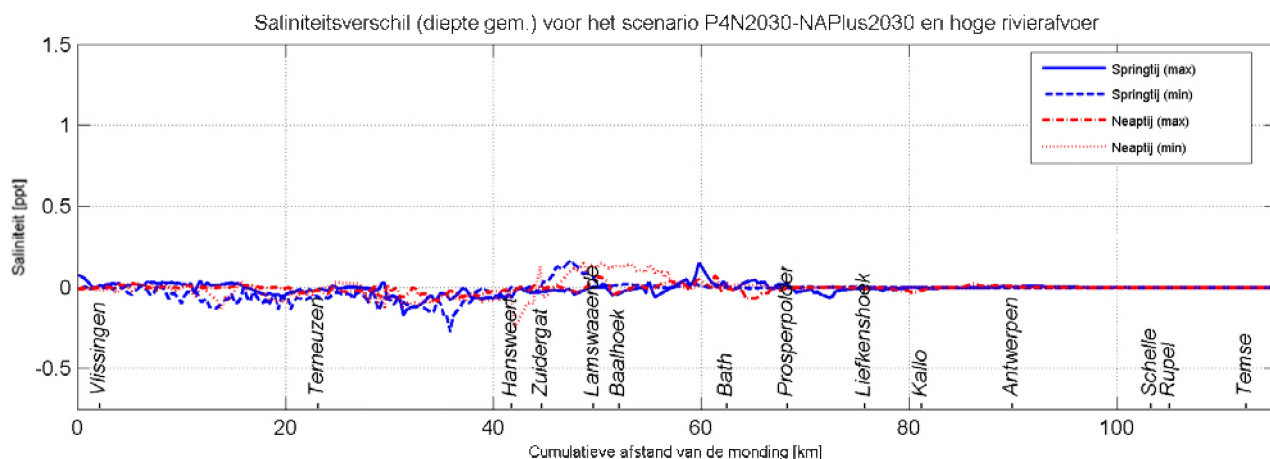
Figuur 8-1: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de verruiming in 2010



Figuur 8-2: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij springtij en doodtij ten gevolge van de verruiming in 2010



Figuur 8-3: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de verruiming in 2030



Figuur 8-4: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij springtij en doottij ten gevolge van de verruiming in 2030

In Appendix G van dit rapport zijn figuren (figuur G-1 tot en met figuur G-6 en figuur G-9 tot en met figuur G-14) opgenomen die voor de situatie 2010 en 2030 de ruimtelijke verdeling van de verschillen weergeven tussen de ontwikkeling met verruimde vaargeul (projectalternatief Nevengeul) en de autonome ontwikkeling zonder vaargeul (nulplusalternatief), beide met de geoptimaliseerde stortstrategie. In de figuren zijn de verschillen in de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Door het hele studiegebied heen is er, zowel binnen als buiten de geulen, geen uitgesproken toename van de saliniteit berekend.

Saliniteitsgradiënt

De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit als gevolg van de verruiming van de vaargeul leiden zowel in 2010 als in 2030 niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

8.3.2 Resultaten modelberekeningen – stortstrategie

In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het projectalternatief Nevengeul in 2030 en het projectalternatief min in 2030 kunnen worden afgeleid.

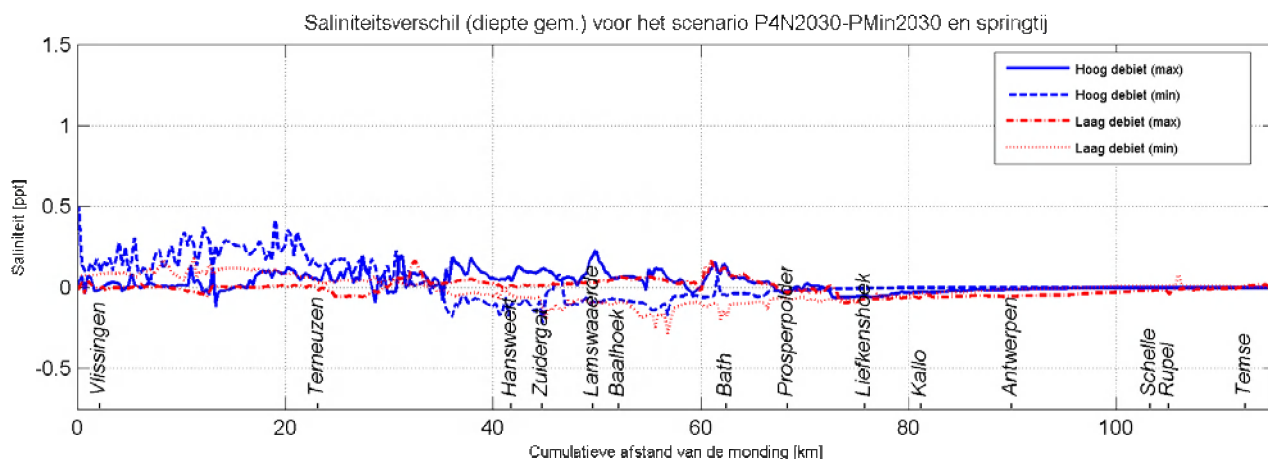
Saliniteitsvariatie

Het additionele effect van de ontwikkeling met geoptimaliseerde stortstrategie op de saliniteit is na 20 jaar klein tot zeer klein (kleiner dan 0,3 ppt). De resultaten vertonen grote overeenkomst met de resultaten in paragraaf 7.3. De bevindingen zijn daarom ook grotendeels gelijk.

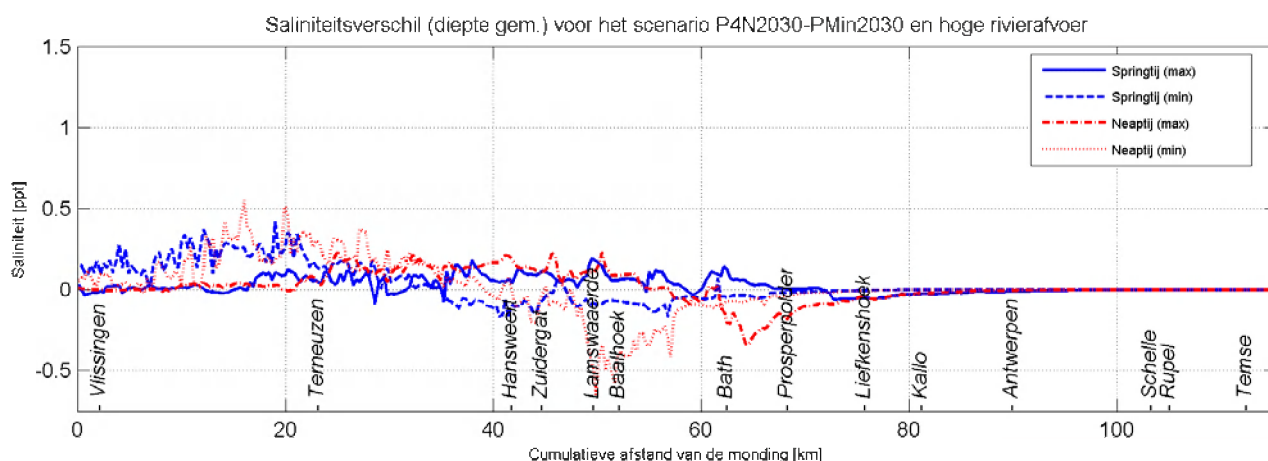
In figuur 8-5 wordt het verschil van de minimale en maximale (dieptegemiddelde) saliniteit langs de as van de Schelde voor verschillende bovenafvoeren gegeven (springtij). In figuur 8-6 wordt het verschil van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gepresenteerd bij springtij en bij doottij, gecombineerd met een hoge afvoer.

Tijdens springtij zijn de effecten klein (kleiner dan 0,2 à 0,3 ppt) en voornamelijk gelegen in de Westerschelde. Er is een geringe toename van de maximale saliniteit tussen Terneuzen en Prosperpolder. De minimale saliniteit neemt in het zeewaartse deel van de Westerschelde (tussen Vlissingen en Baarland) toe en in het opwaartse deel van de Westerschelde (tussen Baarland en Prosperpolder) af.

Hierdoor neemt het verschil tussen de maximale en minimale saliniteit (saliniteitsbereik) in het zeewaartse deel van de Westerschelde iets af (afname is bij hoge afvoer iets groter), en in het opwaartse deel van de Westerschelde iets toe (toename is bij lage afvoer iets groter).



Figuur 8-5: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie tot 2030



Figuur 8-6: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij doortij en springtij ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie tot 2030

In Appendix G van dit rapport zijn figuren (figuur G-11 tot en met figuur G-14) opgenomen die voor de situatie 2030 de ruimtelijke verdeling van de verschillen weergegeven tussen de ontwikkeling met de geoptimaliseerde stortstrategie (projectalternatief Nevengoul) en de ontwikkeling met de huidige stortstrategie (projectalternatief min). In de figuren zijn de verschillen in de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Uit de figuren blijkt dat de toename van de minimale saliniteit bij hoge afvoer in het zeewaartse deel van de Westerschelde op geïsoleerde locaties optreedt (verschillen kleiner dan 0,5 à 1,0 ppt). Er moet echter rekening gehouden worden met mogelijke (kleine) modeffecten (randverstoringen) nabij de randen van het model, waardoor aan deze toename geen conclusies kunnen worden verbonden.

Overigens is er door het hele studiegebied heen, zowel binnen als buiten de geulen, geen uitgesproken toename van de saliniteit berekend.

Saliniteitsgradiënt

De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

8.3.3 Conclusies projectalternatief P4N

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten van de verruimde vaargeul de volgende conclusies getrokken:

- Het effect op de saliniteit door de verruiming van de vaargeul, waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen wordt gestort, is zowel in 2010, als na 20 jaar in 2030 klein tot zeer klein (kleiner dan 0,2 ppt).
- Zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde worden afwisselend zones van gering afname en geringe toename berekend. De verschillen zijn echter altijd klein.
- De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten van de geoptimaliseerde stortstrategie de volgende conclusies getrokken:

- De verandering van de saliniteit als gevolg van de geoptimaliseerde stortstrategie, waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen wordt gestort, inclusief de aanwezigheid van de verruimde vaargeul, is na 20 jaar klein tot zeer klein (kleiner dan 0,2 à 0,3 ppt).
- In de Beneden-Zeeschelde zijn eventuele veranderingen van de saliniteit kleiner dan 0,1 ppt.
- De aanwezigheid van de verruimde vaargeul leidt, ten aanzien van de geoptimaliseerde stortstrategie, niet tot additionele verschillen ten opzichte van de situatie zonder verruiming.
- De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

9 Projectalternatief – storting op plaatranden

9.1 Inleiding

In de morfologische studie is een keuze gemaakt voor een geoptimaliseerde stortstrategie die het beste aansluit bij de behoudsdoelstelling van het milieueffectrapport (zie basisrapport Morfologie). Aangezien in deze variant geen aanlegbaggerspecie op plaatranden gestort wordt, zouden de gewenste integrale milieueffecten van storten op de plaatranden niet beschreven worden. Om hier wel zorg voor te dragen is besloten om twee P4 alternatieven te bestuderen. In de eerste variant (projectalternatief Nevengeul) wordt zoveel mogelijk aanleg- en onderhoudsbaggerspecie op de nevengeulen gestort, in de tweede variant (projectalternatief Plaatrand) wordt een deel van zowel de aanleg- als de onderhoudsbaggerspecie (20 procent) op plaatranden gestort, zie paragraaf 1.1.3

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de verruiming van de vaargeul op de zoutdynamiek van het Schelde-estuarium, uitgaande van de geoptimaliseerde stortstrategie waarbij een deel van het onderhoud op de plaatranden wordt gestort (projectalternatief Plaatrand). De invloed van de verruiming waarbij zoveel mogelijk wordt gestort in de nevengeulen (projectalternatief Nevengeul), wordt beschreven in hoofdstuk 8.

In dit hoofdstuk zal ook beschreven worden wat het effect op middellange termijn (2030) van de geoptimaliseerde stortstrategie is op de zoutdynamiek, uitgaande van de ontwikkeling met verruimde vaargeul. Hiertoe zullen de resultaten van het projectalternatief Nevengeul vergeleken worden met het projectalternatief min.

Juist na aanleg (2010) heeft de keuze van de onderhoudsstrategie nog niet tot verschillende morfologische ontwikkelingen geleid. De effecten van de verruiming direct na aanleg zijn daarom alleen onderzocht voor projectalternatief Nevengeul, waarbij de aanlegspecie zoveel mogelijk in de nevengeulen is gestort (zie hoofdstuk 8).

Voor het jaar 2030 zijn met het Slib3D-model onderstaande simulaties uitgevoerd (*Tabel 9-1*):

	Rekenjaar		
	2005	2010	2030
Projectalternatief Plaatrand	-	-	P4P30-hoog P4P30-laag

Tabel 9-1: Simulatieoverzicht

Om de effecten van de verruiming op middellange termijn te onderzoeken zal een vergelijking worden gemaakt met het nulplusalternatief in het jaar 2030. De stortstrategie die voor het nulplusalternatief is toegepast, is identiek aan de stortstrategie van het projectalternatief Nevengeul. Hierdoor zal in de verschillen tussen het projectalternatief Plaatrand en het nulplusalternatief zowel een effect als gevolg van de verruiming, als een effect door het verschil in stortstrategie aanwezig zijn.

Door een vergelijking te maken tussen de projectalternatieven en het nulplusalternatief worden de effecten van de verruiming en bijbehorende stortstrategie geïsoleerd van de autonome veranderingen.

Op deze wijze wordt dus een integrale effectanalyse uitgevoerd voor de verschillende aanlegvarianten.

9.2 Beschrijving projectalternatief Plaatrand

Voor de situatie 2030 van het projectalternatief Plaatrand zijn alle schematisaties in de modellering meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft onderdelen als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige- en Prosperpolder (zie ook paragraaf 6.3).

De bodem van 2030 volgens het projectalternatief Plaatrand is geconstrueerd met behulp van de resultaten van het morfologisch model die zijn toegeleverd vanuit de deelstudie Morfologie (zie basisrapport Morfologie). Bij de morfologische berekeningen is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen die voor deze periode zijn voorzien. De vaargeul is verdiept en onderhouden op zijn toekomstige diepgang (GLWS -14,70 meter) en de geoptimaliseerde stortstrategie (deels op plaatranden) is toegepast.

Voor het jaar 2030 zijn vanuit de deelstudie Water randvoorwaarden (waterstanden, debieten en zoutgehalten) aangeleverd voor het Slib3D-model bij een gemiddelde afvoer (zie basisrapport Water). Hieruit zijn door extrapolatie randvoorwaarden gegenereerd bij hoge en bij lage afvoer (zie paragraaf 4.2.5). Bij de berekeningen van de randvoorwaarden is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen (inclusief zeespiegelstijging en bodemveranderingen als gevolg van de verruiming) die voor deze periode zijn voorzien.

9.3 Analyse projectalternatief Plaatrand

De effecten van de verruimde vaargeul (projectalternatief Plaatrand) zijn afgezet tegen referentieberekeningen, enerzijds om de effecten van de verruiming te bestuderen (vergelijking met het nulplusalternatief), anderzijds om het effect van de geoptimaliseerde stortstrategie te beoordelen in de situatie dat ook de vaargeul is gerealiseerd (vergelijking met projectalternatief min). In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties en de analyse van de verschillen in ontwikkeling van de zoutdynamiek voor de situatie in 2030 gepresenteerd.

Bij de bespreking van de figuren zal gebruik gemaakt worden van het type figuren dat beschreven staat in paragraaf 6.4.1.

Als gevolg van de ontwikkeling met verruimde vaargeul en de geoptimaliseerde stortstrategie blijft de zoutdynamiek kwalitatief gezien onveranderd ten opzichte van de autonome ontwikkeling (met de geoptimaliseerde stortstrategie). In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op de verschillen in ontwikkeling die zich voordoen in 2030, zonder dat de verschillen ten opzichte van voorgaande jaren worden besproken.

Voor een globale beschrijving van de resultaten van de berekeningen wordt daarom verwezen naar de bespreking van de resultaten voor de huidige situatie in paragraaf 5.3 en voor de verschillen met de situatie in 2010 naar het nulalternatief in paragraaf 6.4.

9.3.1 Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul

In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het projectalternatief Plaatrand en het nulplusalternatief kunnen worden afgeleid.

Saliniteitsvariatie

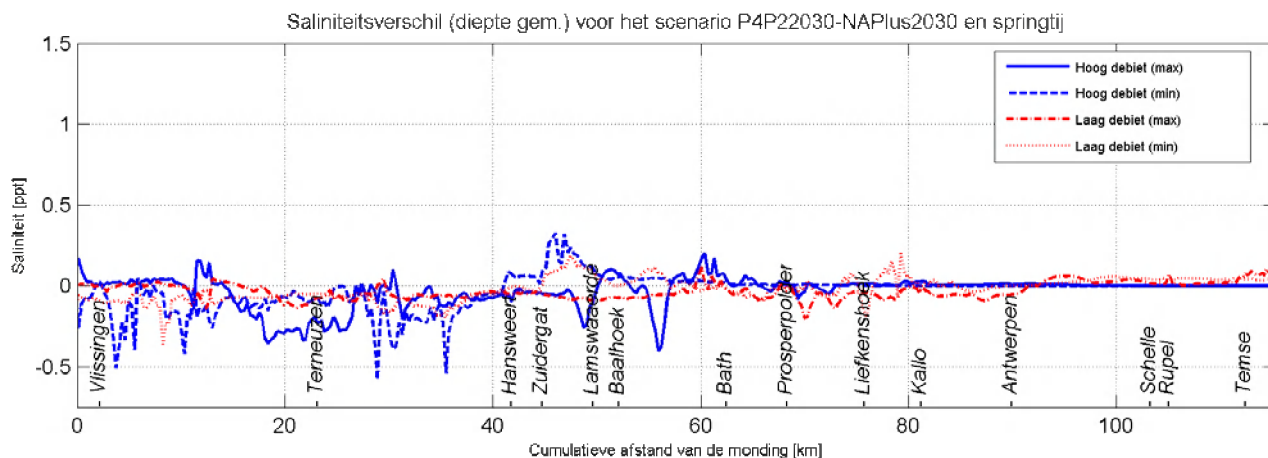
Het effect op de saliniteit veroorzaakt door de verruiming, in combinatie met de geoptimaliseerde stortstrategie waarbij deels op de plaatranden wordt gestort, is na 20 jaar klein tot zeer klein (over het algemeen kleiner dan 0,3 à 0,4 ppt).

In figuur 9-1 wordt het verschil van de minimale en maximale (dieptegemiddelde) saliniteit langs de as van de Schelde voor verschillende bovenafvoeren gegeven (springtij). In figuur 9-2 wordt het verschil van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gepresenteerd bij springtij en bij doottij, gecombineerd met een hoge afvoer.

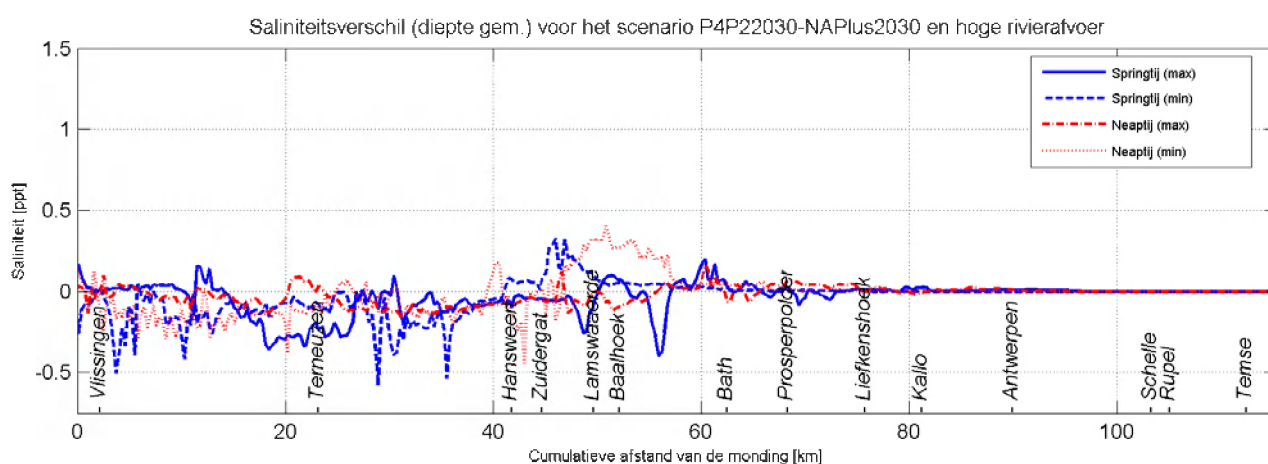
Uit een vergelijking van de figuren onderling (figuur 9-1 en figuur 9-2) blijkt dat de invloed van de verruiming van de vaargeul gering is zowel bij hoge als bij lage afvoer, en zowel bij springtij als bij doottij. Zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde worden afwisselend zones van geringe afname en geringe toename berekend. De verschillen zijn echter altijd klein.

In 2030 nemen zowel de minimale als de maximale saliniteit zeewaarts van Hansweert af (tot 0,3 à 0,4 ppt). Tussen Hansweert en Bath (Zuidergat) is er een toename van de minimale saliniteit (tot 0,2 à 0,3 ppt); de maximale saliniteit neemt iets af. Tussen Prosperpolder en Antwerpen is er een afname van de maximale saliniteit (bij lage afvoer); de minimale saliniteit is onveranderd. In de Beneden-Zeeschelde zijn eventuele veranderingen van de saliniteit kleiner dan 0,1 à 0,2 ppt.

Wanneer de bevindingen voor het projectalternatief Nevengeul (paragraaf 8.3) worden vergeleken met de bevindingen in dit hoofdstuk, blijkt dat de invloed van de verruiming waarbij deels op enkele plaatranden (projectalternatief Plaatrand) wordt gestort in de Westerschelde een grotere invloed heeft dan het alternatief met verruimde vaargeul waarin zoveel mogelijk in de nevengeulen wordt gestort (projectalternatief Nevengeul). Hierbij geldt echter dat de resultaten in dit hoofdstuk zijn vergeleken met de autonome ontwikkeling waarbij de geulen worden onderhouden door zoveel mogelijk in de nevengeulen te storten, analoog aan projectalternatief Nevengeul. Gezien het geringe effect van de verruiming zelf, zoals blijkt uit de bestudering van projectalternatief Nevengeul en projectalternatief min, moet de grotere invloed geheel worden toegeschreven aan de gewijzigde onderhoudsstrategie (deels storten op de plaatranden).



Figuur 9-1: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de verruiming in 2030



Figuur 9-2: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij springtij en doortij ten gevolge van de verruiming in 2030

In Appendix H van dit rapport zijn figuren (figuur H-1 tot en met figuur H-4) opgenomen die voor de situatie 2030 de ruimtelijke verdeling van de verschillen weergeven tussen de ontwikkeling met verruimde vaargeul (projectalternatief Plaatrand) en de autonome ontwikkeling zonder vaargeul (nulplusalternatief), beide met een geoptimaliseerde stortstrategie (zie opmerking hierboven). In de figuren zijn de verschillen in de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Uit de figuren blijkt dat het onderhoud op de plaatranden een direct effect heeft, zij het zeer klein, op de geulen die in de omgeving van een plaatrand liggen (kleiner dan 0,2 à 0,4 ppt). In de figuren wordt bijvoorbeeld een afname van de maximale saliniteit berekend in de Pas van Terneuzen (nabij de Hooge Platen) en op de Platen van Valkenisse (nabij Walsoorden), een toename van de minimale saliniteit in het Zuidergat (nabij Walsoorden), en een afname van de minimale saliniteit in het Gat van Ossenis en de Overloop van Hansweert (beide in de omgeving van de Rug van Baarland). De verschillen treden overigens vooral op bij hoge afvoer; bij lage afvoer zijn de effecten kleiner.

Saliniteitsgradiënt

Ondanks de (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit, zijn er geen aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

9.3.2 Resultaten modelberekeningen – stortstrategie

In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het projectalternatief Plaatrand in 2030 en het projectalternatief min in 2030 kunnen worden afgeleid.

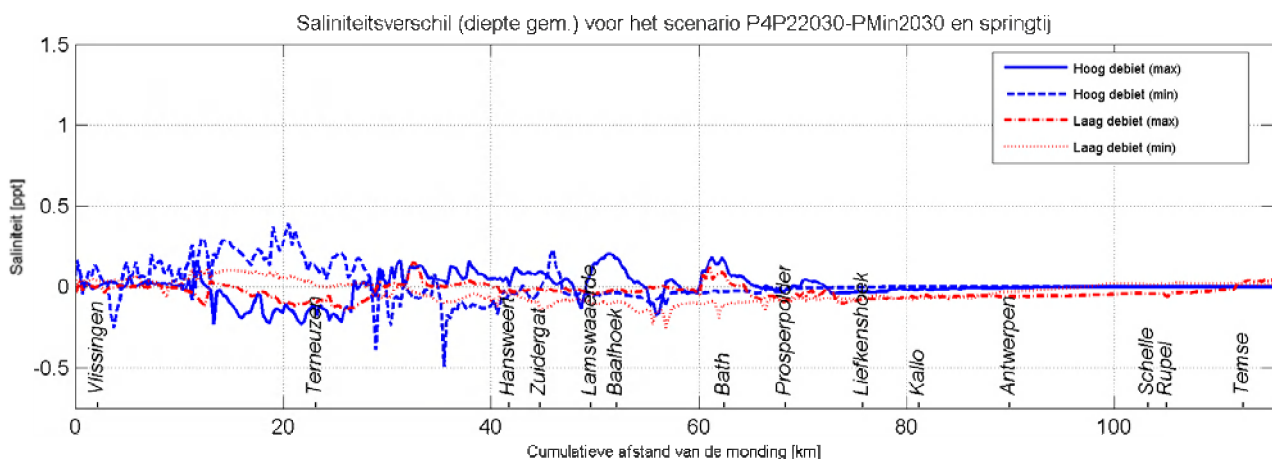
Saliniteitsvariatie

Het additionele effect van de ontwikkeling met geoptimaliseerde stortstrategie op de saliniteit is na 20 jaar klein tot zeer klein (kleiner dan 0,5 ppt). De resultaten vertonen grote overeenkomst met de resultaten in paragraaf 7.3 (nulalternatiefplus) en paragraaf 8.3 (projectalternatief P4N). De bevindingen zijn daarom ook grotendeels gelijk.

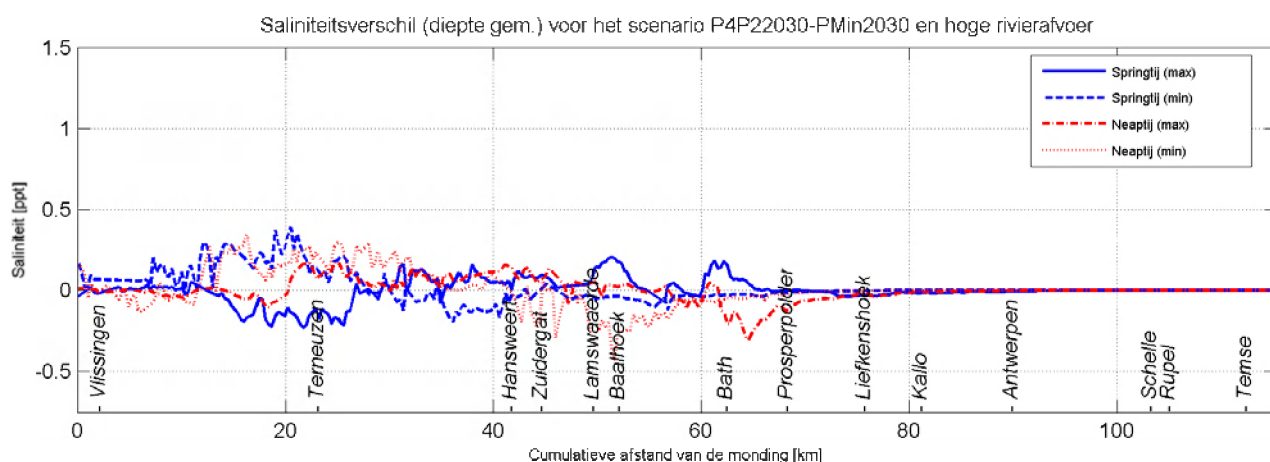
In figuur 9-3 wordt het verschil van de minimale en maximale (dieptegemiddelde) saliniteit langs de as van de Schelde voor verschillende bovenafvoeren gegeven (springtij). In figuur 9-4 wordt het verschil van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gepresenteerd bij springtij en bij doodtij, gecombineerd met een hoge afvoer.

Tijdens springtij zijn de effecten klein (kleiner dan 0,2 à 0,3 ppt) en voornamelijk gelegen in de Westerschelde. Er is een geringe toename van de maximale saliniteit tussen Terneuzen en Prosperpolder. De minimale saliniteit neemt in het zeewaartse deel van de Westerschelde (tussen Vlissingen en Baarland) toe en in het opwaartse deel van de Westerschelde (tussen Baarland en Prosperpolder) af.

Hierdoor neemt het verschil tussen de maximale en minimale saliniteit (saliniteitsbereik) in het zeewaartse deel van de Westerschelde iets af (afname is bij hoge afvoer iets groter), en in het opwaartse deel van de Westerschelde iets toe (toename is bij lage afvoer iets groter).



Figuur 9-3: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie tot 2030



Figuur 9-4: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij doortij en springtij ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie tot 2030

In de Appendix H dit rapport zijn figuren (figuur H-5 tot en met figuur H-8) opgenomen die voor de situatie 2030 de ruimtelijke verdeling van de verschillen weergeven tussen de ontwikkeling met de geoptimaliseerde stortstrategie (projectalternatief Plaatrand) en de ontwikkeling met de huidige stortstrategie (projectalternatief min). In de figuren zijn de verschillen in de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Uit de figuren blijkt dat de toename van de minimale saliniteit bij hoge afvoer in het zeewaartse deel van de Westerschelde op geïsoleerde locaties optreedt (verschillen kleiner dan 0,5 à 1,0 ppt). Er moet echter rekeninggehouden worden met mogelijke (kleine) modeffecten (randverstoringen) nabij de randen van het model, waardoor aan deze toename geen conclusies kunnen worden verbonden.

Overigens is er door het hele studiegebied heen, zowel binnen als buiten de geulen, geen uitgesproken toename van de saliniteit berekend.

Saliniteitsgradiënt

De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

9.3.3 Conclusies projectalternatief Plaatrand

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten van de verruimde vaargeul de volgende conclusies getrokken:

- De verschillen in saliniteit als gevolg van de verruiming van de vaargeul, waarbij deels op de plaatranden wordt gestort, is na 20 jaar klein (kleiner dan 0,3 à 0,4 ppt).
- De invloed van de verruiming volgens het projectalternatief P4P (verruiming met deels storten op plaatranden) is in de Westerschelde groter dan de invloed van projectalternatief Nevengeul (verruiming met storten in nevengeulen).
- De grotere invloed wordt geheel toegeschreven aan de gewijzigde onderhoudsstrategie (deels storten op de plaatranden) en staat los van de verruiming.
- In de Beneden-Zeeschelde zijn eventuele veranderingen van de saliniteit kleiner dan 0,1 ppt.
- Zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde worden afwisselend zones van gering afname en geringe toename berekend. De verschillen zijn echter altijd klein.

-
- De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten van de geoptimaliseerde stortstrategie de volgende conclusies getrokken:

- Het effect op de saliniteit van de geoptimaliseerde stortstrategie, waarbij deel op de plaatranden wordt gestort, inclusief de aanwezigheid van de verruimde vaargeul, is na 20 jaar klein tot zeer klein (kleiner dan 0,2 à 0,3 ppt).
- In de Beneden-Zeeschelde zijn eventuele veranderingen van de saliniteit kleiner dan 0,1 ppt.
- De aanwezigheid van de verruimde vaargeul leidt, ten aanzien van de geoptimaliseerde stortstrategie, niet tot additionele verschillen ten opzichte van de situatie zonder verruiming.
- Het verschil in stortstrategie (nevengeulen of plaatranden) leidt niet tot additionele onderlinge verschillen in de zoutdynamiek.
- De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

10 Projectalternatief min

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de verruiming van de vaargeul op de zoutdynamiek van het Schelde-estuarium wanneer in plaats van een geoptimaliseerde stortstrategie wordt uitgegaan van de huidige stortstrategie (vigerend beleid).

Om de effecten van de verruiming op middellange termijn te onderzoeken zal een vergelijking worden gemaakt met het nulalternatief in het jaar 2030. In het projectalternatief min is de aanlegstort identiek aan de aanlegstort voor projectalternatief Nevengeul en is de stortstrategie (onderhoud) uit het nulalternatief toegepast (WVO vergunning 2006 voor terugstorten van baggerspecie in de Westerschelde).

Voor het jaar 2030 zijn met het Slib3D-model onderstaande simulaties uitgevoerd:

	Rekenjaar		
	2005	2010	2030
Projectalternatief min	-	-	P-30-hoog P-30-laag

Tabel 10-1: Simulatieoverzicht

De resultaten zullen ook gebruikt worden om het effect op middellange termijn (2030) van de geoptimaliseerde stortstrategie op de zoutdynamiek te bepalen, uitgaande van de ontwikkeling met verruimde vaargeul. Hiertoe zijn de resultaten van het projectalternatief min in hoofdstuk 8 vergeleken met het projectalternatief Nevengeul en in hoofdstuk 9 met projectalternatief Plaatrand.

Juist na aanleg (2010) heeft de keuze van de onderhoudsstrategie nog niet tot verschillende morfologische ontwikkelingen geleid. De effecten direct na aanleg zijn daarom alleen onderzocht voor projectalternatief Nevengeul, waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen is gestort (zie hoofdstuk 8).

Door een vergelijking te maken tussen het projectalternatief min en het nulalternatief worden de effecten van de verruiming bij het huidige stortstrategie geïsoleerd van de autonome veranderingen.

10.2 Beschrijving projectalternatief min

Voor de situatie 2030 van het projectalternatief min zijn alle schematisaties in de modellering meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft onderdelen als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige- en Prosperpolder (zie ook paragraaf 6.3).

De bodem van 2030 volgens het projectalternatief min is geconstrueerd met behulp van de resultaten van het morfologisch model die zijn toegeleverd vanuit de deelstudie Morfologie (zie basisrapport Morfologie). Bij de morfologische berekeningen is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen die voor deze periode zijn voorzien. De vaargeul is verdiept en onderhouden op zijn toekomstige diepgang (GLLWS –14,70m) en de huidige stortstrategie (WVO vergunning 2006) is toegepast.

Voor het jaar 2030 zijn vanuit de deelstudie Water randvoorwaarden (waterstanden, debieten en zoutgehalten) aangeleverd voor het Slib3D-model bij een gemiddelde afvoer (zie basisrapport Water). Hieruit zijn door extrapolatie randvoorwaarden gegenereerd bij hoge en bij lage afvoer (zie paragraaf 4.2.5). Bij de berekeningen van de randvoorwaarden is rekening gehouden met alle autonome ontwikkelingen (inclusief zeespiegelstijging en bodemveranderingen als gevolg van de verruiming) die voor deze periode zijn voorzien.

10.3 Analyse projectalternatief min

De effecten van de verruimde vaargeul (projectalternatief min) zijn afgezet tegen referentieberekeningen, om de effecten van de verruiming te bestuderen in de situatie de huidige onderhoudsstrategie (vergelijking met het nulalternatief). In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties en de analyse van de verschillen in ontwikkeling van de zoutdynamiek voor de situatie in 2030 gepresenteerd.

Bij de bespreking van de figuren zal gebruik gemaakt worden van het type figuren dat beschreven staat in paragraaf 6.4.1.

Als gevolg van de ontwikkeling met verruimde vaargeul (met de huidige stortstrategie) blijft de zoutdynamiek kwalitatief gezien onveranderd ten opzichte van de autonome ontwikkeling. In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op de verschillen in ontwikkeling die zich voordoen in 2030, zonder dat de verschillen ten opzichte van voorgaande jaren worden besproken.

Voor een globale beschrijving van de resultaten van de berekeningen wordt daarom verwezen naar de bespreking van de resultaten voor de huidige situatie in paragraaf 5.3 en voor de verschillen met de situatie in 2010 naar het nulalternatief in paragraaf 6.4.

10.3.1 Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul

In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het projectalternatief min en het nulalternatief kunnen worden afgeleid.

Saliniteitsvariatie

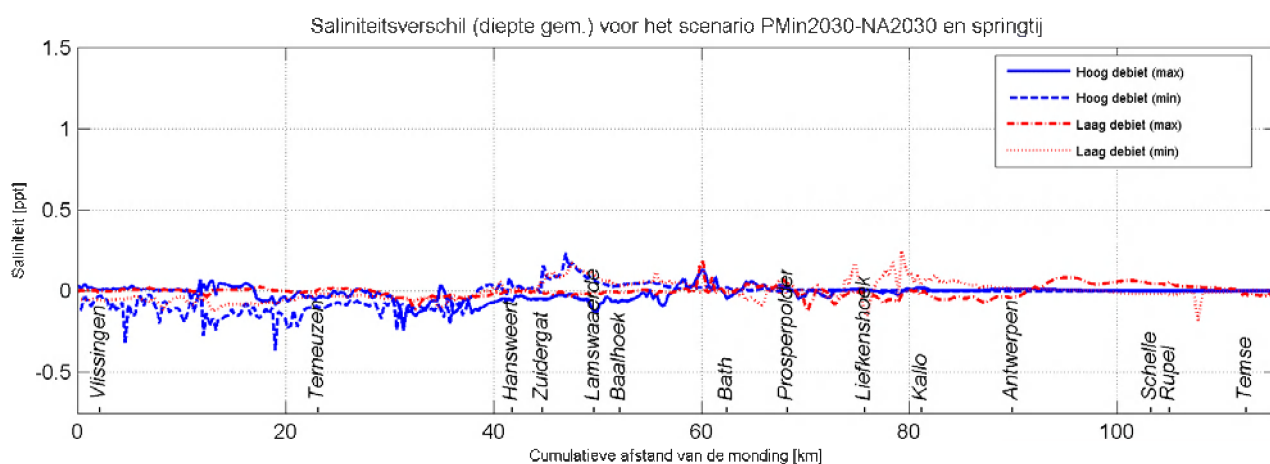
Het effect op de saliniteit veroorzaakt door de verruiming, in combinatie met de huidige stortstrategie, is na 20 jaar klein tot zeer klein (over het algemeen kleiner dan 0,2 ppt).

In figuur 10-1 wordt het verschil van de minimale en maximale (dieptegemiddelde) saliniteit langs de as van de Schelde voor verschillende bovenafvoeren gegeven (springtij). In figuur 10-2 wordt het verschil van de (dieptegemiddelde) minimale en maximale saliniteit gepresenteerd bij springtij en bij doodtij, gecombineerd met een hoge afvoer.

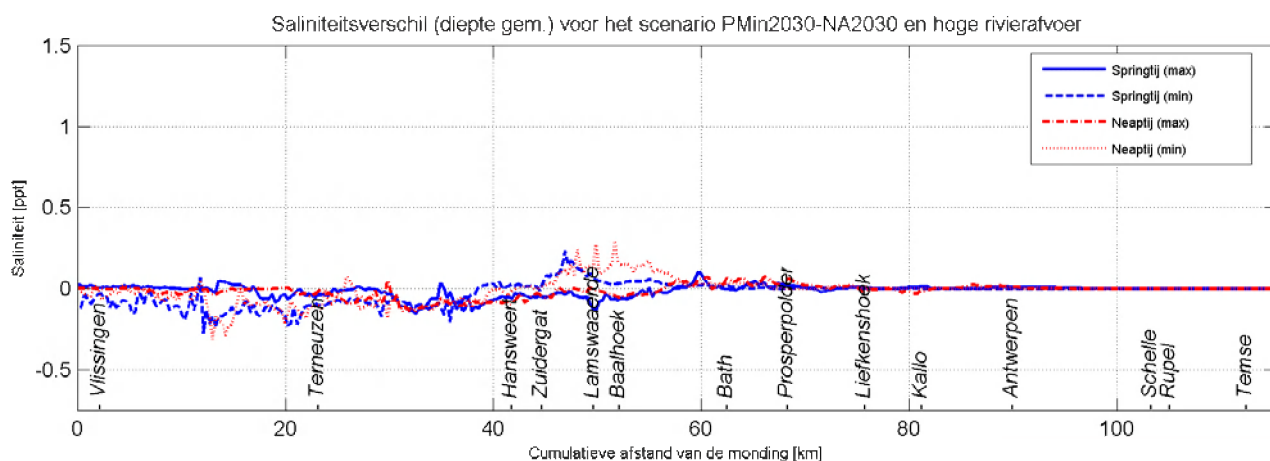
Uit een vergelijking van de figuren onderling (figuur 10-1 en figuur 10-2) blijkt dat de invloed van de verruiming gering is zowel bij hoge als bij lage afvoer, en zowel bij springtij als bij doottij. Zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde worden afwisselend zones van geringe afname en geringe toename berekend. De verschillen zijn echter altijd klein.

Uit de resultaten blijkt dat in 2030 zowel de minimale als, (in mindere mate) de maximale saliniteit zeewaarts van Hansweert is afgenomen. Tussen Hansweert en Bath is er een toename van de minimale saliniteit; de maximale saliniteit neemt iets af. Tussen Prosperpolder en Antwerpen is er bij lage afvoer een afname van de maximale saliniteit; de minimale saliniteit is neemt iets toe.

De resultaten vertonen overeenkomsten met de vergelijking tussen het projectalternatief Nevengeul en het nulplusalternatief. Dit ligt in het feit dat de aanleg van de projectalternatief min heeft plaatsgevonden door stortingen op in de nevengeulen, overeenkomstig het projectalternatief Nevengeul.



Figuur 10-1: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij hoge en lage afvoer ten gevolge van de verruiming in 2030



Figuur 10-2: Verschil in (dieptegemiddelde) saliniteit bij springtij en doottij ten gevolge van de verruiming in 2030

In Appendix I van dit rapport zijn figuren (figuur I-1 tot en met figuur I-4) opgenomen die voor de situatie 2030 de ruimtelijke verdeling van de verschillen weergeven tussen de ontwikkeling met verruimde vaargeul (projectalternatief min) en de autonome ontwikkeling zonder vaargeul (nulalternatief), beide met de huidige stortstrategie. In de figuren zijn de verschillen in de minimale en maximale saliniteit nabij de bodem weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Door het hele studiegebied heen is er, zowel binnen als buiten de geulen, geen uitgesproken toename van de saliniteit berekend.

Saliniteitsgradiënt

De (kleine) veranderingen van maximale en minimale saliniteit als gevolg van de verruiming van de vaargeul bij voortzetting van de huidige stortstrategie leiden in 2030 niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

10.3.2 Conclusies projectalternatief min

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten van de verruimde vaargeul de volgende conclusies getrokken:

- Het effect op de saliniteit door de verruiming van de vaargeul, bij voortzetting van de huidige stortstrategie, is na 20 jaar klein tot zeer klein (kleiner dan 0,2 ppt).
- Zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde worden afwisselend zones van gering afname en geringe toename berekend. De verschillen zijn echter altijd klein.
- De (relatief geringe) verandering van maximale en minimale saliniteit leiden niet tot aanwijsbare verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterzones.

11 Overige aspecten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op 2 aspecten. Enerzijds de verwachte effecten van zandwinning op de zoutdynamiek en anderzijds de implicaties van de natuurontwikkeling in het Middengebied langsheen de Westerschelde.

11.1 Zandwinning

Zandwinning is een belangrijk element dat ingrijpt op het morfologische systeem en interacteert met het terugstorten van baggerspecie. Om meer inzicht te verkrijgen in het effect van zandwinning op het systeem zijn in de morfologische studie de volgende twee (extreme) simulaties uitgevoerd:

- Een scenario zonder zandwinning in de Westerschelde.
- Een scenario met dubbele zandwinning in de Westerschelde.

Voor de Beneden-Zeeschelde zijn alle scenario's aan elkaar gelijk.

In het onderzoek inzake de zout- en slibdynamiek zijn geen simulaties uitgevoerd om de invloed van verschillende scenario's inzake zandwinning te onderzoeken. Ten aanzien van de effecten van de zandwinning (als onderdeel van de autonome ontwikkeling) is geconcludeerd dat deze klein tot zeer klein (kleiner dan 1,0 ppt over 20 jaar) en verwaarloosbaar ten opzicht van de natuurlijke fluctuaties in saliniteit ten gevolge van de variatie in rivierafvoer (15 à 20 ppt op jaarbasis).

In de Beneden-Zeeschelde is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende scenario's inzake zandwinning (huidig beleid blijft behouden), zodat kan worden gesteld dat in dit deel van het studiegebied de conclusies uit de basissimulaties, zoals beschreven in de vorige hoofdstukken, van toepassing blijven.

In de Westerschelde geldt dat bij afbouw van de zandwinning dat er een nagenoeg gelijke doordringing van het zout vanuit zee zal zijn in 2030 als in 2010, zodat de conclusies die van toepassing zijn onmiddellijk na realisatie van de verruiming, geldig blijven. In het scenario met dubbele zandwinning in de Westerschelde wordt een verhoogde toename van de zoutindringing vanuit zee verwacht, zodat de zoutgrenzen vermoedelijk zullen opschuiven naar opwaarts in 2030.

11.2 Natuurontwikkeling Middengebied

In het onderzoek inzake de zout- en slibdynamiek zijn geen simulaties uitgevoerd om de invloed van verschillende scenario's inzake natuurontwikkeling in het Middengebied te onderzoeken.

Ten aanzien van de effecten van de aankoppeling van ontpolderde gebieden (ongeveer 295 hectare groot) wordt verwacht dat zij geen of verwaarloosbaar kleine invloed hebben op de globale zoutdynamiek.

12 Conclusies en overwegingen

12.1 Conclusies

De conclusies uit de studie naar de veranderingen in zoutdynamiek in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, als gevolg van de verruiming van de vaargeul en bij behorende stortstrategie, kunnen als volgt worden samengevat:

- Effecten op saliniteit ten gevolge van zeespiegelstijging, zandwinning, de verruiming van de vaargeul en de onderhoudsstrategie zijn klein tot zeer klein (kleiner dan 0,5 à 1,0 ppt) en verwaarloosbaar ten opzicht van de natuurlijke fluctuaties in saliniteit ten gevolge van de variatie in rivierafvoer (15 à 20 ppt op jaarbasis).
- Van de verschillende bestudeerde effecten heeft de autonome ontwikkeling (zeespiegelstijging en zandwinning) het grootste effect op de saliniteit in het gebied (kleiner dan 1 ppt over 20 jaar).
- De toegepaste onderhoudsstrategie heeft een (marginaal) groter effect dan de verruiming zelf (beide in de orde van 0,2 tot 0,3 ppt verhoging en verlaging).
- De invloed van de verruiming waarbij tijdens het onderhoud een deel van de specie op enkele plaatranden wordt gestort heeft een grotere invloed op de saliniteit dan het alternatief waarin alleen in de nevengeulen wordt gestort.
- Als gevolg van de verruiming of als gevolg van de veranderde stortstrategie, leiden de (relatief geringe) veranderingen van maximale saliniteit en minimale saliniteit, noch voor de situatie 2010, noch voor de situatie 2030, tot grote verschuivingen van de zout-, brak- en zoetwaterovergangen. Op basis van deze resultaten wordt verwacht dat ook voor de situatie in 2015 de effecten op de zoutverdeling in gelijke mate gering zullen zijn.
- Ten opzichte van de situatie in 2010 leidt de geringe toename van saliniteit als gevolg van de combinatie van zeespiegelstijging en bodemdaling door zandwinning (autonome ontwikkeling) in 2030 tot een (opwaartse) verschuiving van de saliniteitsgradiënt met circa 1 tot 2 kilometer. Deze verschuiving is klein ten opzichte van de natuurlijke variatie in de ligging van de zout-, brak- en zoetwaterzones (circa 30 tot 50 kilometer op jaarbasis). Globaal gezien blijft de vorm en de ligging van de saliniteitsgradiënt ongewijzigd.
- Er treedt een verschuiving van de overgang van zwak brak naar brak water op die varieert van circa 1 tot 1,5 kilometer bij hoge afvoer (tussen Baarland en Bath) tot circa 5 kilometer bij lage afvoer (opwaarts van Schelle). De overgang van brak naar sterk brak water schuift maximaal circa 500 meter op bij zowel hoge als lage afvoer. De overgang van sterk brak naar zout, en de overgang van zoet naar zwak brak verschuiven hoegenaamd niet.
- De verruiming heeft geen aanwijsbaar effect op de saliniteit in het deel van de Beneden-Zeeschelde opwaarts van Liefkenshoek (Deurganckdok).

12.2 Betrouwbaarheid en onzekerheden in de analyses

Een van de vragen die na aanleiding van de resultaten van de studie gesteld kunnen worden is of met het model de juiste processen worden gemodelleerd om de effecten van de verruiming op de saliniteit te simuleren.

Als de orde van grootte van het effect op de saliniteit wordt afgezet tegen de orde van grootte van de ingreep blijkt dat het model een consistent gedrag vertoont. In het algemeen kan gesteld worden dat de onzekerheden van het model van dezelfde orde zijn als de berekende veranderingen. Naar mate de (permanente) veranderingen van de bodem in omvang toenemen, nemen ook de saliniteitsveranderingen toe.

Uit de resultaten blijkt dat de aanleg van de verdieping een zeer klein effect heeft op de saliniteit van minder dan 0,2 ppt. Dit verschil wordt veroorzaakt door de initiële verdieping van de vaargeul en het verplaatsen van de aanlegbaggerespecie naar de stortvakken. In de daarop volgende jaren wordt er jaarlijks een onderhoudsinspanning van dezelfde orde als de aanlegbaggerwerken uitgevoerd. Dit leidt tot additionele verschuivingen in de bodemligging en alles bij elkaar een grotere ingreep op het systeem. De effecten op de saliniteit zijn iets groter, maar nog steeds kleiner dan circa 0,3 ppt.

De autonome ontwikkeling heeft in de studie het grootste effect op de saliniteit, maximaal circa 1 ppt. Naast de voorziene zeespiegelstijging hangt deze verandering samen met de onttrekking van zand aan het systeem, waardoor er een systematische afname van het zandvolume (of een systematische toename van het volume van het estuarium optreedt). Op jaarbasis heeft de afname van het zandvolume een veel groter effect dan de verplaatsing van de onderhoudsspecie naar de stortvakken.

Hieruit blijkt dat er een directe koppeling is tussen de omvang van de activiteiten (volume-verplaatsingen en volumeonttrekkingen) en de veranderingen in saliniteit. Dit geeft vertrouwen dat met het model de juiste processen worden gemodelleerd om de effecten van de bodemveranderingen op de saliniteit te modelleren.

Gevoeligheid resultaten voor klimaatsveranderingen en menselijk ingrijpen

Het modelleren van de toekomstige situaties (voorspellen) is sterk verbonden aan de keuze van de randvoorwaarden van het natuurlijke fysische systeem (zeespiegelstijging, rivierafvoer, waterstanden, enzovoort). Idealiter wordt de natuurlijke variabiliteit van een systeem in de toekomst beschreven door middel van een groot aantal scenario's (Smale en Van Rijn 2006). Hierbij moet gedacht worden aan verschillende scenario's voor enerzijds de klimaatveranderingen (zoals zeespiegelstijging, toegenomen bovenafvoer door extra regenval, toename temperatuur) en anderzijds scenario's voor het menselijk ingrijpen in het systeem (zandwinning, ontpolderingen, andere toekomstige verdiepingen).

Voor de definitie van de autonome ontwikkelingen (zie onder andere paragraaf 6,3 en het Onderzoeksplan) is zo goed mogelijk getracht invulling te geven aan het meest waarschijnlijke toekomstscenario. Dat neemt niet weg dat het 'slechts' één scenario betreft en dat de grote onzekerheden die er bestaan ten aanzien van de toekomstige (klimaat)ontwikkelingen ook invloed hebben op de onzekerheden van de toekomstige ontwikkeling van (de saliniteit in) het Schelde-estuarium.

De betrouwbaarheid van het model om de effecten van het gekozen toekomstscenario te simuleren is echter niet in het geding, ondanks de onzekerheid in de waarschijnlijkheid van dit toekomstscenario.

Gevoeligheid resultaten voor variatie in de bovenafvoer

Hoe reageert het model op plotselinge variaties (schommelingen) in de bovenafvoer van de Schelde en hoe is dit van invloed op de voorspelde effecten van de verruiming en bijbehorende stortscenario's?

Uit de analyses in hoofdstuk 3 is bekend dat er een asymmetrie is in de response van het systeem op een veranderende bovenafvoer. Voor de Beneden-Zeeschelde komt die asymmetrie tot uiting in een geleidelijke aanpassing van de saliniteit na een periode van hoge afvoer, terwijl bij hoge afvoer de saliniteit van het systeem zeer snel afneemt. In (het westelijke deel van) de Westerschelde werkt de asymmetrie omgekeerd.

Het verschil in saliniteit tussen een lage en een gemiddelde afvoer is niet groot, zeker in vergelijking met de saliniteit na een periode met hoge rivierafvoer. Tijdens een periode van hoge afvoer nemen saliniteitsveranderingen in (het westelijke deel van) de Westerschelde veel meer tijd in beslag.

Naar verwachting is de invloed van de verruiming op deze, soms plotselinge en extreme, variaties (schommelingen) in de saliniteit gering. Uiteindelijk worden de variaties direct beïnvloed door de grootte van de bovenafvoer, in verhouding tot het totale volume van het estuarium. Het water met de verlaagde saliniteit zal geleidelijk mengen met de rest van het zoute water en uiteindelijk met het zeewater. Uit de berekeningen die in dit rapport beschreven worden, blijkt dat de invloed van de verruiming op deze mengingsprocessen zeer beperkt is. Het is de verwachting dat berekeningen met een variërende bovenafvoer niet tot andere conclusies zullen leiden.

13 Referenties

Afdeling Natuur, Aeolus, UA, 2006, Achtergrondnota Natuur Haven van Antwerpen

Alkyon, 2006, Evaluatie van hydraulische modellen voor operationele getijvoorspellingen, Deelopdracht 3, Afregelen Vlaamse rivieren in het Kustzuid-model en vergelijking Kalman-sturing, April 2006, in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Kust

Antwerpse Zeediensten. (1974). Debieten van het Scheldebekken periode 1959-1972. Ministerie van Openbare Werken, AntwerpseZeehavendienst.

ARCADIS, Technum, Alkyon, (2004). Strategische MER Ontwikkelingsschets 2010 Schelde Estuarium, Onderzoek effecten van ontwikkelingen op de waterparameters

Bouma H., de Jong D. J., Twisk F. Wolfstein K., (2005), Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES.1) Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren, RIKZ/2005.024.

Bulckaen D., De Nocker L., Gauderis J., (2004) Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse voor de Actualisatie van het Sigmaplan, Syntheserapport

Dahl, E. (1956). Ecological salinity boundaries in poikilohaline waters. *Oikos*, 7(1): 1–21

Eck, van G.T.M., Holzhauer, H. (2006), Monitoring effecten van de verruiming 48'43', eindrapport 2006, Rapport RIKZ/2007.003, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

Fettweis M., Sas M. (1994). De complexe stroming in de toegangsgeul van de Zandvliet- en Berendrechtshuis: Inzicht via metingen en modellering. *Water*, Nr. 77, 109-116.

Fettweis M., Sas M., Meyvis L. (1994). Analyse van stroom- en sedimentmetingen ter hoogte van de Drempel van Zandvliet (Schelde). *Water*, Nr. 76, 88-99.

Fettweis M., Sas M., Monbaliu J. (1998). Seasonal, neap-spring and tidal variation of cohesive sediment concentration in the Scheldt estuary, Belgium. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47, 21-36.

Fettweis M., Sas M., Monbaliu J., Taverniers E. (1997). Langdurige meting van slibconcentratie, saliniteit en temperatuur te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde). *Water*, Nr. 92, 15-26.

HCZM Observaties van waterstanden en saliniteit uit Meetnet ZEGE van het Hydro Meteo Centrum Zeeland (HMCZ), Meetinformatiedienst Rijkswaterstaat zoals die beschikbaar zijn op www.hmcz.nl

Hurk, B. van den, Albert Klein Tank, Geert Lenderink, Aad van Ulden, Geert Jan van Oldenborgh, Caroline Katsman, Henk van den Brink, Franziska Keller, Janette Bessembinder, Gerrit Burgers, Gerbrand Komen, Wilco Hazeleger and Sybren Drijfhout, (2006) KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands, Scientific Report WR 2006-01, May 22, 2006, De Bilt, The Netherlands.

IMDC (1999). Containerdok West, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Langdurige stroom- en sedimentmetingen, analyse van de resultaten. IMDC rapport I/RA/11128/99.001/FDK.

IMDC, 2003a, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: Hydrologische en Hydraulische modellen, Volume 1b: Statistiek en Hydrologie Rupelbekken, I/RA/11200/02.017/BND

IMDC, 2003b, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: Hydrologische en Hydraulische modellen, Volume 1a: Statistiek Scheldebekken, I/RA/11199/03.027/JBL

IMDC, 2003c, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: hydrologische en hydraulische modellen, Volume 2a: Hydraulica Scheldebekken, I/RA/11199/03.003/SME

IMDC, 2003d, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: hydrologische en hydraulische modellen, Volume 2b: Hydrodynamisch model Rupelbekken, I/RA/11200/03.002/SME

IMDC (2004a) Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok. Deelrapport 1: Het hydrodynamisch model. I/RA/11239/03.049/EST revisie 2.0 - maart 2004. In opdracht van Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

IMDC (2004b) Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok. Deelrapport 2: Sedimentologisch en morfologisch model onderzoek. I/RA/11239/03.067/CMA revisie 1.0 - juni 2004. In opdracht van Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

IMDC (2004c) Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok. Hoofdrapport: Onderzoek naar de effecten op het milieu van het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. I/RA/11239/04.020/CMA. In opdracht van Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

IMDC (2005a). Uitbreiding studie denstiteitsstromingen in de Beneden-Zeeschelde in het kader van LTV Meetcampagne naar hooggeconcentreerde slib suspensies. Report 6: Prognostic cohesive sediment transport modelling. I/RA/11265/05.017/MSA juni 2005. (in samenwerking met WL|Delft Hydraulics)

IMDC, (2005b), Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse voor de Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 1, Faserapport 1: Composietrandvoorwaarden, I/RA/14082/03.055/JBL

IMDC (2006). Uitbreiding studie denstiteitsstromingen in de Beneden-Zeeschelde in het kader van LTV Meetcampagne naar hooggeconcentreerde slib suspensies. Report 5.2: Omgevingscondities juli – december 2005. I/RA/11265/05.019/MSA.

IMDC (2007), Vijftig jaar veranderingen in de Zeeschelde (in voorbereiding).

IMDC-Soresma-Resource Analysis (2006). Case study Durmevallei en Prosperpolder, Deelopdracht 5: Procesondersteunende tools, Volume 3: Hydrodynamische en morfologische studies ontpollering Noordelijke Gebieden. Report I/RA/11258/06.042/FTO v2.1.

IMDC-WLB (1992). Containerkaai Noord, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 2: Stroom- en sedimentmeting 04/10/1990. *IMDC rapport 1166-92.01.04-05*.

IMDC-WLB (1993a). Containerkaai Noord, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 9: Stroom- en sedimentmeting 13/06/1991. *IMDC rapport*.

IMDC-WLB (1993b). Interactie tussen de Containerkaai Noord en de toegangseul Zandvliet-Berendrecht. Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Eindrapport. *IMDC rapport 1166-93.12.12*.

IMDC-WLB (1994). Containerkaai Noord - hydraulisch en sedimentologisch onderzoek. Langdurige turbiditeitsmeting, Augustus 92 - December 93. *Rapport IMDC*.

IMDC-WLB (1995) Containerkaai-dok West Oriënterend hydraulische-sedimentologisch onderzoek Deelrapport 2: 3D modelonderzoek, I/R/PR11103/95.023/MSA

Meire P., M. Hoffmann en T. Ysebaert (Ed.) (1995). De Schelde, een stroom natuurtalent. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Ministerie voor Verkeer en Waterstaat en Zeeuwse Milieufederatie.

Otto L., J.T.F. Zimmerman, G.K. Furnes, M. Mork, R. Saetre en G. Becker (1990). Review of the physical oceanography of the North Sea. *Neth. J. of Sea Research*, 26(2-4), 161-238.

Peters J.J. & A. Sterling (1976). Hydrodynamique et transport de sédiments de l'estuaire de l'Escaut. In: Project Zee, Eindverslag, Boekdeel 10: Het Schelde Estuarium, eds. J.C.Nihoul & R. Wollast. 1-70

RA - IMDC, (2004), Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse voor de Actualisatie van het Sigmaplan, Conclusies op hoofdrapport

RA - IMDC, (2005), Geactualiseerd Sigmaplan voor veiligheid en natuurlijkheid in het bekken van de Zeeschelde, Synthesenota, in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal NV, Afdeling Zeeschelde

RA, IMDC, Aeolus, Sum, Tritel, Technum (2007), Mer strategisch Plan Haven van Antwerpen (in voorbereiding)

Rijkswaterstaat, 1998, Jaarboek Monitoring Rijkswateren, Kengetallen van het MWTL programma, RIKZ, Rijksinstituut voor Kust en Zee en RIZA, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad, 1999

Soresma-IMDC-Resource Analysis (2007). Ontwikkeling van een intergetijdengebied in Hedwigen- en Prosperpolder: Concept MER. Rapport 124215188 v2.

RWS Zeeland en AWZ Maritieme Toegang (2006), Startnotitie / Kennisgeving Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde, Antwerpen, Middelburg, februari 2006

Smale, A.J., Van Rijn, L.C. (2006). Bandbreedte en onzekerheden van kustmorfologische voorspellingen. VOP II Generiek Kustonderzoek, WL-rapport Z4101.

Soetaert K. Middelburg J.J., Heip C., Meire P., Van Damme S., Maris T., 2006, Long-term change in dissolved inorganic nutrients in the heterotrophic Scheldt Estuary (Belgium, The Netherlands), Limnol. Oceanogr., 51(1, part2), 409-423.

TV SAM (2005b). Masterplan Antwerpen - Oosterweelverbinding- Hydraulische en Morfologische Studie. Studierapport. Langdurige metingen Schelle, Hoboken, Oosterweel, Oosterweel left bank, Boerenschans and Lillo 01/2005 - 06/2005. 42SR S022MBO 2A.

UNESCO (1991), Processing of Oceanographic Station Data

Van Braeckel A., Piesschaert F., Van den Bergh E., 2006, Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren (19^{de} eeuw tot heden), INBO.R.2006.29 (draft)

Van Damme S., Ysebaert T., Meire P., Van den Bergh E., 1999, Habitatstructuren, waterkwaliteit en leefgemeenschappen in het Schelde-estuarium, Instituut voor Natuurbehoud, rapport 1999(24).

Van Damme S., Struyf E., Maris T., Ysebaert T., Dehairs F., Tackx M., Heip C., Meire P. (2005), - Spatial and temporal patterns of water quality along the estuarine salinity gradient of the Scheldt estuary (Belgium and The Netherlands): results of an integrated monitoring approach.- In: Hydrobiologia, 540(2005), p. 29-45

Waterbouwkundig Laboratorium (2004a) Alternatieve stortlocaties in de Beneden-Zeeschelde. Simulaties voor het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Stortlocatie Vlakte van Hoboken. Model 755/1 Rapport - mei 2004. In opdracht van MVG-LIN-AWZ-afdeling Maritieme Toegang

Waterbouwkundig Laboratorium (2004b) 2DH Nevla Scheldemodel (Scalwest 2000) met verbeterde Belgische roosterschematisatie. Bouw en afregeling stromingsmodel. Model 753 Definitief rapport - februari 2004.

Waterbouwkundig Laboratorium, (2005). Zeeschelde, Hydraulische effecten van een ontpoldering van Hedwigepolder, Prosperpolder en Doelpolder langs de linkeroever. Rapport MOD 713/14

WL (2005a). Delft 3D-FLOW, Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. Draft User Manual. Version 3.12 - December 2005.

WL (2005b). 3D mud transport model Zeeschelde. Note 2: Numerical aspects. D. S. van Maren and Z. B. Wang. Draft version 0.1 August 2005. Prepared for Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

WL-IMDC (2005). Three dimensional modelling of hydrodynamics and mud transport in the Beneden-Zeeschelde Estuary. Hydrodynamic modelling. Zheng Bing Wang, Theo van der Kaaij & Marc Sas. Z3824.20 Report June, 2005. In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

WL (2006a). Habitattoets: effecten bagger- en stortactiviteiten t.bijvoorbeeld havenonderhoud in Zeeuwse wateren. Westerschelde. Henk Baptist, Sharon Tatman, Thijs van Kessel, Godfried van Moorsel, Zheng-Bing Wang, Paul Erftemeijer, Z4112.00 Report, juni, 2006. In opdracht van het RIKZ Middelburg, NL

WL (2006b). Passende Beoordeling stortactiviteiten ten behoeve van baggerwerkzaamheden in het Kanaal van Gent naar Terneuzen,. Sharon Tatman, Henk Baptist, Thijs van Kessel, Zheng-Bing Wang, Z4248.00 Report, augustus 2006. In opdracht van het RWS Zeeland, NL

APPENDIX A SCATTERDIAGRAMMEN

REGRESSIE ANALYSE

RANDVOORWAARDENBEPALING

In scatter-diagrammen (tabel A-1 tot en met tabel A-6) is de saliniteit bij een hoge afvoer (respectievelijk lage afvoer) uitgezet tegen de saliniteit bij gemiddelde afvoer. De spreiding in de punten is het gevolg van verschillen in de mate waarin het estuarium zich heeft aanpast aan de veranderde aanvoer van zoet water. De regressieanalyse is daarom uitgevoerd op de laatste getijden uit de cyclus om zodoende een meer stabiele saliniteitsvariatie te verkrijgen

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van correlatie analyse per randlocatie gegeven:

	Correlatie	Hoge afvoer	Lage afvoer
Waterstand	lineair	$Z_{\text{hoog}} = 0,9977 \times Z_{\text{gem}} + 0,0285$ ($R^2 = 1$)	$Z_{\text{laag}} = 1,0008 \times Z_{\text{gem}} + 0,0127$ ($R^2 = 1$)
Saliniteit	lineair	$S_{\text{hoog}} = 2,0858 \times S_{\text{gem}} + 37,283$ ($R^2 = 0,9951$)	$S_{\text{laag}} = 0,6645 \times S_{\text{gem}} + 11,659$ ($R^2 = 0,9994$)

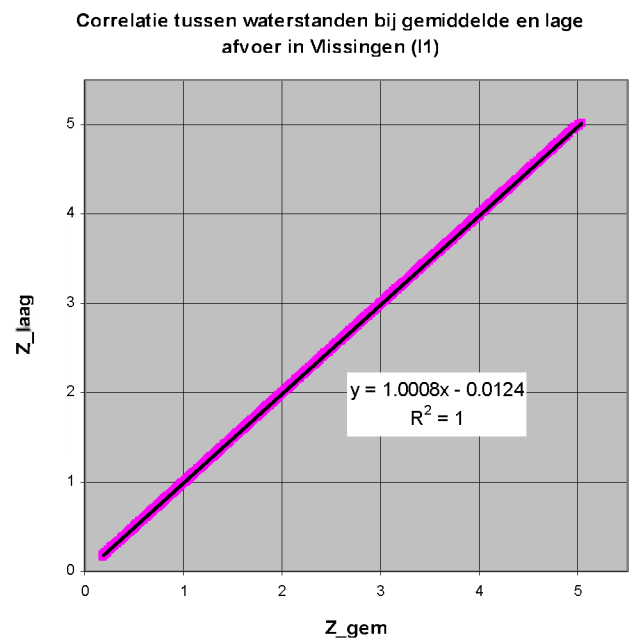
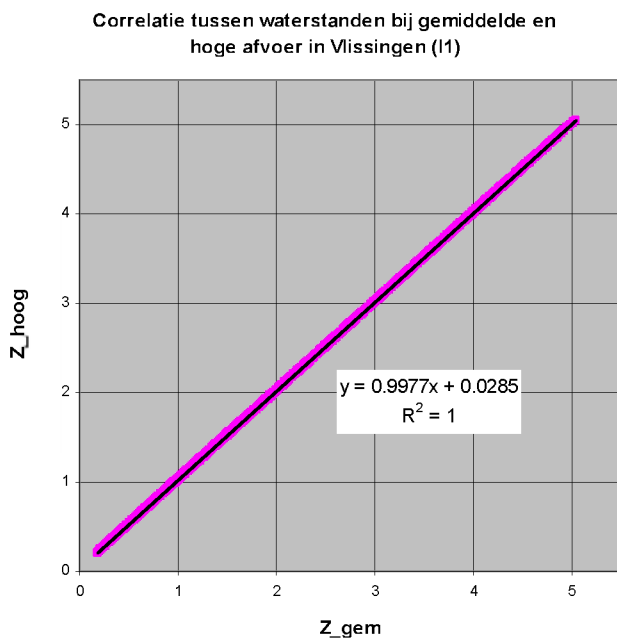
Tabel A-1: Correlatiecoëfficiënten modelrandvoorwaarde bij Vlissingen

	Correlatie	Hoge afvoer	Lage afvoer
Debieten	lineair	$Q_{\text{hoog}} = 0,9845 \times Q_{\text{gem}} - 198,52$ ($R^2 = 0,9986$)	$Q_{\text{laag}} = 0,9911 \times Q_{\text{gem}} + 40,243$ ($R^2 = 0,9998$)
Saliniteit	machts-functie	Nvt, $S_{\text{hoog}} = 0,3$	$S_{\text{laag}} = 1,5 + 8,2087 \times (S_{\text{gem}} - 0,30045)^{0.4041}$ ($R^2 = 0,9975$)

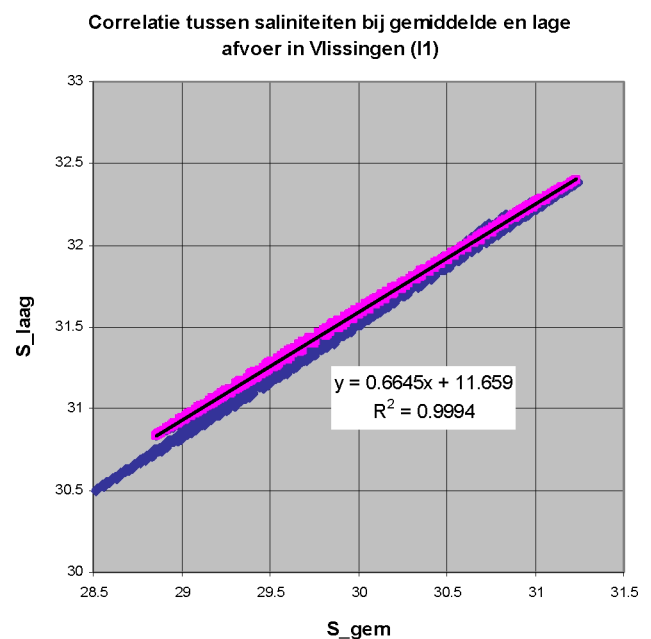
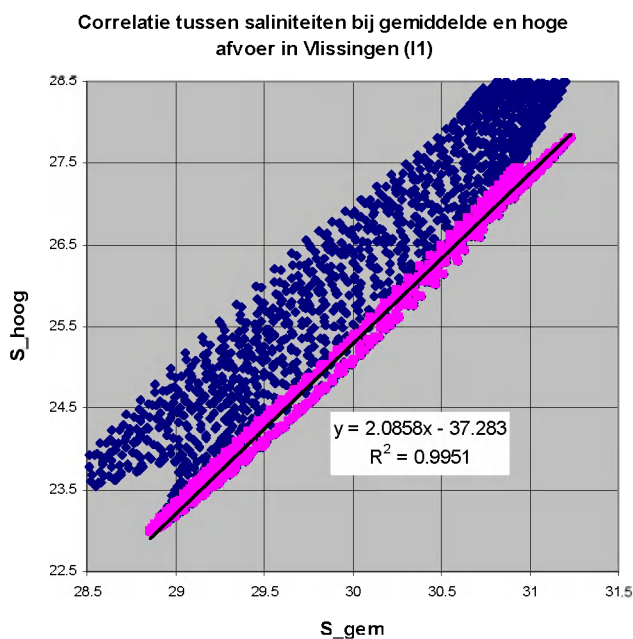
Tabel A-2: Correlatiecoëfficiënten modelrandvoorwaarde bij Temse

	Correlatie	Hoge afvoer	Lage afvoer
Debieten	lineair	$Q_{\text{hoog}} = 0,9347 \times Q_{\text{gem}} - 102,58$ ($R^2 = 0,9926$)	$Q_{\text{laag}} = 1,0267 \times Q_{\text{gem}} + 47,596$ ($R^2 = 0,9998$)
Saliniteit	machts-functie	Nvt, $S_{\text{hoog}} = 0,3$	$S_{\text{laag}} = 0,1 + 2,2376 \times ((S_{\text{gem}} - 0,29998) \times 200)^{0.3052}$ $R^2 = 0,9831$

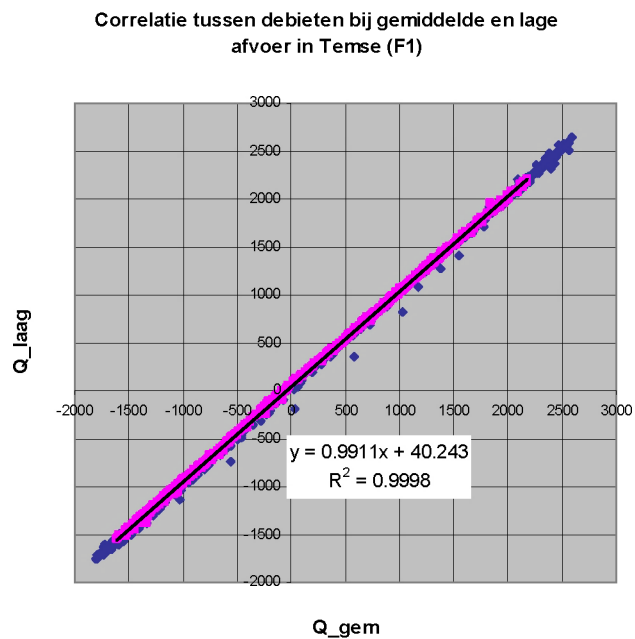
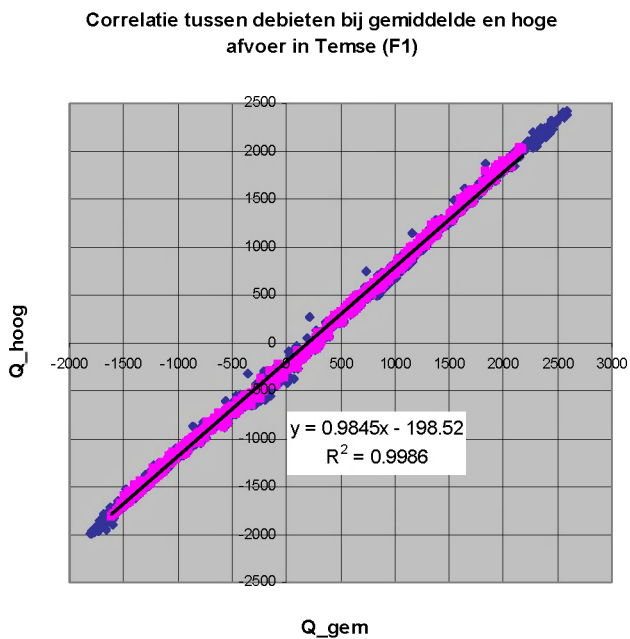
Tabel A-3: Correlatiecoëfficiënten modelrandvoorwaarde bij Walem



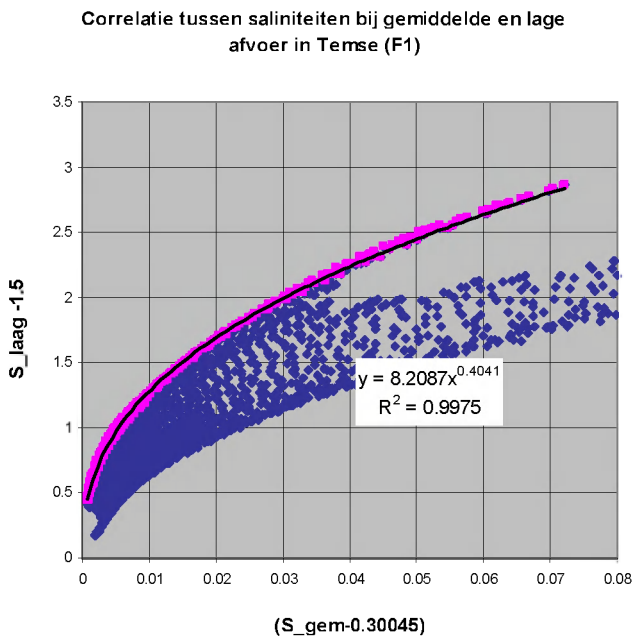
Figuur A-1: Correlatie waterstanden bij Vlissingen tussen a) gemiddelde en hoge bovenafvoer, b) gemiddelde en lage bovenafvoer



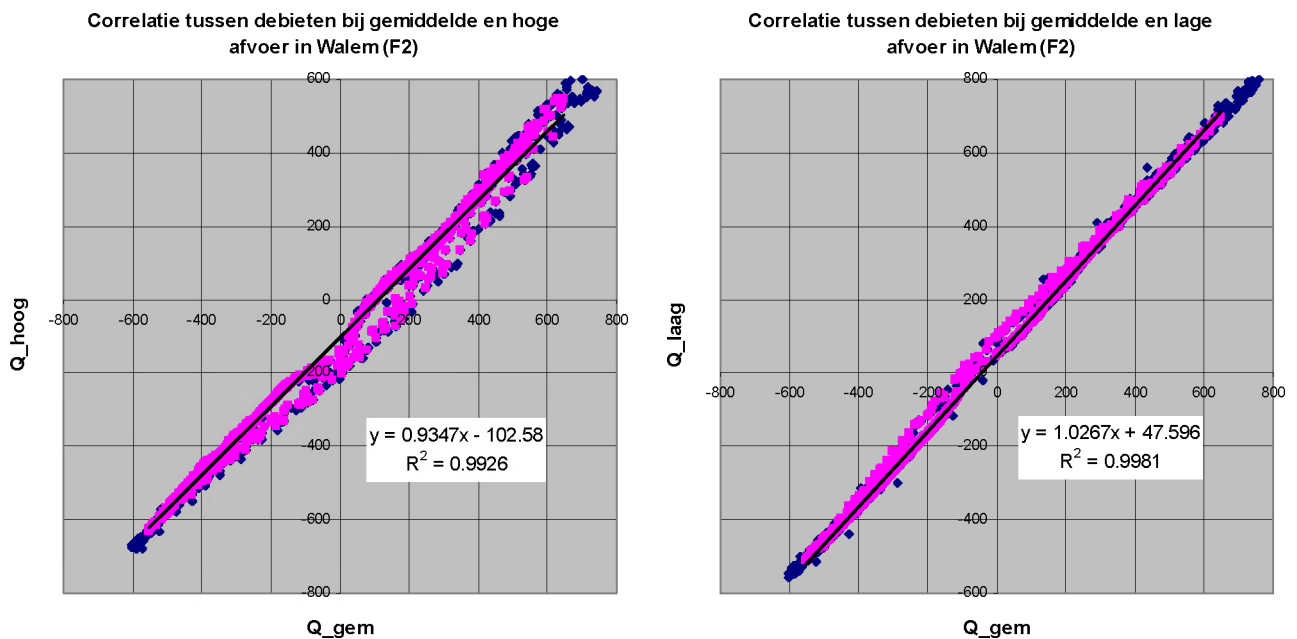
Figuur A-2: Correlatie saliniteit bij Vlissingen tussen a) gemiddelde en hoge bovenafvoer, b) gemiddelde en lage bovenafvoer



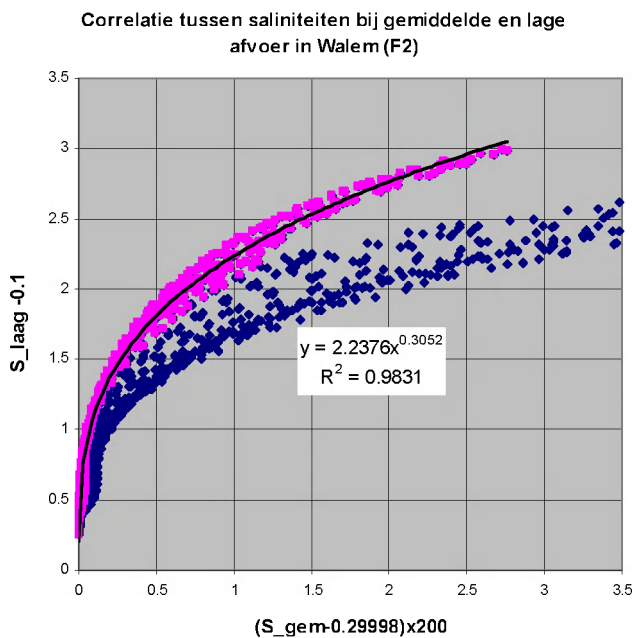
Figuur A-3: Correlatie debieten bij Temse tussen a) gemiddelde en hoge bovenafvoer, b) gemiddelde en lage bovenafvoer



Figuur A-4: Correlatie saliniteit bij Temse tussen gemiddelde en lage afvoer



Figuur A-5: Correlatie debieten bij Walem tussen a) gemiddelde en hoge bovenafvoer, b) gemiddelde en lage bovenafvoer



Figuur A-6: Correlatie saliniteit bij Walem tussen gemiddelde en lage afvoer

APPENDIX B BESCHRIJVING SIGMAPLAN EN HEDWIGE- EN PROSPERPOLDER

Deze bijlage is gebaseerd op RA-IMDC, 2005, Geactualiseerd Sigmaplan voor veiligheid en natuurlijkheid in het bekken van de Zeeschelde, Synthesenota, in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal NV, Afdeling Zeeschelde

B.1 Sigmaplan

Antecedenten Sigmaplan

Het hoofddoel van het Sigmaplan is de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloeden. Het oorspronkelijke Sigmaplan werd opgesteld in 1977, naar aanleiding van de overstromingsramp van januari 1976. Het bestond uit drie groepen van maatregelen: de verhoging en versterking van ongeveer 500 kilometer dijken, de aanleg van 13 gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's) en de bouw van een stormvloedkering in de Schelde ter hoogte van Oosterweel.

De bouw van de stormvloedkering werd in 1985 voor onbepaalde tijd uitgesteld nadat een evaluatiestudie had aangetoond dat de kosten ervan de verwachte baten ruimschoots zouden overtreffen. De andere maatregelen zijn vandaag grotendeels uitgevoerd.

In het Memorandum van Vlissingen van 4 maart 2002 werden afspraken vastgelegd over de nadere uitwerking van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium. Inzake de onderlinge samenwerking was de kern van het memorandum de uitwerking van een Ontwikkelingsschets 2010 op basis van een strategische milieueffectenrapportage en een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Ook het Geactualiseerd Sigmaplan werd als een belangrijk onderdeel van de Ontwikkelingsschets 2010 erkend en als dusdanig ook aan de schets toegevoegd. Conform de afspraken bij de opmaak van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium werd het aspect veiligheid in Vlaanderen ingevuld via een gelijklopend planningsproces.

Op 17 december 2004 hechtte de Vlaamse Regering haar goedkeuring aan de voorgenomen besluiten van de Ontwikkelingsschets 2010 en de verdere uitwerking van het geactualiseerde Sigmaplan. Op 26 januari 2005 werd de resolutie van het Vlaams Parlement betreffende de besluitvorming rond de uitvoering van het project "Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium" goedgekeurd. Op 11 maart 2005 werd het derde memorandum van overeenstemming met Nederland gesloten, met inbegrip van de kostentoedeling Nederland-Vlaanderen betreffende de uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010.

Realisatie van het geactualiseerde Sigmaplan

Op 17 december 2004 besliste de Vlaamse Regering haar goedkeuring te hechten aan de krachtlijnen van het geactualiseerde Sigmaplan. Uit de krachtlijnen van het geactualiseerde Sigmaplan blijkt dat de optimale bescherming tegen overstromingen bestaat uit een combinatie van de aanleg van overstromingsgebieden en lokale dijkverhogingen. De uitvoeringstermijn van de projecten loopt tot 2030 en is er voorgesteld om de verdere uitwerking van het meest wenselijke alternatief van het Sigmaplan te splitsen in (minstens) twee fasen.

Fasering van het geactualiseerde Sigmaplan

Rekening houdend met de besluiten van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium is voorgesteld om voor wat de effectieve realisatie betreft naast de verdere realisatie van het Sigmaplan van 1977 zonder stormvloedkering maar met aangepaste streefwaarden voor de dijkhoogtes (11,00 meter TAW op de Zeeschelde tussen grens met Nederland en Oosterweel, 9,25 meter TAW op de Zeeschelde tussen Oosterweel en Hoboken, 8,35 meter TAW op de Zeeschelde tussen Hoboken en Temse en 8,00 meter TAW in de rest van het Zeescheldebekken stroomopwaarts van Temse) de deelprojecten van het meest wenselijk alternatief op 1 juli 2005 prioritair op te starten conform de indicatieve tijdsplanning getoond in tabel B-1.

De projecten Doelpolder Noord en Burchtse Weel zijn opgenomen in het meest wenselijk alternatief en leveren aldus een bijdrage aan de estuariene natuur. Deze projecten zijn reeds in uitvoering. Een overzichtskaart voor de situering van deze projecten wordt weergegeven in figuur B-3.

De verdere uitwerking van de volgende fase(n) zal tezamen gebeuren met het afbakeningsproces van de buitengebieden, de budgettaire middelen en de draagkracht van de uitvoerende instanties.

Het project "Intergetijdengebied Hedwigepolder - Noordelijk gedeelte Prosperpolder"

Het project "creatie van het intergetijdengebied in de Hedwigepolder en het Noordelijk gedeelte van de Prosperpolder" maakt deel uit van het Sigmaplan. Er dient opgemerkt te worden dat de zone beperkt blijft tot wat beschreven staat in de Ontwikkelingsschets 2010, namelijk de Hedwigepolder en het Noordelijk gedeelte van Prosperpolder.

Zoals bekend maakt deze realisatie expliciet deel uit van de Ontwikkelingsschets 2010 en is het de bedoeling om via natuurprojecten aan de Schelde een meer robuuste natuur te creëren.

Implicaties voor de modellering

Van de verschillende maatregelen, zijn de ontpoldering en de inrichting van GGG's van groot belang voor de modelsimulaties (waterbeweging, morfologie, slib- en zoutdynamiek). Door ontpoldering, komen bepaalde gebieden volledig onder de invloed van het getij.

De gebieden die ingericht zullen worden als GOG's, zullen alleen invloed hebben tijdens een stormtij. Aangezien in de huidige studie geen stormtijen worden gemodelleerd, wordt geen rekening gehouden met deze gebieden. Wat de inrichting van wetlands betreft kan worden gesteld dat deze verschillende maatregelen inhouden voor het natuurbeheer en als dusdanig hebben zij geen invloed op het hydraulische gedrag van het systeem.

Het gemiddelde debiet naar het GGG (vermeld in figuur B-1) werd berekend in de veronderstelling dat het gebied kan overstroomd worden met een waterspiegel van 1 meter hoog over de hele oppervlakte van het gebied. Het volume naar het GGG wordt berekend op basis van het afgeleide gemiddelde debiet.

In tabel B-1 staat eveneens aangegeven vanaf wanneer een bepaald project wordt in rekening gebracht in de modellering, namelijk 2015 of 2030.

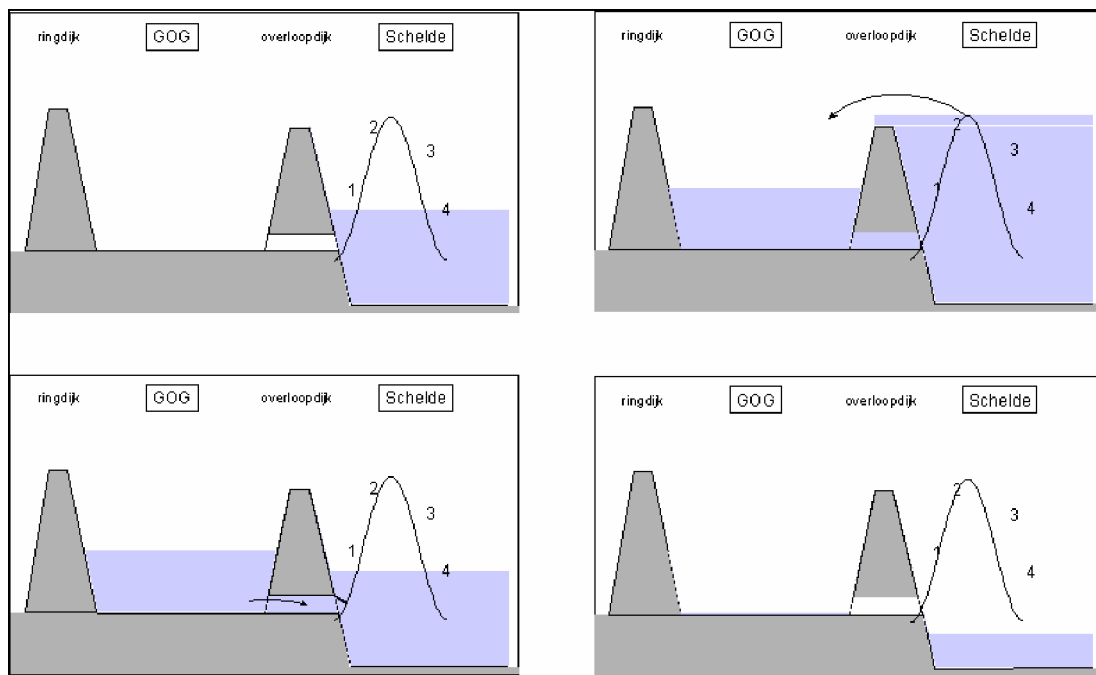
Gecontroleerd overstromingsgebied (GOG)

Een GOG bestaat uit een met dijken omringd gebied aan een tijrivier. Tussen het overstromingsgebied en de tijrivier ligt een 'overlooptdijk'. Dit is een overstroombare dijk, waarvan de hoogte afhankelijk is van het gewenste veiligheidseffect. Op kruin en taluds wordt een bekleding aangebracht om aan overstortend water te kunnen weerstaan. Het bestaande dijklichaam wordt verbreed om de stabiliteit te vergroten en de taluds onder flauwere helling te kunnen aanleggen. In de overlooptdijk worden afvoersluizen gebouwd, voor de gravitaire terugvoer in de rivier van overgestort water. Aan de landzijde wordt het overstromingsgebied afgebakend door een 'ringdijk' op Sigmahoogte (hoger dan de overlooptdijk). Verder worden de nodige maatregelen en constructies voorzien om de bestaande beken en kanalen om te leiden, door te voeren door de ringdijk, binnen te pompen (indien het overstromingsgebied in werking is), of tijdelijk te stockeren.

Indien de waterstand in de rivier uitstijgt boven de hoogte van de overlooptdijk, stroomt het overstromingsgebied onder. De ringdijk houdt de overstroming beperkt tot het bestemde gecontroleerde overstromingsgebied. Hierdoor wordt een bepaald volume water uit de rivier gehaald, waardoor de waterstand daalt en elders ongecontroleerde overstromingen vermeden worden. Via de uitwateringssluizen in de overlooptdijk wordt het overstromingsgebied geleidigd op het moment dat de waterstand in de rivier terug voldoende gedaald is.

GOG's worden slechts sporadisch onder water gezet, namelijk in geval van een voldoende sterke stormvloed. In functie van de beoogde veiligheidseffecten varieert de overstromingsfrequentie tussen enkele malen per jaar en één keer in verschillende eeuwen. De bestaande economische en ecologische functies in een GOG kunnen bijgevolg vaak behouden blijven (mits schade door occasionele overstromingen).

Er kan echter ook besloten worden om het GOG in te richten als natte natuur (wetland), bijvoorbeeld als onderdeel van de natuurontwikkelingsprojecten van de Ontwikkelingsschets 2010. In dat geval verdwijnen de bestaande economische en ecologische functies, en worden vervangen door nieuwe natuur.



Figuur B-1: Werking van een gecontroleerd overstromingsgebied (GOG)

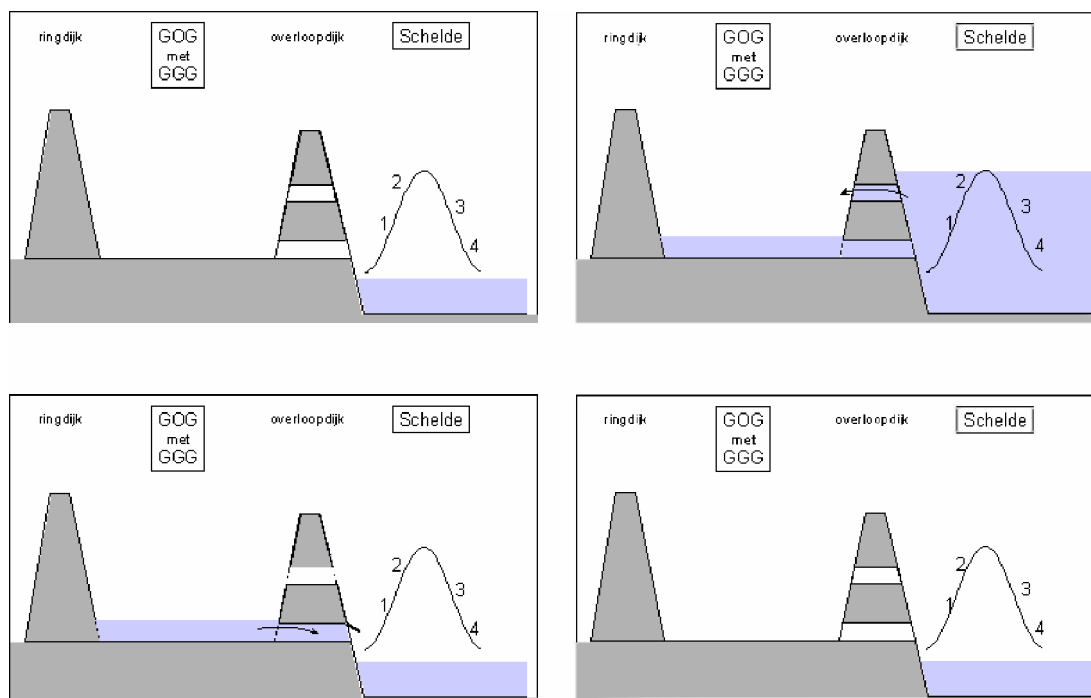
Gecontroleerd gereduceerd getijgebied (GGG)

Een GGG is een GOG dat bij elk hoog tij voor een beperkte diepte onder water gezet wordt. De bedoeling is om een overstromingsregime tot stand te brengen dat sterk lijkt op het regime in de buitendijkse schorren, en zo een vergelijkbare schorontwikkeling in het overstromingsgebied mogelijk te maken.

Een GGG wordt grotendeels op dezelfde wijze aangelegd als een gewoon GOG, met een overlooppdijk en een ringdijk. Het enige verschil bestaat uit de voorziening van inlaatsluizen en uitwatering constructies in de overlooppdijk, die dienen om het rivierwater bij elk hoog tij in het overstromingsgebied binnen te laten en weer af te voeren.

In geval van een stormvloed werkt een GGG op dezelfde wijze als een GOG (zie vorige paragraaf voor een beschrijving).

In tegenstelling tot een gewoon GOG is een GGG nooit verenigbaar met de bestaande economische en ecologische functies in het overstromingsgebied. Deze verdwijnen en maken plaats voor nieuwe natuur die op het overstromingsregime afgestemd is.



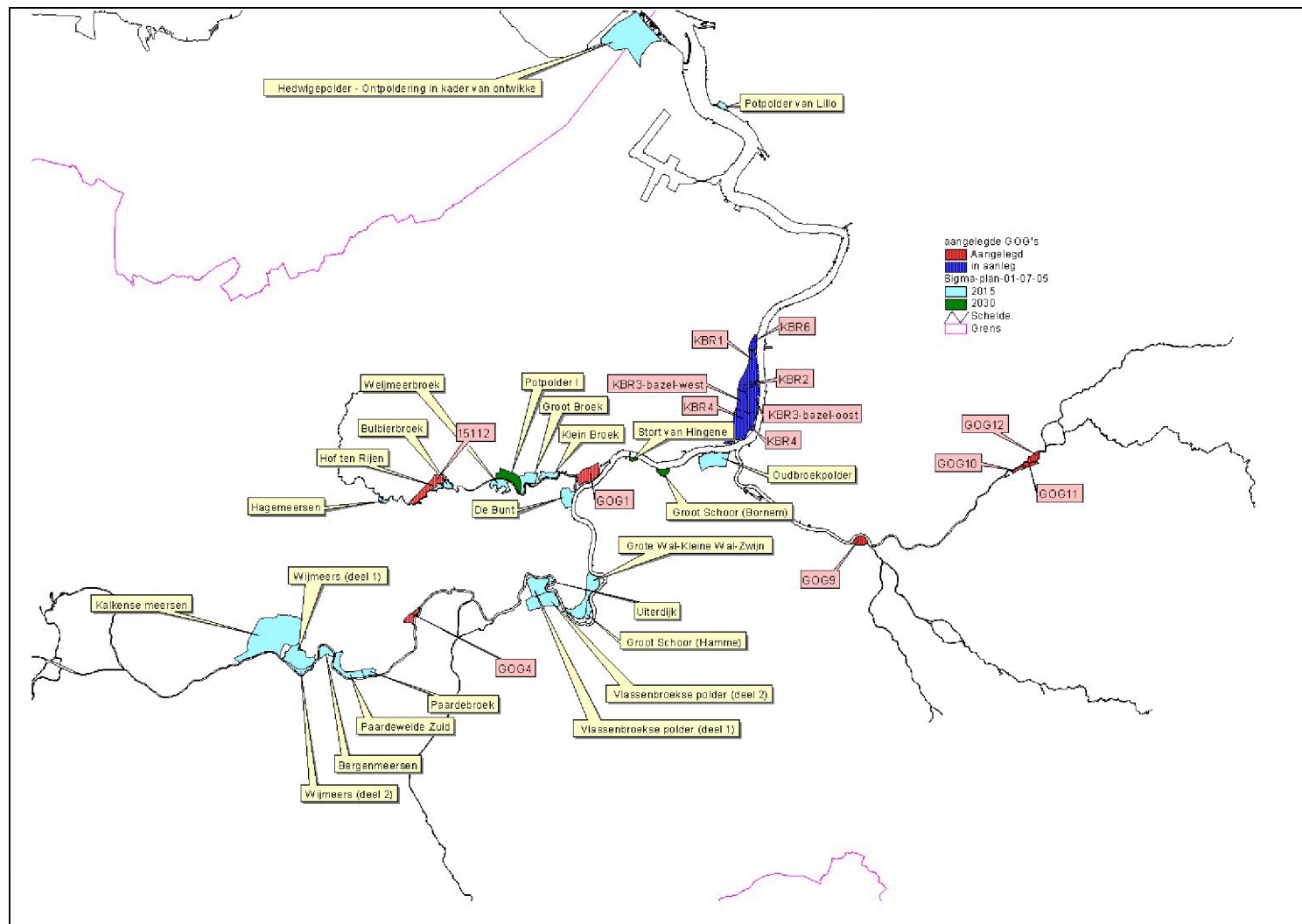
Figuur B-2: Werking van een gecontroleerd gereduceerd getijgebied (GGG)

PROJECT	SITUERING	INGREEP	Jaar volgens Sigmaplan	oppervlakte (hectare)	uitgevoerd tegen	Vol in 10³ m³	gemiddeld Q in m³/s	Drempelhoogte (meter TAW)
Potpolder van Lillo	Antwerpen	Afgraven	2010	17,03	2015			
Bulbierbroek	Hamme	Wetland	2010	19,14	2015			
Weijmeersbroek	Waasmunster	Wetland	2010	50,52	2015			
Klein Broek	Temse	Ontpoldering	2010	32,78	2015			4,5
Hof ten Rijen	Waasmunster	Wetland	2010	11,97	2015			
Bergenmeersen (gerealiseerd GOG)	Wichelen	GOG-GGG	2010	41,37	2015	414	38	4,20
Grote Wal - Kleine Wal? Zwijn	Hamme	GOG-wetland	2010	148,64	2015	1486	138	2,50
Paardebroek	Berlare	Wetland	2010	27,77	2015			
Kalkense meersen	Wetteren, Laarne, Wichelen, Berlare	Wetland	2010	606,16	2015			
Hagemeersen	Lokeren	Wetland	2010	11,53	2015			
De Bunt (zuidelijk en noordelijk deel: partim 1)	Hamme	Ontpoldering/GGG	2010	67,44	2015	674	62	2,75
Hedwigepolder - Noordelijk deel								
Prosperpolder	Beveren, Hulst (NL)	Ontpoldering	2010	496,41	2015			4,00 en 3,5
Paardeweide (gerealiseerd GOG)	Wichelen, Berlare	GOG-wetland	2010	84,73	2015	847	78	4,00
Vlassenbroekse polder (deel 2)	Dendermonde	GOG-wetland	2010	137,58	2015	1376	127	2,10
Vlassenbroekse polder (deel 1)	Dendermonde	GOG-GGG	2010	101,85	2015	1018	94	2,00
Wijmeers (deel 2)	Wichelen, Berlare	Ontpoldering	2010	27,85	2015			4
Wijmeers (deel 1)	Wichelen, Berlare	GOG-wetland	2010	158,75	2015	1588	147	3,90
Uiterdijk (gerealiseerd GOG)	Dendermonde	Ontpoldering	2015	11,69	2015			4,7
Oudbroekpolder (gecompartimenteerd)	Bornem	GOG-wetland	2015	131,96	2015	1320	122	1,75 *
Groot Schoor te Hamme (ger. GOG)	Hamme	inrichting buitendijks	2015	26,70	2015			
Groot Broek	Waasmunster, Temse	Ontpoldering	2015	64,24	2015			4,8
Groot Schoor te Bornem	Bornem	Ontpoldering	2020	23,00	2030			2,5
Potpolder I	Waasmunster	Ontpoldering	2020	82,34	2030			4,8
Stort van Hingene	Bornem	Ontpoldering	2025	7,73	2030			10
			totaal	2389,18		8723		

* naar GOG

** ontpoldering of maaiveld

Tabel B-1: Samenvatting van het goedgekeurde Sigmaplan langs de Zeeschelde



Figuur B-3: Overzichtskartaat goedgekeurde maatregelen Sigmaplan langs de Zeeschelde

B.2 Hedwige- en Prosperpolder

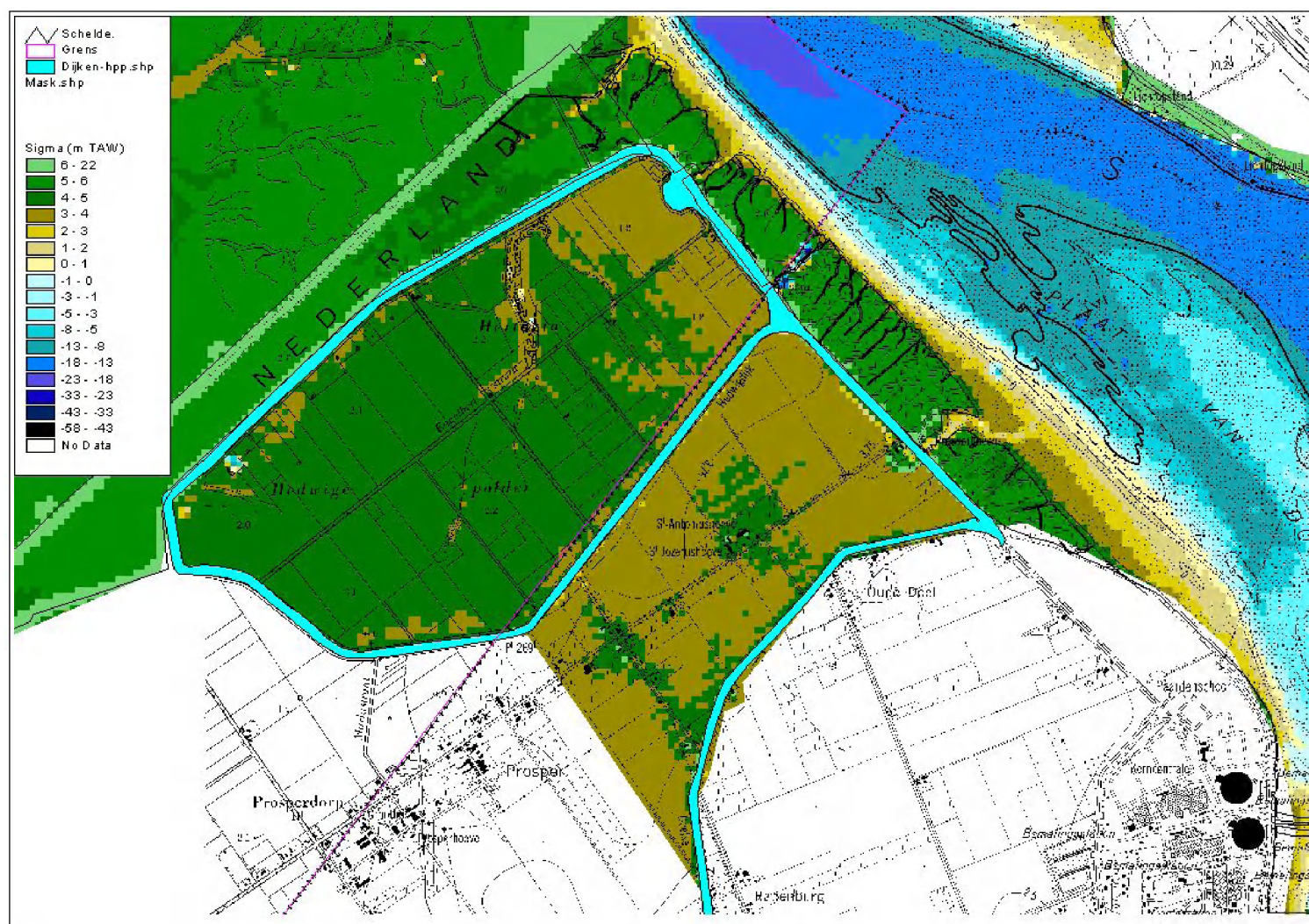
Voor het project Prosperpolder en Hedwigepolder is een milieueffectrapportprocedure lopende betreffende de inrichting van het gebied.

In het milieueffectrapport Verruiming vaargeul wordt enkel het (thans) meest waarschijnlijk alternatief onderzocht inzake globale invloed op morfologie, waterbeweging, slib- en zoutbeweging in het Schelde-estuarium.

Voor de ontpoldering van Prosperpolder is een doorstromingopening voorzien ter hoogte van de bestaande havengeul van Prosperpolder. Deze is 500 meter breed (gecentreerd rond de geul) en ligt op 3,5 meter TAW. Ter hoogte van de geul is er een verdieping naar circa 2 meter TAW over een breedte van 25 meter (12,5 meter uit de as). Vervolgens loopt de bodem op naar 3,5 meter TAW (50 meter uit de as), zodat de drempel op 3,5 meter TAW circa 200 meter breed is aan beide zijden van de geul.

Voor Hedwigepolder is er eveneens een doorsteek voorzien op 3,5 meter TAW en eveneens 500 meter breed. Hier is een aansluiting gemaakt aan de bestaande oude geul in de polder die op circa 3,5 meter TAW ligt. Het voorland tussen de bres en de Schelde is licht hellend gemaakt van 3,5 meter TAW naar 2,5 meter TAW.

In figuur B-4 wordt een overzicht van Hedwige- en Prosperpolder die in de huidige toestand hebben een gemiddelde hoogte van 4,4 en 4,1 meter TAW, en begrenzen zijn door de dijken. Figuur B-5 geeft een overzicht van het meest waarschijnlijk alternatief met de ontpoldering.



Figuur B-4: Huidige toestand van Hedwigepolder en Prosperpolder

APPENDIX C FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 4

Figuur C-1 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Breskens Bad

Figuur C-2 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Borsele noordnol

Figuur C-3 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Honte

Figuur C-4 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Terneuzen boei 20

Figuur C-5 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Rug van Baarland 29

Figuur C-6 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Hoedekenskerke

Figuur C-7 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Hansweert Geul

Figuur C-8 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Zuidergat boei 44

Figuur C-9 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Schaar van Waarde - SVW3

Figuur C-10 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Lamswaarde boei 59

Figuur C-11 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Bath boei 71

Figuur C-12 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Lillo Steiger

Figuur C-13 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Boerenschans b105

Figuur C-14 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Oosterweel Linkeroever

Figuur C-15 Waterstand, snelheid en slibconcentratie in Schelle - Rupelmonding

APPENDIX D FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 5

Ieder figuur in deze bijlage bestaat uit vier deel-figuren, één voor elk deeldomein van het numerieke model:

- Domein B: Vlissingen tot het Gat van Ossensisse.
- Domein C: Gat van Ossensisse tot de Overloop van Valkenisse.
- Domein E: Overloop van Valkenisse tot de Punt van Melsele.
- Domein F: Punt van Melsele tot Tielrode (Schelde) en Walem (Rupel).

Figuur D-1 Dieptegemiddelde saliniteit huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-2 Dieptegemiddelde saliniteit huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-3 Dieptegemiddelde saliniteit huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur D-4 Maximum saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-5 Maximum saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-6 Maximum saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur D-7 Minimum saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-8 Minimum saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-9 Minimum saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur D-10 Verschil tussen max en min saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-11 Verschil tussen max en min saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-12 Verschil tussen max en min saliniteit nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

APPENDIX E FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 6

Ieder figuur in deze bijlage bestaat uit vier deel-figuren, één voor elk deeldomein van het numerieke model:

- Domein B: Vlissingen tot het Gat van Ossensisse
- Domein C: Gat van Ossensisse tot de Overloop van Valkenisse
- Domein E: Overloop van Valkenisse tot de Punt van Melsele
- Domein F: Punt van Melsele tot Tielrode (Schelde) en Walem (Rupel)

Figuur E-1 Dieptegemiddelde saliniteit nul alternatief 2010 tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-2 Dieptegemiddelde saliniteit nul alternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-3 Dieptegemiddelde saliniteit nul alternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-4 Maximum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-5 Maximum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-6 Maximum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-7 Minimum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-8 Minimum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-9 Minimum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-10 Verschil tussen maximum en minimale saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-11 Verschil tussen maximum en minimale saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-12 Verschil tussen maximum en minimale saliniteit nabij bodem nul alternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-13 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (NA2010-HS2005) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-14 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (NA2010-HS2005) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-15 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (NA2010-HS2005) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-16 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (NA2010-HS2005) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-17 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (NA2010-HS2005) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-18 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (NA2010-HS2005) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-19 Dieptegemiddelde saliniteit nul alternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-20 Dieptegemiddelde saliniteit nul alternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-21 Maximum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-22 Maximum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-23 Minimum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-24 Minimum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-25 Verschil tussen maximum en minimum saliniteit nabij bodem nul alternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-26 Verschil tussen max en min saliniteit nabij bodem nul alternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-27 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (NA2030-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-28 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (NA2030-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-29 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (NA2030-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-30 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (NA2030-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

APPENDIX F FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 7

Ieder figuur in deze bijlage bestaat uit vier deel-figuren, één voor elk deeldomein van het numerieke model:

- Domein B: Vlissingen tot het Gat van Ossensisse
- Domein C: Gat van Ossensisse tot de Overloop van Valkenisse
- Domein E: Overloop van Valkenisse tot de Punt van Melsele
- Domein F: Punt van Melsele tot Tielrode (Schelde) en Walem (Rupel)

Figuur F-1 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur F-2 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur F-3 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur F-4 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

APPENDIX G FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 8

Ieder figuur in deze bijlage bestaat uit vier deel-figuren, één voor elk deeldomein van het numerieke model:

- Domein B: Vlissingen tot het Gat van Ossensisse
- Domein C: Gat van Ossensisse tot de Overloop van Valkenisse
- Domein E: Overloop van Valkenisse tot de Punt van Melsele
- Domein F: Punt van Melsele tot Tielrode (Schelde) en Walem (Rupel)

Figuur G-1 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur G-2 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-3 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-4 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur G-5 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-6 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-7 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-8 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-9 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-10 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-11 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-12 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-13 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-14 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

APPENDIX H FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 9

Ieder figuur in deze bijlage bestaat uit vier deel-figuren, één voor elk deeldomein van het numerieke model:

- Domein B: Vlissingen tot het Gat van Ossensisse
- Domein C: Gat van Ossensisse tot de Overloop van Valkenisse
- Domein E: Overloop van Valkenisse tot de Punt van Melsele
- Domein F: Punt van Melsele tot Tielrode (Schelde) en Walem (Rupel)

Figuur H-1 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-2 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-3 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-4 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-5 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-6 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-7 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-8 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P4P 2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

APPENDIX I FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 10

Ieder figuur in deze bijlage bestaat uit vier deel-figuren, één voor elk deeldomein van het numerieke model:

- Domein B: Vlissingen tot het Gat van Ossensisse
- Domein C: Gat van Ossensisse tot de Overloop van Valkenisse
- Domein E: Overloop van Valkenisse tot de Punt van Melsele
- Domein F: Punt van Melsele tot Tielrode (Schelde) en Walem (Rupel)

Figuur I-1 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P_{min} 2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur I-2 Verschil in maximum saliniteit nabij bodem (P_{min} 2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur I-3 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P_{min} 2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur I-4 Verschil in minimum saliniteit nabij bodem (P_{min} 2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

APPENDIX J OVERZICHT BODEMS EN GEBRUIKTE DATA

In deze bijlage wordt voor het nul(plus)alternatief en de projectalternatieven in tabelvorm aangegeven welke bodems en ingrepen in de simulaties zijn verdisconteerd en welke data hiervoor is aangewend.

De omrekening van TAW naar NAP is op basis het recente communiqué van het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (brief 16EB-U-06-0366, van 27 juli 2006) volgend op de Vijfde Nauwkeurigheidswaterpassing van het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Hierin wordt gesteld dat het NAP referentievlak 2,35 meter hoger ligt dan het TAW referentievlak voor de gehele Westerschelde en Beneden-Zeeschelde.

Noten bij onderstaande tabellen:

i) Het Deurganckdok heeft een lengte van 2,750 meter (gemeten langs de noordzijde van het dok, de zuid-kade is 300 meter korter), en een breedte van 450 meter gemeten aan de Schelde en 400 meter aan de opwaartse zijde van het dok. De bodem wordt voorzien op –19,00 meter TAW (-21,35 meter NAP). Langs de kades wordt over een breedte van 100 meter een diepte van –17,00 meter TAW (-19,35 meter NAP) voorzien (dus ondieper dan het midden); aan het opwaartse deel van het dok wordt deze diepte over een breedte van circa 200 meter voorzien. In de huidige situatie (2005) is de lengte van het dok 1.550 meter (gemeten langs de noordzijde van het dok, de zuid-kade is 300 meter korter).

ii) De ontpolderingen van het Sigmaplan zijn aangebracht op de wijze zoals aangegeven in Appendix B. In de bodem van 2015 zijn de ingrepen opgenomen waarvan de aanleg in 2010 gestart zal worden en tegen 2015 uitgevoerd zullen zijn. In de bodem van 2030 zijn de ingrepen opgenomen waarvan de aanleg volgens het Sigmaplan vanaf 2015 wordt gestart.

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
HS	Huidige situatie	2005	- RD_NAP2-35_wes.csv (tot grens NL-BE) - RD_NAP2-35_bzs+oevers.csv (tot grens NL-BE) - RD_NAP2-35_RupelDurmeSchelde.xyz - RD_NAP2-35_Scheldedijken-Sigma hoogte_inv.xyz - gr2001.xyz (bodemdiepte van zee) - <data bovenstrooms Rupel en Durme> - <huidige lengte Deurganckdok (1400 meter langs as)>ⁱ⁾	- AMT-wes04-versie060403 - AMT-bez0405-versie060403+oevers uit MKBA - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - WL/Alkyon - NEVLA model Alkyon - volgens data AMT (actuele bodem)

Tabel bijlage J-1: Overzicht bodems en gebruikte data voor de huidige situatie

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
NA	Nulalternatief	2010	- bodem huidige situatie - <volledige lengte Deurganckdok (2600m langs as)ⁱ⁾>	- Huidige situatie 2005 - uitbreiding op theoretische diepteⁱ⁾
		2015	- bodem nulalternatief 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2015 - RD_NAP2-35 meter_hedwige_inv.xyzⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering_inv.xyzⁱⁱⁱ⁾	- nulalternatief 2010 - Resultaat Delft3D berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC
		2030	- bodem nulalternatief 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2030 - RD_NAP2-35m_hedwige_inv.xyzⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35m Sigmaplan ontpoldering_inv.xyzⁱⁱⁱ⁾	- nulalternatief 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage J-2: Overzicht bodems en gebruikte data voor het nulalternatief

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
NA+	Nulplusalternatief	2010	identiek aan bodem nulalternatief 2010	- nulalternatief 2010
		2015	- bodem nulalternatief 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2015 - RD_NAP2-35 meter_hedwige_inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering_inv.xyz ⁱⁱ⁾	- nulalternatief 2010 - Resultaat Delft3D berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC
		2030	- bodem nulalternatief 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2030 - RD_NAP2-35 meter_hedwige_inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering_inv.xyz ⁱⁱ⁾	- nulalternatief 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage J-3: Overzicht bodems en gebruikte data voor het nulplusalternatief

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
P	Projectalternatieven	2010	- Bodem huidige situatie - <volledige lengte Deurganckdok (2600 meter langs as) ⁱ⁾ >	- Huidige situatie 2005 (zonder vaargeul) - uitbreiding op theoretische diepte ⁱ⁾ ** inclusief draaicirkel versie 060412
P4N	Projectalternatief P4N	2010	- RD_NAP2-35_wes- P4N.csv (tot grens NL-BE) - RD_NAP2-35_bzs_- P4N_dc-v101006.csv (tot grens NL-BE) - inclusief storting aanlegspecie, variant P4N	- AMT-wes04-versie060403-met vaargeul**+stortvariant P4N - AMT-bez0405-versie060403-met vaargeul**+stortvariant P4N +zwaaicirkel dd101006 - Storting op voorstel van WL
		2015	- bodem projectalternatief P4N 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2015 - RD_NAP2-35 meter_hedwige_inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering_inv.xyz ⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4N 2010 - Resultaat Delft3D berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC
		2030	- bodem projectalternatief P4N 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2030 - RD_NAP2-35 meter_hedwige_inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering_inv.xyz ⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4N 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage J-4: Overzicht bodems en gebruikte data voor het projectalternatief Nevengeul

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
P	Projectalternatieven	2010	- Bodem huidige situatie - <volledige lengte Deurganckdok (2600 meter langs as) ⁱ⁾ >	- Huidige situatie 2005 (zonder vaargeul) - uitbreiding op theoretische diepte ⁱ⁾ ** inclusief draaicirkel versie 060412
P4P	Projectalternatief P4P	2010	- RD_NAP2-35_wes- P4P.csv (tot grens NL-BE) - RD_NAP2-35_bzs_ - P4P _dc-v101006.csv (tot grens NL-BE) - inclusief storting aanlegspecie, variant P4P	- AMT-wes04-versie060403-met vaargeul**+stortvariant P1 - AMT-bez0405-versie060403-met vaargeul**+stortvariant P1+zwaaicirkel dd101006 - Storting op voorstel van WL
		2015	- bodem projectalternatief P4P 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2015 - RD_NAP2-35 meter_hedwige _inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering _inv.xyz ⁱⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4P 2010 - Resultaat Delft3D berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC
		2030	- bodem projectalternatief P4P 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2030 - RD_NAP2-35 meter_hedwige _inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering _inv.xyz ⁱⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4P 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage J-5: Overzicht bodems en gebruikte data voor het projectalternatief Plaatrand

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
P-	Projectalternatief min		identiek aan projectalternatief P4N	- Projectalternatief P4N
		2015	- bodem projectalternatief min 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2015 - RD_NAP2-35 meter_hedwige _inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering _inv.xyz ⁱⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4 2010 - Resultaat Delft3D berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC
		2030	- bodem projectalternatief min 2010 - verschilkaart morfologische ontwikkeling 2010-2030 - RD_NAP2-35 meter_hedwige _inv.xyz ⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter Sigmaplan ontpoldering _inv.xyz ⁱⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage J-6: Overzicht bodems en gebruikte data voor het projectalternatief min