

Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde

Basisrapport Slibdynamiek

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 Scheldec commissie
Opdrachtnemer	Consortium ARCADIS - Technum
Titel	Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde Basisrapport Slibdynamiek
Auteur(s)	Marc Sas, Gijsbert Van Holland, Fernando Toro
Status	Versie 3.4
Datum	21 september 2007
Bestandsnaam	070921 Basisrapport Slibdynamiek versie 3.4.pdf

Inhoudsopgave

Leeswijzer dossier “Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde” 7

1	Inleiding	11
1.1	Het milieueffectrapport	11
1.1.1	Context en doel	11
1.1.2	Voorgenomen activiteit	13
1.1.3	Alternatieven	18
1.2	Dit basisrapport	21
1.2.1	Doel en afbakening	21
1.2.2	Opzet van het basisrapport slibdynamiek	22
2	Aanpak	23
2.1	Inleiding	23
2.2	Uitwerking van alternatieven en varianten	23
2.2.1	basisuitgangspunten en hoofdkeuzes	23
2.2.2	Onderzoeksvarianten en projectalternatieven	25
2.3	Autonome ontwikkeling	28
2.3.1	Zeespiegelrijzing	28
2.3.2	Bovenafvoer	28
2.3.3	Deurganckdok	29
2.3.4	Sigmaplan	29
2.3.5	Hedwige- en Prosperpolder	30
2.3.6	Natuurontwikkeling Middengebied Westerschelde	30
2.3.7	Zandwinning	31
2.3.8	Verruiming Scheur en Pas van 't Zand	31
2.3.9	Overige ontwikkelingen	31
2.4	Beoordelingskader	32
2.5	Studiegebied	32
2.6	Referentie jaren	33
2.7	Specifieke aspecten inzake aanpak voor dit basisrapport	33
2.7.1	Globale aanpak	33
2.7.2	Begripsomschrijving	34
2.7.3	Onderzoeksparementers	35
2.7.4	Nadere uitwerking onderzoeksparementers	36
3	Slib in de Schelde	39
3.1	Inleiding	39
3.2	Beschrijving van de huidige situatie	40
3.2.1	De slibconcentratie in de Schelde	40
3.2.2	Slibconcentratie tijdens een getij	41
3.2.3	Slibconcentratie bij springtij en doottij	41
3.2.4	Seizoensvariatie of variatie met bovenafvoer	41
3.2.5	Langsgradiënten – turbiditeitsmaximum	42
3.2.6	Slibtransport in de Schelde	44

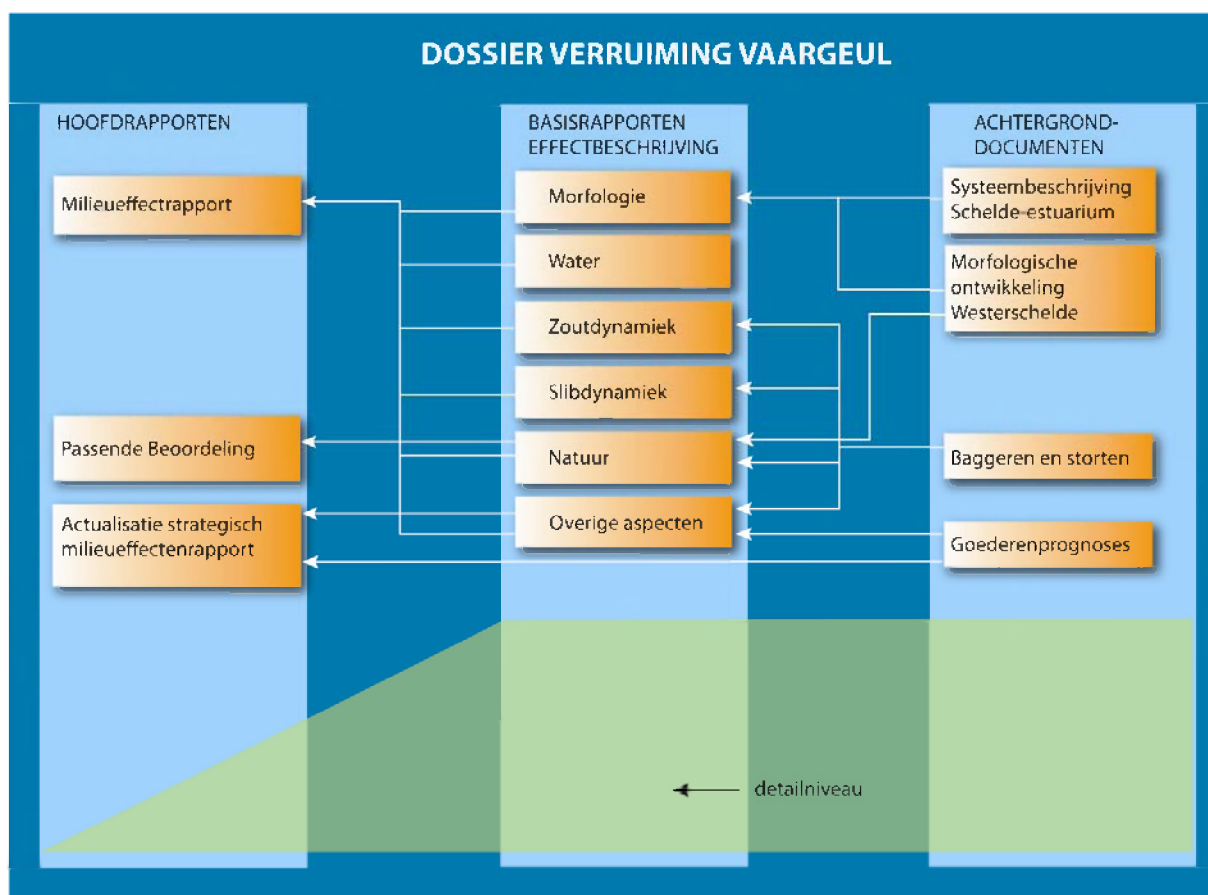
3.2.7	Fluviatiele slibaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde	44
3.2.8	Slibafzettingen in de Schelde	45
3.3	Beschrijving verwachte autonome ontwikkeling inzake slibdynamiek	47
4	Opzet en afregeling modelinstrumentarium	48
4.1	Inleiding	48
4.2	Slib3D modelopzet: aannamen en schematisaties	48
4.2.1	Achtergrond	48
4.2.2	Beschrijving van het Slib3D-model	49
4.2.3	Rekenrooster	50
4.2.4	Bodemschematisatie	51
4.2.5	Randvoorwaarden	53
4.2.6	Initiële condities	55
4.2.7	Modelparameters	56
4.3	Calibratie van het Slib3D-model	57
4.4	Controle Slib3D-model na uitbreiding	59
4.5	Kracht en beperkingen toegepaste modellen	66
4.6	Aanpassing Slib3D voor pluimverspreidingsonderzoek	70
4.7	Overzicht van de uitgevoerde simulaties	71
5	Huidige situatie	72
5.1	Inleiding	72
5.2	Beschrijving huidige situatie	72
5.3	Analyse huidige situatie	73
5.3.1	Presentatie modelresultaten	73
5.3.2	Resultaten modelberekeningen – huidige situatie	75
5.3.3	Conclusies huidige situatie	82
6	Nulalternatief – autonome ontwikkeling	83
6.1	Inleiding	83
6.2	Beschrijving nulalternatief	84
6.3	Autonome ontwikkeling	84
6.4	Analyse nulalternatief	85
6.4.1	Presentatie modelresultaten	85
6.4.2	Resultaten modelberekeningen – autonome ontwikkeling	86
6.4.3	Conclusies nulalternatief	93
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	100
8	Projectalternatief – storting in nevengeulen	101
8.1	Inleiding	101
8.2	Beschrijving projectalternatief Nevengeul	102
8.3	Analyse projectalternatief P4N	102
8.3.1	Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul	103
8.3.2	Resultaten modelberekeningen – stortstrategie	108

8.3.3	Conclusies variant projectalternatief Nevengeul	111
9	Projectalternatief – storting op plaatranden	114
9.1	Inleiding	114
9.2	Beschrijving projectalternatief P4P	115
9.3	Analyse projectalternatief Plaatrand	115
9.3.1	Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul	116
9.3.2	Resultaten modelberekeningen – stortstrategie	120
9.3.3	Conclusies variant Plaatrand	123
10	Projectalternatief min	126
10.1	Inleiding	126
10.2	Beschrijving projectalternatief min	126
10.3	Analyse projectalternatief min	127
10.3.1	Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul	127
10.3.2	Conclusies projectalternatief min	131
11	Pluimverspreiding	133
11.1	Inleiding	133
11.2	Beschrijving pluimverspreidingsscenario's	133
11.2.1	Selectie bagger- en stortlocaties	133
11.2.2	Slibkarakteristieken	135
11.2.3	Baggertechnieken	135
11.2.4	Capaciteit sleephopperzuiger	138
11.2.5	Hydrodynamica	138
11.2.6	Selectie van de scenario's	139
11.3	Analyse pluimverspreiding	141
11.3.1	Resultaten pluimverspreiding Westerschelde	142
11.3.2	Resultaten pluimverspreiding Beneden-Zeeschelde	151
12	Overige aspecten	156
12.1	Zandwinning	156
12.2	Natuurontwikkeling Middengebied	156
13	Conclusies	157
13.1	Conclusies inzake blijvende effecten	157
13.2	Conclusies inzake tijdelijke effecten	161
13.3	Betrouwbaarheid en onzekerheden in de analyses	163
14	Referenties	166
BIJLAGE A	Bepaling randvoorwaarden hoge en lage afvoer uit regressieanalyse	
BIJLAGE B	Beschrijving Sigmaplan Hedwige- en Prosperpolder	
BIJLAGE C	Figuren bij hoofdstuk 4	
BIJLAGE D	Figuren bij hoofdstuk 5	
BIJLAGE E	Figuren bij hoofdstuk 6	
BIJLAGE F	Figuren bij hoofdstuk 7	
BIJLAGE G	Figuren bij hoofdstuk 8	

BIJLAGE H	Figuren bij hoofdstuk 9
BIJLAGE I	Figuren bij hoofdstuk 10
BIJLAGE J	Figuren bij hoofdstuk 11
BIJLAGE K	Overzicht bodems en gebruikte data

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

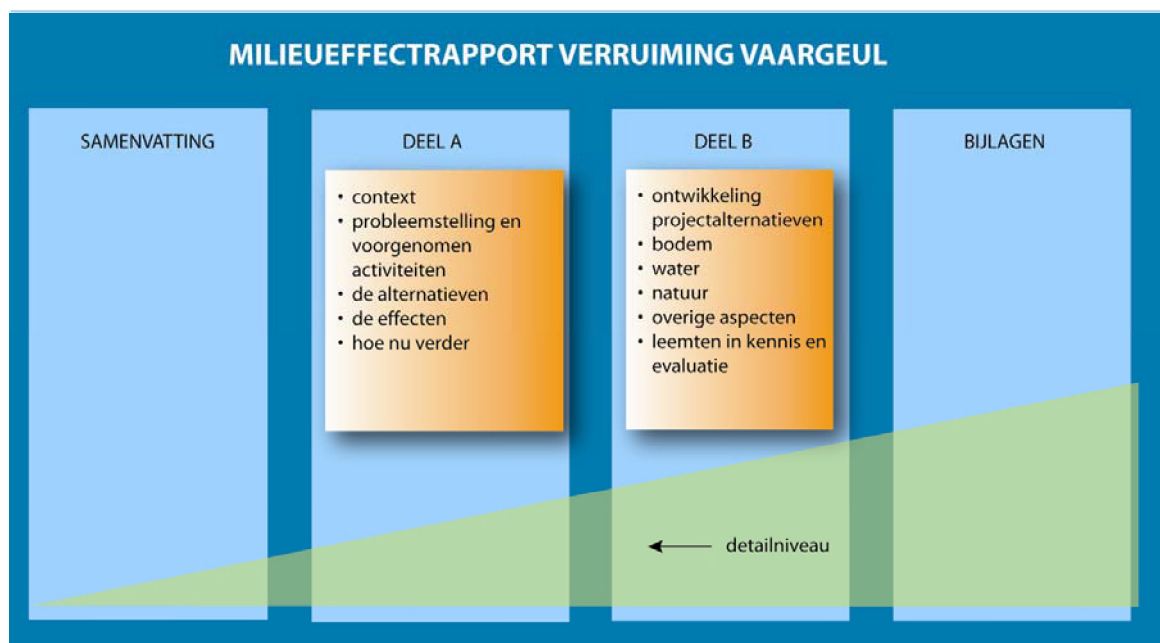
Het dossier Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde bevat het Milieueffectrapport, een Passende Beoordeling en een Actualisatie van het strategisch milieueffectenrapport. Deze hoofdrapporten worden nader onderbouwd en toegelicht in verschillende basirapporten en achtergronddocumenten. 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 strategische 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.

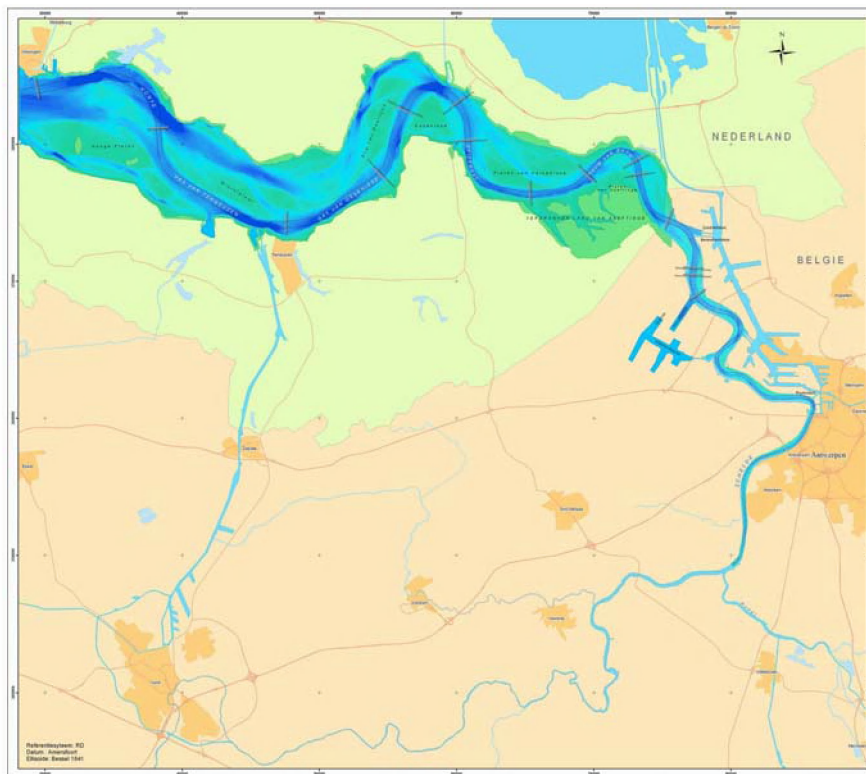
1 Inleiding

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:

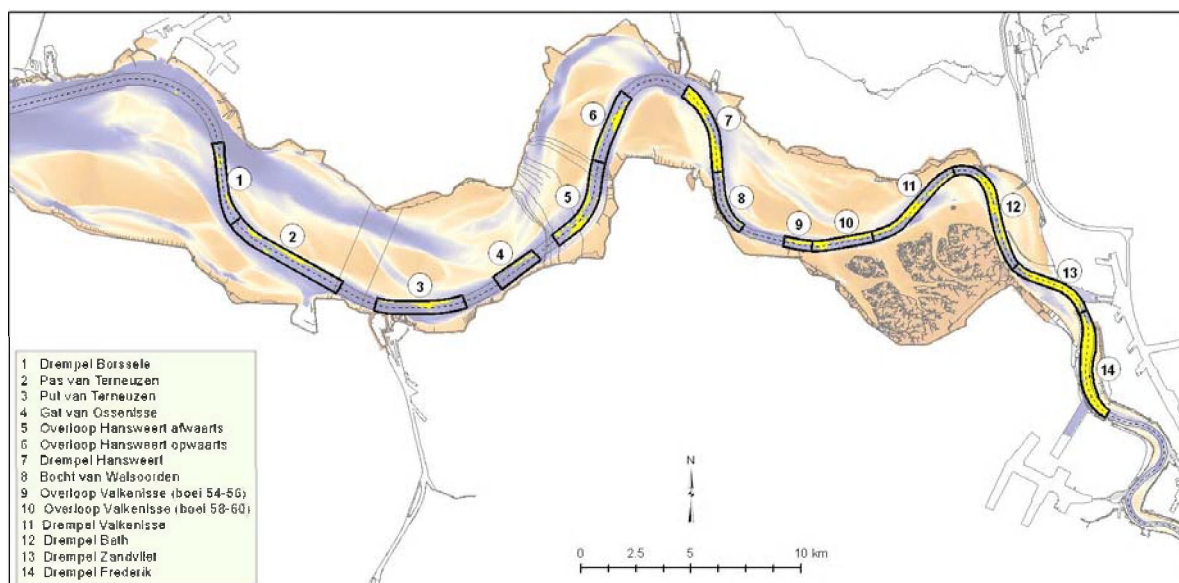
1. verdiepen van de vaargeul;
2. verbreden van de vaargeul inclusief aanleg van de zwaaizone;
3. het storten van de baggerspecie (aanleg en onderhoud).

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.

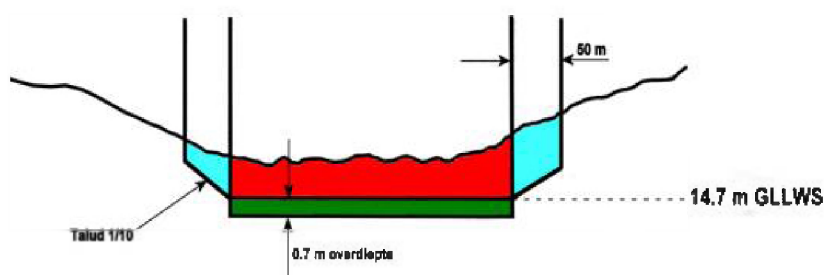
a. Verdieping van de vaargeul

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 natuurligpotenties.

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.

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

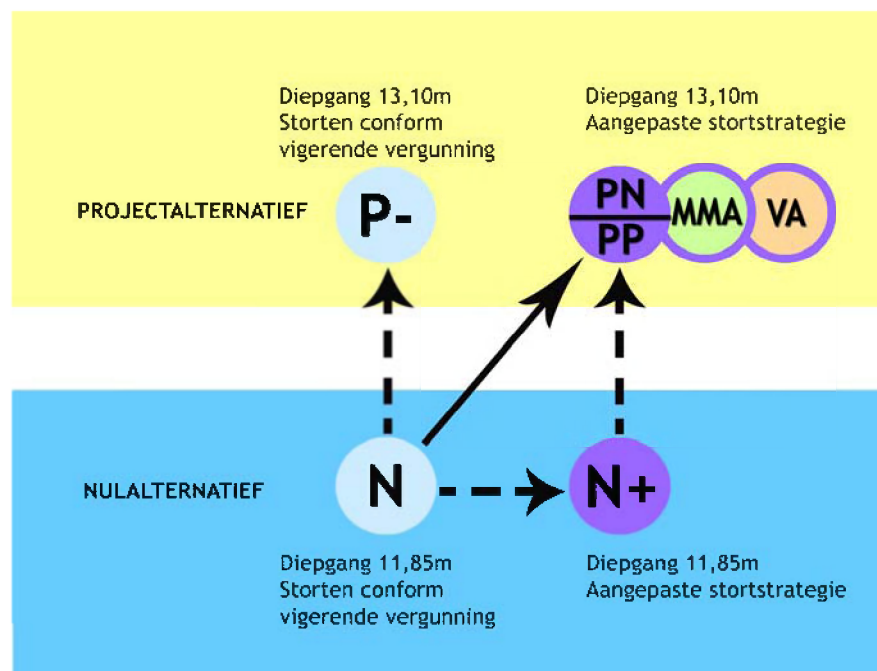
ⁱ Voor de Passende Beoordeling zijn de instandhoudingdoelen de referentie.

- 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 slibdynamiek 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 slibdynamiek en derhalve niet onderzocht.

Specifiek zal inzake slibdynamiek onderzocht worden hoe het turbiditeitsmaximum in het Schelde-estuarium zal wijzigen door de geplande ingreep. Daarnaast zal worden nagegaan hoe het algemeen beeld van het slibgehalte in het estuarium zal wijzigen in relatie tot de verschillende ecotopen. Tenslotte zal worden ingegaan op de vraag: “Wat zijn de tijdelijke effecten van de baggerwerken (bij aanleg en tijdens het onderhoud) met betrekking tot de verspreiding van slib?”

1.2.2 Opzet van het basisrapport slibdynamiek

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 slibdynamiek geïntroduceerd, dat 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 slibdynamiek rust op een tweetal pijlers:

- 1) Een *systeemkennis* waarbij op basis van waarnemingen uit het verleden de slibdynamiek in het systeem wordt *geïllustreerd* (hoofdstuk 3);
- 2) *Modelberekeningen* waarmee de slibbewegingen in het systeem met en zonder verruimde vaargeul en voor verschillende regimes inzake bovenafvoer worden geschat (hoofdstuk 4 tot en met 11).

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.

De tijdelijke effecten van het baggeren en storten inzake turbiditeit worden behandeld in hoofdstuk 11. Hierin wordt uitvoerig ingegaan op de keuze van de uitgevoerde pluimberekeningen en de resultaten ervan.

In hoofdstuk 12 worden een aantal aanvullende aspecten behandeld en in hoofdstuk 13 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 slibdynamiek. 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.

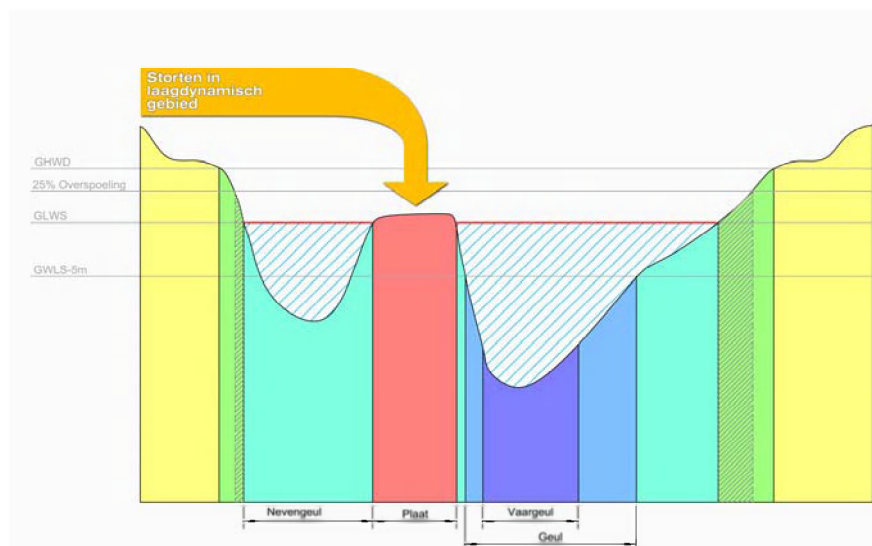
2.2 Uitwerking van alternatieven en varianten

2.2.1 basisuitgangspunten en hoofdkeuzes

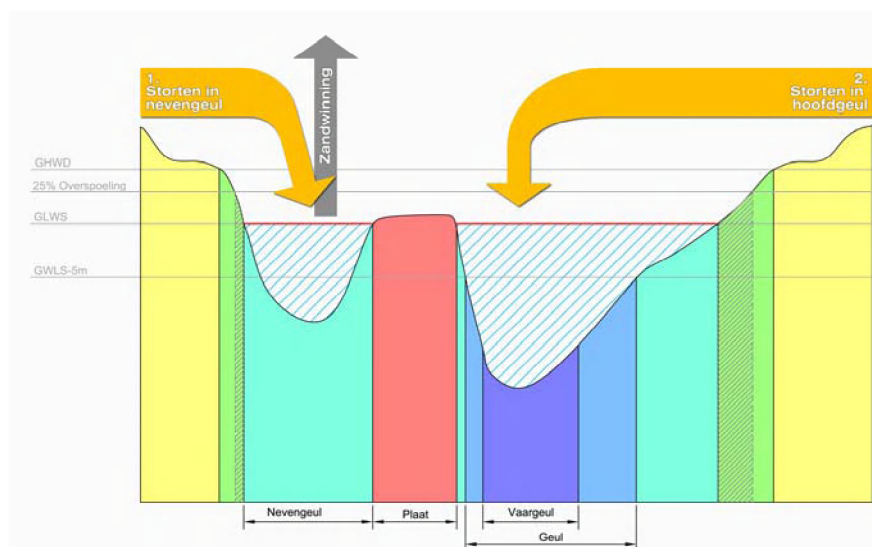
Zowel de aanlegbaggerspecie als de onderhoudsbaggerspecie kan worden geborgen in het mondingsgebied, de hoofdgeul en de nevengeulen en op de plaatranden en het land. Op basis van de aanwezige kennis en ervaring zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd en hoofdkeuzes gemaakt:

- 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 morfologisch 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 drie 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 van het basisrapport Zoutdynamiek).

	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 –17,00 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 hectare). 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 hydrodynamische ontwerp voor het realiseren van het ecologische 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 vier 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 gestreefd zou 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 morfologisch model Delft3D en evenmin in het hydrodynamisch 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 ten behoeve van 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 globale 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 2.7.3 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

Het turbiditeitsmaximum van het estuarium ligt in de Beneden-Zeeschelde. De ligging ervan wordt hoofdzakelijk bepaald door de bovenafvoer; de grootte van de maximale concentraties door de getijslag (springtij versus doodtij).

Om het effect van de verruiming op de ligging van het turbiditeitsmaximum en het algemene beeld van het slibgehalte te onderzoeken, wordt gebruik gemaakt van het model Slib3D, dat ook wordt ingezet voor de simulatie van het zoutgehalte.

Uit de simulaties wordt volgens de langsas van de rivier de maximale en minimale slibconcentratie afgeleid per locatie. Op deze wijze wordt een omhullende van het turbiditeitsmaximum bekomen. Uit de vergelijking van twee simulaties binnen een bepaald alternatief (bijvoorbeeld springtij en doodtij, of hoge afvoer en lage afvoer) volgt de natuurlijke variatie van de slibconcentratie en dus ook van het turbiditeitsmaximum in de Beneden-Zeeschelde, terwijl uit vergelijking van twee simulaties (nulalternatief en projectalternatief) het effect van de verruiming zal worden afgeleid. Afgeleide parameters betreffen het doorzicht, of de beperking daarvan door de vertroebeling met slib, ten behoeve van de inschatting van het effect op de primaire productie en het percentage van de tijd dat het doorzicht te beperkt is voor bepaalde vogels om te kunnen foerageren.

Tijdens het baggeren (van zand) zal met het overloopwater fijn sediment in de waterkolom terecht komen. En ook tijdens het lossen van zand of slib wordt er, afhankelijk van de gekozen methodiek, sediment in de waterkolom gebracht.

Om deze tijdelijke effecten te onderzoeken zijn voor verschillende bagger- en stortscenario's numerieke modelsimulaties (pluimberekeningen) uitgevoerd met het Slib3D model zoals dat is beschreven in hoofdstuk 4. De slibconcentraties tijdens de baggeractiviteiten zijn afgezet tegen een referentieberekening waarin er niet wordt gewonnen of gestort. Hierdoor is het mogelijk de invloed op de verschillende (onderzoeks)parameters ten gevolge van de baggeractiviteiten afzonderlijk te bekijken. Voor de referentieberekening is het nulalternatief in 2010 gekozen.

2.7.2 Begripsomschrijving

Turbiditeit (of troebelheid)

Zoals gesteld door Wartel (Wartel en Van Eck, 2000) is slib in de rivierbodem en in de waterkolom de naam voor een zeer complexe waterige suspensie van diverse soorten organische stof en anorganische verbindingen met een breed scala aan afmetingen gaande van ruwweg colloïdaal organisch materiaal tot siltkorrels met een maximum doormeter van 63 μm . Grover materiaal kan voor enkele procenten aanwezig zijn.

In de waterkolom spreekt men van troebelheid of turbiditeit. Het optisch meten van de turbiditeit is gebaseerd op het meten van de verzwakking en reflectie van een uitgestuurd lichtsignaal in een vloeistof met zwevende deeltjes, waaronder fijn sediment. Deze verzwakking is onder andere afhankelijk van de concentratie, deeltjesgrootte van het zwevend materiaal, vorm van de deeltjes, golflengte van het uitgestuurd licht, omgevingslicht en de coloriteit van het water.

De turbiditeit kan op elke waterdiepte bepaald worden en is dus een maat van de slibconcentratie op een willekeurige plek in de waterkolom. De termen turbiditeit en sedimentconcentratie worden vaak door elkaar heen gebruikt, terwijl strikt gezien de definitie verschillend is.

Omdat de turbiditeit afhankelijk is van het materiaal in suspensie en de vloeistof werd een internationale standaard bepaald om de turbiditeit weer te geven. Hiervoor wordt een oplossing van formazine ($\text{C}_2\text{H}_2\text{N}_4$) in water als referentieoplossing gebruikt en wordt uitgedrukt in:

- **FNU** (Formazine Nephelometric Units)
- **FTU** (Formazine Turbidity Units)
- **NTU** (Nephelometric Turbidity Units)

Om het verband tussen turbiditeit (FNU/FTU/NTU) en sedimentconcentratie (mg/l) te kennen, dient een calibratie curve te worden opgesteld, die plaatsafhankelijk en tijdsafhankelijk is.

Turbiditeitsmaximum

Volgens de literatuur (zie bijvoorbeeld Dyer, 1995; Verlaan, 1998) is er in meso- en macrotidale estuaria een zone met hogere slibconcentraties dan elders, dit wordt het turbiditeitsmaximum van het estuarium genoemd. Een voorwaarde voor de vorming van een turbiditeitsmaximum is dat de stroomsnelheden voldoende groot zijn om slib in suspensie te houden. Het turbiditeitsmaximum is gewoonlijk gelegen aan het opwaartse einde van de zoutindringing, bijvoorbeeld een zone met saliniteit van 1-5 g/l.

Fotische diepte

De fotische diepte is die diepte waar er voldoende licht is voor het fytoplankton om aan primaire productie te doen. Deze diepte wordt gedefinieerd als de diepte waar nog slecht 1 procent van het aan het oppervlakte invallende licht resteert. Via de extinctiecoëfficiënt K_d kunnen de fotische diepte en de Secchi Diepte (een maat voor doorzicht, zie hieronder) aan elkaar gerelateerd worden.

Secchi diepte

De Secchi diepte is een maat voor de helderheid van het water. Deze wordt bepaald door te kijken hoe diep men een zwart/witte schijf van 30 centimeter doorsnee, de zogenaamde Secchi-schijf, nog kan zien. De Secchi diepte kan ook worden berekend uit de lichtextinctie karakteristieken (achtergrond extinctie, de specifieke extinctie voor gesuspendeerd sediment van de waterkolom, extinctie door algen).

2.7.3 Onderzoeksparemeters

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 paragraaf 1.2.1 zijn ten aanzien van de slibdynamiek verschillende onderzoeksvragen geformuleerd (zie tabel 2-4). De vragen worden opgedeeld in permanente veranderingen en veranderingen die gerelateerd zijn aan de aanleg- en onderhoudswerken en dus tijdelijk van aard zijn.

Bij de bespreking van de verschillende projectalternatieven (hoofdstuk 5 tot en met hoofdstuk 10) zullen de volgende vragen worden beantwoord:

"Zal door de verruiming de slibhuishouding en meer specifiek de ligging van het turbiditeitsmaximum significant veranderen?" (Onderzoeksparemetere P21)

"Zal door de verruiming de slibhuishouding in de ecologisch belangrijke gebieden (ondiep water, slik en schor) significant wijzigen?"

De volgende vraag zal in het hoofdstuk over de pluimverspreiding worden besproken (hoofdstuk 10):

"Wat zijn de tijdelijke effecten van de baggerwerken (bij aanleg en tijdens het onderhoud) met betrekking tot de verspreiding van slib?" (Onderzoeksparemeters P18, P19 en P20)

Discipline Water, onderdeel slibdynamiek		
Hoofdcriterium	Code	Onderzoeksparemetere
Troebelheid	P18	Tijdelijke piekconcentratie zwevende stof
	P19	Duur van de piek in concentratie zwevende stof
	P20	Afstand waarover de turbiditeitsverhoging (significant) voelbaar is
	P21	Verschuiving in ligging van het turbiditeitsmaximum (km)

Tabel 2-4: Overzicht van onderzoeksparemeters slibdynamiek

Bij het beantwoorden van de onderzoeksvragen zal aandacht besteedt worden van de volgende tussenparemeters:

Discipline Water, onderdeel slibdynamiek		
Tussenparemeters	Code	Onderzoeksparemetere
Troebelheid	W3	Fotische diepte
	W12	Turbiditeit
	W4	Doorzicht

Tabel 2-5: Overzicht van tussenparemeters slibdynamiek

2.7.4 Nadere uitwerking onderzoeksparameters

Zoals hierboven beschreven zijn ten aanzien van de slibdynamiek verschillende onderzoeksvragen geformuleerd. De onderzoeksparameter troebelheid is opgedeeld in drie tussenparameters die iets zeggen over de mate waarin licht kan door dringen in de waterkolom: de turbiditeit, de fotische diepte en de Secchi diepte.

Aangezien bovenstaande parameters in vergelijkbare informatie voorzien, namelijk de mate waarop licht doordringt in de waterkolom, is in overleg met de auteur van het basisrapport Natuur gekomen tot een verdere uitwerking van de tussenparameters. De momentane verhoging van de slibconcentratie is van belang voor de primaire productie en voor de op zichtjagende vogels.

Wanneer de lichtextinctie toeneemt door een toegenomen vertroebeling van het water heeft dit een negatief effect op de primaire productie. De primaire productie wordt bepaald door het aantal lichturen per dag. Hiervoor is dus het gemiddelde doorzicht van belang.

Voor bepaalde op zicht jagende vogels is een minimaal doorzicht van 40 centimeter nodig om te kunnen foerageren (zie rapport Habitattoets, WL 2006). Om het effect van de vertroebeling op deze foerageringsomstandigheden te bepalen, is (de verandering van) het percentage van de tijd dat deze waarde wordt onderschreden bepaald.

Doorzicht of Secchi diepte

De Secchi diepte wordt berekend om het effect van de baggerpluimen op het onderwater lichtklimaat te onderzoeken. De Secchi diepte (SD) is het resultaat van de extinctie karakteristieken van de waterkolom. Er zijn verschillende methoden om de SD te berekenen; in deze studie is een eenvoudige methode toegepast die gebaseerd is op de algemene extinctie coëfficiënt, de achtergrondextinctie en de sedimentconcentratie (referentie: Delft3D-WAQ Manual). Let op: De lichtextinctie door de aanwezigheid van algen (primaire productie) wordt buiten beschouwing gelaten:

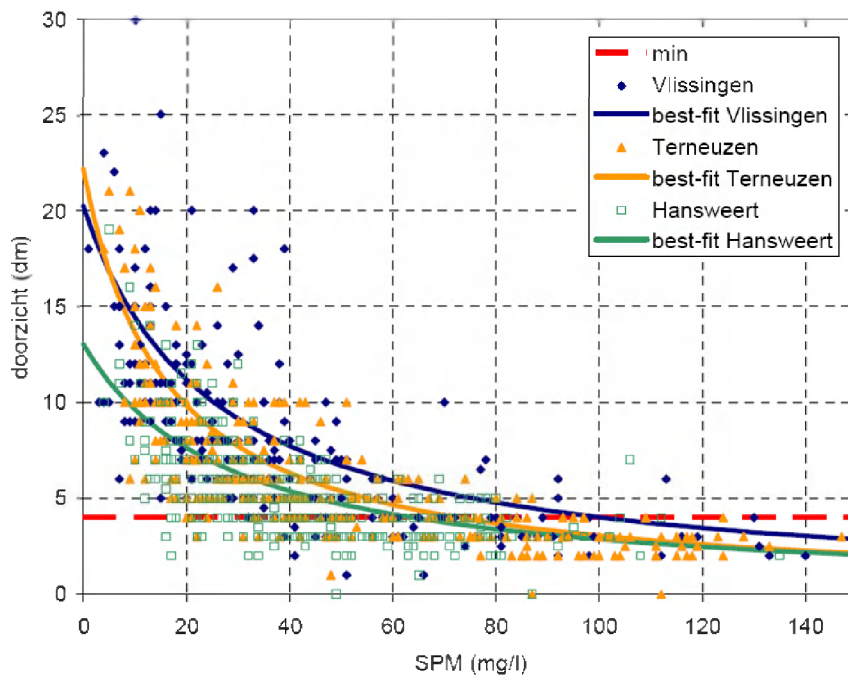
$$\text{Secchi Diepte} = Pa_{\text{constante}} / K_d$$

$$K_d = K_{\text{back}} + K'_{\text{SSC}} \times \text{SSC}$$

Waarin:

<i>Secchi Diepte</i>	doorzicht (m)
$Pa_{\text{constante}}$	Poole-Atkins constante = 1,7 (-)
K_d	Totale extinctie van zichtbaar licht (m^{-1})
K_{back}	Achtergrond extinctie = $1,3 \text{ m}^{-1}$
K'_{SSC}	Specifieke extinctie voor gesuspendeerd sediment = $0,047 \text{ m}^2/\text{g}$
SSC	zwevendstofconcentratie (g/m^3)

Figuur 2-3 geeft de relatie tussen zwevendstofconcentratie en doorzicht in de Westerschelde in Vlissingen, Hansweert en Terneuzen (WL 2006a). De rode gestreepte lijn duidt het minimumniveau aan van 40 cm doorzicht dat nodig is voor zichtjagers. Op basis van (Hansweert) zijn gemiddelde waarden bepaald voor de parameters Ext_{back} en Ext_{im1} uit bovenstaande formule.



Figuur 2-3: Relatie tussen zwevendstofconcentratie en doorzicht in de Westerschelde. Op basis van DONAR gegevensreeks. De rode gestreepte lijn duidt het minimumniveau aan van 0,4 meter doorzicht. (figuur overgenomen uit WL 2006a)

Uit de figuur blijkt tevens dat bij een slibconcentratie van ongeveer 60 mg/l (Hansweert) het doorzicht nog juist voldoende is voor zichtjagers. Ook volgt uit de figuur dat bij hoge slibconcentraties een verandering van de concentratie leidt tot zeer beperkte veranderingen in het doorzicht. Echter, indien de concentratie zich rond de 60 mg/l bevindt, leidt een (beperkte) verandering van de concentratie tot een toename van het percentage van de tijd dat het doorzicht minder dan de 40 centimeter is.

Voor het bepalen van de Secchi Diepte uit de modelresultaten wordt de sedimentconcentratie in de bovenste laag (13,5 procent van de waterdiepte) constant verondersteld. Mogelijk leidt dit tot een geringe onderschatting van het doorzicht. Het buiten beschouwing laten van de lichtextinctie door algen leidt tot een overschatting van het doorzicht. Deze aspecten moeten bij de bestudering van de resultaten worden meegenomen.

Fotische diepte

De fotische diepte (FD) is die diepte waar er voldoende licht is voor het fytoplankton om aan primaire productie te doen. Deze diepte wordt gedefinieerd als de diepte waar nog slecht 1 procent van het aan het oppervlakte invallende licht resteert.

Hieruit volgt (wet van Lambert - Beer, zie bijvoorbeeld Cole en Cloern, 1987):

$$\text{Fotische Diepte} = 4,61 / K_d$$

$$K_d = K_c + K_w + K_x$$

Waarin:

K_d	Extinctie coëfficiënt
K_c	Extinctie door fytoplankton concentratie
K_w	Extinctie door water (achtergrondextinctie)
K_x	Extinctie door gesuspendeerde stoffen

De relatie tussen de fotische diepte en de Secchi diepte valt dan te herleiden tot:

$$\text{Fotische Diepte} = 2,71 \times \text{Secchi Diepte}$$

Let op dat dit slechts een benadering betreft, bedoeld om het effect van de slibconcentratie-veranderingen te kunnen doorvertalen naar veranderingen in de onderzoeksparameters. Absolute waarden dienen zeer zorgvuldig toegepast te worden, waarbij rekening moet worden gehouden met de beperkingen van de gevolgde methodiek (bijvoorbeeld het buiten beschouwing laten van de invloed van algen op de lichtextinctie). Het verdient daarom de aanbeveling de getallen niet in absolute zin te gebruiken, maar in vergelijking tot een referentiealternatief.

3 Slib 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).

De slibdynamiek wordt, zoals het zoutregime in getijwateren, in essentie bepaald door de getijwerking, de bovenafvoer van de rivier en de morfologie. De combinatie van al deze factoren maakt dat de slibconcentratie 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.

De fijne fractie van het suspensiemateriaal (het slib) is van een bijzonder belang in een estuarium. Door de estuariene processen (getijwerking, saliniteit, residuele stroming, enzovoort) is de concentratie ervan sterk variabel in tijd en in plaats, wat zijn weerslag heeft op depositie, erosie en transport ervan, processen die uiteraard gekend moeten zijn bij onder andere de planning van baggerwerken, bij de aanleg van dokken of kaaimuren of met het oog op de beheersmaatregelen voor estuariene natuur.

De concentratie van slib in suspensie is in de Schelde meestal beperkt tot enkele tientallen tot honderden milligram per liter (mg/l). Dicht tegen de bodem kunnen zich lagen met hogere slibconcentratie vormen. Deze lagen zijn dikwijls weinig stabiel gedurende een getij. Zij worden gevormd tijdens kentering, wanneer de stroomsnelheid zodanig laag is dat de slibdeeltjes neerslaan. Gedurende de volgende fase van het getij kan deze laag terug in suspensie gebracht worden. Er kunnen echter ook delen van deze sliblaag 'overleven' en consolideren, dit zal eerder gebeuren gedurende dat deel van een doottij-springtij cyclus wanneer het tijverschil vermindert en de stroomsnelheid afneemt.

Turbiditeit en sediment in suspensie zijn twee termen die vaak door elkaar gebruikt worden en eventueel verwarring kunnen veroorzaken. In paragraaf 2.7.2 zijn de termen turbiditeit en turbiditeitsmaximum omschreven. Eenvoudig gesteld is turbiditeit een maat voor de troebelheid of de 'donkerheid' van het water en het is bijgevolg evident dat er een verband is met het gehalte aan sediment in suspensie, meer bepaald met het gehalte fijne deeltjes en bijgevolg het slibgehalte.

3.2 Beschrijving van de huidige situatie

3.2.1 De slibconcentratie in de Schelde

In het kader van de studie betreffende de aanslibbing in het Deurganckdok werd op verschillende locaties langsheen de Beneden-Zeeschelde de slibconcentratie gemeten (oktober 1997- december 1998) (IMDC, 1999). Aanvullende metingen werden uitgevoerd ten behoeve van de bouw van de Oosterweeltunnel (TV SAM, 2005a-c) en in het kader van de studie naar het voorkomen van hooggeconcentreerde slibconcentraties in de omgeving van het Deurganckdok (IMDC, 2005a). Bij het ontwikkelen van een slibtransportmodel voor het Schelde-estuarium is een overzicht gegeven van de slibconcentratie in de Schelde (Van Kessel et al, 2006), terwijl het geheel van voorkomen van slib in de Schelde is beschreven door Chen et al (2005) en een uitvoerig overzicht van meetgegevens is opgemaakt door Van Maldegem (2002).

De resultaten van de metingen zijn illustratief om de variabiliteit in tijd en ruimte van het slib in suspensie te kwantificeren. De hoge variabiliteit van de slibconcentratie in de waterkolom en op de bodem maakt dat het dikwijls bijzonder moeilijk is om effecten van lokale erosie en sedimentatie te onderscheiden van slibtransport. Dit heeft als gevolg dat het ook zeer moeilijk is om verbanden te leggen tussen de slibconcentraties op de verschillende meetplaatsen.

Uit de resultaten van 13-uursmetingen te Zandvliet (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al, 1994) blijkt dat slib in suspensie een verschillend gedrag en dus concentratie vertoont tijdens eb en vloed. De slibconcentratie varieert ook sterk over de verticale. Uit de 13-uursmetingen te Drempel van Zandvliet van 27/09/1990 en 04/10/1990 (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al, 1994) blijkt dat de bodemconcentratie gemiddeld tijdens doottij 3,1 (eb) tot 3,5 (vloed) en tijdens springtij 2,9 (eb) tot 4,6 (vloed) keer groter is dan de oppervlakteconcentratie. De verticale variatie in slibconcentratie is uiteraard sterk variabel gedurende een getijcyclus en de verhouding bodem- ten opzichte van oppervlakteconcentratie kan een veel grotere waarde bereiken. Uit het geheel van de gegevens kunnen (voor de Westerschelde) de volgende kengetallen worden afgeleid (Van Kessel et al, 2006):

- De gemiddelde slibconcentratie bedraagt 50 mg/l
- De getijvariatie schommelt tussen een factor 2 en een factor 5
- De springtij concentratie is 1,5 tot 2,0 maal groter dan de doottijconcentratie
- De seizoenale variatie is circa 2
- En over de verticale is de bodemconcentratie 2 tot 10 keer hoger dan de oppervlakteconcentratie, wat in overeenstemming is met de cijfers uit (Fettweis et al, 1994).

De analyse van de slibconcentratie geeft aan dat er een correlatie is van de slibconcentratie met de seizoenen. Hoge concentraties komen eerder tijdens de winter voor en lage concentraties eerder tijdens de zomer. Deze seizoensgebonden invloeden hebben echter geen invloed op de variaties die optreden tijdens een getijcyclus of tijdens een doottij-springtijcyclus. De seizoensgebonden variaties kunnen toegeschreven worden aan een groot aantal processen, die dikwijls met elkaar verbonden zijn.

Zij kunnen als volgt gegroepeerd worden:

- Bovendebiet (verschuiving van het turbiditeitsmaximum, grotere sedimenttoevoer vanuit het niet-getijgebonden deel van het bekken);
- Temperatuur (biologische activiteit, klimatologische factoren, organisch materiaal in suspensie en aggregatie/flocculatie van slibpartikels);
- Stormvloeden;
- Landerosie (terrestrische input van fijne sedimenten).

Voor een gedetailleerde discussie omtrent deze invloeden wordt verwezen naar Fettweis et al (1997 en 1998b). De biologische effecten op de erosiegevoeligheid van slib, werden in het kader van de studie van het Deurganckdok onderzocht tijdens een in situ meetcampagne in enkele intergetijdegebieden (Groot Buitenschoor, Paardenschor en Galgenschoor) in de Beneden-Zeeschelde. De resultaten hiervan werden beschreven in IMDC-IN (1999) en ook in Fettweis et al (1999) en Ysebaert et al (1999).

Aggregatie en flocculatie van slibpartikels worden ondermeer besproken in Van Leussen (1994), IMDC (2007a) en IMDC (2007b).

3.2.2 Slibconcentratie tijdens een getij

Uit de resultaten van 13-uursmetingen te Zandvliet (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al, 1994) blijkt dat slib in suspensie een verschillend gedrag en dus concentratie vertoont tijdens eb en vloed. Dit is het gevolg van de ligging van het meetpunt in de dwarssectie, het type ophanging en ook van verschillen in het snelheidspatroon en in het snelheidsprofiel tijdens eb en vloed. De slibconcentraties werden daarom gemiddeld over respectievelijk eb en vloed.

Voor de Beneden-Zeeschelde kan de verhouding tussen de gemiddelde slibconcentratie tijdens eb en vloed worden afgeleid: deze schommelt afhankelijk van de locatie en de meetdiepte tussen 0,5 en 0,9.

Voor de Westerschelde zijn geen kengetallen voor deze verhouding bekend, hoewel ze normaliter afleidbaar zijn uit de historische tijdreeksen.

3.2.3 Slibconcentratie bij springtij en doottij

Het snelheidsverloop tijdens een doottij is verschillend van het verloop tijdens een springtij. Ook is de stroming tijdens vloed kwalitatief verschillend voor een springtij en een doottij. Tijdens een springtij zijn de vloedsnelheden meer asymmetrisch en ze vertonen een uitgesproken dubbele piek. Tijdens een doottij is het vloedverloop van de snelheid veel geleidelijker. Dit betekent dat tijdens een doottij-springtijcyclus de piekvloedsnelheden relatief meer toenemen dan de piekebsnelheden, resulterend dus in een relatief hogere erosie van slib tijdens een springtij-vloed dan tijdens een doottij-vloed.

De gemiddelde slibconcentratie tijdens een springtij is te Oosterweel 1,3 tot 1,4 keer groter dan tijdens een doottij, met nauwelijks verschil tussen eb of vloed of tijdens een winter of zomer. Te Prosperpolder zijn de gemiddelde concentraties tijdens een springtij 1,2 tot 1,7 keer groter dan tijdens een doottij. Dit getal is groter tijdens vloed (1,4-1,7) en tijdens een zomer (1,3-1,7) dan tijdens eb (1,2-1,3) en tijdens een winter (1,2-1,4).

Het grootste verschil in slibconcentratie tussen doottij en springtij is bij de hier beschouwde metingen terug te vinden ter hoogte van Boei 84 (Drempel van Frederik). De gemiddelde slibconcentratie tijdens een springtij is 1,7-2,1 keer groter tijdens dan tijdens een doottij. Dit getal is iets groter tijdens vloed (1,9-2,1) en tijdens een winter (1,9-2,1) dan tijdens een eb (1,7-1,9) en een zomer (1,7-1,9).

Meer stroomopwaarts in de omgeving van Hoboken is de verhouding tussen de slibconcentratie bij springtij en doottij 1-4 tot 1-6 voor respectievelijk eb en vloed, terwijl afwaarts in de Westerschelde een verhouding 1,5 tot 2 wordt gerapporteerd tussen de gemiddelde slibconcentratie bij springtij en deze bij doottij.

3.2.4 Seizoensvariatie of variatie met bovenafvoer

In Van Kessel et al (2006) wordt voor een aantal meetstations langs de Westerschelde de maandgemiddelde slibconcentratie gegeven, op basis van de MWTL-monitoring in de Westerschelde.

In Borssele ligt het minimum in de zomer (circa 15 mg/l oplopend naar 100 mg/l in de winter). In Terneuzen is het minimum in de zomer ongeveer 30 mg/l en in de winter 80 mg/l, terwijl in de Schaar van Ouden Doel het minimum 40 mg/l bedraagt en het wintermaximum 115 mg/l.

In de Beneden-Zeeschelde, meer bepaald in Prosperpolder werden waarden gerapporteerd (Fettweis, 1995) van 38 mg/l in de zomer en 83 mg/l in de winter, terwijl in de omgeving van Oosterweel 90 mg/l werd gevonden in de zomer en 150 mg/l in de winter.

In Hoboken, tenslotte, is de zomerconcentratie 150 mg/l en in de winter 270 mg/l.

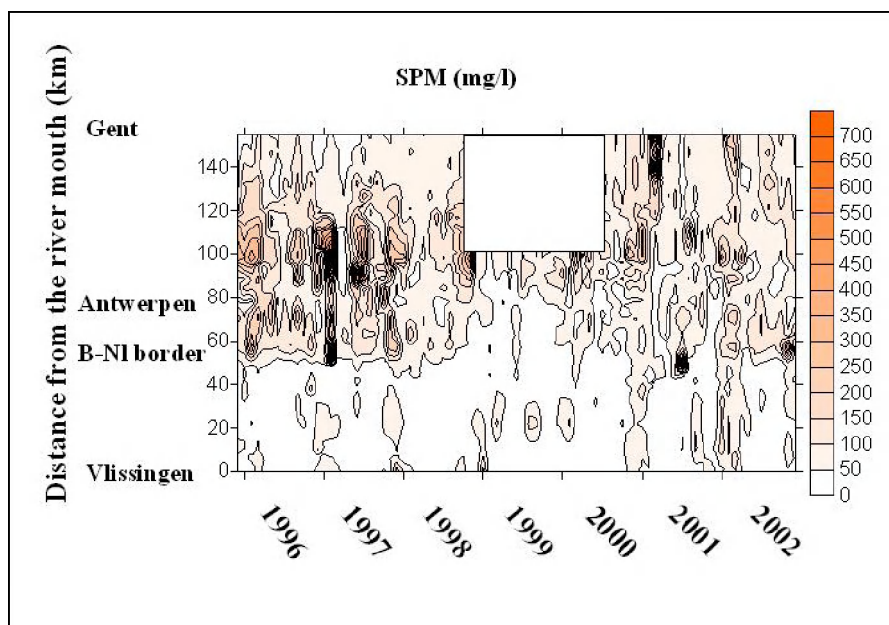
3.2.5 Langsgradiënten – turbiditeitsmaximum

Volgens de literatuur (zie bijvoorbeeld Dyer, 1995; Verlaan, 1998) is er in meso- en macrotidale estuaria een zone met hogere slibconcentraties dan elders. Een voorwaarde voor de vorming van een turbiditeitsmaximum is dat de stroomsnelheden voldoende groot zijn om slib in suspensie te houden. Het turbiditeitsmaximum is gewoonlijk gelegen aan het opwaartse einde van de zoutindringing, dat wil zeggen een zone met saliniteit van 1-5 gram per liter (g/l). Vertaald naar de Zeeschelde zou dit betekenen dat op het einde van een droge periode, wanneer de saliniteit in Oosterweel hoger is dan 5 g/l, het turbiditeitsmaximum zich opwaarts Oosterweel bevindt. In januari 1998 lag het turbiditeitsmaximum tussen Boei 84 en Oosterweel. Nadien begint de saliniteit te stijgen en verschuift het maximum naar opwaarts; volgens saliniteitsdata is het gelegen tussen opwaarts Oosterweel en de Lillo. Regenval begin maart doet het maximum terug naar afwaarts verschuiven. Tijdens een relatief lange droge periode (mei 1998 tot augustus 1998) verschuift het turbiditeitsmaximum terug naar opwaarts Lillo. Hevige regens in het najaar van 1998 zorgen voor lage saliniteiten, waardoor in november 1998 tot december 1998 het turbiditeitsmaximum afwaarts Prosperpolder komt te liggen.

De boven vermelde verschuivingen van het turbiditeitsmaximum bevestigen de bevindingen van Wollast en Marijns (1981). Zij hebben aangetoond dat het turbiditeitsmaximum in de Schelde gelegen is op ongeveer 110 kilometer (St. Amands) van de monding gedurende droge periodes (lage bovenafvoer) en op ongeveer 50 kilometer (dit is ter hoogte van Prosperpolder tot Bath) gedurende natte periodes (hoge bovenafvoer). Uit de metingen in 1997-1998 blijkt dat de pieken in slibconcentratie ongeveer 1 tot 2 uur later optreden dan de pieken in stroomsnelheid. De hieruit resulterende hysteresiscurve van de slibconcentratie in functie van de stroomsnelheid werd reeds door meerdere auteurs opgemerkt, zie bijvoorbeeld Dyer (1995) en wordt als oorzaak aangegeven dat het turbiditeitsmaximum bij lage bovenafvoer soms opwaarts van het zoutfront gelegen kan zijn.

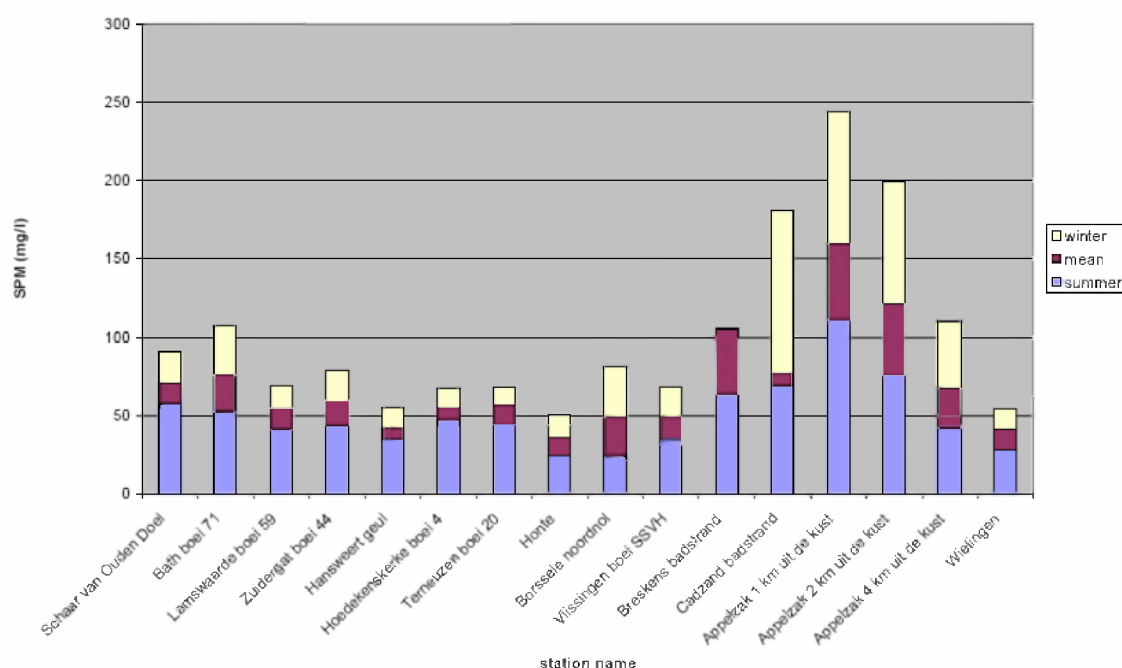
Het verband tussen bovendebiet en slibconcentratie kon worden aangetoond te Prosperpolder gedurende de langdurige meting van september 1992 tot december 1993 (Fettweis et al, 1997 en 1998). Ook bij de langdurige metingen van 1997-1998 kan vastgesteld worden dat er een correlatie is tussen bovenafvoer en slibconcentratie (IMDC, 1999). Deze correlatie is echter niet altijd even uitgesproken. Dyer (1986) merkte op dat de sedimentconcentraties net afwaarts van het turbiditeitsmaximum groter zijn tijdens eb terwijl aan het opwaartse einde van het turbiditeitsmaximum de hoogste concentraties voorkomen tijdens vloed. In beide gevallen is het immers zo dat de stroming komend vanuit het gebied met een turbiditeitsmaximum, meer een hogere concentratie aan slib heeft dan het water dat naar het gebied met turbiditeitsmaximum toe stroomt.

De variaties inzake turbiditeit worden hier onderstaand geïllustreerd aan de hand van de observaties van zwevende stof die werden uitgevoerd in het kader van de OMES-studie (onderzoek Milieueffecten Sigmaplan). Hierbij wordt opgemerkt dat in de periode eind 1998 tot voorjaar 2000 geen metingen werden uitgevoerd in de Boven-Zeeschelde (wit blok in figuur 3-1).



Figuur 3-1: Variatie van de hoeveelheid zwevende stof in tijd en ruimte (Van Damme et al, 2005)

Voor de Westerschelde is het globaal patroon van het slibgehalte (met onderscheid naar winter en zomerperiode) zoals bepaald uit de MWTL-gegevens weergegeven in (Van Kessel et al, 2006):



Figuur 3-2: Jaargemiddelde, winter- en zomerconcentraties in de Westerschelde

3.2.6 Slibtransport in de Schelde

Uit de verschillende sedimenttransportmetingen die in het verleden werden uitgevoerd (Waarde, Bath, Zandvliet, Liefkenshoek, Meestoof, Oosterweel, Schelle) werden telkens slibtransporten berekend door integratie van het product van de lokale ogenblikkelijke slibconcentratie en stroomsnelheid.

Locatie	Datum	Aard van het getij	Slibtransport (ton/getij)	
			Eb	Vloed
Waarde	28/09/2006	gemiddeld	14655	14607
Bath	23/04/1997	springtij	10369	11444
Zandvliet	27/09/1990	doodtij	5255	5206
Zandvliet	04/10/1990	springtij	13661	13418
Liefkenshoek	28/08/1995	springtij	10176	-7961
Liefkenshoek	27/09/2006	gemiddeld	10632	7687
Meestoof	23/04/1997	springtij	16155	15030
Oosterweel	24/11/1970	doodtij	17280	17280
Oosterweel	01/12/1970	springtij	41760	43380
Schelle	28/09/2006	gemiddeld	7619	7981

Tabel 3-1: Slibtransport per getij

Zowel uit de metingen te Zandvliet als deze ter hoogte van Oosterweel blijkt dat het transport tijdens springtij ongeveer een factor 3 groter is dan tijdens doottij. Dit betekent dat er op jaarbasis door de getijwerking 10 tot 30 miljoen ton slib naar opwaarts getransporteerd wordt tijdens vloed en een vergelijkbare hoeveelheid naar afwaarts tijdens eb.

3.2.7 Fluviatiele slibaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde

Vanaf 1992 is de fluviatiele slibaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde bepaald door de afdeling Maritieme Toegang, zoals beschreven in (Taverniers, 2000), waartoe watermonsters werden genomen aan de grenzen van het getijgebied waarvan het suspensiemateriaal werd bepaald. Koppeling van het slibgehalte aan de debietmetingen laat toe de slibtransporten te bepalen ter hoogte van de meetraaien en omrekening van de debieten naar de debieten te Schelle, houdt de mogelijkheid in om de slibaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde te bepalen. Deze gegevens zijn gebruikt om de jaarlijkse slibbalans van de Beneden-Zeeschelde op te stellen, waarin de volgende componenten werden beschouwd: fluviatiele slibaanvoer te Schelle, laterale fluviatiele slibaanvoer in de Beneden-Zeeschelde zelf (12 procent van input te Schelle), antropogene verwijdering van slib uit het systeem (via baggerwerken) export van slib naar de aanliggende havenbekkens en tenslotte uitwisseling van slib aan de Belgisch/Nederlandse grens. In 1999 bedroeg de totale fluviatiele slibaanvoer aan de meetraaien circa 280.000 ton en ter hoogte van Schelle ongeveer 320.000 ton en voor het totaal van de Beneden-Zeeschelde 336.500 ton. De bijdrage uit het Zennebekken (beschouwd op de meetraaien) schommelt tussen 15.000 en 30.000 ton op jaarbasis.

Meetraai	Oppervlakte bekken (km ²)	Slibaanvoer (ton/jaar)	Slibaanvoer
			(ton/ha/jaar)
Zeeschelde te Merelbeke/Melle	6097	121000	0,20
Dender te Dendermonde-Appels	1374	41500	0,30
Zenne te Eppegem	1082	17800	0,16
Dijle te Haacht	3312	85000	0,26
Grote Nete te Itegem	545	6600	0,12
Kleine Nete te Grobbendonk	557	6750	0,12
Totaal		278000	

Tabel 3-2: Fluviatiele slibaanvoer aan de meetraaien in 1999

De evolutie van de slibaanvoer voor het geheel van de Beneden-Zeeschelde is voor de periode 1992-2005 weergegeven in onderstaande tabel, waaruit een gemiddelde aanvoer van ongeveer 250.000 ton (droge stof) blijkt.

Jaar	Slibaanvoer (ton/jaar)	Jaar	Slibaanvoer
			(ton/jaar)
1992	250000	1999	336500
1993	210000	2000	310000
1994	200000	2001	482000
1995	172600	2002	425000
1996	94000	2003	200000
1997	100200	2004	165000
1998	265000	2005	160000

Tabel 3-3: Evolutie totale fluviatiele slibaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde

3.2.8 Slibafzettingen in de Schelde

De volgende tekst met betrekking tot slibafzetting in de Beneden-Zeeschelde is integraal overgenomen uit (IMDC, 2004c). Het overzicht van de slibafzetting in de havens langs de Westerschelde is gebaseerd op WL, (2006a en 2006b).

Beneden-Zeeschelde: toegangsgeulen

De toegangsgeulen tot de sluizen van de Antwerpse haven zijn kunstmatige insteken. De aanslibbing in deze insteken wordt veroorzaakt door dezelfde fysische processen, met name getijwerking, neervorming en densiteitstromingen (IMDC, 1998b).

De oppervlakte van de toegangsgeul tot de Kallosluis bedraagt ongeveer 30 hectare. De aanslibbing in de Kallosluis werd in het verleden nauwkeurig gevolgd, zie WLB (1983), Claessens en Marain (1988) en Sas en Claessens (1988).

De dagelijkse slibafzetting in de toegangsgeul bedraagt circa 4.000 m³ wat neerkomt op een aanslibbingssnelheid van 1,4 centimeter per dag. Jaarlijks wordt er ongeveer 1,5 miljoen m³ slib afgezet in de toegangsgeul.

Tijdens de baggerwerken voor de bouw van de Berendrechtsluis werd een slibvang voor de ingang van de Berendrechtsluis uitgegraven tot op een peil van -21,5 meter TAW. Tussen 23 maart 1987 en 13 februari 1989 werden regelmatig peilingen uitgevoerd. Uit de evolutie van het bodempeil in en naast de slibvang kon worden vastgesteld dat de gemiddelde aanslibbingssnelheid in de slibvang 4 tot 7 centimeter per dag bedroeg tegenover 1 tot 2 centimeter per dag in de rest van de toegangsgeul (IMDC, 1990). Indien men veronderstelt dat de gemiddelde sedimentatie in de toegangsgeul gelijk is aan de gemiddelde gemeten sedimentatie buiten de slibvang, dan kunnen de laatst genoemde cijfers herleid worden tot, gegeven de oppervlakte van de toegangsgeul van 35 hectare, een sedimentatie van 3.500 – 7.000 m³ per dag over de hele toegangsgeul. Dit resulteert in een jaarlijkse slibafzetting in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtsluis van 1,3 tot 2,6 miljoen m³. Bij een densiteit van het slib van 1,15 kg/l is de gemiddelde dagelijkse sedimentatie gelegen tussen 2,4 en 4,9 kg/m².

Beneden-Zeeschelde: In de vaargeul

De gemiddelde aanslibbing op de rivierbodem, berekend op basis van de gegevens uit de bodemkartering (Francken et al, 2000) is veel lager en bedraagt 2 millimeter per jaar. Dit geeft de jarenlange accumulatie van slib in de Scheldebodem weer en niet het dynamisch afzettingspatroon per getij.

Beneden-Zeeschelde: Op de slikken

Door Wartel (2000b) werd de accumulatiesnelheid of de gemiddelde slibaangroei over een periode van 50 tot 100 jaar berekend op basis van het verloop in de diepte van de activiteit van het 210Pb isotoop in het bodemsediment. Sedimenten van de schorren in de Westerschelde (Konijnenschor en Emanuelpolder, Zwolsman et al, 1993) en van de slikken tussen Tielrode en Zandvliet (Wartel et al, 1998) werden onderzocht.

De accumulatiesnelheid van het sediment varieert van 2,1 millimeter per jaar in de omgeving van Antwerpen tot 17 millimeter per jaar stroomafwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens. De gemiddelde waarde bedraagt iets meer dan 6 millimeter per jaar. De metingen tonen aan dat er stroomopwaarts een daling van de accumulatiesnelheid waar te nemen is.

Door het Instituut voor Natuurbehoud werd de aanslibbing in het Groot Buitenschoor intensief opgevolgd sinds 1993. Gedurende deze periode werd in de omgeving de Noordelijke Containerkaai gebouwd. Uit de metingen blijkt dat er in het meest slibrijke gebied een aangroei van het slib is geweest over de beschouwde periode van circa 10 centimeter, met een afnemende aangroei gedurende de laatste jaren.

Westerschelde: in de havens

In de Westerschelde wordt jaarlijks een totaal van circa 4,2 miljoen m³ baggerspecie gestort, 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).

3.3 Beschrijving verwachte autonome ontwikkeling inzake slibdynamiek

Op basis van de gekende autonome ontwikkeling in het Schelde-estuarium zijn er geen aanwijzingen dat de slibdynamiek sterk zal wijzigen door deze ontwikkeling.

Uit de resultaten van de MOVE monitoring, blijkt dat er geen wijziging heeft plaatsgevonden in de concentratie zwevende stof in de Westerschelde als gevolg van de tweede verdieping (noch in Vlissingen, noch in Hansweert, noch ter hoogte van de Schaar van Ouden Doel), hoewel er wel een afname van het doorzicht is vastgesteld.

In het Scheldebekken vinden in de voorziene studieperiode wijzigingen plaats in het slibaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde, onder meer door de in werking stelling van het waterzuiveringsstation van Brussel Noord, wat impliciet zou moeten leiden tot een reductie in de aanvoer van zwevende stof. Hieruit zou bijgevolg een reductie volgen van de bijdrage van het Zennebekken aan de totale fluviatiele slibaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde. Analoog mag worden verwacht dat bodemerosiebestrijdingsmaatregelen in het stroombekken zullen leiden tot retentie van fijn bodemmateriaal opwaarts in het bekken en op deze wijze ook aanleiding kunnen geven tot een reductie in de aanvoer.

Het begroten van de te verwachten vermindering in aanvoer is uitermate moeilijk door een gebrek aan basisgegevens. Beide ontwikkelingen worden niet kwantitatief in rekening gebracht bij de modellering.

4 Opzet en afregeling modelinstrumentarium

4.1 Inleiding

Om de veranderingen in de slibdynamiek 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 het zoutregime (zie basisrapport Zoutdynamiek). De opzet en afregeling van het Slib3D model (hydrodynamica, inclusief saliniteit en sediment) worden in dit hoofdstuk besproken.

De randvoorwaarden voor de hydrodynamica van 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 slib suspensies 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 milieuvergunningsaanvraag. 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-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-densiteitsstromingen
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 parameterinstellingen 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 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. De veranderingen in concentratie zijn nabij de bodem het grootst (zie ook hoofdstuk 1). Hoge concentraties treden op nabij de bodem enerzijds wanneer in de fase voor kentering de stroomsnelheden laag zijn en het materiaal naar de bodem uitzakt, anderzijds als na kentering de stroomsnelheden weer toenemen en materiaal van de bodem wordt geërodeerd. Wanneer de snelheden verder toenemen mengt het sediment op over de verticaal.

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 basisrapport Zoutdynamiek), een verticale zoutstructuur ontstaan, die niet door gelaagdheid gekenmerkt wordt, doch die aanleiding geeft tot densiteitstromingen binnen het estuarium.

De belangrijkste waarde van deze studie betreft dus het 3D-aspect van de stroming. 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 de slibdynamiek 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 de studie voor het milieueffectrapport 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 lokale snelheden, en met gradiënten in bodemligging, snelheden, saliniteit, en sedimentconcentratie. Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen (met betrekking tot zowel de zout- als slibdynamica) 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 hoofdstuk 3) 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 (IMDC, 2004b). Deze hoge verticale resolutie is echter niet vereist voor het beantwoorden van de voorliggende onderzoeksvragen waarbij het vooral gaat om de effecten op de slibdynamiek in en buiten de vaargeul, en niet om de aanslibbingsprocessen in de havenbekkens.

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 Melsele
- Domein F: Punt van Melsele 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 Vlaamse Overheid (versie 3 april 2006). De gegevens zijn aangevuld met gegevens uit het project Actualisatie Sigmaplan 2001 (IMDC, 2003 a tot en met d).

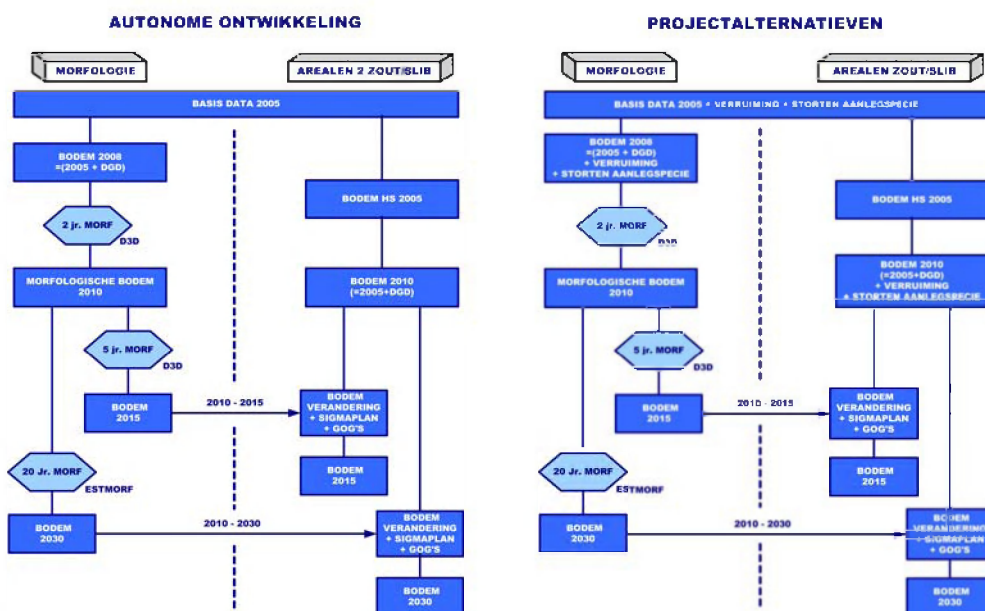
Om er voor te zorgen dat alle in alle deelstudies gebruik gemaakt wordt van dezelfde data en zodoende na interpolatie naar de verschillende rekenroosters over dezelfde bodemschematisering te beschikken, is een gebiedsdekkend Digitaal Terrein Model (DTM) samengesteld. De databestanden die gebruikt zijn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

Het referentieniveau van het Slib3D-model is TAW (Tweede Algemene Waterpassing). 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, 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 (d.d. 10 oktober 2006).

De modelbodems voor de verschillende projectalternatieven voor het jaar 2030 zijn geconstrueerd door de berekende bodemveranderingen (2010 tot 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

Voor de aansturing van het Slib3D-model zijn randvoorwaarden nodig voor de waterstanden (stroomafwaarts), debieten (stroomopwaarts), saliniteit en slibconcentratie. De hydrodynamische randvoorwaarden voor de stroomopwaartse en de stroomafwaartse randen (waterstanden, debieten en saliniteit) van het Slib3D-model worden verkregen uit een gedetailleerd 2D-model van de Oosterschelde en Westerschelde, welke 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 uur tot 9 juli 1998 18:00 uur. De randvoorwaarden zijn beschikbaar vanaf 14 juni 1998 14:50 uur (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 00:00

Tabel 4-3: Overzicht rekentijdstippen spring en doottij

Hydrodynamica

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 (waterstanden, debieten en saliniteit) af te leiden voor hoge en lage bovenafvoer (zie bijlage A). 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

De randvoorwaarden zijn beschikbaar voor de periode 14 juni 1998 14:50 uur tot 9 juli 1998 18:00 uur. De referentieperiode is van 24 juni 1998 05:50 uur tot 9 juli 1998 18:00 uur (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, en ook voor de slibconcentratie, 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 in de natuur de saliniteit in het Schelde-estuarium continu in beweging. 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.

Sedimentconcentratie

Een terugkerend probleem bij de bepaling van de randvoorwaarden is het gebrek aan langdurige gevalideerde metingen in de omgeving van de randvoorwaarden van het model (IMDC 2004). Wel beschikken we over statistische gegevens van jaar- en seizoensgemiddelde slibconcentraties. Dit maakt dat randvoorwaarden geformuleerd moeten worden op basis van expert judgement en vroegere modelleerervaringen.

Het is niet bekend wat de variatie is van de sedimentconcentratie ter hoogte van de opwaartse randen (Driegoten en Walem). Voor de opwaartse randen werd derhalve gekozen voor een constante slibrandvoorwaarde van circa 80 mg/l, overeenkomstig de in vorige modelstudies (WL-IMDC, 2005; TV SAM, 2006) gebruikte randvoorwaarde en overeenkomstig een zomertoestand in de bovenafvoer (een toestand met een lage bovenafvoer en een lage bioactiviteit). Mogelijke autonome ontwikkelingen in de aanvoer van slib op middellange termijn (zie paragraaf 3.3) zijn niet in de randvoorwaarden verdisconteerd.

Nadere bestudering van de resultaten laat zien dat de sedimentconcentratie zich in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde over zeer korte afstand instelt door erosie van de op de bodem beschikbare sedimentlaag. De sedimentconcentratie, die bepaald wordt door de lokale hydrodynamica, bepaalt de uitstromende sedimentconcentratie ter hoogte van de (opwaartse) rand van het model en zal in overeenstemming moeten zijn met de instromende sedimentconcentratie.

Wanneer dit niet het geval is, is er sprake van een netto import of export van sediment in het model. Door gebruik te maken van een Thatcher-Harlemanrand kan een deel van deze onzekerheid worden weggenomen. Echter, toepassing van dit type randvoorwaarde leidde in de studie niet tot de gewenste verbetering van de resultaten. Bij de bespreking van de resultaten zal op de aanwezigheid van randeffecten worden gewezen.

Voor de afwaartse rand (nabij Vlissingen) is een constante waarde opgelegd van 40 mg/l, overeenkomstig de waargenomen jaargemiddelde sedimentconcentratie (zie hoofdstuk 3). Uit een gevoeligheidsonderzoek, waarbij de grootte van de constante slibrandvoorwaarde werd gevarieerd, bleek dat dit op de beschouwde tijdschaal (een springtij – doodtij cyclus) geen invloed had de slibconcentraties in de omgeving van het turbiditeitsmaximum. Hierbij speelt dat dit gebied sterk wordt beïnvloed door golven die in deze studie buiten beschouwing worden gelaten.

4.2.6 Initiële condities

De berekeningen worden gestart met een goede schatting van de waterstand en de saliniteit door deze zorgvuldig te interpoleren uit de berekeningsresultaten van de deelstudie Water, die ook voor de bepaling van de randvoorwaarden zijn gebruikt. Hierdoor stelt de waterbeweging en de saliniteit zich snel in en wordt daarmee onafhankelijk van de initiële condities. 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.

Voor het slibmodel dient een initiële slibconcentratie te worden opgegeven, alsmede een ruimtelijke verdeling van de hoeveelheid sediment die op de bodem beschikbaar is. Gezien de grote ruimtelijke variatie in de grootte van de slibconcentraties het niet eenvoudig een initiële verdeling van de slibconcentratie te construeren uit berekeningsresultaten of metingen. Anderzijds hebben gevoeligheidsberekeningen aangetoond dat de sedimentconcentraties zich over een periode van een aantal getijden instellen. Aangezien het model dientengevolge over een voldoende lange inspeeltijd beschikt, is de keuze van een initiële slibconcentratie dus niet relevant.

De slibconcentraties worden bepaald door de beschikbaarheid van slib dat in het (recente) verleden naar het gebied is getransporteerd. Dit wordt lokaal in suspensie gebracht/gehouden. De ruimtelijke verdeling van de beschikbare hoeveelheid sediment op de bodem (in kg/m^2) heeft daarom een grote invloed op de sedimentconcentraties die in het model worden berekend. Tevens is dit een grote onbekende aangezien slechts gedeeltelijk bekend is hoeveel sediment beschikbaar is voor resuspensie (zie hoofdstuk 3, kaart van MacLaren) en in welke mate dit sediment is geconsolideerd (hoe snel komt het vrij).

In deze studie heeft de afregeling van de slibconcentraties plaatsgevonden door te variëren in de hoeveelheid sediment die op de bodem beschikbaar is (zie paragraaf 4.3). Het resultaat laat een grotere sedimentbeschikbaarheid zien in de omgeving van het turbiditeitsmaximum en een zeer beperkte beschikbaarheid van sediment in de Westerschelde. Het laten inspelen van de sedimentbeschikbaarheid op de bodem van de Schelde is momenteel niet haalbaar; het impliceert een te grote rekeninspanning waarbij een realistisch scenario van variërende bovenafvoer, meerder slibfracties en zand, flocculatie en consolidatie, enzovoort zou moeten worden toegepast.

Voor de bepaling van de sedimentbeschikbaarheid is de ruimtelijke verdeling gebruikt zoals die is toegepast in Slib3D model in IMDC (2004), WL-IMDC (2005) en TV SAM (2006). Deze distributie is gebaseerd op basis van de kaarten van Wartel (Wartel, Parker et al, 2000). Via een aantal iteratieslagen is deze ruimtelijke verdeling geoptimaliseerd ten einde een zo goed mogelijke representatie van de momentane slibconcentraties te verkrijgen. Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt.

Om een zo objectief mogelijk vergelijking tussen de verschillende alternatieven te kunnen maken is de initiële slibbeschikbaarheid voor alle simulaties (zowel 2005, 2010 als 2030) dezelfde verdeling toegepast. Hierbij is aangenomen dat de slibbeschikbaarheid in 2030 niet significant afwijkt van de beschikbaarheid in 2010.

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 onderzoek voor het milieueffectrapport) 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 $1 \text{ m}^2/\text{s}$, respectievelijk $0,00001 \text{ m}^2/\text{s}$ wordt gesteld (zie ook de aanbevelingen in IMDC, 2006).

Sedimentkarakteristieken

In overeenkomst met de instellingen van het Slib3D in vorige studies (IMDC, 2004; WL-IMDC, 2005 en TV SAM, 2006) zijn de volgende sedimentparameterinstellingen gekozen:

C_{ref}	1150	(kg/m^3)	Referentiedichtheid voor hindered settling
W_S	0,002	(m/s)	Valsnelheid voor zoet en zout water
$\tau_{cr,Sed}$	0,2	(N/m^2)	Kritische schuifspanning voor sedimentatie
$\tau_{cr,Ero}$	0,4	(N/m^2)	Kritische schuifspanning voor erosie
M_{erosie}	0,00005	($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)	Erosieparameter M
C_{DryBed}	244	(kg/m^3)	Droge dichtheid

Tabel 4-4: Sedimentparameters.

Conform de vorige studies en tevens met data uit metingen werd een valsnelheid W_s van 2 mm/s gekozen. Ervaring heeft uitgewezen dat met een kleine waarde van de valsnelheid (orde 0,1 à 0,2 mm/s), zoals dikwijls gemeten wordt, de sedimentatie onderschat wordt (IMDC, 2004). Door een relatief hoge waarde voor de minimale valsnelheid te nemen, zoals hier is gebeurd, wordt rekening gehouden met de vorming van vlokken en aggregaten en ook met turbulente menging. Er is niet met meerdere slibfracties gerekend, aangezien het niet mogelijk is om deze in het model samen te laten gaan tot vlokken of aggregaten.

In overeenkomst met de calibratieprocedure voor de studie van de Containerkaai-Noord (IMDC-WLB, 1992, 1993, 1994), van het oriënterend tijdok onderzoek (IMDC-WLB, 1995) en van het hydraulisch-sedimentologisch onderzoek voor Containerdok West (IMDC, 1999) werd voor de kritische schuifspanning voor sedimentatie, $\tau_{cr,Sed}$, een waarde van 0,2 Pa, voor de kritische schuifspanning voor erosie, $\tau_{cr,Ero}$, een waarde van 0,4 Pa en voor de erosieconstante, M_e , een waarde 0,00005 (kg/ m²s)/Pa gebruikt.

Om een inschatting mogelijk te maken van de afgezette hoeveelheid slib, dient een veronderstelling te worden gemaakt betreffende de in-situ dichtheid van het slib. Het model rekent enkel met 'recent' afgezet slib omdat de consolidatie van de sliblaag niet gesimuleerd wordt. Om echter toch een schatting te kunnen geven van de hoeveelheid gesedimenteerd slib, uitgedrukt in m³, over een langere periode, werd een dichtheid van 1,15 ton/m³ gekozen. Dit stemt overeen met de eigenschappen van pas afgezet slib met een hoeveelheid droge stof van 244 kg/m³. De absolute dichtheid van slib is 2.650 kg/m³.

Overige modelinstellingen

In onderstaande tabel is een aantal relevante overige instellingen opgenomen.

Tijdstap	0,25 minuten
Referentietijd	1 juni 1998 0:00 uur
Dichtheid water	1015 kg/m ³
Temperatuur water	15°C

Tabel 4-5: 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 van de volgende parameters onderzocht:

- Initiële condities;
- Bodemruwheid;
- Tijdstap;
- Achtergrond diffusiecoëfficiënt;
- Sedimentbeschikbaarheid op de bodem.

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 ten einde 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 (IMDC, 2005a; WL, 2005b) sturend geweest.

In de voorgaande studies heeft een afregeling van de slibparameters (valsnelheid, kritische schuifspanning voor erosie en sedimentatie, erosieparameter M, enzovoort) plaatsgevonden op basis van een zo correct mogelijke schatting van de initiële sedimentbeschikbaarheid. Echter, in de diverse studies waar deze aanpak is toegepast, heeft dit niet geleid tot een correcte representatie van het turbiditeitsmaximum.

Blijkbaar worden de processen die het turbiditeitsmaximum veroorzaken (estuariene circulatie, getijasymmetrie, flocculatie) nog niet volledig doorgrond. Aangezien in de voorliggende studie de focus voornamelijk ligt op het aan de sedimentconcentratie gerelateerde doorzicht, heeft de calibratie zich voornamelijk gericht op het weergeven van dit turbiditeitsmaximum. Veranderingen in doorzicht kunnen alleen correct worden ingeschat wanneer het doorzicht wordt gerelateerd aan een correcte referentieconcentratie, in dit geval een turbiditeitsmaximum van de juiste omvang.

Voorwaarde voor de representatie van het turbiditeitsmaximum is een ruime beschikbaarheid van sediment. Het turbiditeitsmaximum is aanwezig tijdens maximale stroomsnelheden en bijna afwezig tijdens kentering (WL, 2006). Hieruit volgt dat gedurende een getijdencyclus het slib in het turbiditeitsmaximum volledig naar de bodem zakt en weer resuspendeert. Omgekeerd kan geconcludeerd worden dat de omvang van het turbiditeitsmaximum, behalve aan de stroomsnelheden, direct gerelateerd is aan de hoeveelheid beschikbaar slib op de bodem. De hoeveelheid slib in de omgeving van het turbiditeitsmaximum bouwt zich gedurende een jaar geleidelijk op, waarbij voor zowel de opwaartse als de afwaartse aanvoer van slib de seizoenen een belangrijke rol spelen (WL, 2006). Het is niet haalbaar dit proces met een dergelijk gedetailleerd (rekenintensief) model zoals dat in deze studie is toegepast te simuleren. In plaats daarvan heeft de calibratie zich er op toegespitst de hoeveelheid slib op de bodem zodanig te kiezen dat de slibconcentraties in de omgeving van het turbiditeitsmaximum correct worden weergegeven. De gevolgde aanpak heeft als beperking dat de aanslibbing en erosie in het model niet correct wordt gesimuleerd (zie ook paragraaf 4.5).

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. Daartoe zijn simulaties uitgevoerd voor de periode juni tot juli 1998, waarvoor tevens metingen van waterstanden, snelheden, saliniteit en slibconcentratie 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 2005 tot 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, slibconcentratie

In figuur C-1 tot en met figuur C-15 (in bijlage C van dit rapport) zijn voor verschillende locaties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde het verloop van de waterstanden, (dieptegemiddelde) stroomsnelheden en slibconcentraties gepresenteerd. In de figuren is een vergelijking gemaakt met de resultaten (waterstanden en snelheden) van het 2D-stromingsmodel dat is toegepast in het basisrapport Water om de arealen te bepalen. Voor de bespreking van de resultaten van het hydrodynamische deel van het Slib3D-model wordt verwezen naar het basisrapport Zoutdynamiek.

Slib in suspensie vertoont tijdens eb en vloed een verschillend gedrag en dus een verschillende concentratie. Dit is het gevolg van de ligging van het observatiepunt in de dwarssectie, de waterdiepte waarop de slibconcentratie wordt beschouwd (vast of variërend met de waterhoogte) en ook van verschillen in het snelheidspatroon en in het snelheidsprofiel tijdens eb en vloed.

De figuren in bijlage C zijn vergeleken met bovengenoemde observaties. Een onderlinge vergelijking van de figuren laat zien hoe groot de variatie is van de slibconcentratie en het tijdstip waarop bijvoorbeeld de maximale concentraties optreden.

Voor bijvoorbeeld Oosterweel (figuur C-14) blijkt dat rond ebkentering de slibconcentraties minimaal zijn (circa 50 mg/l), terwijl rond vloedkentering de concentraties maximaal zijn (circa 250 mg/l). Hieruit kan afgeleid worden dat een slibwolk tijdens vloed juist tot aan Oosterweel geraakt en na kentering weer in afwaartse richting weg stroomt. Echter, het slibconcentratieveld zit veel complexer in elkaar, aangezien ook sprake kan zijn van een asymmetrisch stroombeeld over de dwarsdoorsnede waardoor de stroming tijdens vloed langs een geheel andere deel van de dwarsdoorsnede stroomt.

Hoog- en laagwaterstanden

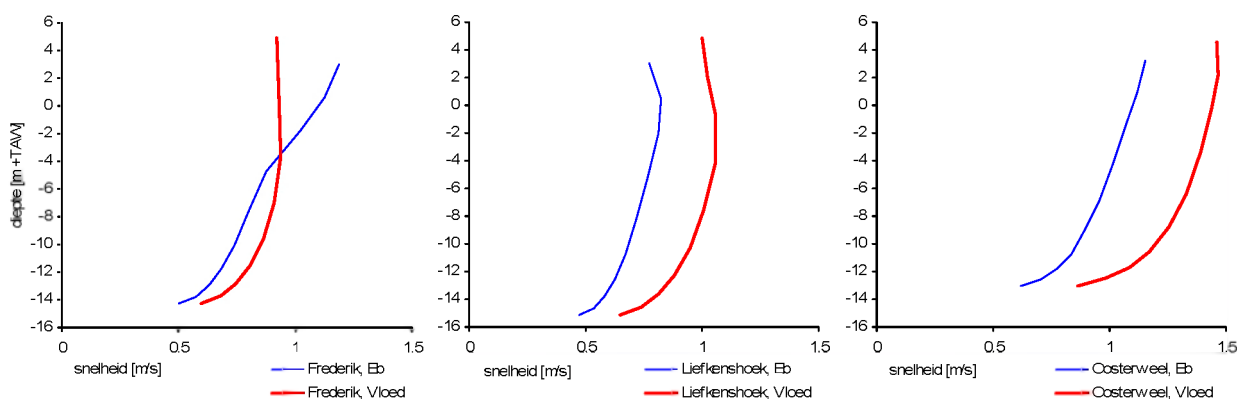
De vergelijking van de hoog- en laagwaterstanden is beschreven in het basisrapport Zoutdynamiek.

Verticale verdeling van snelheden, saliniteit en slibconcentratie

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.

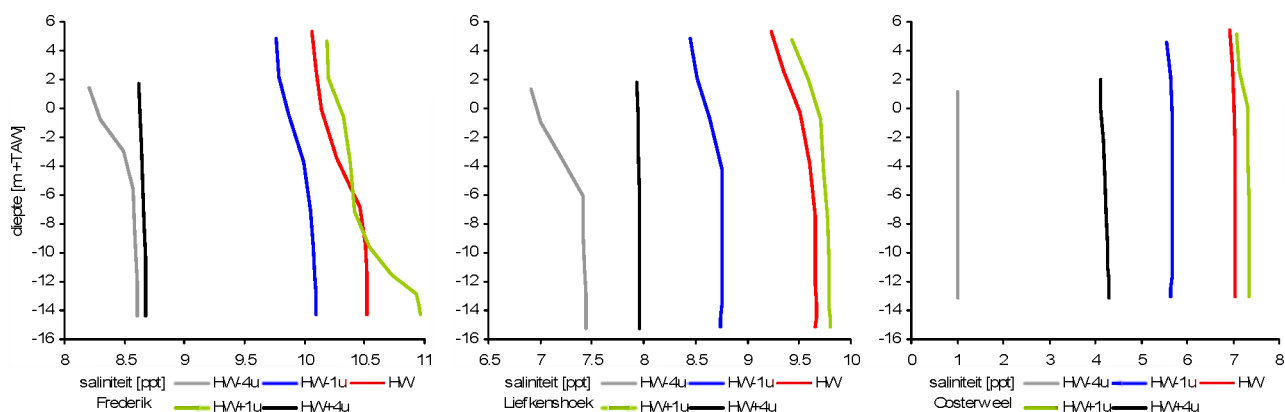
Door de aanwezigheid van verschillende eb- en vloedgeulen overheerst in de Westerschelde de asymmetrie in de stroomsnelheden ten gevolge van de horizontale verdeling van de debieten. In de Beneden-Zeeschelde moet rekening gehouden worden met de vele (scherpe en minder scherpe) bochten die de interpretatie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

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.



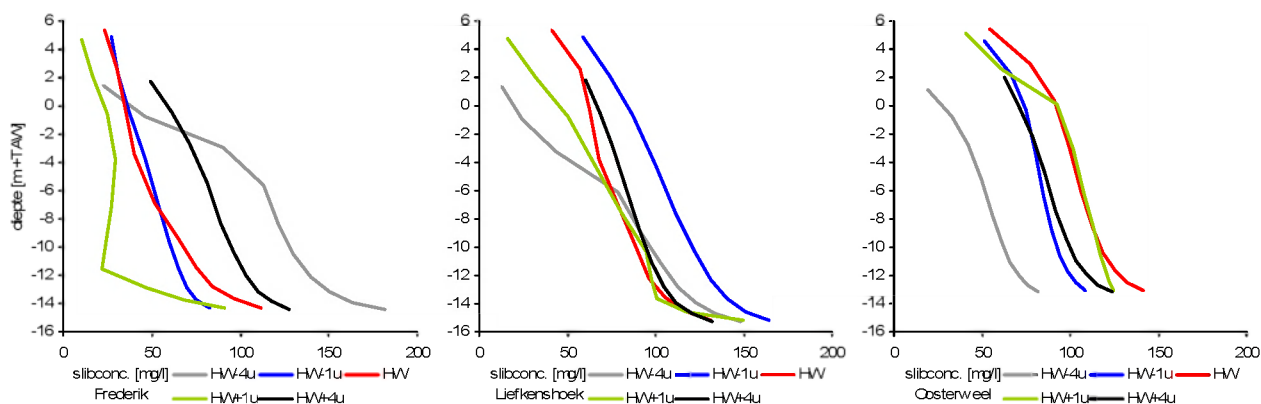
Figuur 4-2: Verticale verdeling van de maximale snelheden tijdens eb en vloed, bij gemiddelde afvoer en getijamplitude, ter hoogte van Drempel van Frederik, Liefkenshoek en Oosterweel

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.



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

In figuur 4-4 wordt de verticale verdeling van de slibconcentratie gevisualiseerd. Uit de figuren blijkt een hogere slibconcentratie nabij de bodem die rond kentering (ongeveer tijdens hoogwater, HW) verder toeneemt. De toename van de concentraties nabij de bodem tijdens kentering, gaan samen met een afname van de slibconcentraties nabij het wateroppervlak. Door dat de slibconcentratie in sterke mate afhangt van de opwoeling of menging van slib die opwaarts plaatsvindt, hangen de grootte van de slibconcentraties niet eenduidig samen met de optredende stroomsnelheden.



Figuur 4-4: Verticale verdeling van de slibconcentratie tijdens maximale eb en vloedsnellheden, bij gemiddelde afvoer en getijamplitude, ter hoogte van Drempel van Frederik, Liefkenshoek en Oosterweel (springtij)

De slibconcentraties nabij de bodem in Frederik en Liefkenshoek zijn circa 3 tot 5 maal groter dan de oppervlakteconcentratie. Dit is in overeenstemming met de observaties zoals beschreven in paragraaf 3.2.1. In vergelijking tot de verticale profielen bij Frederik en Liefkenshoek, zijn de verticale profielen ter hoogte van Oosterweel veel steiler; hier bedraagt de verhouding circa 2,5 à 3 tussen bodem- en oppervlakteconcentratie. Voor de saliniteit werd reeds geconstateerd dat ter hoogte van Oosterweel veel verticale menging optreedt, wat ook de relatief steile gradiënt in de verticale verdeling van de slibconcentraties verklaart.

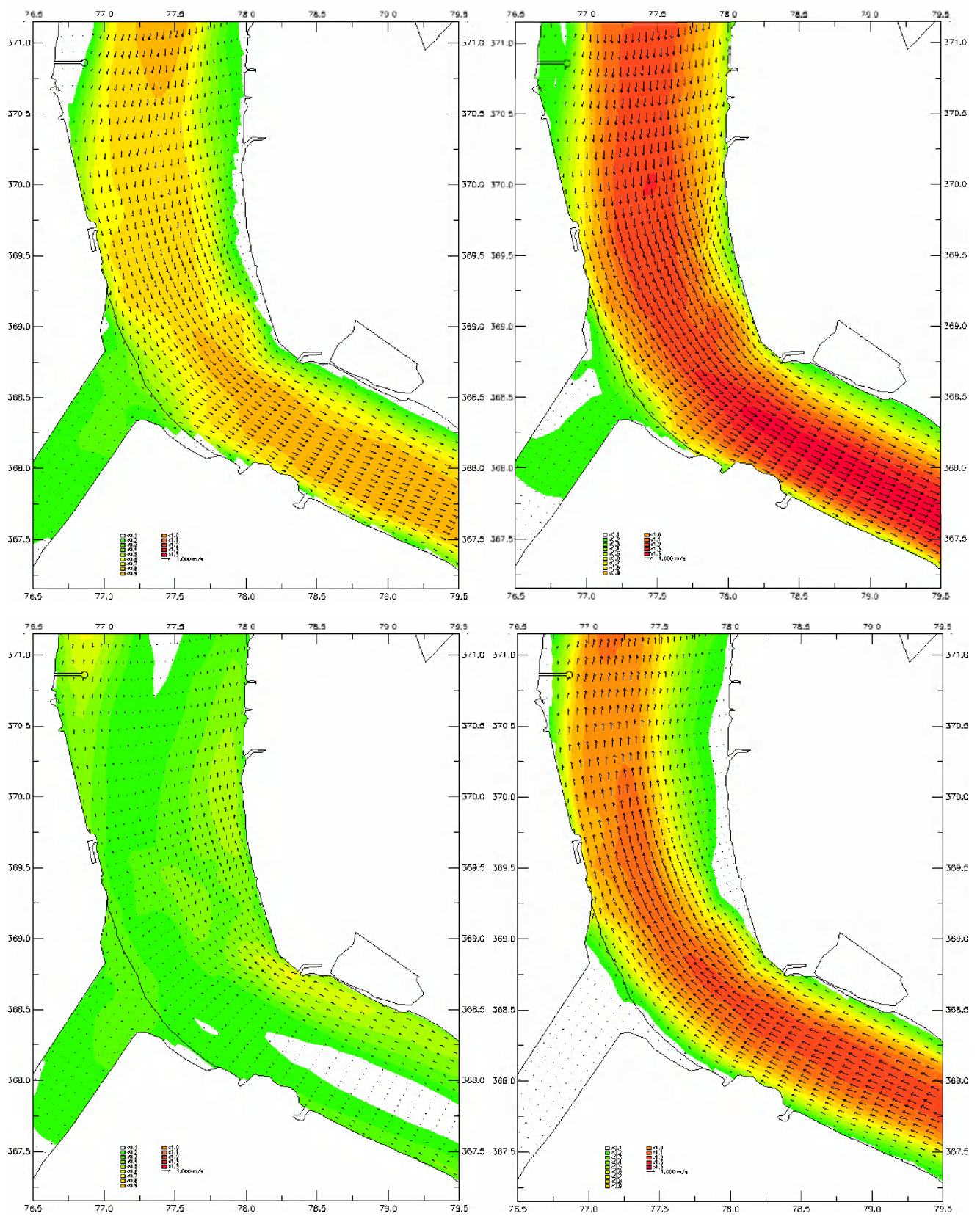
Dieptegemiddelde snelheidsvectoren

De verticaal 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 4-5 a) tot en met d). De gekozen tijdstippen vallen niet samen met de maximale vloed- of ebstroom.

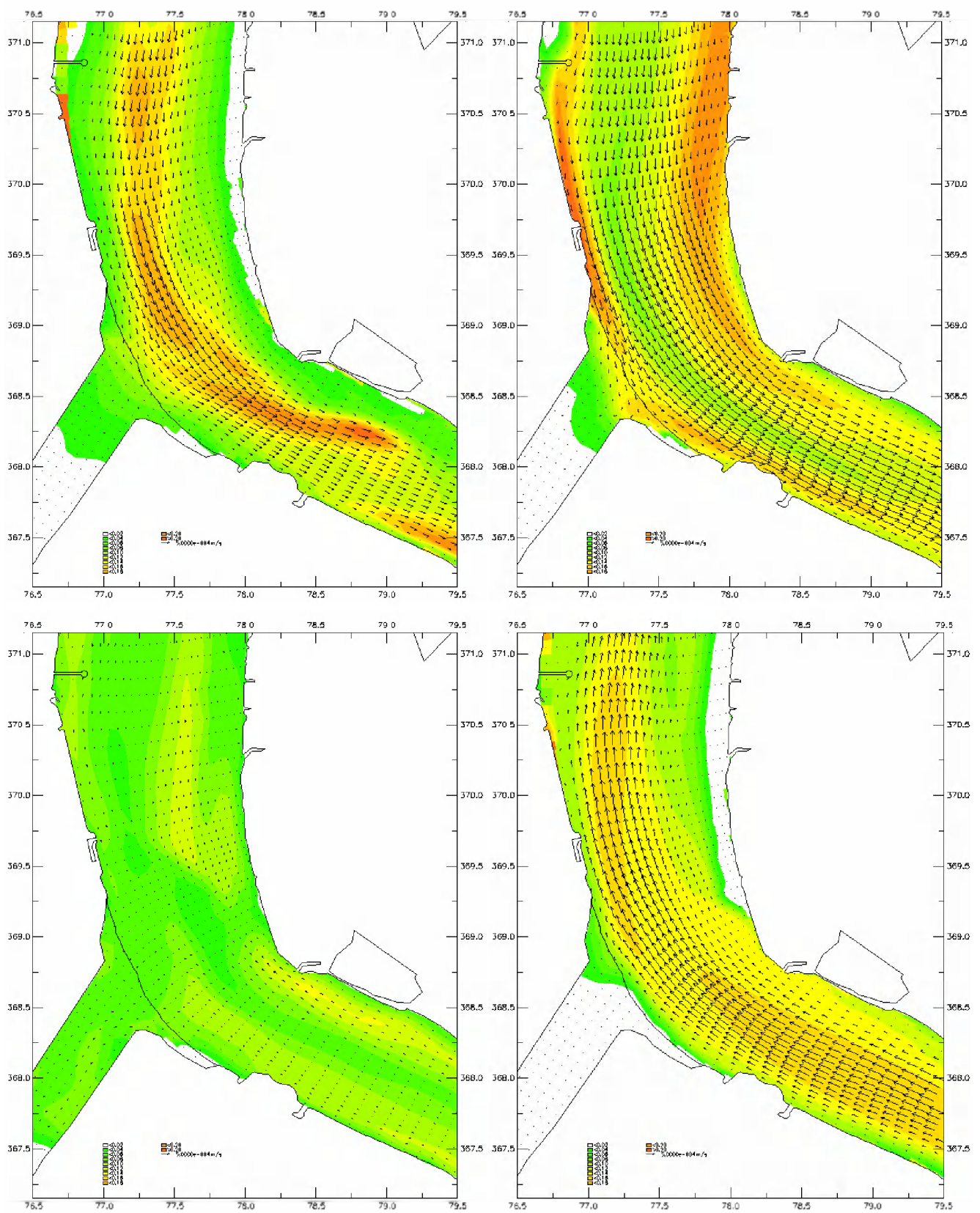
Dieptegemiddelde slibconcentratie

De verticaal gemiddelde slibconcentraties, in combinatie met het over de diepte geïntegreerde suspensietransport in de Beneden-Zeeschelde (omgeving Deurganckdok), berekend met het Slib3D-model, illustreren voor de belangrijkste tijdstippen in de getijcyclus het slibveld. Zie figuur 4-6 a) tot en met d). De gekozen tijdstippen vallen niet samen met de maximale vloed- of ebstroom.

Bij een nadere bestudering van de figuren valt op dat hoge concentraties niet overeenkomen met grote transporten. Dit wordt veroorzaakt door het gegeven dat langs de oevers een hoge (diepte-gemiddelde) slibconcentratie door de geringe diepte resulteert in een beperkt transport. In het vaarwater moet rekening gehouden worden met het getijverschil (van circa 6 meter) waardoor één uur voor hoogwater (HW) de waterstanden hoger zijn, en dus de dieptegemiddelde concentraties lager, dan vier uur na HW.



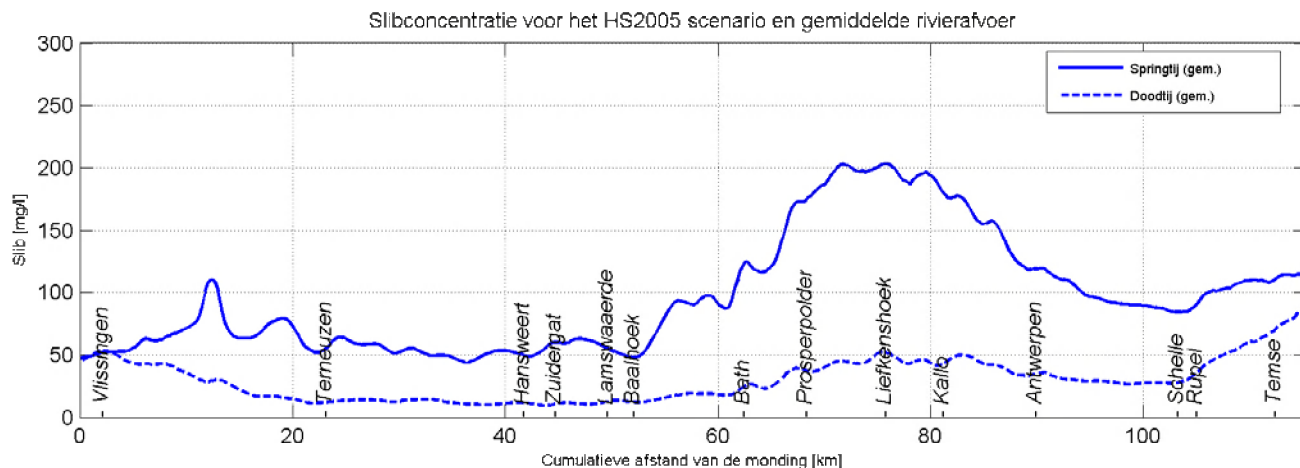
Figuur 4-5: Dieptegemiddelde snelheidsvectoren en magnitude bij springtij, a) 4 uur voor HW, b) 1 uur voor HW, c) 1 uur na HW, d) 4 uur na HW



Figuur 4-6: Suspensietransport en dieptegemiddelde slibconcentratie bij springtij, a) 4 uur voor HW, b) 1 uur voor HW, c) 1 uur na HW, d) 4 uur na HW

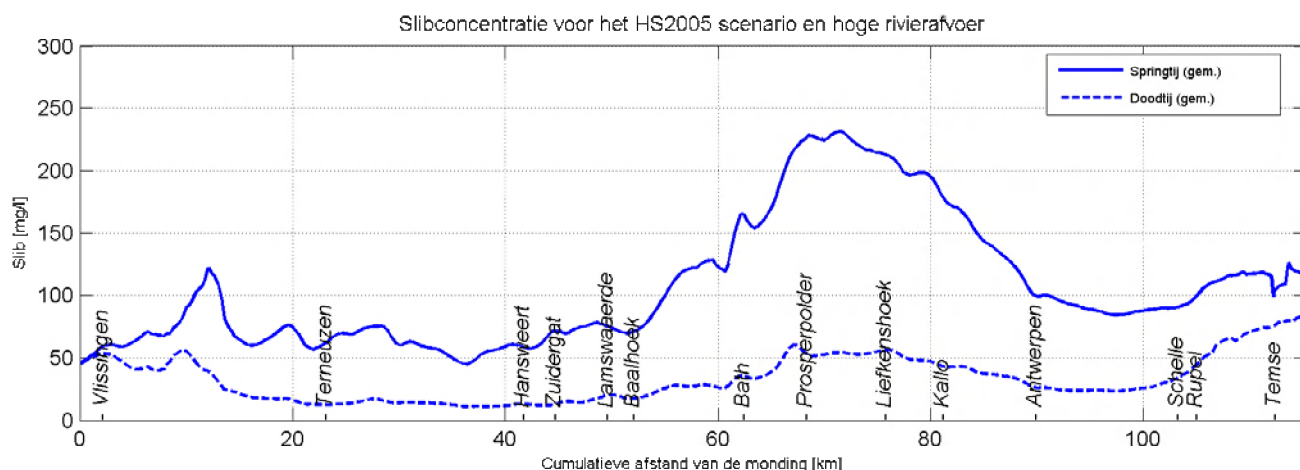
Turbiditeitsmaximum

In figuur 4-7 wordt de getij- en dieptegemiddelde waarde van de slibconcentratie weergegeven langs de as van de vaargeul tussen Vlissingen en Temse bij gemiddelde bovenafvoer. In de figuur worden zowel de waarden tijdens springtij als tijdens doodtij weergegeven. Uit de figuur blijken de hogere gemiddelde concentraties ter plaatse van het turbiditeitsmaximum. Het turbiditeitsmaximum is gelegen tussen Prosperpolder en Antwerpen. Het gemiddelde bereikt tijdens springtij een maximale waarde van circa 200 mg/l tussen Zandvliet en Kallo. Tijdens doodtij zijn gemiddelde slibconcentraties aanzienlijk kleiner, circa 25 procent van de waarde tijdens springtij.



Figuur 4-7: Getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie bij gemiddelde afvoer

Bij hoge rivierafvoer verschuift het turbiditeitsmaximum in afwaartse richting. Dit blijkt uit een vergelijking met figuur 4-8 waarin de getij- en dieptegemiddelde waarde van de slibconcentratie is weergegeven bij hoge afvoer. De maximale waarde van de gemiddelde slibconcentratie ligt bij hoge afvoer tussen Prosperpolder en Liefkenshoek en is toegenomen tot circa 230 mg/l.



Figuur 4-8: Getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie bij hoge afvoer

In de Westerschelde wordt bij gemiddelde bovenafvoer een gemiddelde slibconcentratie berekend van 50 mg/l tijdens springtij en 15 mg/l tijdens doottij. Bij hoge bovenafvoer nemen deze waarden enigszins toe. De gemiddelde waarde tijdens springtij bedraagt circa 75 mg/l, terwijl tijdens doottij de gemiddelde slibconcentratie ongeveer gelijk blijft. De gemiddelde waarde komt goed overeen met het kenttal voor de gemiddelde slibconcentratie uit paragraaf 3.2.1. Verschillen tussen doottij en springtij (volgens de kentallen maximaal een factor 2) worden overschat. Als gevolg van de keuze van een vrij grote valsnelheid van het slib, in combinatie met de lagere stroomsnelheden tijdens doottij, worden tijdens doottij relatief lage concentraties berekend.

De berekende slibconcentraties vertonen een goede kwalitatieve overeenkomst met het verloop van de jaargemiddelde concentraties langs de Westerschelde (zie figuur 3-2 in paragraaf 3.2.5). Tussen Terneuzen en Hansweert neemt de gemiddelde concentratie enigszins af, om vanaf Hansweert toe te nemen richting Bath. Vanaf Bath begint in het model het turbiditeitsmaximum; de Beneden-Zeeschelde is in figuur 3-2 niet opgenomen.

De seizoensvariatie, die volgens de kentallen een factor 2 kan bedragen, wordt door het model niet als zo danig gereproduceerd. Bedacht moet worden dat de (geobserveerde) seizoensvariatie niet alleen wordt bepaald door de bovenafvoer van de Schelde, maar ook door de productie van algen, de temperatuur, stormvloeden, golven, enzovoort).

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. Uit het basisrapport Zoutdynamiek blijkt dat het Slib3D-model in staat is om de hydrodynamica en saliniteit in voldoende mate van betrouwbaarheid te simuleren. Ten aanzien van de modellering van sediment en slib zijn er processen die niet of op empirische wijze worden gemodelleerd. Door het uitvoeren van validatie studies zoals (WL-IMDC, 2005), (WL, 2005a) en (IMDC, 2005a) kunnen de hieraan gekoppelde onzekerheden worden begrepen en geminimaliseerd.

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 sedimentconcentraties reageren echter zeer gevoelig op de beschikbare hoeveelheid sediment en de lokale stromingscondities, waardoor verschillen met observaties onvermijdelijk zijn. Echter, wanneer de resultaten worden toegepast in vergelijkende zin, kunnen verschillen in slibconcentratie en doorzicht een goed beeld geven van de verwachte veranderingen ten gevolge van de verruiming.

Ook wordt de onzekerheid van de uitkomsten van het Slib3D-model in grote mate bepaald door de onzekerheden in de keuze van randvoorwaarden (waterstanden, rivierafvoer) en de bodemontwikkeling op lange termijn. Voor de bestudering van de veranderingen in slibconcentratie en doorzicht is 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 is ontwikkeld voor het reproduceren van slibconcentraties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. De door het model berekende slibconcentraties vertonen een goede overeenkomst met geobserveerde jaargemiddelde waarden. Met behulp van een eenvoudig model is hieruit het doorzicht bepaald.
- Hierdoor is het model als tool geschikt om de veranderingen in de slibconcentratie en doorzicht als gevolg van de geplande ingrepen te bestuderen.
- 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 berekening worden uitgevoerd, waarbij zowel dichtheidsgedreven stromingen, als de verticale verdeling van de slibconcentraties over de waterkolom 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 en slibconcentraties is een belangrijk aspect voor de modellering van de slibhuishouding in de omgeving van sluzientoegangen 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).
- 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.
- Het effect van golven en wind op de waterstanden en stroomsnelheden en in tweede orde op de menging van de saliniteit en het slib, wordt in de studie niet meegenomen. Dit zal vooral tot onnauwkeurigheden leiden in de resultaten voor het meest westelijke deel van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele), dat gekenmerkt wordt door een hoge dynamiek van slib (en zand).

-
- In het Slib3D-model wordt uitgegaan van constante randvoorwaarden voor de slibconcentraties. Deze vaste randvoorwaarden bepalen de slibconcentraties van het water dat het model instroomt; de concentraties van het uitstromende water worden door het model berekend. Veranderingen van de slibconcentraties als gevolg van een ingreep binnen het model zullen derhalve niet de concentraties van het instromende water beïnvloeden. Voor de opwaartse rand (Beneden-Zeeschelde) zal dit, gezien de relatief grote afstand tot het studiegebied, niet tot problemen leiden. In het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele) zal de (jaargemiddelde) slibconcentratie die op de zeerand (Vlissingen) is opgelegd, door het ontbreken van golfwerking, leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing aldaar.
 - Mogelijke autonome ontwikkelingen in de aanvoer van slib (van bovenstrooms, zie paragraaf 3.3) zijn niet gemodelleerd. Aangezien de resultaten van deze studie in vergelijkende zin worden toegepast, zal een eventuele wijziging in de bovenstroomse aanvoer van slib niet tot andere conclusies leiden.
 - Door de relatief korte simulatieperiode van het Slib3D-model zal een ruimtelijke verdeling van de slibbeschikbaarheid zich niet op 'natuurlijke' wijze instellen. Op basis van verschillende gegevens/bronnen is de ruimtelijke verdeling van het slib bepaald. Echter, gezien de grote ruimtelijke variatie in de slibfractie in de bodem zal de slibverdeling slechts in grote lijnen overeenkomen met de werkelijkheid.
 - Het model is ontwikkeld voor het reproduceren van slibconcentraties in de Beneden-Zeeschelde, en het model is geschikt bevonden om (de veranderingen in) turbiditeit en doorzicht te berekenen. De consequentie van de gevolgde aanpak is echter dat de (ruimtelijke verdeling van de) berekende aanslibbing en erosie zullen verschillen met de werkelijkheid.
 - Met het Slib3D-model wordt alleen slib, en niet de combinatie van slib met zand, gemodelleerd. De aanwezigheid van zand heeft echter een grote invloed op het erosiegedrag van slib. Doordat slib, in een gebied dat wordt gekenmerkt door aanzanding, door het zand wordt ingesloten, verliest het slib zijn mobiliteit. Dit proces treedt op wanneer de stroomsnelheden onvoldoende zijn om zand te eroderen, maar wel voldoende voor resuspensie van slib. Het model zal het slib eroderen, terwijl het in werkelijkheid met zand vermengd is. Dit proces speelt met name op de drempels in de Beneden-Zeeschelde, en geeft een verklaring voor de geringe slibafzettingen op de drempels in het model.
 - Flocculatie, aggregatie en consolidatie van slib worden niet gemodelleerd. Er is in navolging van voorgaande studies gekozen om een relatief hoge waarde voor de minimale valsnelheid te nemen, waardoor rekening wordt gehouden met de vorming van vlokken en aggregaten. Er is niet met meerdere slibfracties gerekend, aangezien het niet mogelijk is om deze in het model samen te laten gaan tot vlokken of aggregaten.
 - Er wordt in het Slib3D-model verondersteld dat de bodemveranderingen door de aanslibbing de stroming niet significant beïnvloeden. Wanneer de aanslibbing grote vormen gaat aannemen, ontbreekt de terugkoppeling van de bodemveranderingen naar de hydrodynamica.
 - Wegens het ontbreken van voldoende data is opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid samengesteld. Als gevolg moeten de berekende slibconcentraties in dit gebied buiten beschouwing gelaten worden.
 - De resolutie van het rekenrooster is ter plaatse van het Deurganckdok en de toegangsgeulen van de Zeesluizen te gering om met het Slib3D-model uitspraken te kunnen doen ten aanzien van de ruimtelijke verdeling van de aanslibbing aldaar.
 - De resolutie van het rekenrooster is ter plaatse van de havens in de Westerschelde te gering om met om met het Slib3D-model uitspraken te kunnen doen ten aanzien van aanslibbing. Een inschatting van de effecten is gemaakt op basis van de verandering van de slibconcentraties in de nabije omgeving.

-
- De hoge horizontale en verticale resolutie van het model leiden tot aanzienlijke rekentijden en grote uitvoerbestanden. 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.
 - Een belangrijke beperking van het model is dat het geen rekening houdt met de effecten van biota op de sedimenteigenschappen en alsdusdanig met de impact van biota op de sedimentatie-erosieprocessen in het intergetijdengebied. Zoals beschreven in (Winterwerp et al., 2004) en bevestigd door recent onderzoek dienaangaande (Le Hir et al, 2007) zijn er diverse biotische elementen die een rol spelen, gaande van vegetatie (niet van toepassing in de slikken, wel op de overgang slik/schor en in de schorren), over macrophyten tot microphytobenthos. Uit het onderzoek blijkt ook dat de relaties tussen biota en sedimenteigenschappen site-specifiek zijn. Verder wordt ook gesteld: "mathematical models that account for real coupling of physical and biological processes are not yet available" en met betrekking tot morfodynamiek wordt gesteld dat modelleerstudies ofwel uitgaan van een constant biologisch effect op de sedimentstabiliteit ofwel geen rekening houden met langjarige morfodynamische koppelingsprocessen. Verwijzing wordt gemaakt naar het experimenteel onderzoek over een morfodynamisch model van intertidal mudflats (Waeles et al, 2004). In lijn met deze bevindingen is in het kader van dit effecten-onderzoek geen speciale aandacht geschonken aan de ontwikkeling van een model dat toelaat om de morfodynamische evolutie van het intergetijdengebied te berekenen, rekeninghoudend met de koppeling tussen abiotische en biotische elementen en processen. Voor een beschrijving van de biotische elementen die de sedimentstabiliteit beschrijven en beïnvloeden in het intergetijdengebied wordt ondermeer verwezen naar (Defew et al, 2002) en specifiek voor de Westerschelde naar (De Brouwer et al, 2000) en (Herman et al, 2001). De seizoensale veranderingen in de sedimenteigenschappen en de daaraan gekoppelde veranderingen in de sedimentatie/erosie zijn niet beschouwd in deze studie.

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 een numeriek 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 (gecalibreerde) model.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden. De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doottij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doottij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

4.6 Aanpassing Slib3D voor pluimverspreidingsonderzoek

De berekeningen van de verschillende scenario's voor de aanleg- en onderhoudsbaggerwerken zijn uitgevoerd met Slib3D model zoals dat in de voorgaande paragrafen is beschreven. Met dit model kunnen meerdere bagger- en stortscenario's simultaan worden berekend.

Het is belangrijk om in de berekening van de verschillende scenario's voor de aanleg- en onderhoudsbaggerwerken de achtergrondconcentratie mee te nemen:

- A. Door concurrentie tussen het natuurlijke materiaal en het geloosde materiaal zal tijdens het erosieproces de resuspensie (en dus de verspreiding) van het geloosde materiaal beperkt worden;
- B. Door de verhoogde sedimentconcentraties zal de valsnelheid van het mengsel afnemen (*hindered settling*) en de verspreiding van het geloosde materiaal groter zijn. Het laatste aspect is aan de orde in gebieden waar de natuurlijke sedimentconcentraties hoog zijn;
- C. Door de achtergrondconcentratie zal de verandering van het doorzicht en het percentage van de tijd dat het doorzicht beperkt is (kleiner dan 40 centimeter), worden beïnvloed (zie paragraaf 2.7.4 en figuur 2-3).

Elk scenario is berekend samen met de (natuurlijke) achtergrondconcentratie. Uit berekeningen met en zonder bagger- en stortactiviteiten is de verandering van de verschillende onderzoeksparameters bepaald.

Ten einde de berekeningen zo efficiënt mogelijk uit te voeren zijn meerdere (vijf) scenario's in één simulatie gecombineerd. Om de effecten van de afzonderlijke scenario's te kennen, is het echter nodig het model zo in te stellen dat de baggerpluimen van de verschillende scenario's elkaar niet beïnvloeden. Hiervoor is het nodig om het effect van *hindered settling* en de wederzijdse interactie in de bodem (bij erosie worden fracties als functie van de sedimentbeschikbaarheid vrijgemaakt) uit te schakelen.

Het effect van *hindered settling* wordt bepaald op basis van alle aanwezige mud fracties in de waterkolom. Omdat alle vijf scenario's wordt gecombineerd met de achtergrondconcentratie zou het inschakelen van *hindered settling* tot gevolg hebben dat de valsnelheid ernstig wordt onderschat en op specifieke locaties zelfs tot nul nadert. Daarom is besloten de *hindered settling* ten behoeven van de (gecombineerde) pluimverspreidingssimulaties uit te schakelen. Dit heeft tot gevolg dat de verspreiding van het materiaal in gebieden waar de achtergrondconcentratie hoog is (in de omgeving van het turbiditeitsmaximum) mogelijk wordt onderschat of de aanslibbing in de directe omgeving van de baggerwerken overschat.

De berekeningen worden gestart vanaf een volledig ingespeelde initiële conditie (restart-file). Er is een berekening uitgevoerd tijdens springtij en tijdens doottij. De duur van elke simulatie bedraagt 6 getijden.

De overige instellingen van het Slib3D model zijn onveranderd.

4.7 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 4-6: Overzicht Slib3D simulaties

Om de relatie tussen de slibconcentraties bij gemiddelde afvoer en de slibconcentratie 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 bijlage 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 (slib)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 Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige en Prosperpolder zijn pas actueel bij de bestudering van de autonome ontwikkeling (zie hoofdstuk 6).

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 2.3.2).

	Gemiddelde afvoer (m³/s)	Hoge afvoer (m³/s)	Lage afvoer (m³/s)
Scheldebekken te Schelle	111	407	24
Spuisluis te Bath	11	63	0,0
Totaal	122	471	24

Tabel 5-2: Bovenafvoeren in het Scheldebekken

Ten behoeve van de sedimentberekeningen zijn constante slibrandvoorwaarden toegepast. Voor de opwaartse randen werd gekozen voor een constante slibrandvoorwaarde van circa 80 mg/l, overeenkomstig een zomertoestand in de bovenafvoer. Voor de afwaartse rand (nabij Vlissingen) is een constante waarde opgelegd van 40 mg/l, overeenkomstig de waargenomen jaargemiddelde sedimentconcentratie (zie paragraaf 4.2.5).

Voor alle in dit rapport beschreven simulaties is dezelfde initiële sedimentbeschikbaarheid (slibverdeling op de bodem) toegepast (zie paragraaf 4.2.6).

5.3 Analyse huidige situatie

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

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 zijn ten aanzien van de slibdynamiek verschillende onderzoeksvragen geformuleerd. De vragen worden opgedeeld in permanente veranderingen en veranderingen die gerelateerd zijn aan de aanleg- en onderhoudswerken en dus tijdelijk van aard zijn.

Hiertoe is het belangrijk allereerst een beschrijving te geven van de slibdynamiek zoals die berekend is voor de huidige situatie om zodoende de effecten van de verruiming te kunnen schatten. De basiskenmerken van de slibdynamiek 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 sedimentconcentratie. Er zijn een zestiental representatieve stations geselecteerd die overeenkomen met tijposten en meetlocaties op de Schelde.

Langsprofiel slibconcentratie:

De figuur geeft een momentopname weer van het verticale verloop van de slibconcentratie langs de Thalweg van de Schelde. Tevens wordt de slibconcentratie in de bovenste (aan het wateroppervlak) en onderste laag (nabij de bodem) van het model gegeven. De figuren uit een simulatie kunnen gecombineerd worden tot een animatie.

Langsprofiel dieptegemiddelde slibconcentratie bij hoge afvoer:

De figuur geeft bij hoge afvoer 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 sedimentconcentratie, voor zowel springtij als doottij.

Aangezien de maximale waarden gedurende het getij worden gegeven, geeft de figuur tevens een omhullende van het turbiditeitsmaximum bij springtij en doottij. Voor de presentatie van de maximale slibconcentraties langs de as van de vaargeul is een lopend gemiddelde toegepast.

Langsprofiel dieptegemiddelde slibconcentratie bij springtij:

De figuur geeft tijdens springtij het verloop van de dieptegemiddelde waarde van de sedimentconcentratie weer langs de Thalweg van de Schelde, tussen Vlissingen en Temse. In de figuur wordt de enveloppe gegeven van de maximale en minimale sedimentconcentratie, voor zowel hoge als lage afvoer. Aangezien de maximale waarden gedurende het getij worden gegeven, geeft de figuur tevens een omhullende van het turbiditeitsmaximum bij hoge en lage afvoer. Voor de presentatie van de maximale slibconcentraties langs de as van de vaargeul is een lopend gemiddelde toegepast.

Diepte- en getijgemiddelde slibconcentratie:

Deze kaart laat van alle locaties de diepte- en getijgemiddelde waarde zien van de slibconcentratie bij springtij (respectievelijk doottij). Het gemiddelde is bepaald voor de tijd dat een locatie (rekencel) onder water staat. Permanent droge rekencellen hebben geen kleur (wit).

Getijgemiddeld doorzicht:

Deze kaart laat van alle locaties de gemiddelde waarde zien van het doorzicht (bij springtij, respectievelijk doottij). Voor de definitie van doorzicht zie paragraaf 2.7.2. Het doorzicht is alleen bepaald voor locaties (rekencellen) die gedurende de gehele berekening een waterdiepte hebben van meer dan 40 centimeter. Deze locaties hebben in de figuren geen kleur (wit).

Percentage tijd beperkt doorzicht:

Deze kaart laat van alle locaties het percentage van de tijd (bijvoorbeeld een getijperiode) zien waarbij het doorzicht minder is dan 40 centimeter (bij springtij, respectievelijk doottij). Voor de definitie van de doorzichtlimiet van 40 centimeter, zie paragraaf 10.1. Het doorzicht is alleen bepaald voor locaties (rekencellen) die gedurende de gehele berekening een waterdiepte hebben van meer dan 40 centimeter. Deze locaties hebben in de figuren geen kleur (wit).

Erosie en depositie van slib

Deze kaart laat van alle locaties de toename of afname van slib in of op de bodem (in centimeter/dag) zien. Depositie (positieve waarden) is in gele en rode tinten weergegeven, erosie (negatieve waarden) in blauwe tinten. Er zijn zowel figuren voor doot en springtij, als voor hoge en lage afvoer, beschikbaar.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden.

De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doottij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doottij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

5.3.2 Resultaten modelberekeningen – huidige situatie

Historisch gezien is de Beneden-Zeeschelde een gebied met een hoge turbiditeit of troebelheid, vooral tussen Antwerpen en de Nederlands-Belgische grens. Deze troebelheid kan worden uitgedrukt in termen van de (gemiddelde) slibconcentratie of, meer beschrijvend, in doorzicht. Een dergelijk gebied met relatief hogere slibconcentraties komt voor in veel estuaria en wordt aangeduid met de term turbiditeitsmaximum (zie hoofdstuk 2). De ligging en omvang van het turbiditeitsmaximum liggen niet vast, maar wordt beïnvloed door:

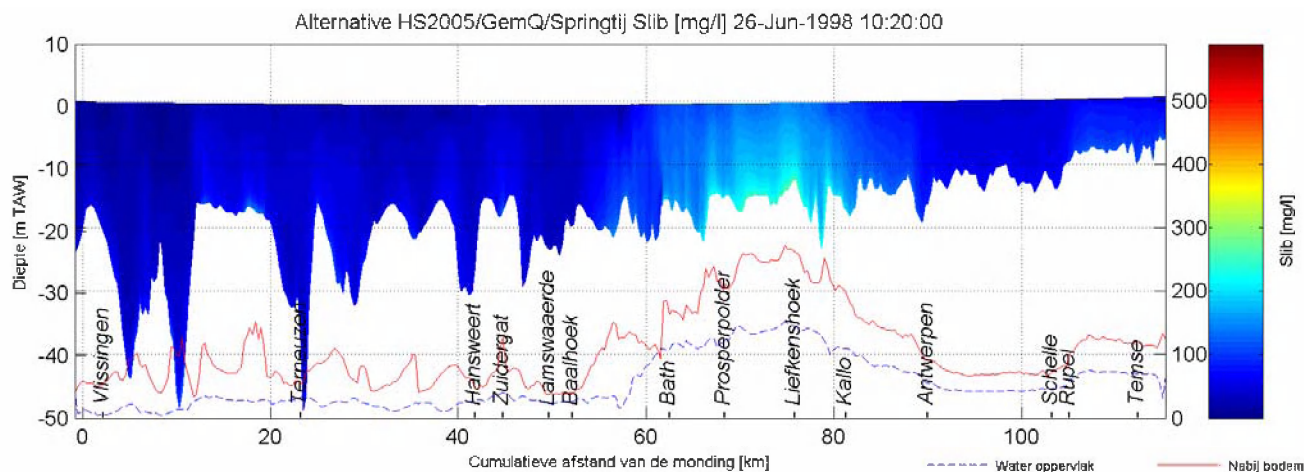
- de variaties binnen de getijcyclus, gekoppeld aan vloed en eb;
- de variaties binnen de doodtij-springtij cyclus (gekoppeld aan de variatie in maximale bodemschuifspanning);
- de seizoensvariatie die gekoppeld is aan het bovendebiet op de Schelde (beperkte invloed, meer indirect door de saliniteit);
- de verticale gradiënt in de slibconcentraties, met hoge concentraties nabij de bodem;
- de lokale saliniteit die flocculatie beïnvloedt (dit proces wordt in de modellering niet meegenomen);
- de aanvoer van slib van bovenstrooms (alluviaal), en benedenstroom (marien).

In de volgende paragrafen en hoofdstukken zullen de resultaten van het slibmodel worden besproken. Hierbij wordt opgemerkt dat het model is afgeregeld om de (verhoogde) turbiditeit correct weer te geven (zie paragraaf 4.5). Dit betekent dat de resultaten kritisch en zorgvuldig moeten worden geanalyseerd.

Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

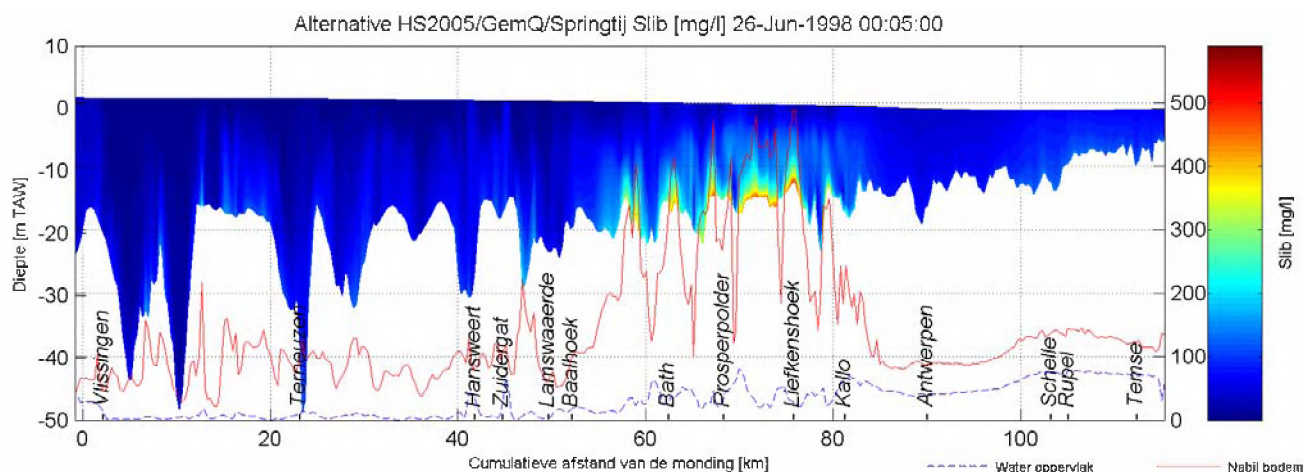
In overeenstemming met de uitgevoerde afregeling van het slibmodel worden hogere slibconcentraties berekend tussen Antwerpen en Bath (het turbiditeitsmaximum). De locatie van het turbiditeitsmaximum varieert als functie van de fase van het getij tussen Kallo en Antwerpen (stroomopwaarts) en Prosperpolder en Bath (stroomafwaarts).

Gedurende het getij nemen de concentraties langzaam toe wanneer de stroomsnelheden toenemen. Rond kentering zakt het slib uit waardoor de concentraties aan de bodem toenemen, terwijl de concentraties aan het oppervlak afnemen. In deze fase wordt er sediment op de bodem afgezet. Juist na kentering treedt het omgekeerde verschijnsel op. Door de toenemende snelheden nemen de concentraties aan de bodem snel toe (reesuspensie van het op de bodem afgezette slib), terwijl de concentraties aan het oppervlak achterblijven. Ook de waterstand (eb of vloed) speelt hierin een rol, aangezien tijdens laagwater de verticale menging sneller kan plaatsvinden.



Figuur 5-1: Slibconcentratie tijdens maximale ebstroom (springtij en gemiddelde afvoer)

Ter illustratie wordt in figuur 5-1 de slibconcentratie nabij de bodem vergeleken met de slibconcentratie aan het wateroppervlak voor een springtij bij gemiddelde afvoer, op het moment dat de stroming tijdens eb maximaal is. Figuur 5-2 geeft de slibconcentratie nabij de bodem en aan het oppervlak op het moment dat de ebkentering plaatsvindt. Uit de figuren blijkt dat tijdens kentering de concentraties aan het wateroppervlak afnemen, terwijl de concentraties aan de bodem toenemen.

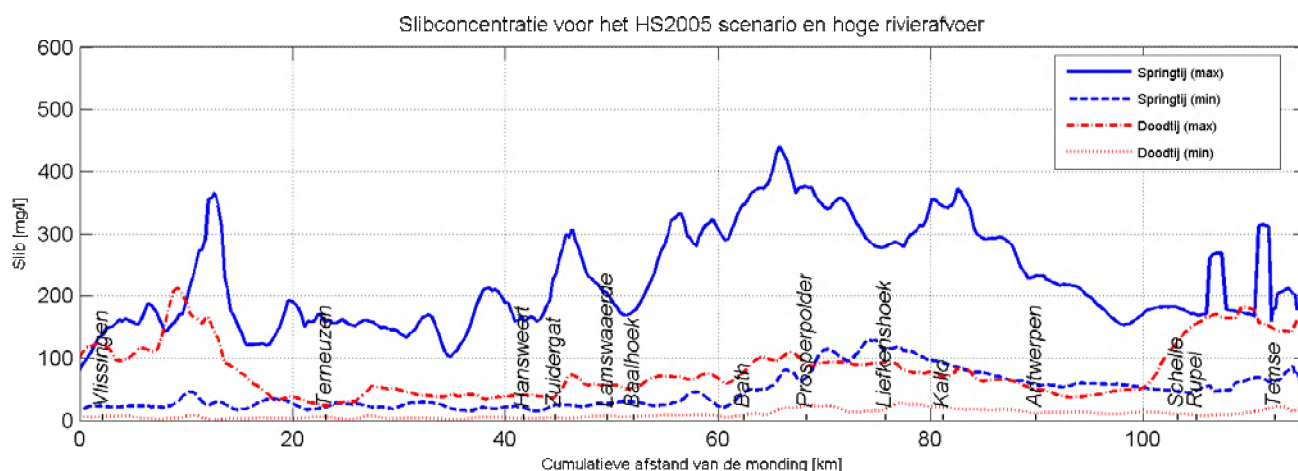


Figuur 5-2: Slibconcentratie tijdens ebkentering (springtij en gemiddelde afvoer)

Gedurende een gemiddeld springtij bedraagt de concentratie van het turbiditeitsmaximum aan de bodem circa 200 à 300 mg/l met pieken van circa 400 à 500 mg/l tijdens kentering. Aan het oppervlak varieert de concentratie tussen de 50 en 175 mg/l. Tijdens doottij zijn de snelheden en dus ook de bodemschuifspanningen kleiner. Hierdoor is ook de slibconcentratie kleiner, maximaal circa 100 mg/l aan de bodem en circa 50 mg/l aan het oppervlak. Buiten het turbiditeitsmaximum en in de Westerschelde zijn de concentraties laag, circa 50 à 100 mg/l tijdens springtij en 25 à 50 mg/l tijdens doottij.

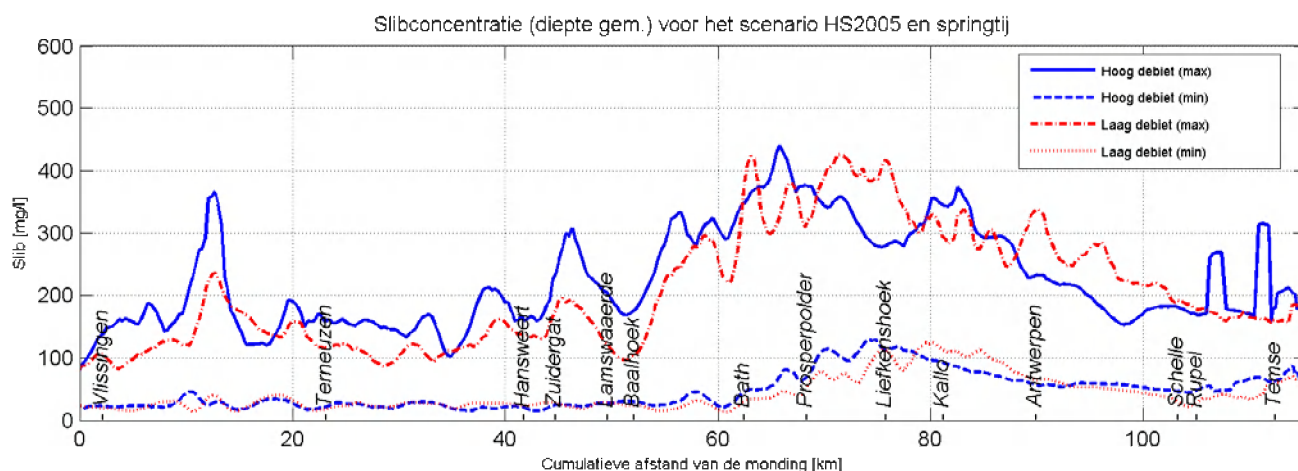
In figuur 5-3 wordt de variatie van de minimale en maximale waarde van de dieptegemiddelde slibconcentratie langs de as van de Schelde gepresenteerd. De lijn voor de maximale slibconcentratie geeft als het ware de omhullende van het turbiditeitsmaximum gedurende het getij weer.

In de figuur worden berekeningsresultaten vergeleken bij springtij en bij doottij, gecombineerd met hoge bovenafvoer. Uit de figuur blijkt dat zowel de maximale als de minimale concentraties tijdens doottij aanmerkelijk lager zijn dan tijdens springtij.



Figuur 5-3: Dieptegemiddelde slibconcentratie (hoge afvoer)

In figuur 5-4 wordt de variatie van de minimale en maximale waarde van de dieptegemiddelde slibconcentratie voor verschillende bovenafvoeren vergeleken. Ondanks het zeer beperkte effect van de afvoer op de momentane stroomsnelheden, zijn er toch verschillen in de (dieptegemiddelde) slibconcentratie.



Figuur 5-4: Dieptegemiddelde slibconcentratie (springtij)

In de Westerschelde tot Bath zijn de maximale slibconcentraties iets hoger bij een hoge rivier afvoer; in de Beneden-Zeeschelde tussen Prosperpolder en Schelle zijn de maximale slibconcentraties juist iets hoger bij lage afvoer. De minimale waarde van de slibconcentratie (en ook de getijgemiddelde waarde, zie verderop) is bij hoge afvoer hoger tot aan juist afwaarts van Killo en lager opwaarts van Killo. Echter, in vergelijking tot de verschillen tussen springtij en doottij, zijn de verschillen tussen hoge en lage afvoer gering en zullen we ons in de bespreking van de resultaten, voor wat turbiditeit en doorzicht, vooral richten op springtij en hoge afvoer.

Verderop zal blijken dat bij de erosie en depositie van slib een variërende bovenafvoer juist een belangrijk effect heeft. Verschillen in saliniteit over de verticaal creëren dichtheidsgedreven stromingen die, wanneer ze aan de bodem optreden, een bepalend effect kunnen hebben op het slibtransport.

Door het ontbreken van golfwerking zal de jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerland (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)

Er worden hogere momentane pieken in de figuren waargenomen die samen vallen met de zeer lage oppervlakte waarden tijdens kentering. Deze piekwaarden zijn incidenteel en moeten worden toegeschreven aan schommelingen in het model die ontstaan bij de uitwisseling van sediment tussen bodem en waterfase tijdens kentering.

De verhoogde concentraties (vooral tijdens doottij) die opwaarts van Schelle worden waargenomen in de figuren zijn te wijten aan randeffecten en moeten buiten beschouwing worden gelaten.

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

De gemiddelde slibconcentratie hangt niet alleen af van de lokale bodemschuifspanningen en de lokale verspreiding van slib, maar ook van het turbulentieniveau, de lokale bodemligging, consolidatie, etc. Slib heeft tijd nodig om over de verticaal te mengen. De slibconcentratie hangt daarom vooral af van wat er opwaarts van een locatie heeft plaatsgevonden en hoe snel de verticaal zich hieraan kan aanpassen. Tevens is er een faseverschuiving tussen de maximale stroomsnelheden en de maximale sedimentconcentratie. Dit moet bedacht worden wanneer de ruimtelijke verdeling van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie wordt beschouwd.

De ruimtelijke verdeling van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie geeft een goed beeld van de verschillen tussen hoge en lage afvoer. Dit blijkt uit figuur D-2 tot en met figuur D-3 uit bijlage D bij dit rapport, waarin de ruimtelijke verdeling van de gemiddelde slibconcentratie is weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge afvoer, lage afvoer, als gemiddelde afvoer (alleen 2010). Wanneer de figuren onderling worden vergeleken blijkt dat de slibconcentraties tot aan Kallo circa 25 procent hoger zijn bij hoge afvoer dan bij lage afvoer. Opwaarts van Kallo zijn de slibconcentraties bij lage afvoer juist hoger, wat er op duidt dat het turbiditeitsmaximum bij lage afvoer opwaarts verschuift.

Door de hogere stroomsnelheden in de geulen wordt het slib over een grotere afstand getransporteerd dan daarbuiten. Dit uit zich in hogere gemiddelde concentraties in de geulen, opwaarts en afwaarts van het turbiditeitsmaximum, dan daar buiten. In de Westerschelde worden langs de plaatranden en de oevers hogere gemiddelde sedimentconcentraties waargenomen door de combinatie van een geringere waterdiepte en hogere snelheden van de stroming die tijdens hoogwater op, of over, deze gebieden heeft plaatsgevonden.

De getij- en dieptegemiddelde sedimentconcentraties zijn gering in de Westerschelde, kleiner dan circa 50 mg/l bij springtij. Vanaf Bath tot voorbij Antwerpen worden tijdens springtij hogere gemiddelde sedimentconcentraties berekend, circa 125 à 160 mg/l. De (diepte- en getijgemiddelde) concentraties zijn het hoogst in de as van de vaargeul (waar tevens de diepte het grootst is) en nemen af richting de oevers. Opwaarts van Antwerpen nemen de gemiddelde concentraties af tot circa 50 à 75 mg/l. Tijdens doottij zijn de gemiddelde concentraties kleiner dan 50 mg/l zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde.

Ter hoogte van de (gedeeltelijk) droogvallende platen wordt de gemiddelde waarde van de slibconcentratie beïnvloed door de beperkte waterdiepte. Hierdoor is het niet mogelijk grootte van de gemiddelde slibconcentratie juist te interpreteren. Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen is daarom geen gemiddelde slibconcentratie berekend.

Gemiddeld doorzicht

Het getijgemiddelde doorzicht is van belang voor de primaire productie van algen. Uit het gemiddelde doorzicht kan afgeleid worden wat de lichtopbrengst gedurende een dag is. Let op dat het lichtdempende effect van de algen zelf niet in de berekening van het doorzicht is meegenomen.

In bijlage D van dit rapport zijn figuren (figuur D-4 tot en met figuur D-6) opgenomen, die voor de huidige situatie de ruimtelijke verdeling van het (getij-) gemiddelde doorzicht weergeven.

Het doorzicht in de Westerschelde is over het algemeen goed en bedraagt tijdens springtij circa 0,75 meter à 1,0 meter (bij hoge afvoer). Tijdens doottij is het doorzicht maximaal en bedraagt dan ongeveer 1,25 meter. In het geval van een minimale slibconcentratie wordt het doorzicht (volgens het model) alleen bepaald door de achtergrondextinctie. Hierdoor is het maximale doorzicht begrensd tot 1,3 meter. Langs de plaatranden neemt het doorzicht iets af als gevolg van de daar berekende hogere sedimentconcentraties.

Tijdens springtij neemt het doorzicht opwaarts van Hansweert af tot circa 0,5 meter bij Bath en 0,3 meter en minder in de Beneden-Zeeschelde. Opwaarts van Antwerpen wordt het (getijgemiddelde) doorzicht iets beter, 0,3 meter à 0,5 meter.

Tijdens doottij neemt het doorzicht opwaarts van Bath af tot circa 1,0 meter bij Bath en 0,7 meter à 0,8 meter in de Beneden-Zeeschelde opwaarts van Doel. Opwaarts van Oosterweel wordt het (getijgemiddelde) doorzicht beter, tot circa 1,0 meter opwaarts van Antwerpen.

In afgeschermd bassins zoals de toegangsgeulen voor de zeesluizen en in het Deurganckdok is het doorzicht maximaal (circa 1,25 meter) als gevolg van de stationaire stromingscondities.

Tussen Vlissingen en Terneuzen worden door het model hogere sedimentconcentraties berekend. Dit betreffen modelrandeffecten in een gebied dat in werkelijkheid sterk wordt beïnvloed door golfwerking. Deze resultaten zullen daarom niet worden besproken.

Ter hoogte van de (gedeeltelijk) droogvallende platen wordt de gemiddelde waarde van het doorzicht beïnvloed door de beperkte waterdiepte. Hierdoor is het niet mogelijk onderscheid te maken tussen een lagere waarde van het doorzicht door droogval of verhoogde sedimentconcentraties. Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen is daarom geen doorzicht berekend.

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Op zicht jagende vogels kunnen niet foerageren wanneer het doorzicht minder is dan 40 centimeter. Daarom is het van belang te kennen hoeveel procent van de tijd dit het geval is. Let er op dat het effect van de primaire productie op de lichtextinctie niet in de berekening van het doorzicht is meegenomen.

In bijlage D van dit rapport zijn figuren (figuur D-7 tot en met figuur D-9) opgenomen, die voor de huidige situatie de ruimtelijke verdeling van het percentage van de tijd weergeven waarvoor het doorzicht minder is dan 40 centimeter.

Tijdens doottij is het doorzicht in de gehele Westerschelde en Beneden-Zeeschelde overal groter dan 40 centimeter. Let op, dit wil niet zeggen dat het water helder is. Het gemiddelde doorzicht in de Beneden-Zeeschelde bedraagt tijdens doottij immers slechts circa 70 à 80 centimeter.

Tijdens springtij is het doorzicht in de hoofd- en nevengeulen in het afwaartse deel van de Westerschelde altijd groter dan 40 centimeter. Tussen Baalhoek en Bath neemt het percentage van de tijd dat het doorzicht onvoldoende is geleidelijk toe tot meer dan 50 procent. Opwaarts van Bath en in de Beneden-Zeeschelde is tijdens springtij het doorzicht 80 tot 100 procent van de tijd kleiner dan 40 centimeter. Opwaarts van Boomke verbetert het doorzicht en opwaarts van Antwerpen is het doorzicht slechts gedurende 10 à 15 procent van de tijd minder dan 40 centimeter. Ook dit impliceert niet dat het gedurende de rest van de tijd helder is; het gemiddeld doorzicht bedraagt immers maximaal 50 centimeter.

Opwaarts van Hansweert schommelt het (gemiddeld) doorzicht rond de (virtuele) grens waarbij het zicht voor bepaalde vogels onvoldoende is om te foerageren. Een verandering van de (gemiddelde) slibconcentratie zal tot gevolg hebben dat tijdens bepaalde fases van het getij het doorzicht onder of boven deze grens uitkomt (zie ook figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4). Als gevolg hiervan kan een beperkte verandering in de (gemiddelde) slibconcentratie leiden tot vrij grote veranderingen in het percentage met onvoldoende doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) terwijl de veranderingen van het gemiddeld doorzicht gering zijn.

Ter hoogte van de (gedeeltelijk) droogvallende platen wordt de gemiddelde waarde van het doorzicht beïnvloed door de beperkte waterdiepte. Hierdoor is het niet mogelijk onderscheid te maken tussen een lagere waarde van het doorzicht door droogval of verhoogde sedimentconcentraties. Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden daarom geen percentage weergegeven. Tevens blijkt de bijdrage van de droogvallende gebieden aan de primaire productie beperkt te zijn en ook voor op zicht jagende vogels zijn gebieden die gedeeltelijk droogvallen niet interessant (zie basisrapport Natuur).

Erosie en depositie

Er is een groot verschil in de berekende slibafzetting tussen een doottij en een springtij. Tijdens doottij vindt er afzetting plaats van slib in de vaargeul van de Westerschelde, op de drempel van Zandvliet en de drempel van Frederik; tijdens springtij echter wordt het slib dat zich tijdens doottij heeft afgezet geresuspendeerd. Tijdens springtij berekent het model in de vaargeul erosie. Deze erosie wordt, als gevolg van de gekozen opzet van het model (zie paragraaf 4.5), vermoedelijk overschat (zie ook hieronder). Als gevolg van de hoge bodemschuifspanningen tijdens springtij nemen de slibconcentraties in het water sterk toe en dientengevolge de afzetting in stroomluwe gebieden zoals de toegangseulen van de zeesluizen en het Deurganckdok.

In bijlage van dit rapport zijn figuren (figuur D-10 tot en met figuur D-12) opgenomen, die voor de huidige situatie de ruimtelijke verdeling van de aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) voor hoge en lage afvoer en gemiddelde afvoer (alleen voor 2010).

Belangrijke aanslibbingsgebieden in de Beneden-Zeeschelde zijn de toegangseul van de Zandvliet-Berendrechtsluis, de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis, de Kallosluis en de mond van het Deurganckdok. De aanslibbing varieert hier tussen 1 centimeter/dag gedurende een doottij tot circa 3 à 4 centimeter/dag tijdens een springtij. Daarnaast vindt, vooral tijdens springtij, aanslibbing plaats op de slikken en schorren van de Beneden-Zeeschelde, in de orde van circa 0 tot 1 centimeter /dag.

Deze getallen zijn in goede overeenstemming met de slibafzettingen zoals beschreven in paragraaf 3.2.7.

In de Westerschelde vindt aanslibbing plaats in de toegangsgeulen tot de zeesluizen (bij Hansweert en Terneuzen) en de havens (Vlissingen, Braakman, enzovoort). De afzetting van slib is door de geringere beschikbaarheid van slib kleiner dan in de Beneden-Zeeschelde, orde 1 centimeter/dag gedurende een springtij. De havens langs de Westerschelde zijn in het model niet in voldoende detail geschematiseerd om uitspraken te kunnen doen over de mate van aanslibbing.

Op de drempels in de Beneden-Zeeschelde zet zich door het jaar heen zowel slib (25 procent – 35 procent kleiner dan $63\ \mu\text{m}$) als zand af (65 procent - 75 procent groter dan $63\ \mu\text{m}$). Als het zand zich op de bodem afzet, zal hierbij slib worden ingesloten. Het slib is echter veel mobieler en zal sneller weer in suspensie komen. In werkelijkheid zal door het aanwezige zand de resuspensie van het aanwezige slib worden verhinderd. Anderzijds treedt er gedurende doottijd, wanneer de stroomsnelheden niet sterk genoeg zijn om het slib te resuspenderen, consolidatie op. Hierdoor zullen de slibkarakteristieken veranderen waardoor de erosiebestendigheid toeneemt en er dus ook om deze reden minder zal eroderen tijdens springtij.

De verschillen in aanslibbingssnelheid tussen hoge rivierafvoer en lage rivierafvoer zijn voor de dynamische gebieden beperkt. Wel heeft de grootte van de (zoete) rivierafvoer een effect op de aanslibbing van de stroomluwe gebieden. Bij lage afvoer ontstaan door saliniteitsverschillen tussen de rivier en het stroomluwe gebied dichtheidsstromingen waardoor tijdens vloed slibrijk water met het zoutere water langs de bodem richting de stroomluwe gebieden wordt getransporteerd. Het slib dat zich vervolgens afzet, zal niet opnieuw worden geresuspendeerd en blijft achter. Op deze wijze zorgen de verschillen in saliniteit bij lage afvoer dus voor een extra uitwisselingsmechanisme voor de aanslibbing in de toegangsgeulen van de zeesluizen in de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok. Bij hoge afvoer is de gehele Beneden-Zeeschelde zoet of zwakbrak waardoor geen dichtheidsverschillen meer kunnen optreden.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model afzetting van slib berekend. Dit betreft een modelrandeffect. In werkelijkheid zal in de monding van de Westerschelde de aanwezigheid van golven (die in deze studie niet worden meegenomen) er voor zorgen dat hogere slibconcentraties mogelijk zijn, welke kunnen leiden tot aanslibbing in bijvoorbeeld de haven van Vlissingen.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

5.3.3 Conclusies huidige situatie

Op basis van bovenstaande analyses worden de volgende conclusies getrokken:

- In de Beneden-Zeeschelde, variërend met het doottij en springtij, treedt een turbiditeitsmaximum op, globaal tussen Kallo en Antwerpen (stroomopwaartse grens) en Prosperpolder en Bath (stroomafwaarts);
- De variatie in turbiditeit en doorzicht is het grootst als gevolg van de variatie in springtij en doottij, echter er treden ook verschillen op tussen hoge en lage afvoer;
- In de Beneden-Zeeschelde van Prosperpolder tot aan de Plaat van Boomke is het doorzicht meer dan 80 procent van de tijd kleiner dan 0,4 meter, zowel tijdens doottij als tijdens springtij. Het gemiddeld doorzicht is in de Westerschelde altijd meer dan 0,4 meter, maar zelden groter dan 1,25 meter;
- Er wordt slechts een beperkte aanslibbing berekend op de drempels van Frederik en Zandvliet.

In paragraaf 4.5 worden de beperkingen van het model toegelicht. Het model is ontwikkeld voor het reproduceren van slibconcentraties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde en is hiertoe redelijk goed toe in staat (paragraaf 4.4). Het model is daardoor een zeer bruikbaar stuk gereedschap om (de veranderingen in) turbiditeit en doorzicht te berekenen. De consequentie van de gevolgde aanpak is echter dat de berekende aanslibbing en erosie zullen verschillen met de werkelijkheid. Hier bovenop komen ook nog de complicaties van de interactie van het slib met het aanwezige zand (zie eerder), die mogelijk een verklaring geven voor de geringe slibafzettingen op de drempels in de Schelde.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden.

De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doottij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doottij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

Een en ander geeft aan dat de resultaten van de studie zorgvuldig en integraal dienen te worden geanalyseerd en dat het gebruik van absolute waarden dient te worden vermeden. Wanneer de resultaten worden toegepast in vergelijkende zin, kunnen verschillen in erosie of sedimentatie een goed beeld geven van de verwachte veranderingen ten gevolge van menselijk ingrijpen.

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 slibhuishouding 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 slibhuishouding 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 paragraaf 7.1, projectalternatief min). 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 slibhuishouding 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 slibhuishouding op korte termijn (2015) te bestuderen omdat deze voor wat betreft de slibhuishouding in voldoende mate worden afgedekt door de simulaties voor 2010 en 2030.

6.2 Beschrijving nulalternatief

Voor de autonome ontwikkeling (zie paragraaf 2.3) 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 daardoor 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 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 het vigerende stortbeleid is gehandhaafd.

Voor de jaren 2010 en 2030 zijn vanuit de deelstudie Water randvoorwaarden (waterstanden, debieten en zoutgehalte) 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.

Ten behoeve van de sedimentberekeningen zijn constante slibrandvoorwaarden toegepast. Voor de opwaartse randen werd gekozen voor een constante slibrandvoorwaarde van circa 80 mg/l, overeenkomstig een zomertoestand in de bovenafvoer. Voor de afwaartse rand (nabij Vlissingen) is een constante waarde opgelegd van 40 mg/l, overeenkomstig de waargenomen jaargemiddelde sedimentconcentratie (zie paragraaf 4.2.5).

Voor alle in dit rapport beschreven simulaties is dezelfde initiële sedimentbeschikbaarheid (slibverdeling op de bodem) toegepast (zie paragraaf 4.2.6).

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 slibhuishouding 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 figuren gemaakt die het verschil weergeven tussen een (project)alternatief en een referentieberekening. Een selectie van deze verschilfiguren is in het rapport opgenomen. De overige figuren zijn separaat (digitaal) beschikbaar.

Als gevolg van de ontwikkelingen (zowel autonome als door de projectalternatieven) zullen mogelijk bepaalde gebieden meer en andere gebieden juist minder vaak droogvallen. Hierdoor worden ook de gemiddelde slibconcentratie, het gemiddelde doorzicht en het percentage onvoldoende doorzicht beïnvloed. Hierdoor is het niet mogelijk onderscheid te maken tussen een lagere waarde van het doorzicht door droogval of verhoogde sedimentconcentraties. Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen zijn daarom in de figuren de veranderingen niet weergegeven.

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

Langsprofiel dieptegemiddelde slibconcentratie bij hoge afvoer:

De figuur geeft bij hoge afvoer 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 sedimentconcentratie, voor zowel het alternatief als de bijbehorende referentieberekening. Aangezien de maximale waarden gedurende het getij worden gegeven, geeft de figuur tevens een omhullende van het turbiditeitsmaximum bij springtij en doottij. Voor de presentatie van de maximale slibconcentraties langs de as van de vaargeul is een lopend gemiddelde toegepast.

Langsprofiel dieptegemiddelde slibconcentratie bij springtij:

De figuur geeft tijdens springtij het verloop van de dieptegemiddelde waarde van de sedimentconcentratie weer langs de Thalweg van de Schelde, tussen Vlissingen en Temse. In de figuur wordt de enveloppe gegeven van de maximale sedimentconcentratie, voor zowel het alternatief als de bijbehorende referentieberekening. Aangezien de maximale waarden gedurende het getij worden gegeven, geeft de figuur tevens een omhullende van het turbiditeitsmaximum bij hoge en lage afvoer. Voor de presentatie van de maximale slibconcentraties langs de as van de vaargeul is een lopend gemiddelde toegepast.

Verskil diepte- en getijgemiddelde slibconcentratie:

Deze kaart laat van alle locaties het verschil ten opzichte van een referentieberekening zien van de diepte- en getijgemiddelde waarde van de slibconcentratie, bij springtij (respectievelijk doottij). Rode en gele tinten geven een toename van de gemiddelde slibconcentratie weer, blauw een afname van de gemiddelde slibconcentratie. Schaal: +50 mg/l tot -50 mg/l. Het verschil is bepaald gedurende de periode dat een locatie (rekencel) onder water staat.

Vershil getijgemiddeld doorzicht:

Deze kaart laat van alle locaties het verschil ten opzichte van een referentieberekening zien van de getijgemiddelde waarde van het doorzicht (bij springtij, respectievelijk doottij). Rode en gele tinten geven een toename van het gemiddelde doorzicht weer, blauw een afname van het gemiddelde doorzicht. Schaal: +50 centimeter tot -50 centimeter. Het doorzicht (en dus ook het verschil) is alleen bepaald voor locaties (rekencellen) die gedurende de gehele berekening een waterdiepte hebben van meer dan 40 centimeter. Deze locaties hebben in de figuren geen kleur (wit).

Vershil percentage tijd beperkt doorzicht:

Deze kaart laat van alle locaties het verschil ten opzichte van een referentieberekening zien van de percentages van de tijd waarbij het doorzicht minder is dan 40 centimeter (bij springtij, respectievelijk doottij). Rode en gele tinten geven een toename van het percentage weer, blauw een afname van het percentage. Schaal: +10 procent tot -10 procent. Het doorzicht (en dus ook het verschil) is alleen bepaald voor locaties (rekencellen) die gedurende de gehele berekening een waterdiepte hebben van meer dan 40 centimeter. Deze locaties hebben in de figuren geen kleur (wit).

Vershil erosie en depositie van slib:

Deze kaart laat van alle locaties het verschil ten opzichte van een referentieberekening zien van de erosie en depositie van slib (bij springtij, respectievelijk doottij). Rode en gele tinten geven een relatieve toename van de aanslibbing weer (of een afname van de erosie), blauw een relatieve afname van de aanslibbing (of een toename van de erosie). Schaal: +0,5 centimeter /dag tot -0,5 centimeter /dag.

6.4.2 Resultaten modelberekeningen – autonome ontwikkeling

Als gevolg van de autonome ontwikkeling 2005 – 2010 – 2030 blijft de slibhuishouding 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.

Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

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

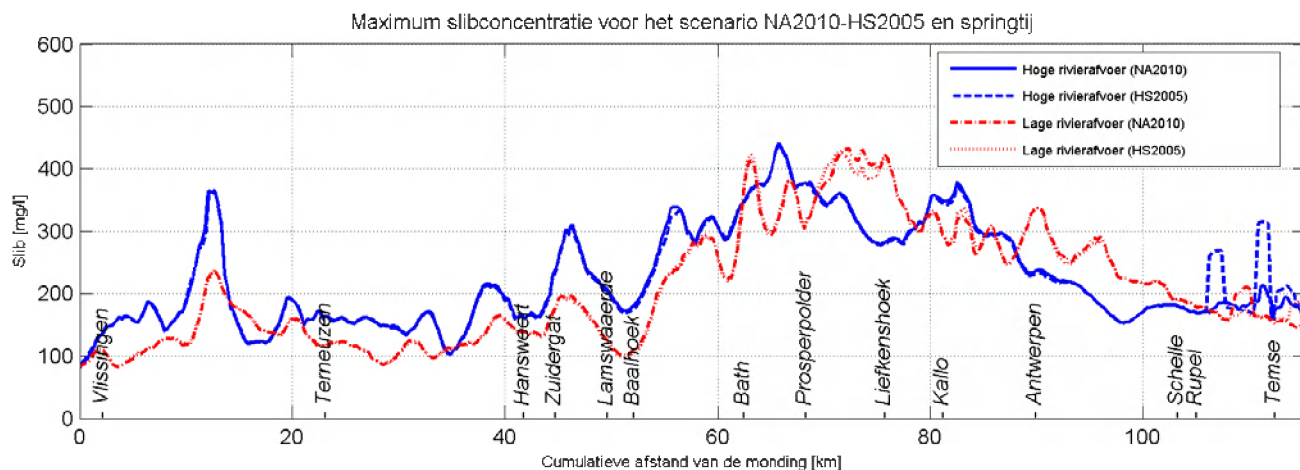
In figuur 6-1 en figuur 6-2 wordt een vergelijking gemaakt van het verloop van de gemiddelde slibconcentratie langs de as van de vaargeul voor de huidige situatie en de situatie in 2010 volgens de autonome ontwikkeling. Figuur 6-3 en figuur 6-4 geven hetzelfde weer, maar dan voor situatie volgens de autonome ontwikkeling in 2010 en 2030.

Uit een onderlinge vergelijking van de figuren blijkt dat de autonome ontwikkeling tot 2010 en de autonome ontwikkeling tot 2030 verschillende effecten laten zien. In het eerste geval neemt de concentratie enigszins toe in de Beneden-Zeeschelde en in het tweede geval significant af.

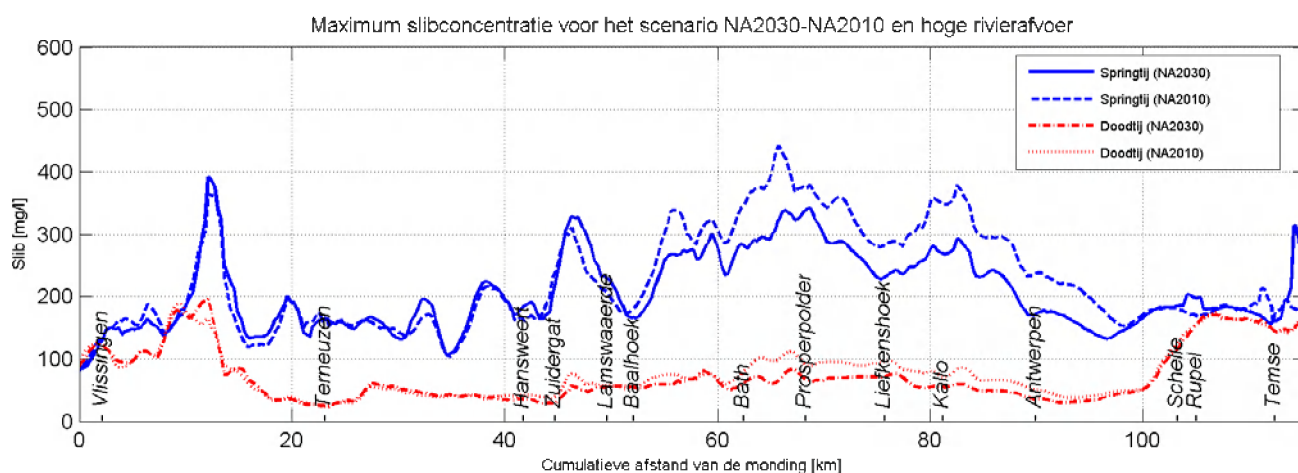
De afname van de slibconcentraties in 2030 kan worden verklaard uit enerzijds een toename van de zeespiegel en anderzijds een afname van de bodemligging, als gevolg van de continuering van de huidige zandwinstrategie (zie basisrapport Morfologie). Beide aspecten zorgen voor een toename van het dwarsprofiel. Hierdoor nemen, uitgaande van gelijkblijvende snelheid, de concentraties af (dezelfde kwantiteit slib wordt over een groter volume verdeelt).

Als gevolg van de toegenomen waterdiepte nemen de stroomsnelheden, en dus de bodemschuifspanningen, in de Beneden-Zeeschelde met circa 10 procent af. Dit heeft een meer dan evenredig effect op de ontwikkeling van de slibconcentraties die hierdoor met circa 20 procent à 25 procent afnemen.

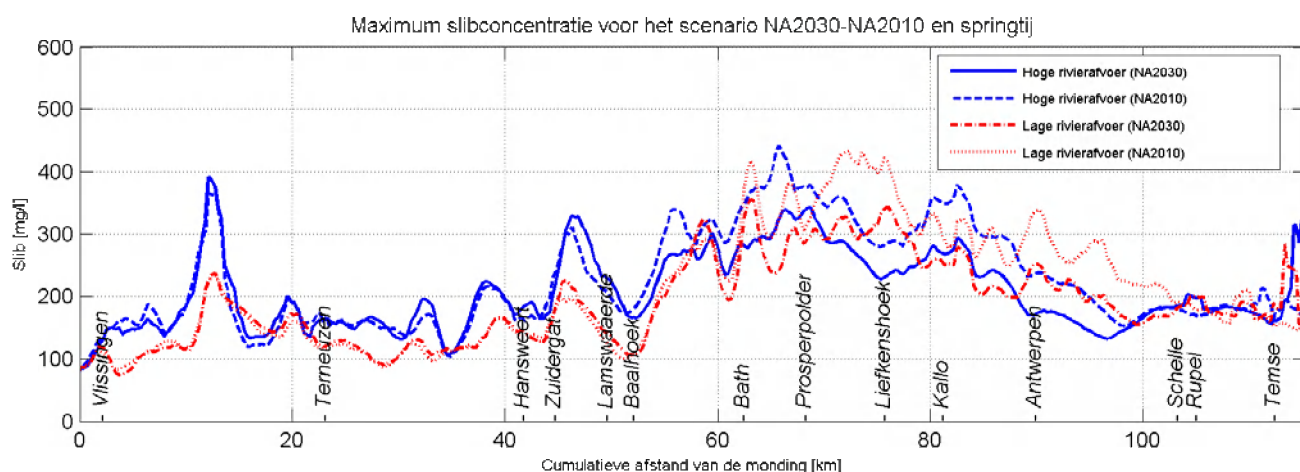
Milieueffectrapport Verruiming vaargeul – Basisrapport Slibdynamiek 87



Figuur 6-2: Maximale waarden van de slibconcentratie bij springtij. Vergelijking situatie 2005 (HS) en 2010 bij autonome ontwikkeling



Figuur 6-3: Maximale waarden van de slibconcentratie bij hoge afvoer. Vergelijking situatie 2010 en 2030 bij autonome ontwikkeling.



Figuur 6-4: Maximale waarden van de slibconcentratie bij springtij. Vergelijking situatie 2010 en 2030 bij autonome ontwikkeling.

Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 nemen in het opwaartse deel van de Westerschelde, van Hansweert tot Bath de maximale slibconcentraties lokaal beperkt toe met circa 5 tot 10 mg/l bij hoge afvoer. Bij lage afvoer zijn veranderingen van de maximale slibconcentratie berekend tussen Prosperpolder en de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen (kleiner dan 5 à 15 mg/l). Opwaarts van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen zijn de eventuele veranderingen in slibconcentratie zeer gering. Er is geen sprake van een verschuiving van de ligging van het turbiditeitsmaximum.

Als gevolg van de autonome ontwikkeling van 2010 tot 2030 nemen in het opwaartse deel van de Westerschelde (vanaf Bath) en de Beneden-Zeeschelde tot aan Schelle de maximale slibconcentraties af met circa 50 tot 100 mg/l bij springtij en 20 tot 40 mg/l bij doottij (de afname van de gemiddelde slibconcentraties is minder, zie hieronder). Als gevolg van deze afname verkleint het turbiditeitsmaximum zowel in grootte als in omvang. De afname van de maximale concentratie gaat niet gepaard met een verschuiving van het turbiditeitsmaximum. Afhankelijk van de definitie van het bereik van dit turbiditeitsmaximum kan de opwaartse grens van maximum over circa 4 tot 8 kilometer in afwaartse richting verschuiven.

Door het ontbreken van golfwerking zal de jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerland (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

In vergelijking tot de maximale slibconcentraties (hierboven besproken) zijn de veranderingen van de gemiddelde slibconcentraties kleiner.

De verandering van de slibconcentratie treedt voornamelijk op in de hoofdgeulen, maar ook daarbuiten, in de nevengeulen en in de omgeving van de platen. Als gevolg van de lagere slibconcentraties (in de situatie 2030) neemt ook de aanvoer van slib richting de platen, slikken en schorren af.

Dit blijkt ook uit de figuren die in bijlage 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-4 tot en met figuur E-6) en anderzijds de situatie 2030 en 2010 (figuur E-9 en figuur E-10). In de figuren zijn de verschillen in de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge afvoer, lage afvoer, als gemiddelde afvoer (alleen 2010).

Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 zijn de veranderingen in de getij- en dieptegemiddelde slibconcentraties in zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde gering (kleiner dan 5 mg/l) tijdens springtij en doottij. Lokaal worden geringe veranderingen waargenomen waarin echter geen trend zichtbaar is.

Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 nemen de getij- en dieptegemiddelde sedimentconcentraties in de Schelde, globaal tussen Bath en Antwerpen, af met 10 tot 15 mg/l tijdens doottij en 30 tot 40 mg/l tijdens springtij. (De gemiddelde concentraties tijdens springtij bedragen hier circa 125 à 160 mg/l.)

Op de Ballastplaat is de afname tijdens springtij 5 à 10 mg/l. De veranderingen treden op tussen Valkenisse en Hoboken (bij springtij en hoge afvoer) en tussen Bath en Hoboken (bij springtij en lage afvoer). Bij doottij treden de veranderingen op tussen Bath en Oosterweel (bij doottij en hoge afvoer) en Zandvliet en Antwerpen (bij doottij en lage afvoer).

In het afwaartse deel van de Westerschelde (afwaarts van Bath) zijn de eventuele veranderingen kleiner dan 5 mg/l.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model verschillen in sedimentconcentraties berekend. Dit betreffen modelrandeffecten in een gebied dat in werkelijkheid sterk wordt beïnvloed door golfwerking. Deze resultaten zullen daarom niet worden besproken.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de gemiddelde slibconcentratie in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Gemiddeld doorzicht

Een verandering in de slibconcentratie heeft vooral effect op het doorzicht bij lage slibconcentraties. Een toename van de (momentane) slibconcentratie met circa 10 mg/l kan leiden tot een afname van het doorzicht met circa 30 tot 50 centimeter (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4).

Bij hoge slibconcentratie neemt het doorzicht bij een dergelijke verhoging slechts met circa 5 centimeter toe. Veranderingen in het gemiddelde doorzicht worden daarom voornamelijk verwacht in het opwaartse deel van de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde omdat daar de variatie in de slibconcentratie groot is en er tevens veranderingen in de (gemiddelde) slibconcentratie worden verwacht.

Dit blijkt ook uit de figuren die in bijlage 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-15 tot en met figuur E-17) en anderzijds de situatie 2030 en 2010 (figuur E-25 en figuur E-26). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge afvoer, lage afvoer, als gemiddelde afvoer (alleen 2010).

Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij.

Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 treden in het zeewaartse deel van de Westerschelde geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. Het gemiddelde doorzicht neemt met 10 à 15 centimeter toe tussen Baalhoek en Hoboken tijdens springtij, en tussen Valkenisse en Antwerpen tijdens doottij. Opwaarts hiervan worden eveneens geen veranderingen waargenomen.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in doorzicht in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Veranderingen in doorzicht hebben alleen effect op het percentage van de tijd als door de verandering in slibconcentratie het doorzicht juist meer, of juist minder dan 40 centimeter wordt. Dit kan in een bepaalde fase van het getij gebeuren, waardoor juist in een gebied dat gekenmerkt wordt door zeer hoge slibconcentraties, en een zeer beperkt gemiddelde doorzicht, veranderingen kunnen optreden in het percentage van de tijd dat het doorzicht kleiner is dan 40 centimeter.

Dit blijkt ook uit de figuren die in bijlage 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-18 tot en met figuur E-20) en anderzijds de situatie 2030 en 2010 (figuur E-27 en figuur E-28). In de figuren zijn de verschillen in het percentage van de tijd dat het doorzicht kleiner is dan 40 centimeter weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge afvoer, lage afvoer, als gemiddelde afvoer (alleen 2010).

Als gevolg van de autonome ontwikkeling van 2005 tot 2010 treden tijdens doortij geen aanwijsbare veranderingen in het percentage met onvoldoende doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) op. Hiervoor zijn de veranderingen in de slibconcentraties te gering.

Tijdens springtij wordt echter een toename van het percentage met onvoldoende doorzicht berekend tussen ongeveer Hansweert en Prosperpolder (circa 2 à 5 procent) en tussen Kallo en Antwerpen (circa 1 à 3 procent). Tussen Prosperpolder en Kallo is er sprake van afwisselend een gering afname en een geringe toename van het percentage onvoldoende doorzicht (circa 2 tot 5 procent). Deze veranderingen treden zowel op in het vaarwater, als op de ondiepe gebieden langs de oevers.

Wanneer de sedimentconcentratie hoger wordt dan ongeveer 60 mg/l zal het doorzicht onder de 40 centimeter dalen (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4).

Aangezien de waarde van de sedimentconcentraties ongeveer 60 mg/l bedraagt kunnen grote veranderingen in het percentage onvoldoende doorzicht optreden, zonder dat het gemiddelde doorzicht (of de sedimentconcentraties) aanwijsbaar verandert.

Als gevolg van de autonome ontwikkeling van 2010 tot 2030 wordt, in het opwaartse deel van de Westerschelde (vanaf Baalhoek) en de Beneden-Zeeschelde tot ongeveer Hoboken, een afname van percentage berekend van meer dan 10 procent. Opwaarts van Hoboken zijn de veranderingen gering (kleiner dan 2 procent).

In het afwaartse deel van de Westerschelde treden tijdens springtij geen te veranderingen in het percentage met onvoldoende doorzicht. Tijdens doortij treden geen aanwijsbare veranderingen in het percentage met onvoldoende doorzicht (kleiner dan 40 centimeter).

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de percentages in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Erosie en depositie

De afname van de slibconcentraties in de autonome ontwikkeling tot 2030 leidt niet noodzakelijker wijs tot een netto afname van de erosie en depositie van slib. Als gevolg van de afname van de bodemschuifspanningen zullen zowel de erosie van slib, als de slibconcentraties, en daarmee samenhangend de depositie in bijvoorbeeld stroomluwe gebieden, afnemen. Een afname van de erosie die groter is dan de afname van de depositie, kan, wanneer het verschil tussen twee alternatieven wordt beschouwd, worden geïnterpreteerd als een relatieve toename van de hoeveelheid slib op de bodem.

Hierdoor is het mogelijk dat als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 de hoeveelheid slib op (of in) de bodem van de toegangsgeulen en het Deurganckdok afneemt, terwijl in het gebied opwaarts van het Deurganckdok de hoeveelheid slib op de bodem relatief toeneemt. Dit wordt veroorzaakt door de bodemdaling opwaarts van het Deurganckdok die een reactie is op de voorzetting van de zandwinstrategie in het gebied afwaarts van Deurganckdok (zie basisrapport Morfologie).

In bijlage E van dit rapport zijn figuren (figuur E-29 tot en met figuur E-31, figuur E-37 en figuur E-38) opgenomen, die voor de autonome ontwikkeling de ruimtelijke verdeling van de veranderingen in aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) voor hoge en lage afvoer en gemiddelde afvoer (alleen voor 2010).

Als gevolg van de lichte toename van de slibconcentraties in de autonome ontwikkeling tot 2010 nemen tijdens springtij in de Beneden-Zeeschelde de aanslibbingssnelheid enigszins toe. De toename werd berekend ter hoogte van de toegangsheuvelen van de zeesluizen in de Beneden-Zeeschelde (Zandvliet–Berendrecht, Boudewijn–Van Cauwelaert en Kallo) en in de monding van het Deurganckdok. Het betreft een toename van de sedimentatie van circa 0,1 à 0,2 centimeter/dag. Op de slikken langs de Beneden-Zeeschelde, tussen Doel en Oosterweel wordt een geringe toename van de aanslibbingssnelheid berekend, orde 0 tot 0,1 centimeter/dag. De veranderingen in aanslibbingssnelheid tijdens doortij zijn klein (kleiner dan 0,05 centimeter /dag).

De autonome ontwikkeling tot 2030 heeft een groter effect op de aanslibbingssnelheid. Globaal neemt bij hoge afvoer de relatieve aanslibbingssnelheid opwaarts van het Deurganckdok sterk toe. Afwaarts van het Deurganckdok is er bij hoge afvoer sprake van een afname van de relatieve aanslibbingssnelheid en bij lage afvoer een toename (zowel bij springtij als bij doortij).

In de toegangsheuvel van de Zandvliet-Berendrechtsluis, op de Drempel van Zandvliet en Frederik en in de monding van het Deurganckdok is een afname van de aanslibbingssnelheid berekend van circa 0,2 tot 0,5 centimeter /dag tijdens doortij en circa 0,5 centimeter/dag en meer tijdens springtij. Ook op het slik ter hoogte van het Galgeschoor ten noorden van Lillo neemt de aanslibbing af, met circa 0,1 centimeter /dag tijdens doortij en circa 0,2 à 0,3 centimeter/dag tijdens springtij. Op andere delen van de oever valt juist een relatieve toename van de aanslibbing waar te nemen.

In de Boudewijn- en Cauwelaertsluis en de Kallosluis wordt door de verdiepte bodemligging van de Schelde (als gevolg van de zandwinning) een afname van de aanslibbing berekend. Door deze verdieping neemt de aanslibbing in de vaargeul opwaarts van Deurganckdok relatieve toe met circa 0,1 à 0,2 centimeter /dag tijdens doortij en 0,1 à 0,4 centimeter /dag tijdens springtij. Op de oevers opwaarts van het Deurganckdok tot ongeveer de Plaat van Boomke wordt een geringe relatieve toename van de aanslibbingssnelheid berekend van orde 0,3 à 0,4 centimeter /dag.

In de Westerschelde zijn de veranderingen in aanslibbingssnelheid zowel tijdens doortij, als tijdens springtij klein (kleiner dan 0,05 centimeter/dag). Zeer lokaal worden positieve of negatieve veranderingen van de aanslibbingssnelheid berekend, hierin valt echter geen trend te ontdekken.

Als gevolg van het openstellen van de Hedwige- en Prosperpolders na 2010 neemt de aanslibbing in dit gebied toe. Ter plaatse van de toegangsheuvelen naar dit gebied treedt een erosie van het beschikbare bodemmateriaal op. Deze erosie wordt door het model waarschijnlijk overschat (zie paragraaf 4.5), waardoor de daaraan gerelateerde aanslibbing in het binnengebied mogelijk ook wordt overschat.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model een zekere afzetting van slib berekend. Dit betreft een modelrandeffect. In werkelijkheid zal in de monding van de Westerschelde de aanwezigheid van golven (die in deze studie niet worden meegenomen) er voor zorgen dat hogere slibconcentraties mogelijk zijn, welke leiden kunnen tot aanslibbing in bijvoorbeeld de haven van Vlissingen.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

6.4.3 Conclusies nulalternatief

Op basis van bovenstaande analyses worden de volgende conclusies getrokken:

- Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 wordt een geringe toename van de slibconcentratie in de Beneden-Zeeschelde verwacht.
- De geringe toename van de maximale concentratie gaat niet gepaard met een verschuiving van het turbiditeitsmaximum. De veranderingen in slibconcentratie leiden vermoedelijk tot een kleine verplaatsing van de opwaartse en afwaartse limiet van het turbiditeitsmaximum, in respectievelijk opwaartse en afwaartse richting.
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 wordt een aanzienlijke afname van de slibconcentratie in de Beneden-Zeeschelde verwacht. De maximale concentraties nemen mogelijk gemiddeld met 35 à 70 mg/l af; de afname van de gemiddelde concentraties wordt geschat op 20 à 30 mg/l (jaargemiddeld). Vermoedelijk is deze afname gerelateerd aan de bodemdaling die het gevolg is van de voortgezette zandwinningsstrategie (zie basisrapport Morfologie). Een dergelijke afname is verklaarbaar, gezien de toename van de slibvangcapaciteit door de creatie van intergetijdegebied langsheen de Beneden-Zeeschelde en anderzijds gezien de gevoeligheid waarmee de slibconcentratie reageert op een toename van de bodemdiepte en de daaraan gekoppelde afname van de stroomsnelheden in het gebied.
- De afname van de maximale concentratie gaat niet gepaard met een verschuiving van het turbiditeitsmaximum. De veranderingen in slibconcentratie leiden vermoedelijk tot een zekere verplaatsing van de opwaartse grens van het turbiditeitsmaximum in afwaartse richting.
- Ondanks de veranderde (gemiddelde) slibconcentraties wordt als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 geen noemenswaardige verandering van het gemiddeld doorzicht verwacht.
- Als gevolg van de geringe toename van de (gemiddelde) slibconcentratie neemt het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter tijdens springtij enigszins toe (maximaal 5 procent). Tijdens doortij zijn er geen veranderingen.
- Als gevolg van afname van de slibconcentraties in de autonome ontwikkeling tot 2030 neemt het gemiddeld doorzicht in het opwaartse deel van de Westerschelde en het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde toe met circa 10 à 15 centimeter.
- Het percentage van de tijd dat het doorzicht beperkt is (kleiner dan 40 centimeter) neemt hierdoor met meer dan 10 procent af.
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 nemen in de Beneden-Zeeschelde (tijdens springtij) de aanslibingssnelheden (relatief gezien) toe. Het betreft een (geringe) toename van de relatieve aanslibing in de toegangsgeulen van de sluizen en het Deurganckdok, en op de slikken en schorren langs het vaarwater.
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 neemt bij hoge afvoer de relatieve aanslibingssnelheid opwaarts van het Deurganckdok aanwijsbaar toe, zowel in het vaarwater als langs de oevers. Afwaarts van het Deurganckdok is er in het vaarwater bij hoge afvoer sprake van een afname van de relatieve aanslibingssnelheid en bij lage afvoer een toename. Langs de oevers afwaarts van het Deurganckdok is er soms sprake van een afname en soms van een toename.

-
- In het afwaartse deel van de Westerschelde zijn er geen noemenswaardige veranderingen in slibconcentraties, doorzicht en aanslibbingssnelheid.
 - Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties ter hoogte van de havens in de Westerschelde, worden geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.

In paragraaf 5.3.3 en paragraaf 4.5 werd reeds geconstateerd dat de verschillende tekortkomingen van het model het gebruik van absolute resultaten van de bodemveranderingen wordt ontraden. Echter, wanneer de resultaten worden toegepast in vergelijkende zin, kunnen verschillen in erosie of sedimentatie een goed beeld geven van de verwachte veranderingen in de aanslibbingspatronen ten gevolge van menselijk ingrijpen.

Er wordt opgemerkt dat mogelijke autonome ontwikkelingen in de aanvoer van slib (van bovenstrooms, zie paragraaf 3.3) niet zijn gemodelleerd. Aangezien de resultaten van deze studie in vergelijkende zin worden toegepast, zal een eventuele wijziging in de bovenstroomse aanvoer van slib niet tot andere conclusies leiden.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden.

De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doottij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doottij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

7 Nulplusalternatief – optimale stortstrategie

7.1 Inleiding

Uit analyse van historische waarnemingen (zie achtergronddocument Systeembeschrijving Schelde-estuarium, een visie op macromorfologische 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 slibhuishouding 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 Plaatrand.

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 slibhuishouding te bepalen. Hiertoe zullen de resultaten van projectalternatief Plaatrand en projectalternatief Nevengeul 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 zoutgehalte) 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.

Ten behoeve van de sedimentberekeningen zijn constante slibrandvoorwaarden toegepast. Voor de opwaartse randen werd gekozen voor een constante slibrandvoorwaarde van circa 80 mg/l, overeenkomstig een zomertoestand in de bovenafvoer. Voor de afwaartse rand (nabij Vlissingen) is een constante waarde opgelegd van 40 mg/l, overeenkomstig de waargenomen jaargemiddelde sedimentconcentratie (zie paragraaf 4.2.5).

Voor alle in dit rapport beschreven simulaties is dezelfde initiële sedimentbeschikbaarheid (slibverdeling op de bodem) toegepast (zie paragraaf 4.2.6).

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 slibhuishouding 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 slibhuishouding 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 hoofdstuk 5 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.

Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie van het onderhoudsbaggerwerk zeer gering.

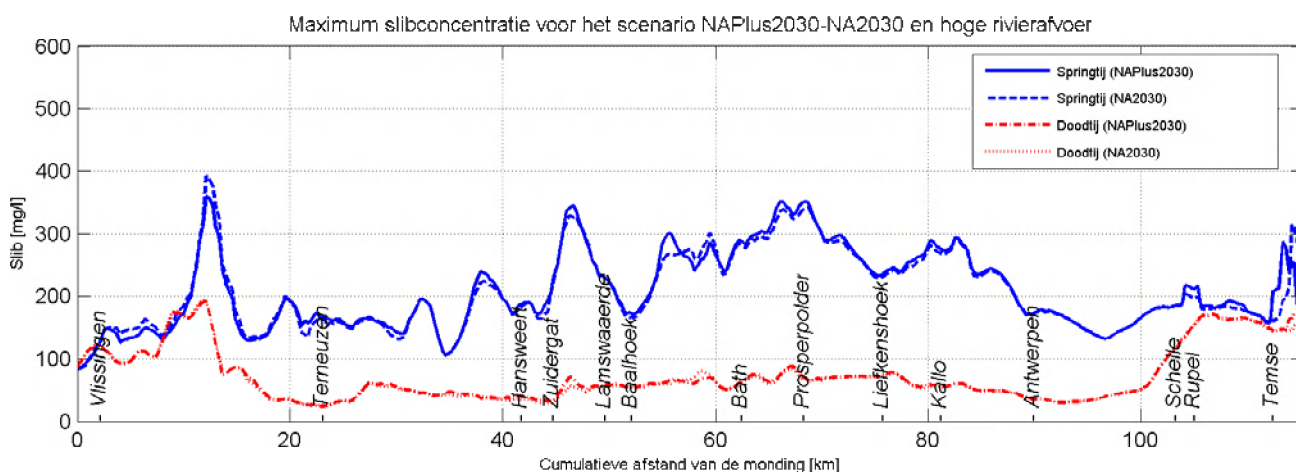
In figuur 7-1 en figuur 7-2 wordt een vergelijking gemaakt van het verloop van de gemiddelde slibconcentratie langs de as van de vaargeul voor de autonome ontwikkeling in 2030 volgens de huidige stortstrategie en volgens de geoptimaliseerde stortstrategie.

Uit de figuren blijkt dat de maximale concentraties tijdens springtij, zowel bij hoge als bij lage afvoer, tussen Bath en Kallo als gevolg van de gewijzigde stortstrategie circa 5 mg/l toenemen.

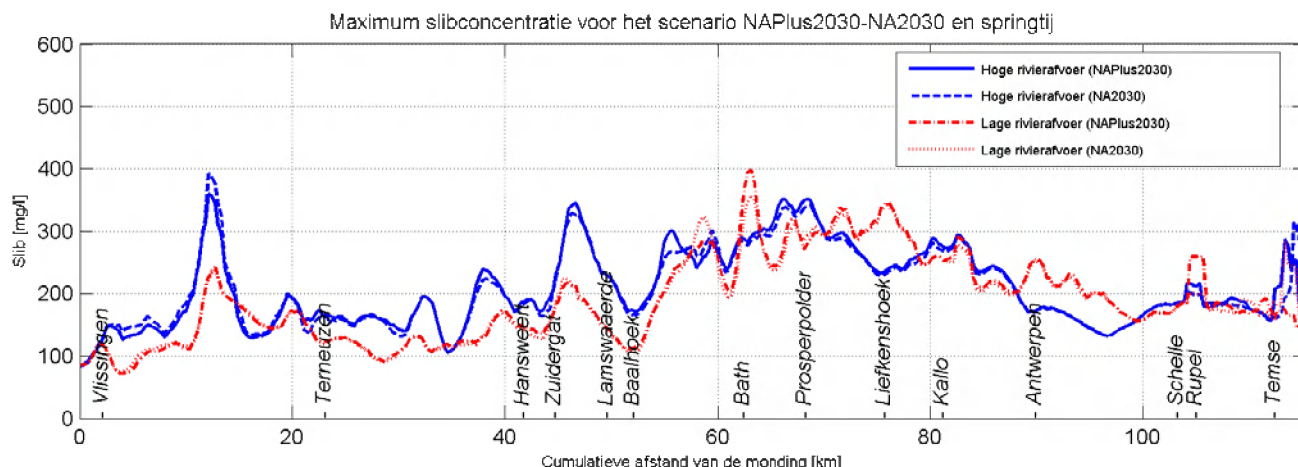
Tussen Baalhoek en Bath treden veranderingen in de maximale concentratie op van circa 25 mg/l (toe- en afname). In het afwaartse deel van de Westerschelde en opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde zijn de veranderingen als gevolg van de geoptimaliseerde stortstrategie op de slibhuishouding niet noemenswaardig.

In vergelijking tot de grote afname van de slibconcentraties als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 leidt een geoptimaliseerde stortstrategie tot zeer geringe wijzigingen.

Door het ontbreken van golfwerking zal de jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerland (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)



Figuur 7-1: Maximale waarden van de slibconcentratie (2030, zonder vaargeul) bij hoge afvoer. Vergelijking onderhoudsbaggerwerk volgens huidige (NA) en geoptimaliseerde stortstrategie (NAPIus)



Figuur 7-2: Maximale waarden van de slibconcentratie (2030, zonder vaargeul) bij springtij. Vergelijking onderhoudsbaggerwerk volgens huidige (NA) en geoptimaliseerde stortstrategie (NAPlus)

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

De verschillen in getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie als gevolg van de verschillen in bodemontwikkeling door de geoptimaliseerde onderhoudsstrategie blijken uit de figuren die in bijlage F van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie tussen de autonome situatie in 2030 bij huidige stortstrategie en de geoptimaliseerde stortstrategie (figuur F-1 en figuur F-2). Er zijn figuren opgenomen voor zowel hoge als lage afvoer (tijdens springtij).

In vergelijking tot de maximale slibconcentraties (hierboven besproken) zijn de veranderingen van de gemiddelde slibconcentraties kleiner. Alleen tijdens springtij wordt in de omgeving van Bath een relatieve toename van de sedimentconcentratie berekend van circa 5 à 10 mg/l. Tijdens doottij zijn de veranderingen over het algemeen kleiner dan 5 mg/l.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de gemiddelde slibconcentratie in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Gemiddeld doorzicht

Als gevolg van de veranderde stortstrategie (2030, bij autonome ontwikkeling zonder vaargeul) treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddeld) doorzicht zal leiden (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4).

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage F van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getijgemiddelde doorzicht tussen de autonome situatie in 2030 bij huidige stortstrategie en de geoptimaliseerde stortstrategie (figuur F-3 en figuur F-4). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge afvoer als lage afvoer.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in doorzicht in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Ondanks de geringe verschillen in gemiddeld doorzicht treden tijdens springtij ter hoogte van het turbiditeitsmaximum aanwijsbare verschillen op in het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter. Tijdens doottij is het doorzicht zodanig groot dat er geen verschillen in het percentage van de tijd met onvoldoende doorzicht verwachten worden.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage F van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) tussen de autonome situatie in 2030 bij huidige stortstrategie en de geoptimaliseerde stortstrategie (figuur F-5 en figuur F-6). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge afvoer als lage afvoer.

De veranderingen zijn het grootst in het opwaartse deel van de Westerschelde. Opwaarts van Hansweert tot aan ongeveer Prosperpolder wordt een gemiddelde verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht berekend van circa 5 tot 10 procent. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend. In de overige delen van de Schelde zijn eventuele veranderingen van het percentage doorzicht zeer lokaal en qua grootte niet noemenswaardig.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de percentages in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Erosie en depositie

In bijlage F van dit rapport zijn figuren (figuur F-7 en figuur F-8) opgenomen, die voor de autonome ontwikkeling het verschil in de ruimtelijke verdeling van aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) als gevolg van de gewijzigde stortstrategie, voor hoge en lage afvoer.

De veranderingen in aanslibbingssnelheid als gevolg van de veranderde stortstrategie 2030, bij autonome ontwikkeling zonder vaargeul, zijn over het algemeen zeer beperkt, kleiner dan 0,1 centimeter/dag, zowel tijdens doottij als tijdens springtij.

In de toegangsgeul van de Zandvlietssluisen en in de ingang van het Deurganckdok veroorzaakt de gewijzigde stortstrategie (vooral tijdens springtij) een toename van de aanslibbing met respectievelijk 0,1 à 0,15 centimeter /dag en 0,2 à 0,3 centimeter /dag.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model verschillen in aanslibbingssnelheid berekend. Dit betreft een modelrandeffect en zal hier verder niet worden besproken.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

7.3.2 Conclusies nulplusalternatief

Op basis van bovenstaande analyses worden de volgende conclusies getrokken:

- Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen bij een bodemligging die het gevolg is van de geoptimaliseerde stortstrategie van het onderhoudsbaggerwerk in vergelijking tot de huidige stortstrategie (bij autonome ontwikkeling zonder vaargeul) gering.
- De toepassing van de gewijzigde stortstrategie in vergelijking tot de huidige (vigerende) stortstrategie, leidt als gevolg van een verschil in bodemontwikkeling tot een toename van de maximale slibconcentratie tussen Bath en Kallo met circa 5 mg/l en een verandering (toe- en afname) van de maximale slibconcentratie tussen Baalhoek en Bath van circa 25 mg/l.
- Tijdens springtij wordt, als gevolg van de verschillen in bodemontwikkeling, in het gebied tussen Bath en Kallo een toename van de (gemiddelde) sedimentconcentraties verwacht (circa 5 à 10 mg/l). Overigens zijn de veranderingen kleiner dan 5 mg/l.
- Als gevolg van de veranderde stortstrategie (2030, bij autonome ontwikkeling zonder vaargeul) treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddelde) doorzicht leidt.
- Tijdens springtij wordt ter hoogte van het turbiditeitsmaximum een verhoging van het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter verwacht van circa 5 tot 10 procent. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend. Tijdens doottij zijn er geen verschillen in de percentages.
- De veranderingen in aanslibbingssnelheid als gevolg van de veranderde stortstrategie 2030, bij autonome ontwikkeling zonder vaargeul, zijn over het algemeen zeer beperkt, zowel tijdens doottij als tijdens springtij.
- In de toegangsgeul van de Zandvlietsluizen en in de ingang van het Deurganckdok veroorzaakt de gewijzigde stortstrategie (vooral tijdens springtij) een geringe toename van de aanslibbing.
- Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties in de Westerschelde, worden tevens geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.

In paragraaf 5.3.3 en paragraaf 4.5 werd reeds geconstateerd dat de verschillende tekortkomingen van het model het gebruik van absolute resultaten van de bodemveranderingen wordt ontraden. Echter, wanneer de resultaten worden toegepast in vergelijkende zin, kunnen verschillen in erosie of sedimentatie een goed beeld geven van de verwachte veranderingen in de aanslibbingspatronen ten gevolge van menselijk ingrijpen.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden. De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doottij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doottij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

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 in de nevengeulen gestort, in de tweede variant (projectalternatief Plaatrand) wordt een deel van zowel de aanleg- als de onderhoudsbaggerspecie (20 procent) op plaatranden gestort.

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de verruiming van de vaargeul op de slibhuishouding 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 slibhuishouding, 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 slibhuishouding 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 bij behorende 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 10/10/2006), die zal 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 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 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 zoutgehalte) 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.

Ten behoeve van de sedimentberekeningen zijn constante slibrandvoorwaarden toegepast. Er zijn geen aanwijzingen die er op duiden dat de toegepaste randvoorwaarden voor slib wijzigen voor de situatie in 2030; derhalve zijn voor 2030 dezelfde waarden toegepast als in 2010. Voor de opwaartse randen werd gekozen voor een constante slibrandvoorwaarde van circa 80 mg/l, overeenkomstig een zomertoestand in de bovenafvoer. Voor de afwaartse rand (nabij Vlissingen) is een constante waarde opgelegd van 40 mg/l, overeenkomstig de waargenomen jaargemiddelde sedimentconcentratie (zie paragraaf 4.2.5).

Voor alle in dit rapport beschreven simulaties is dezelfde initiële sedimentbeschikbaarheid (slibverdeling op de bodem) toegepast (zie paragraaf 4.2.6).

8.3 Analyse projectalternatief P4N

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 slibhuishouding 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 slibhuishouding 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 hoofdstuk 5 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 afgeleidt.

Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

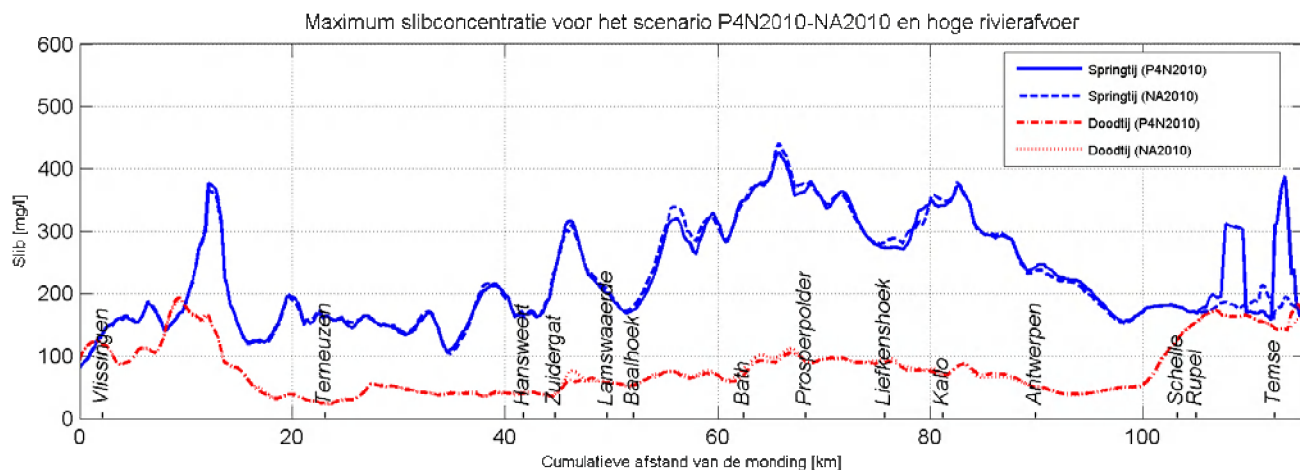
Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de verruiming volgens het projectalternatief Nevengeul (onderhoudsbaggerwerk zoveel mogelijk storten in de nevengeulen) zeer gering.

In figuur 8-1 en figuur 8-2 wordt een vergelijking gemaakt van het verloop van de gemiddelde slibconcentratie langs de as van de vaargeul voor de situatie in 2010 zonder verruiming en met verruiming. In figuur 8-3 en figuur 8-4 worden dezelfde figuren gegeven voor de situatie in 2030.

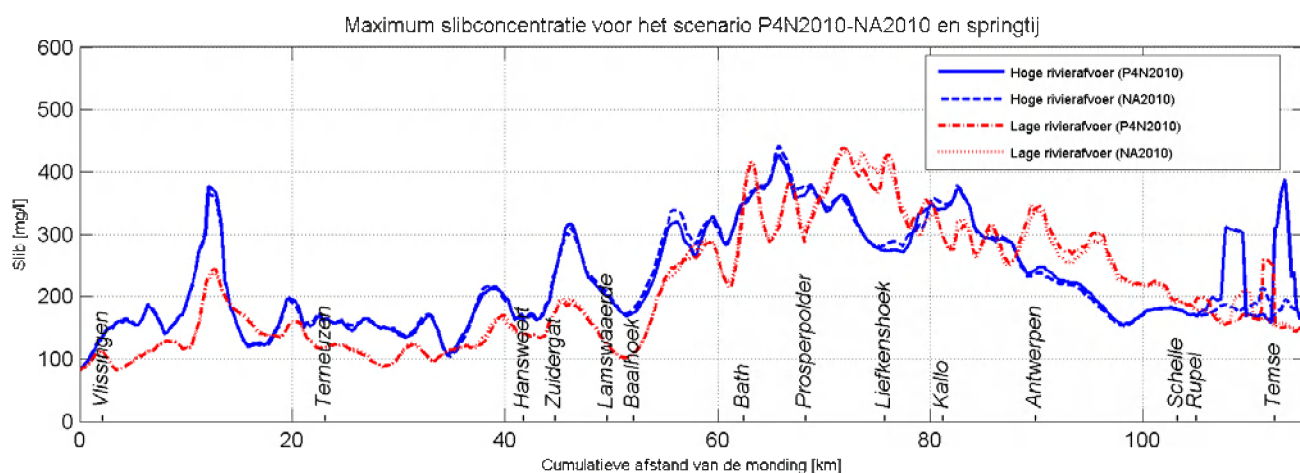
Uit de figuren blijkt dat als gevolg van de verruiming een geringe afname van de maximale slibconcentratie verwacht kan worden. In 2010 zijn de veranderingen klein ten opzichte van de maximale slibconcentratie (kleiner dan circa 5 à 10 mg/l). In 2030 zijn de veranderingen toegenomen tot circa 10 à 20 mg/l.

De veranderingen treden op bij springtij tussen Hansweert en Antwerpen bij hoge afvoer, en tussen Bath en Schelle bij lage afvoer. Tijdens doodtij zijn de veranderingen kleiner.

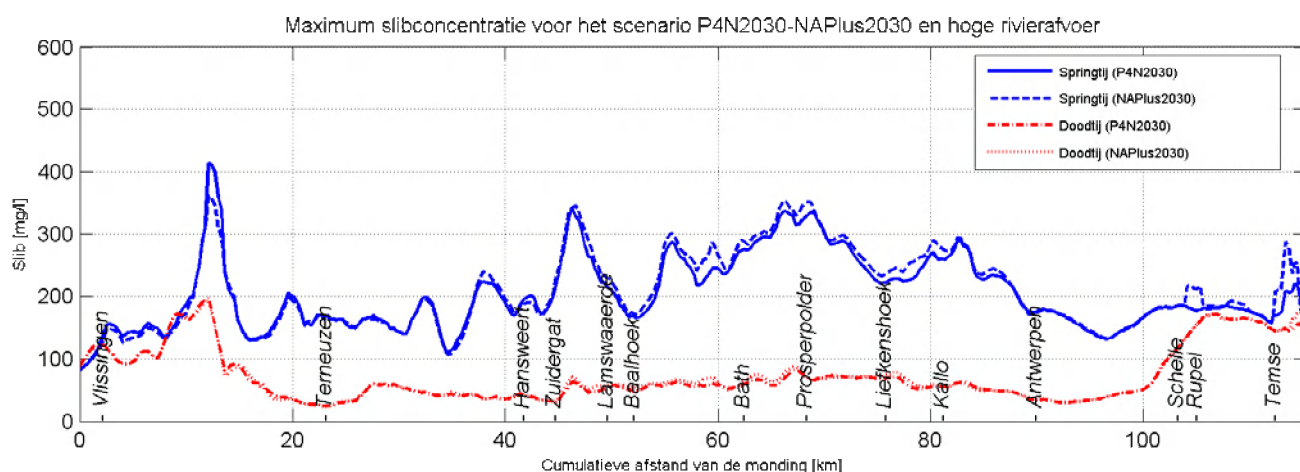
In vergelijking tot de grote afname van de slibconcentraties als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 leidt de verruiming slechts tot zeer beperkte wijzigingen in de slibhuishouding.



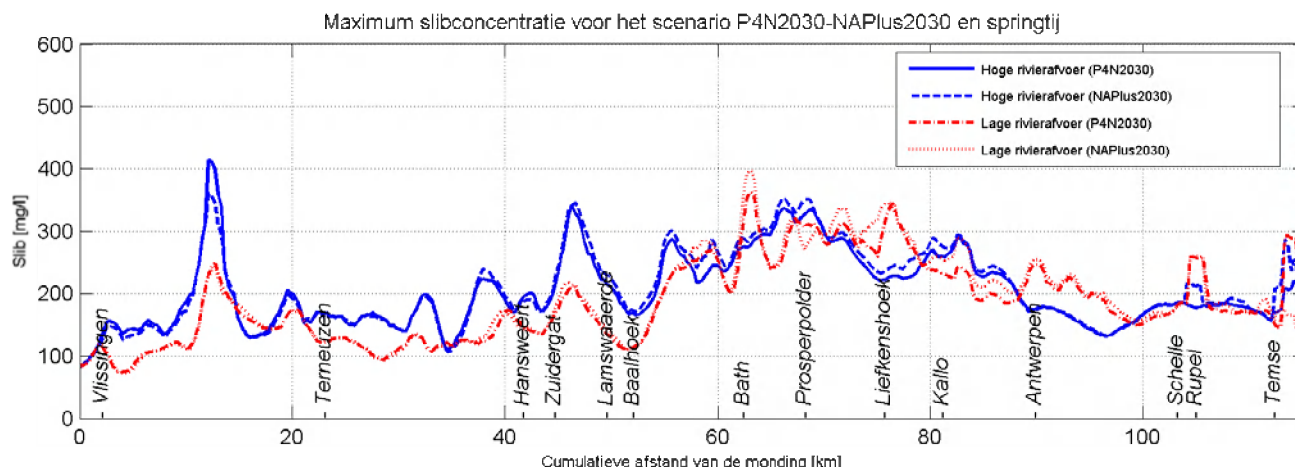
Figuur 8-1: Maximale waarden van de slibconcentratie bij hoge afvoer, zonder (NA) en met verruiming volgens het P4N-projectalternatief (situatie 2010)



Figuur 8-2: Maximale waarden van de slibconcentratie bij springtij, zonder (NA) en met verruiming volgens het P4N-projectalternatief (situatie 2010)



Figuur 8-3: Maximale waarden van de slibconcentratie bij hoge afvoer, zonder (NAPlus) en met verruiming volgens het P4N-projectalternatief (situatie 2030)



Figuur 8-4: Maximale waarden van de slibconcentratie bij springtij, zonder (NAPlus) en met verruiming volgens het P4N-projectalternatief (situatie 2030)

Door het ontbreken van golfwerking zal de jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerland (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

In vergelijking tot de maximale slibconcentraties (hierboven besproken) zijn de veranderingen van de gemiddelde slibconcentraties kleiner.

De veranderingen in de getijgemiddelde slibconcentraties treden voornamelijk tijdens springtij in het gebied ter hoogte van het turbiditeitsmaximum.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage G van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen tussen het projectalternatief Nevengheul en het nul(plus)alternatief voor de enerzijds de situatie 2010 (figuur G-1 tot en met figuur G-3) en anderzijds de situatie 2030 (figuur G-4 en figuur G-5). In de figuren zijn de verschillen in de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge, lage als gemiddelde afvoer (alleen 2010).

Als gevolg van de verruiming wordt direct na aanleg (2010) een afname van de gemiddelde slibconcentratie berekend tussen Bath en Oosterweel (kleiner dan 10 mg/l). De afname vindt voornamelijk plaats langs de oevers (afname lokaal tot 20 mg/l), en wordt hier en daar afgewisseld door een zone met een beperkte toename van de slibconcentratie (lokaal tot 20 mg/l). Opwaarts van de verdieping nemen de concentraties overwegend toe. Eventuele veranderingen tijdens doottij en in de Westerschelde zijn lokaal en beperkt (kleiner dan 5 mg/l).

Als gevolg van de verruiming op middellange termijn (2030) wordt een afname van de getij- en dieptegemiddelde sedimentconcentraties in de Schelde, globaal tussen Bath en Oosterweel, verwacht. Tijdens springtij bedraagt de afname circa 5 à 10 mg/l, lokaal langs de oevers tot 15 à 20 mg/l.

Tijdens hoge afvoer zijn de veranderingen iets meer afwaarts gelegen (Bath tot de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen) dan tijdens lage afvoer (Zandvliet tot Oosterweel), in overeenstemming met de ligging van het turbiditeitsmaximum. Eventuele veranderingen tijdens doottij en in de Westerschelde zijn lokaal en beperkt (kleiner dan 5 mg/l).

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de gemiddelde slibconcentratie in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Gemiddeld doorzicht

Als gevolg van de verruiming van de vaargeul worden zowel in 2010 als in 2030 geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht verwacht, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddeld) doorzicht zal leiden (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4).

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage G van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getijgemiddelde doorzicht tussen het projectalternatief Nevengeul en de autonome situatie in 2030 volgens het nulplusalternatief (figuur G-12 en figuur G-13). In de figuren zijn de verschillen in het getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge, lage als gemiddelde afvoer (alleen 2010).

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in doorzicht in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Ondanks de geringe verschillen in gemiddeld doorzicht treden tijdens springtij ter hoogte van het turbiditeitsmaximum aanwijsbare verschillen op in het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter. Tijdens doottij is het doorzicht zodanig groot dat er geen verschillen in het percentage van de tijd met onvoldoende doorzicht verwachten worden.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage G van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) tussen het projectalternatief Nevengeul en de autonome situatie in 2030 volgens het nulplusalternatief (figuur G-14 en figuur G-15).

In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge, lage als gemiddelde afvoer (alleen 2010).

In het gebied van de verruiming (opwaarts van Baalhoek tot aan opwaarts van het Deurganckdok) wordt voor de situatie in 2010 een gemiddelde afname van het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) berekend, die varieert tussen 5 en 10 procent bij lage en gemiddelde afvoer, en tussen 2 en 6 procent bij hoge afvoer. De slikken en schorren ter hoogte van de Drempel van Frederik laten een afname zien van het percentage met onvoldoende doorzicht, dat (bij hoge afvoer) hoger is dan in de geulen, tot lokaal circa 10 procent. Opwaarts van de verruiming tot ongeveer Antwerpen wordt een toename van het percentage berekend, die gering is tijdens hoge afvoer (kleiner dan 2 à 3 procent) en lokaal meer dan 10 procent bij gemiddelde en lage afvoer. De verschillende oevers laten zowel een toename als een afname van het percentage beperkt doorzicht zien.

In 2030 zijn de veranderingen in het percentage vergelijkbaar met de situatie in 2010. In het gebied waar de verdieping wordt uitgevoerd (tussen Baalhoek en opwaarts Deurganckdok) neemt het percentage in bepaalde gebieden af met meer dan 10 procent tijdens lage afvoer en 2 tot 10 procent bij hoge afvoer.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de percentages in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Erosie en depositie

In bijlage G van dit rapport zijn figuren (figuur G-20 tot en met figuur G-24) opgenomen, die de ruimtelijke verdeling van de verschillen tussen het projectalternatief Nevengeul en het nul(plus)alternatief ten aanzien van aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) als gevolg van de gewijzigde stortstrategie, voor hoge en lage afvoer en gemiddelde afvoer (alleen voor 2010).

In 2010 wordt, als gevolg van de verruiming, ter plaatse van de grootste verdieping (Drempel van Frederik) een relatieve toename van de aanslibbing verwacht. In het model wordt ter plaatse een toename van de aanslibbing berekend tijdens doottij (circa 0,05 à 0,15 centimeter/dag) en een afname van de erosie tijdens springtij (circa 0,1 à 0,2 centimeter /dag). Ook wordt in dit gebied een relatieve toename verwacht van de aanslibbing op de slikken en schorren die lokaal groter is dan 0,5 centimeter/dag. Uit de figuren blijkt ook de verhoogde aanslibbing (0,5 centimeter /dag extra) waar de zwaaicirkel dicht het Galgeschoor nadert.

In het Deurganckdok en in de toegangsgeul van de Zandvliet en Berendrechtsluis wordt ten gevolge van de verruiming van de vaargeul een afname van de aanslibbing verwacht (variërend tussen 0,2 en 0,5 centimeter/dag tijdens springtij). Er worden geen aanwijsbare veranderingen verwacht op de Drempel van Zandvliet.

In de omgeving van de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis wordt direct na aanleg (2010) zowel in het vaarwater, als langs de oevers een afname van de aanslibbingssnelheid verwacht. Omdat de aanlegspecie (voor een deel) in de diepe delen van het vaarwater voor de sluizen is gestort, heeft het stroombeeld zich aangepast, met als gevolg een toename van de erosie van slib. Aangezien de diepe delen door uitschuring als gevolg van de (bocht)stroming zijn ontstaan, is het waarschijnlijk dat (een deel van) de gestorte aanlegspecie geleidelijk opnieuw zal eroderen (zie basisrapport Morfologie). Indien dit proces optreedt zal de bovenbeschreven afname van de aanslibbing of erosie verminderen of zich stabiliseren.

In 2030 zijn de effecten van de verdieping in relatieve zin enigszins afgenomen. De hierboven besproken relatieve toename en afname van de aanslibbing, als gevolg van de verdieping, zijn in 2030 kleiner. Dit geldt voor de relatieve toename van de aanslibbing op de Drempel van Frederik, de relatieve toename van de aanslibbing op het slikken en schorren in hetzelfde gebied, en de relatieve afname van de aanslibbing in de toegangsgeul naar de Boudewijn en Van Cauwelaertsluis. Alleen de afname van de aanslibbing in de toegangsgeul naar de Zandvliet-Berendrechtsluis wordt groter.

Als gevolg van de verruiming van de vaargeul zullen zowel direct na aanleg (2010) als op middellange termijn (2030) geen aanwijsbare veranderingen in de aanslibbingssnelheid optreden in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde, opwaarts van Kallo, noch tijdens doottij, noch tijdens springtij.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model verschillen in aanslibbingssnelheid berekend. Dit betreft een modelrandeffect en zal hier verder niet worden besproken.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

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.

De resultaten in dit hoofdstuk vertonen grote overeenkomst met de resultaten van de vergelijking tussen het nulplusalternatief en het nulalternatief in hoofdstuk 7. De bevindingen zijn daarom ook grotendeels gelijk.

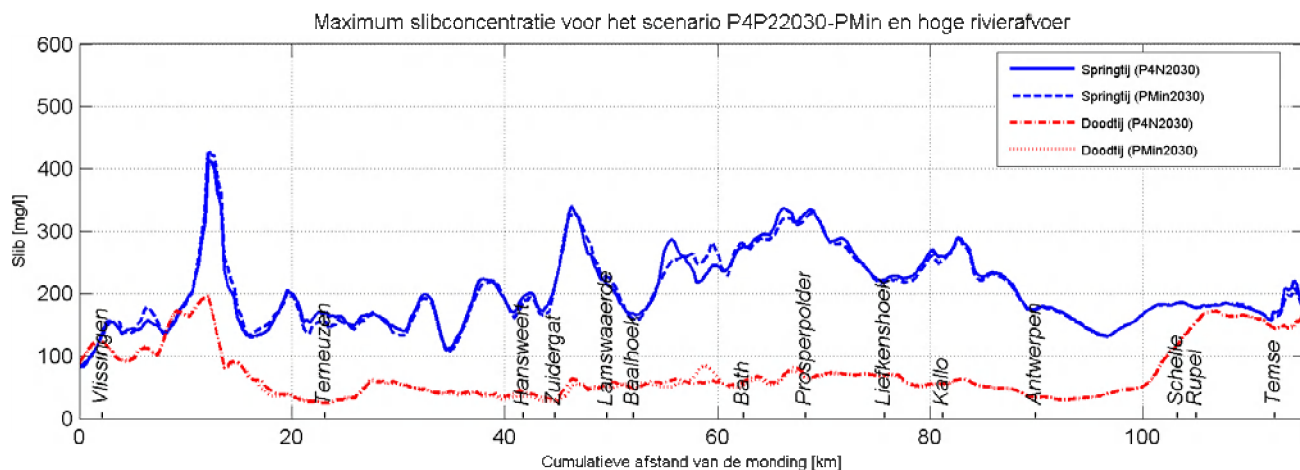
Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie van het onderhoudsbaggerwerk zeer gering.

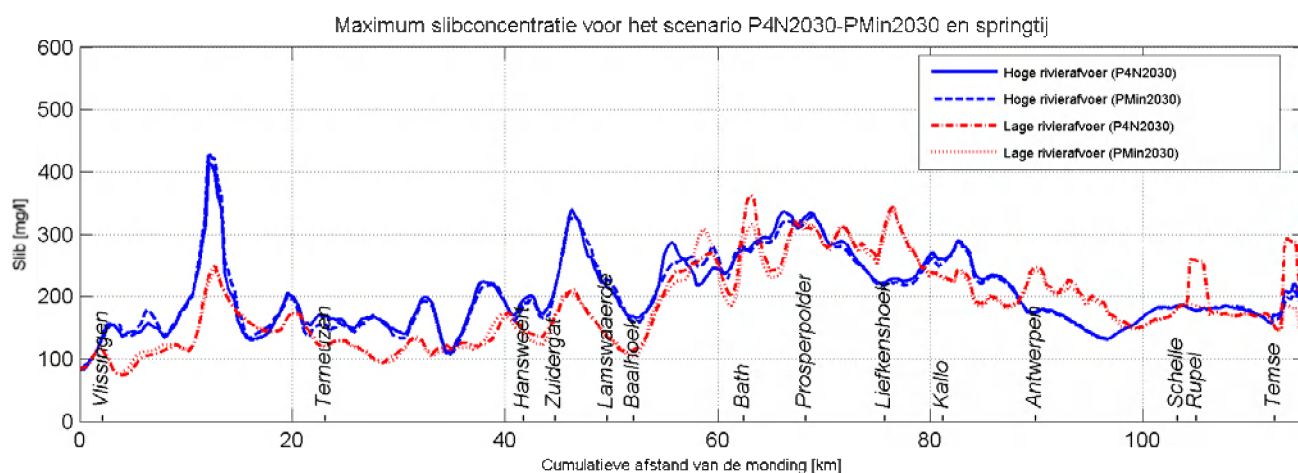
In figuur 8-5 en figuur 8-6 wordt een vergelijking gemaakt van het verloop van de gemiddelde slibconcentratie langs de as van de vaargeul voor de situatie in 2030 met verruimde vaargeul volgens de huidige stortstrategie en volgens de geoptimaliseerde stortstrategie.

Uit de figuren blijkt dat de maximale concentraties tijdens springtij, zowel bij hoge als bij lage afvoer, tussen Bath en Kallo als gevolg van de gewijzigde stortstrategie circa 5 mg/l toenemen. Tussen Baalhoek en Bath treden veranderingen in de maximale concentratie op van circa 25 mg/l (toe- en afname). In het afwaartse deel van de Westerschelde en opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde zijn de veranderingen als gevolg van de geoptimaliseerde stortstrategie op de slibhuishouding niet noemenswaardig.

In vergelijking tot de grote afname van de slibconcentraties als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 leidt een geoptimaliseerde stortstrategie tot zeer geringe wijzigingen.



Figuur 8-5: Maximale waarden van de slibconcentratie (2030, met vaargeul) bij hoge afvoer. Vergelijking onderhoudsbaggerwerk volgens huidige (Pmin) en geoptimaliseerde stortstrategie (P4N)



Figuur 8-6: Maximale waarden van de slibconcentratie (2030, met vaargeul) bij springtij. Vergelijking onderhoudsbaggerwerk volgens huidige (Pmin) en geoptimaliseerde stortstrategie (P4N)

Door het ontbreken van golfwerking zal het jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerand (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

De verschillen in getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie als gevolg van de verschillen in bodemontwikkeling door de geoptimaliseerde onderhoudsstrategie blijken uit de figuren die in bijlage G van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie tussen de geoptimaliseerde stortstrategie en bij huidige stortstrategie voor de situatie in 2030 inclusief de aanwezigheid van de verruimde vaargeul (figuur G-6 en figuur G-7). Er zijn figuren opgenomen voor zowel hoge als lage afvoer (tijdens springtij).

In vergelijking tot de maximale slibconcentraties (hierboven besproken) zijn de veranderingen van de gemiddelde slibconcentraties kleiner. Tijdens springtij en hoge afvoer wordt in het gebied tussen de Drempel van Valkenisse en de Drempel van Frederik een relatieve toename van de sedimentconcentratie berekend van circa 5 à 10 mg/l; bij lage afvoer alleen in nabije de omgeving van Bath. Tijdens doottij zijn de veranderingen over het algemeen kleiner dan 5 mg/l.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de gemiddelde slibconcentratie in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Gemiddeld doorzicht

Als gevolg van de veranderde stortstrategie (situatie 2030, met vaargeul) treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddeld) doorzicht zal leiden (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4).

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage G van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getijgemiddelde doorzicht tussen de situatie in 2030 met verruimde vaargeul waarbij het onderhoudsbaggerwerk volgens huidige stortstrategie en volgens de geoptimaliseerde stortstrategie projectalternatief Nevengeul is verwerkt (figuur G-16 en figuur G-17). In de figuren zijn de verschillen in het getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in doorzicht in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Ondanks de geringe verschillen in gemiddeld doorzicht treden tijdens springtij ter hoogte van het turbiditeitsmaximum aanwijsbare verschillen op in het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter. Tijdens doottij is het doorzicht zodanig groot dat er geen verschillen in het percentage van de tijd met onvoldoende doorzicht verwachten worden.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage G van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) tussen de resultaten (situatie 2030, met vaargeul) bij huidige stortstrategie en de geoptimaliseerde stortstrategie (figuur G-18 en figuur G-19). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

De veranderingen zijn het grootst in het opwaartse deel van de Westerschelde. Opwaarts van Hansweert tot aan ongeveer Prosperpolder wordt een gemiddelde verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht berekend van circa 5 tot 10 procent. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend.

Ter hoogte van de Plaat van Walsoorden en de Plaat van Valkenisse wordt lokaal een toename van het percentage met onvoldoende doorzicht berekend van circa 0 tot 5 procent. In de overige delen van de Schelde zijn eventuele veranderingen van het percentage doorzicht zeer lokaal en qua grootte niet noemenswaardig.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de percentages in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Erosie en depositie

In bijlage G van dit rapport zijn figuren (figuur G-25 en figuur G-26) opgenomen, die voor de situatie 2030 (met verruimde vaargeul) het verschil in de ruimtelijke verdeling van aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) als gevolg van de gewijzigde stortstrategie, voor hoge en lage afvoer.

De veranderingen in aanslibbingssnelheid als gevolg van de veranderde stortstrategie 2030 (met vaargeul) zijn over het algemeen zeer beperkt, kleiner dan 0,1 centimeter/dag, zowel tijdens doottij als tijdens springtij.

In de toegangsgeul van de Zandvlietsluizen en in de ingang van het Deurganckdok veroorzaakt de gewijzigde stortstrategie (vooral tijdens springtij) een toename van de aanslibbing met respectievelijk 0,1 à 0,15 centimeter /dag en 0,2 à 0,3 centimeter /dag.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model verschillen in aanslibbingssnelheid berekend. Dit betreft een modelrandeffect en zal hier verder niet worden besproken.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

8.3.3 Conclusies variant projectalternatief Nevengeul

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten van de verruimde vaargeul (volgens het P4N-projectalternatief, waarbij onderhoudsbaggerwerk zoveel mogelijk in de nevengeulen wordt gestort) de volgende conclusies getrokken:

- Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de verruiming zeer gering.
- De aanwezigheid van de verruimde vaargeul leidt, als gevolg van de bodemligging direct na aanleg (2010), in het gebied tussen Baalhoek en Kallo tot een afname van de maximale slibconcentratie tijdens springtij met circa 5 à 10 mg/l. Tijdens doottij bedraagt de afname circa 0 tot 5 mg/l.
- De aanwezigheid van de verruimde vaargeul leidt tijdens springtij, als gevolg van de bodemontwikkeling tot 2030 waarbij volgens de geoptimaliseerde stortstrategie zoveel mogelijk in de nevengeulen wordt gestort, in het gebied tussen Baalhoek en Kallo, tot een afname van de maximale slibconcentratie met circa 10 à 20 mg/l. Tijdens doottij bedraagt de afname circa 5 à 10 mg/l.
- Als gevolg van de verruiming van de vaargeul wordt tussen Baalhoek in de Westerschelde en Kallo in de Beneden-Zeeschelde (voornamelijk het gebied waar de verruiming wordt uitgevoerd) een geringe afname van de gemiddelde sedimentconcentratie verwacht van circa 10 à 15 mg/l tijdens springtij en circa 10 mg/l tijdens doottij.

-
- Als gevolg van de verruiming van de vaargeul worden zowel in 2010 als in 2030 geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht verwacht, zowel tijdens springtij als tijdens doodtij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein.
In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddelde) doorzicht leidt.
 - In het gebied van de verruiming (opwaarts van Baalhoek tot aan opwaarts van het Deurganckdok) wordt voor de situatie in 2010 een gemiddelde afname van het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) berekend, die varieert tussen 5 en 10 procent bij lage en gemiddelde afvoer, en tussen 2 en 6 procent bij hoge afvoer.
 - Opwaarts van de verruiming tot ongeveer Antwerpen wordt een toename van het percentage berekend, die gering is tijdens hoge afvoer (kleiner dan 2 à 3 procent) en lokaal meer dan 10 procent bij gemiddelde en lage afvoer.
 - In 2030 zijn de veranderingen in het percentage vergelijkbaar met de situatie in 2010. In het gebied waar de verdieping wordt uitgevoerd (tussen Baalhoek en opwaarts Deurganckdok) neemt het percentage in bepaalde gebieden af met meer dan 10 procent tijdens lage afvoer en 2 tot 10 procent bij hoge afvoer.
 - In zowel 2010 als in 2030 wordt, als gevolg van de verruiming, ter plaatse van de grootste verdieping (Drempel van Frederik) een relatieve toename van de aanslibbing verwacht.
 - Ook wordt in dit gebied een toename verwacht van de relatieve aanslibbing op de slikken en schorren en een verhoogde aanslibbing waar de zwaaicirkel dicht het Galgeschoor nadert.
 - In het Deurganckdok en in de toegangsgaai van de Zandvliet-Berendrechtshuis wordt ten gevolge van de verruiming van de vaargeul een afname van de aanslibbing verwacht.
 - In 2030 zijn de effecten van de verdieping in relatieve zin enigszins afgenomen. De relatieve toename en afname van de aanslibbing in 2010, zijn in 2030 kleiner. Met uitzondering van de Zandvliet-Berendrechtshuis waar in een 2030 een verdere afname van de aanslibbing wordt waargenomen.
 - Als gevolg van de verruiming van de vaargeul zullen zowel direct na aanleg (2010) als op middellange termijn (2030) geen aanwijsbare veranderingen in de aanslibbingssnelheid optreden in de Westerschelde en in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde.
 - Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties in de Westerschelde, worden tevens geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten bij een bodemligging die het gevolg is van de geoptimaliseerde stortstrategie in vergelijking tot de huidige stortstrategie (projectalternatief versus nulplusalternatief) de volgende conclusies getrokken:

- Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie van het onderhoudsbaggerwerk in vergelijking tot de huidige stortstrategie (situatie 2030 met verruimde vaargeul) gering.
- De toepassing van de gewijzigde stortstrategie in vergelijking tot de huidige (vigerende) stortstrategie, leidt als gevolg van een verschil in bodemontwikkeling tot een toename van de maximale slibconcentratie tussen Bath en Kallo met circa 5 mg/l en een verandering (toe- en afname) van de maximale slibconcentratie tussen Baalhoek en Bath van circa 25 mg/l.
- Tijdens springtij wordt, als gevolg van de verschillen in bodemontwikkeling, in het gebied tussen Bath en Kallo een toename van de (gemiddelde) sedimentconcentraties verwacht (circa 5 à 10 mg/l). Overigens zijn de veranderingen kleiner dan 5 mg/l.

-
- Als gevolg van de veranderde stortstrategie (situatie 2030, met verruimde vaargeul) treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doortij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddelde) doorzicht leidt.
 - Tijdens springtij wordt ter hoogte van het turbiditeitsmaximum een verhoging van het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter verwacht van circa 5 tot 10 procent. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend. Tijdens doortij zijn er geen verschillen in de percentages.
 - De veranderingen in aanslibingssnelheid als gevolg van de veranderde stortstrategie 2030, inclusief verruimde vaargeul, zijn over het algemeen zeer beperkt, zowel tijdens doortij als tijdens springtij.
 - In de toegangsgeul van de Zandvlietssluis en in de ingang van het Deurganckdok veroorzaakt de gewijzigde stortstrategie (vooral tijdens springtij) een geringe toename van de aanslibbing.
 - Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties in de Westerschelde, worden geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.

In paragraaf 5.3.3 en paragraaf 4.5 werd reeds geconstateerd dat de verschillende tekortkomingen van het model het gebruik van absolute resultaten van de bodemveranderingen wordt ontraden. Echter, wanneer de resultaten worden toegepast in vergelijkende zin, kunnen verschillen in erosie of sedimentatie een goed beeld geven van de verwachte veranderingen in de aanslibbingspatronen ten gevolge van menselijk ingrijpen.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden. De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doortij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doortij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

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, 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 Nevegeul) 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.

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de verruiming van de vaargeul op de slibhuishouding van het Schelde estuarium, uitgaande van de geoptimaliseerde stortstrategie waarbij een deel van het onderhoud op de plaatranden wordt gestort (projectalternatief Nevegeul). De invloed van de verruiming waarbij zoveel mogelijk wordt gestort in de nevengeulen (projectalternatief Nevegeul), 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 slibhuishouding, uitgaande van de ontwikkeling met verruimde vaargeul. Hiertoe zullen de resultaten van het projectalternatief Nevegeul 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 Nevegeul, 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:

	Rekenjaar		
	2005	2010	2030
Projectalternatief P4P	-	-	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 Nevegeul. Hierdoor zal in de verschillen tussen het projectalternatief Nevegeul 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 bij behorende stortstrategie geïsoleerd van de autonome veranderingen.

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

9.2 Beschrijving projectalternatief P4P

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 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 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 zoutgehalte) 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.

Ten behoeve van de sedimentberekeningen zijn constante slibrandvoorwaarden toegepast. Er zijn geen aanwijzingen die er op duiden dat de toegepaste randvoorwaarden voor slib wijzigen voor de situatie in 2030; derhalve zijn voor 2030 dezelfde waarden toegepast als in 2010. Voor de opwaartse randen werd gekozen voor een constante slibrandvoorwaarde van circa 80 mg/l, overeenkomstig een zomertoestand in de bovenafvoer. Voor de afwaartse rand (nabij Vlissingen) is een constante waarde opgelegd van 40 mg/l, overeenkomstig de waargenomen jaargemiddelde sedimentconcentratie (zie paragraaf 4.2.5).

Voor alle in dit rapport beschreven simulaties is dezelfde initiële sedimentbeschikbaarheid (slibverdeling op de bodem) toegepast (zie paragraaf 4.2.6).

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 slibhuishouding 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 slibhuishouding 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 hoofdstuk 5 en voor de verschillen met de situatie in 2010 naar het nulalternatief in paragraaf 6.4.

9.3.1 Resultaten modelberekeningen – verruimde vaargeul

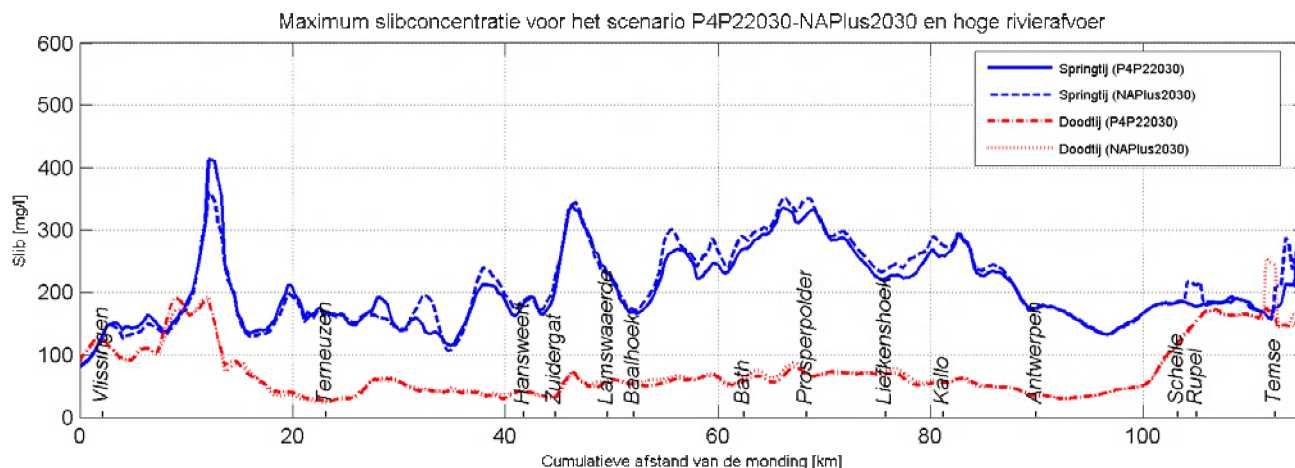
In deze paragraaf zal worden ingegaan op de veranderingen en trends die op basis van de vergelijking tussen het projectalternatief Plaatrand en het nulplusalternatief kunnen worden afgeleid.

De resultaten van het projectalternatief Plaatrand vertonen grote overeenkomst met de resultaten van het projectalternatief Nevengeul in paragraaf 8.3.1. De bevindingen zijn daarom ook grotendeels gelijk.

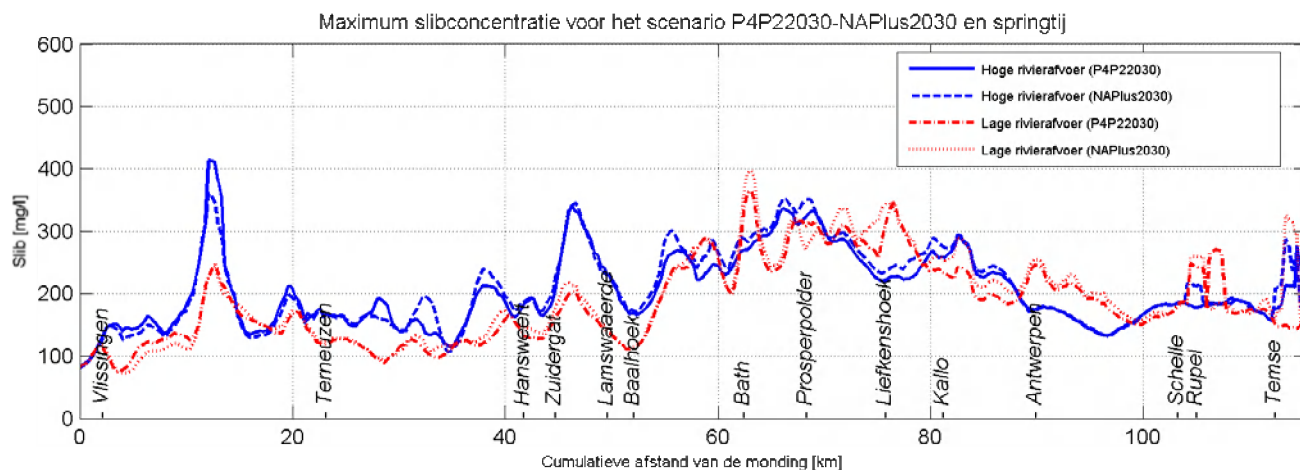
Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de verruiming volgens het projectalternatief Plaatrand (onderhoudsbaggerwerk deels storten op de plaatranden) zeer gering.

In figuur 9-1 en figuur 9-2 wordt een vergelijking gemaakt van het verloop van de gemiddelde slibconcentratie langs de as van de vaargeul voor de situatie in 2030 zonder verruiming en met verruiming.



Figuur 9-1: Maximale waarden van de slibconcentratie bij hoge afvoer, zonder (NAPplus) en met verruiming volgens het P4P-projectalternatief (situatie 2030)



Figuur 9-2: Maximale waarden van de slibconcentratie bij springtij, zonder (NAPlus) en met verruiming volgens het projectalternatief plaatrand (situatie 2030)

Uit de figuren blijkt dat als gevolg van de verruiming een geringe afname (circa 10 à 20 mg/l) van de maximale slibconcentratie verwacht kan worden.

De veranderingen treden op bij springtij tussen Hansweert en Antwerpen bij hoge afvoer, en tussen Bath en Schelle bij lage afvoer. Tijdens doottijd zijn de veranderingen kleiner.

In vergelijking tot de grote afname van de slibconcentraties als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 leidt de verruiming slechts tot zeer beperkte wijzigingen in de slibhuishouding.

Wanneer de bevindingen voor het projectalternatief Nevengeul (paragraaf 8.3) worden vergeleken met de bevindingen in dit hoofdstuk, blijkt dat in de Beneden-Zeeschelde de keuze van de stortstrategie geen effect heeft op de (maximale) slibconcentratie.

Door het ontbreken van golfwerking zal de jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerand (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

In vergelijking tot de maximale slibconcentraties (hierboven besproken) zijn de veranderingen van de gemiddelde slibconcentraties kleiner.

De veranderingen in de getijgemiddelde slibconcentraties treden voornamelijk tijdens springtij in het gebied ter hoogte van het turbiditeitsmaximum. Dit blijkt uit de figuren die in BIJLAGE H van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen tussen het projectalternatief Plaatrand en het nulplusalternatief voor de situatie 2030 (Figuur H-1 en Figuur H-2). In de figuren zijn de verschillen in de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Als gevolg van de verruiming op middellange termijn (2030) wordt een afname van de getij- en dieptegemiddelde sedimentconcentraties in de Schelde, globaal tussen Bath en Oosterweel, verwacht. Tijdens springtij bedraagt de afname circa 5 à 10 mg/l, lokaal langs de oevers tot 15 à 20 mg/l. Tijdens hoge afvoer zijn de veranderingen iets meer afwaarts gelegen (Bath tot de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen) dan tijdens lage afvoer (Zandvliet tot Oosterweel), in overeenstemming met de ligging van het turbiditeitsmaximum.

Langs de randen van de plaatrandstortingen op de Rug van Baarland wordt tijdens springtij een afname van de gemiddelde slibconcentratie berekend (zeer lokaal 5 tot 20 mg/l), waarschijnlijk als gevolg van het veranderde lokale stroombeeld. In de omgeving van de plaatrandstorting bij Walsoorden zijn de veranderingen in de gemiddelde slibconcentratie echter beperkt (zeer lokaal 0 à 10 mg/l). Eventuele overige veranderingen tijdens doottij en in de Westerschelde zijn lokaal en beperkt (kleiner dan 5 mg/l).

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de gemiddelde slibconcentratie in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Gemiddeld doorzicht

Als gevolg van de verruiming van de vaargeul worden in 2030 geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht verwacht, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddeld) doorzicht zal leiden (zie figuur 2-3 in paragraaf 2.7.4).

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage H van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getijgemiddelde doorzicht tussen het projectalternatief Plaatrand en de autonome situatie in 2030 volgens het nulplusalternatief (figuur H-5 en figuur H-6). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in doorzicht in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Ondanks de geringe verschillen in gemiddeld doorzicht treden tijdens springtij ter hoogte van het turbiditeitsmaximum aanwijsbare verschillen op in het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter. Tijdens doottij is het doorzicht zodanig groot dat er geen verschillen in het percentage van de tijd met onvoldoende doorzicht verwachten worden.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage H van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) tussen het projectalternatief Plaatrand en de autonome situatie in 2030 volgens het nulplusalternatief (figuur H-7 en figuur H-8). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

In het gebied van de verruiming (opwaarts van Baalhoek tot aan opwaarts van het Deurganckdok) wordt voor de situatie in 2030 een gemiddelde afname van het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) berekend, die varieert tussen 5 en (meer dan) 10 procent bij lage, en tussen 2 en 10 procent bij hoge afvoer.

De slikken en schorren ter hoogte van de Drempel van Frederik laten een afname zien van het percentage met onvoldoende doorzicht, dat (bij hoge afvoer) hoger is dan in de geulen, tot lokaal circa 10 procent. Opwaarts van de verruiming tot ongeveer Kallo wordt langs de oevers een toename van het percentage berekend, die varieert tussen 5 procent en lokaal meer dan 10 procent. Opwaarts van Kallo wordt overwegend een (geringe) afname van het percentage met beperkt doorzicht berekend.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de percentages in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Erosie en depositie

In bijlage H van dit rapport zijn figuren (figuur H-13 en figuur H-14) opgenomen, die de ruimtelijke verdeling van de verschillen tussen het P4P-projectalternatief en het nulplusalternatief ten aanzien van aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) als gevolg van de gewijzigde stortstrategie, voor hoge en lage afvoer.

Als gevolg van de verruiming wordt ter plaatse van de grootste verdieping (Drempel van Frederik) een relatieve toename van de aanslibbing verwacht. In het model wordt ter plaatse een toename van de aanslibbing berekend tijdens doottij (circa 0 à 0,1 centimeter /dag) en een afname van de erosie tijdens springtij (circa 0,05 à 0,15 centimeter /dag). Ook wordt in dit gebied een relatieve toename verwacht van de aanslibbing op de slikken en schorren die lokaal groter is dan 0,5 centimeter /dag. Uit de figuren blijkt ook de verhoogde aanslibbing (tot 0,5 centimeter /dag extra) waar de zwaaicirkel dicht het Galgeschoor nadert.

In het Deurganckdok en in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtsluis wordt ten gevolge van de verruiming van de vaargeul een afname van de aanslibbing verwacht (variërend tussen 0,2 en 0,5 centimeter /dag tijdens springtij). Er worden geen aanwijsbare veranderingen verwacht op de Drempel van Zandvliet.

In de omgeving van de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis wordt zowel in het vaarwater, als langs de oevers een afname van de aanslibbingssnelheid verwacht. Omdat de aanlegspecie (voor een deel) in de diepe delen van het vaarwater voor de sluizen is gestort, heeft het stroombeeld zich aangepast, met als gevolg een toename van de erosie van slib.

Als gevolg van de verruiming van de vaargeul, in combinatie met het projectalternatief Plaatrand, zullen op middellange termijn (2030) geen aanwijsbare veranderingen in de aanslibbingssnelheid optreden in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde, opwaarts van Kallo, noch tijdens doottij, noch tijdens springtij.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model verschillen in aanslibbingssnelheid berekend. Dit betreft een modelrandeffect en zal hier verder niet worden besproken.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

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.

De resultaten in dit hoofdstuk vertonen grote overeenkomst met de resultaten van de vergelijking tussen het nulplusalternatief en het nulalternatief in hoofdstuk 7. De bevindingen zijn daarom ook grotendeels gelijk.

Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

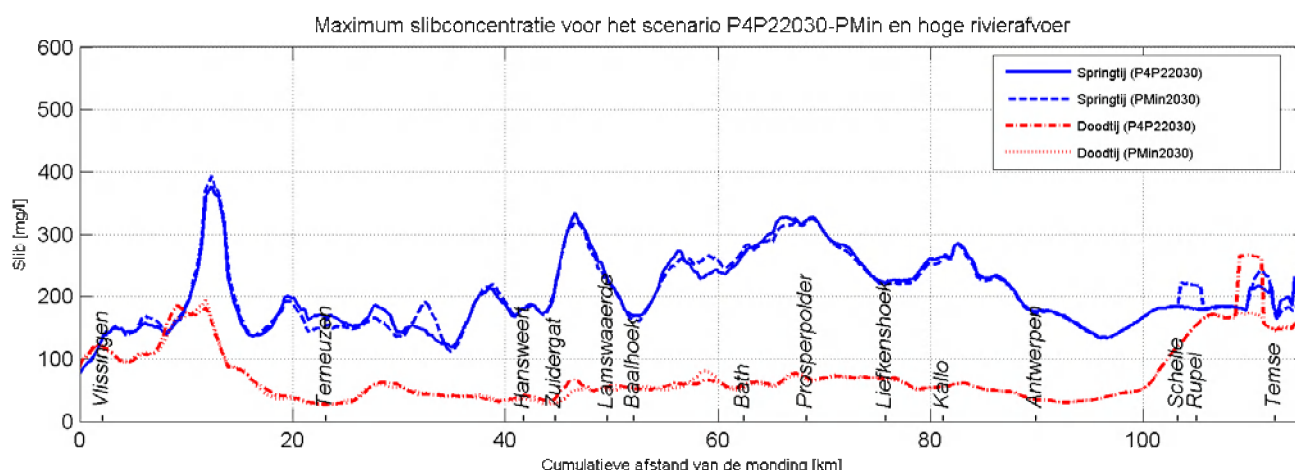
Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie van het onderhoudsbaggerwerk zeer gering.

In figuur 9-3 en figuur 9-4 wordt een vergelijking gemaakt van het verloop van de gemiddelde slibconcentratie langs de as van de vaargeul voor de situatie in 2030 met verruimde vaargeul volgens de huidige stortstrategie en volgens de geoptimaliseerde stortstrategie.

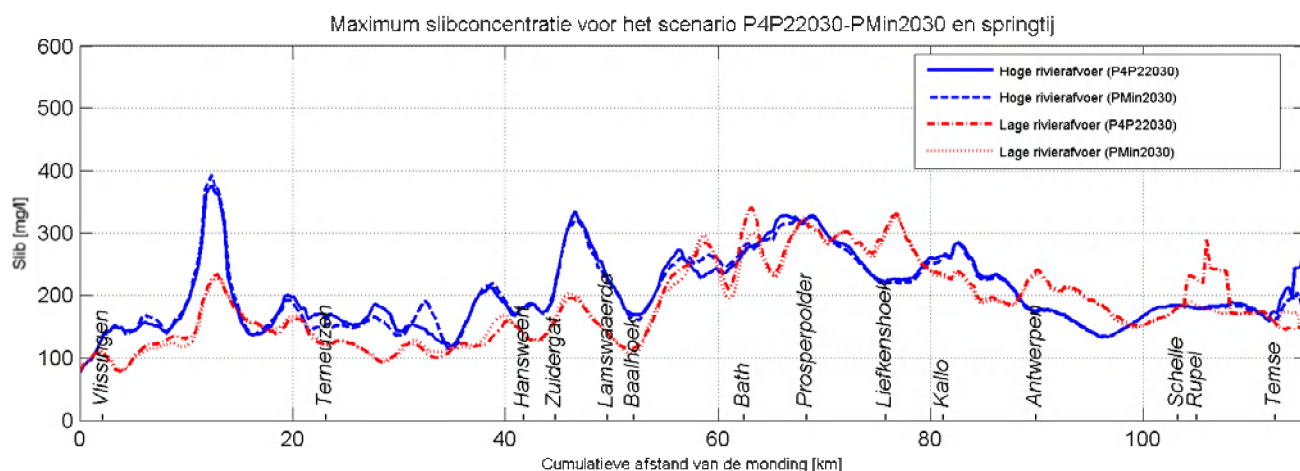
Uit de figuren blijkt dat de maximale concentraties tijdens springtij, zowel bij hoge als bij lage afvoer, tussen Bath en Kallo als gevolg van de gewijzigde stortstrategie circa 5 mg/l toenemen. Tussen Baalhoek en Bath treden veranderingen in de maximale concentratie op van circa 25 mg/l (toe- en afname). In het afwaartse deel van de Westerschelde en opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde zijn de veranderingen als gevolg van de geoptimaliseerde stortstrategie op de slibhuishouding niet noemenswaardig.

Wanneer de bevindingen voor het projectalternatief Nevengeul (paragraaf 8.3) worden vergeleken met de bevindingen in dit hoofdstuk, blijkt dat de keuze van de stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde geen effect heeft op de (maximale) slibconcentratie. In de Westerschelde, tussen Baalhoek en Baarland, is als gevolg van het stortalternatief waarbij deels op de plaatranden wordt gestort een (geringe) afname (bij lage afvoer) van de maximale slibconcentratie berekend. Bij hoge afvoer is er van een eenduidige afname geen sprake.

In vergelijking tot de grote afname van de slibconcentraties als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 leidt een geoptimaliseerde stortstrategie tot zeer geringe wijzigingen.



Figuur 9-3: Maximale waarden van de slibconcentratie (2030, met vaargeul) bij hoge afvoer. Vergelijking onderhoudsbaggerwerk volgens huidige (Pmin) en geoptimaliseerde stortstrategie (P4P)



Figuur 9-4: Maximale waarden van de slibconcentratie (2030, met vaargeul) bij springtij. Vergelijking onderhoudsbaggerwerk volgens huidige (Pmin) en geoptimaliseerde stortstrategie (projectalternatief Plaatrand)

Door het ontbreken van golfwerking zal de jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerand (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

De verschillen in getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie als gevolg van de verschillen in bodemontwikkeling door de geoptimaliseerde onderhoudsstrategie blijken uit de figuren die in bijlage H van dit rapport zijn opgenomen (figuur H-3 en figuur H-4. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie tussen de geoptimaliseerde stortstrategie (projectalternatief Plaatrand) en bij huidige stortstrategie voor de situatie in 2030 inclusief de aanwezigheid van de verruimde vaargeul. Er zijn figuren opgenomen voor zowel hoge als lage afvoer (tijdens springtij).

In vergelijking tot de maximale slibconcentraties (hierboven besproken) zijn de veranderingen van de gemiddelde slibconcentraties kleiner. Alleen tijdens springtij wordt in de omgeving van Bath tot aan Kallo een relatieve toename van de sedimentconcentratie berekend van circa 5 à 10 mg/l. Tijdens doottij zijn de veranderingen over het algemeen kleiner dan 5 mg/l.

Langs de randen van de plaatrandstortingen op de Rug van Baarland wordt tijdens springtij een afname van de gemiddelde slibconcentratie berekend (zeer lokaal 5 tot 20 mg/l), waarschijnlijk als gevolg van het veranderde lokale stroombeeld. In de omgeving van de plaatrandstorting bij Walsoorden zijn de veranderingen in de gemiddelde slibconcentratie echter beperkt (zeer lokaal, circa 0 tot 10 mg/l). Eventuele overige veranderingen tijdens doottij en in de Westerschelde zijn lokaal en beperkt (kleiner dan 5 mg/l).

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de gemiddelde slibconcentratie in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Gemiddeld doorzicht

Als gevolg van de veranderde stortstrategie (situatie 2030, met vaargeul) treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddeld) doorzicht zal leiden (zie figuur 2-3 in paragraaf 2.7.4).

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage H van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getijgemiddelde doorzicht tussen de situatie in 2030 met verruimde vaargeul waarbij het onderhoudsbaggerwerk volgens huidige stortstrategie en volgens de geoptimaliseerde stortstrategie P4P is verwerkt (figuur H-8 en figuur H-9). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in doorzicht in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Ondanks de geringe verschillen in gemiddeld doorzicht treden tijdens springtij ter hoogte van het turbiditeitsmaximum aanwijsbare verschillen op in het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter. Tijdens doottij is het doorzicht zodanig groot dat er geen verschillen in het percentage van de tijd met onvoldoende doorzicht verwachten worden.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage H van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) tussen de resultaten (situatie 2030, met vaargeul) bij huidige stortstrategie en de geoptimaliseerde stortstrategie (figuur H-11 en figuur H-12). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

De veranderingen zijn het grootst in het opwaartse deel van de Westerschelde. Opwaarts van Hansweert tot aan ongeveer Prosperpolder wordt een gemiddelde verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht berekend van circa 5 tot 10 procent. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend.

Een verschil met de simulatie voor de projectalternatief Nevengeul variant betreft de ontwikkeling van het doorzicht ter hoogte van de Plaat van Walsoorden en de Plaat van Valkenisse. In tegenstelling tot de projectalternatief Nevengeul variant wordt hier lokaal een afname van het percentage met onvoldoende doorzicht berekend van circa 0 tot 4 procent.

In de overige delen van de Schelde zijn eventuele veranderingen van het percentage doorzicht zeer lokaal en qua grootte niet noemenswaardig.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de percentages in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Erosie en depositie

In bijlage H van dit rapport zijn figuren (figuur H-15 en figuur H-16) opgenomen, die voor de situatie 2030 (met verruimde vaargeul) het verschil in de ruimtelijke verdeling van aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) als gevolg van de gewijzigde stortstrategie, voor hoge en lage afvoer.

De veranderingen in aanslibbingssnelheid als gevolg van de veranderde stortstrategie 2030 (met vaargeul) zijn over het algemeen zeer beperkt, kleiner dan 0,1 centimeter/dag, zowel tijdens doottij als tijdens springtij.

In de toegangsgoel van de Zandvlietsluizen en in de ingang van het Deurganckdok veroorzaakt de gewijzigde stortstrategie (vooral tijdens springtij) een toename van de aanslibbing met respectievelijk 0,1 à 0,15 centimeter /dag en 0,2 à 0,3 centimeter /dag.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model verschillen in aanslibbingssnelheid berekend. Dit betreft een modelrandeffect en zal hier verder niet worden besproken.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

9.3.3 Conclusies variant Plaatrand

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

- Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de verruiming zeer gering.
- De aanwezigheid van de verruimde vaargeul leidt tijdens springtij, als gevolg van de bodemontwikkeling tot 2030 waarbij volgens de geoptimaliseerde stortstrategie deels op de plaatranden wordt gestort, in het gebied tussen Baalhoek en Kallo tot een afname van de maximale slibconcentratie met circa 10 à 20 mg/l. Tijdens doottij bedraagt de afname circa 5 à 10 mg/l.
- Als gevolg van de verruiming van de vaargeul wordt tussen Baalhoek in de Westerschelde en Kallo in de Beneden-Zeeschelde (voornamelijk het gebied waar de verruiming wordt uitgevoerd) een geringe afname van de gemiddelde sedimentconcentratie verwacht van circa 10 à 15 mg/l tijdens springtij en circa 10 mg/l tijdens doottij.
- Als gevolg van de verruiming van de vaargeul worden in 2030 geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht verwacht, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddelde) doorzicht leidt.
- In het gebied van de verruiming (opwaarts van Baalhoek tot aan opwaarts van het Deurganckdok) wordt voor de situatie in 2030 een gemiddelde afname van het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) berekend, die varieert tussen 5 en meer dan 10 procent bij lage en gemiddelde afvoer, en tussen 2 en 10 procent bij hoge afvoer.

-
- Opwaarts van de verruiming tot ongeveer Kallo wordt een toename van het percentage berekend, die varieert tussen 5 procent en lokaal meer dan 10 procent. Opwaarts van Kallo wordt overwegend een (geringe) afname van het percentage met beperkt doorzicht berekend.
 - In 2030 wordt, als gevolg van de verruiming, ter plaatse van de grootste verdieping (Drempel van Frederik) een relatieve toename van de aanslibbing verwacht.
 - Ook wordt in dit gebied een toename verwacht van de relatieve aanslibbing op de slikken en schorren en een verhoogde aanslibbing waar de zwaaicirkel dicht het Galgeschoor nadert.
 - In het Deurganckdok en in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtshuis wordt ten gevolge van de verruiming van de vaargeul een afname van de aanslibbing verwacht.
 - Als gevolg van de verruiming van de vaargeul zullen op middellange termijn (2030) geen aanwijsbare veranderingen in de aanslibbingssnelheid optreden in de Westerschelde en in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde.
 - Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties in de Westerschelde, worden tevens geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.

Op basis van bovenstaande analyses worden ten aanzien van de effecten bij een bodemligging die het gevolg is van de geoptimaliseerde stortstrategie in vergelijking tot de huidige stortstrategie (projectalternatief versus nulplusalternatief) de volgende conclusies getrokken:

- Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de geoptimaliseerde stortstrategie van het onderhoudsbaggerwerk in vergelijking tot de huidige stortstrategie (situatie 2030 met verruimde vaargeul) gering.
- De toepassing van de gewijzigde stortstrategie in vergelijking tot de huidige (vigerende) stortstrategie, leidt als gevolg van een verschil in bodemontwikkeling tot een toename van de maximale slibconcentratie tussen Bath en Kallo met circa 5 mg/l en een verandering (toe- en afname) van de maximale slibconcentratie tussen Baalhoek en Bath van circa 25 mg/l.
- In de Westerschelde, tussen Baalhoek en Baarland, is als gevolg van het stortalternatief waarbij deels op de plaatranden wordt gestort een (geringe) afname (bij lage afvoer) van de maximale slibconcentratie berekend. Bij hoge afvoer is er van een eenduidige afname geen sprake.
- Tijdens springtij wordt, als gevolg van de verschillen in bodemontwikkeling, in het gebied tussen Bath en Kallo een toename van de (gemiddelde) sedimentconcentraties verwacht (circa 5 à 10 mg/l). Overigens zijn de veranderingen kleiner dan 5 mg/l.
- Als gevolg van de veranderde stortstrategie (situatie 2030, met verruimde vaargeul) treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddelde) doorzicht leidt.
- Tijdens springtij wordt ter hoogte van het turbiditeitsmaximum een verhoging van het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter verwacht van circa 5 tot 10 procent. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend. Tijdens doottij zijn er geen verschillen in de percentages.
- De veranderingen in aanslibbingssnelheid als gevolg van de veranderde stortstrategie 2030, inclusief verruimde vaargeul, zijn over het algemeen zeer beperkt, zowel tijdens doottij als tijdens springtij.
- In de toegangsgeul van de Zandvlietshuis en in de ingang van het Deurganckdok veroorzaakt de gewijzigde stortstrategie (vooral tijdens springtij) een geringe toename van de aanslibbing.

-
- De verschillen in de slibhuishouding tussen de stortstrategie waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen wordt gestort (projectalternatief Nevengeul) en de stortstrategie waarbij deels op de platen wordt gestort (P4P) zijn in de Beneden-Zeeschelde (en het opwaartse deel van de Westerschelde) zeer gering. Buiten de Beneden-Zeeschelde zijn de slibconcentraties zo laag dat eventuele effecten geen noemenswaardige invloed hebben op de slibhuishouding.
 - Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties in de Westerschelde, worden tevens geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.

In paragraaf 5.3.3 en paragraaf 4.5 werd reeds geconstateerd dat de verschillende tekortkomingen van het model het gebruik van absolute resultaten van de bodemveranderingen wordt ontraden. Echter, wanneer de resultaten worden toegepast in vergelijkende zin, kunnen verschillen in erosie of sedimentatie een goed beeld geven van de verwachte veranderingen in de aanslibbingspatronen ten gevolge van menselijk ingrijpen.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden.

De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doottij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doottij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

10 Projectalternatief min

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed is van de verruiming van de vaargeul op de slibhuishouding 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 slibhuishouding 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 de 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 de 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 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 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.

Ten behoeve van de sedimentberekeningen zijn constante slibrandvoorwaarden toegepast. Er zijn geen aanwijzingen die er op duiden dat de toegepaste randvoorwaarden voor slib wijzigen voor de situatie in 2030; derhalve zijn voor 2030 dezelfde waarden toegepast als in 2010. Voor de opwaartse randen werd gekozen voor een constante slibrandvoorwaarde van circa 80 mg/l, overeenkomstig een zomertoestand in de bovenafvoer. Voor de afwaartse rand (nabij Vlissingen) is een constante waarde opgelegd van 40 mg/l, overeenkomstig de waargenomen jaargemiddelde sedimentconcentratie (zie paragraaf 4.2.5).

Voor alle in dit rapport beschreven simulaties is dezelfde initiële sedimentbeschikbaarheid (slibverdeling op de bodem) toegepast (zie paragraaf 4.2.6).

10.3 Analyse projectalternatief min

De effecten van de verruimde vaargeul (projectalternatief min) zijn afgezet tegen de resultaten van de referentieberekening zonder verruiming (vergelijking met het nulalternatief), waarbij de bodemontwikkeling het gevolg is van de voortzetting van de huidige onderhoudsstrategie. In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties en de analyse van de verschillen in ontwikkeling van de slibhuishouding 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 slibhuishouding 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 hoofdstuk 5 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.

De resultaten van het Pmin-projectalternatief vertonen grote overeenkomst met de resultaten van het projectalternatief Nevengeul in paragraaf 8.3.1. De bevindingen zijn daarom ook grotendeels gelijk.

Turbiditeit en turbiditeitsmaximum

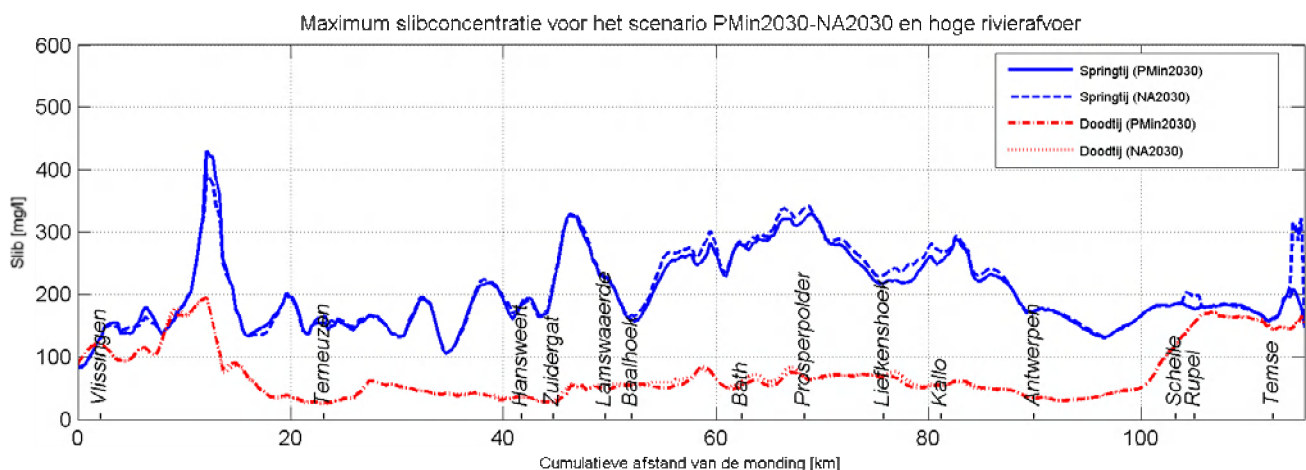
Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de verruiming volgens het Pmin-projectalternatief (onderhoudsbaggerwerk volgens het vigerend beleid) zeer gering.

In figuur 10-2 en figuur 10-2 wordt een vergelijking gemaakt van het verloop van de gemiddelde slibconcentratie langs de as van de vaargeul voor de situatie in 2030 zonder verruiming en met verruiming.

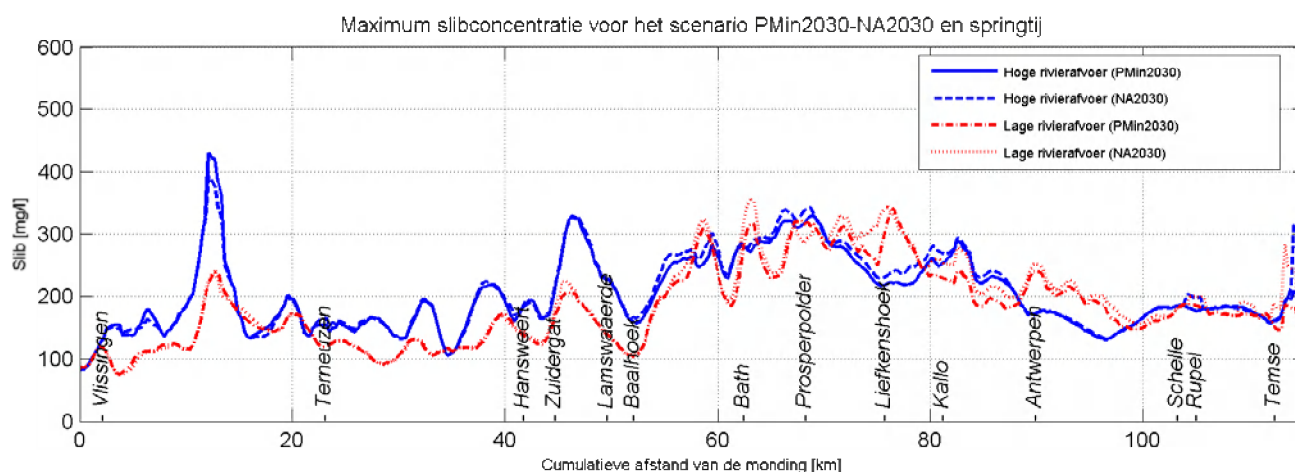
Uit de figuren blijkt dat als gevolg van de verruiming een geringe afname (circa 10 à 20 mg/l) van de maximale slibconcentratie verwacht kan worden. De veranderingen treden op bij springtij tussen Hansweert en Antwerpen bij hoge afvoer, en tussen Bath en Schelle bij lage afvoer. Tijdens doottij zijn de veranderingen kleiner.

In vergelijking tot de grote afname van de slibconcentraties als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 leidt de verruiming slechts tot zeer beperkte wijzigingen in de slibhuishouding.

Wanneer de bevindingen voor het projectalternatief Nevengeul (paragraaf 8.3) worden vergeleken met de bevindingen in dit hoofdstuk, blijkt dat in de Beneden-Zeeschelde de keuze van de stortstrategie geen effect heeft op de (maximale) slibconcentratie.



Figuur 10-1: Maximale waarden van de slibconcentratie bij hoge afvoer, zonder (NA) en met verruiming volgens het Pmin-projectalternatief (situatie 2030)



Figuur 10-2: Maximale waarden van de slibconcentratie bij springtij, zonder (NA) en met verruiming volgens het Pmin-projectalternatief (situatie 2030)

Door het ontbreken van golfwerking zal de jaargemiddelde randvoorwaarde van de slibconcentratie op de zeerand (Vlissingen) leiden tot te hoge slibconcentraties met als gevolg een onrealistische aanslibbing in het meest westelijke gebied van de Westerschelde (Vlissingen tot Borssele). Wegens het ontbreken van voldoende data kon opwaarts van de Rupelmonding geen nauwkeurige sedimentbeschikbaarheid worden gemaakt. Als gevolg hiervan worden de resultaten stroomopwaarts van de Rupelmonding niet besproken. (zie paragraaf 4.5)

Getijgemiddelde sedimentconcentraties

In vergelijking tot de maximale slibconcentraties (hierboven besproken) zijn de veranderingen van de gemiddelde slibconcentraties kleiner.

De veranderingen in de getijgemiddelde slibconcentraties treden voornamelijk tijdens springtij in het gebied ter hoogte van het turbiditeitsmaximum.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage I van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen die het gevolg zijn van de verruiming van de vaargeul, gecombineerd met de huidige stortstrategie (projectalternatief Pmin versus nulalternatief voor de situatie 2030, figuur I-1 en figuur I-2). In de figuren zijn de verschillen in de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie weergegeven voor zowel hoge als lage afvoer (tijdens springtij).

Als gevolg van de verruiming op middellange termijn (2030) wordt een afname van de getij- en dieptegemiddelde sedimentconcentraties in de Schelde, globaal tussen Bath en Oosterweel, verwacht. Tijdens springtij bedraagt de afname circa 5 à 10 mg/l, lokaal langs de oevers tot 15 à 20 mg/l. Tijdens hoge afvoer zijn de veranderingen iets meer afwaarts gelegen (Bath tot de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen) dan tijdens lage afvoer (Zandvliet tot Oosterweel), in overeenstemming met de ligging van het turbiditeitsmaximum.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de gemiddelde slibconcentratie in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Gemiddeld doorzicht

Als gevolg van de verruiming van de vaargeul worden in 2030 geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht verwacht, zowel tijdens springtij als tijdens doodtij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddeld) doorzicht zal leiden (zie figuur 2-3 in paragraaf 2.7.4).

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage I van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in getijgemiddelde doorzicht tussen het projectalternatief Plaatrand en de autonome situatie in 2030 volgens het nulalternatief (figuur I-3 en figuur I-4). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in doorzicht in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Percentage tijd met beperkt doorzicht

Ondanks de geringe verschillen in gemiddeld doorzicht treden tijdens springtij ter hoogte van het turbiditeitsmaximum aanwijsbare verschillen op in het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter. Tijdens doodtij is het doorzicht zodanig groot dat er geen verschillen in het percentage van de tijd met onvoldoende doorzicht verwachten worden.

Dit blijkt uit de figuren die in bijlage I van dit rapport zijn opgenomen. In deze figuren is de ruimtelijke verdeling weergegeven van de verschillen in percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) tussen het Pmin-projectalternatief en de autonome situatie in 2030 volgens het nulalternatief (figuur I-5 en figuur I-6). In de figuren zijn de verschillen in de getijgemiddelde doorzicht weergegeven (tijdens springtij) voor zowel hoge als lage afvoer.

In het gebied van de verruiming (opwaarts van Baalhoek tot aan opwaarts van het Deurganckdok) wordt voor de situatie in 2030 een gemiddelde afname van het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) berekend, die varieert tussen 5 en (meer dan) 10 procent bij lage, en tussen 2 en 10 procent bij hoge afvoer. De slikken en schorren ter hoogte van de Drempel van Frederik laten een afname zien van het percentage met onvoldoende doorzicht, dat (bij hoge afvoer) hoger is dan in de geulen, tot lokaal circa 10 procent. Opwaarts van de verruiming tot ongeveer Kallo wordt langs de oevers een toename van het percentage berekend, die varieert tussen 5 procent en lokaal meer dan 10 procent. Opwaarts van Kallo wordt overwegend een (geringe) afname van het percentage met beperkt doorzicht berekend.

Ter hoogte van platen die (gedeeltelijk) droogvallen worden eventuele verschillen in de percentages in de figuren niet weergegeven (zie paragraaf 6.4.1).

Erosie en depositie

In bijlage I van dit rapport zijn figuren (figuur I-7 en figuur I-8) opgenomen, die de ruimtelijke verdeling van de verschillen tussen het Pmin-projectalternatief en het nulalternatief ten aanzien van aanslibbings- en erosiegebieden weergeven (tijdens springtij) als gevolg van de gewijzigde stortstrategie, voor hoge en lage afvoer.

Kwalitatief zijn er ten aanzien van de aanslibbingssnelheid geen aanwijsbare verschillen waarneembaar met de varianten projectalternatief Nevengeul en projectalternatief Plaatrand waarin de bodem is berekend gebruikmakend van een geoptimaliseerde stortstrategie.

Als gevolg van de verruiming wordt ter plaatse van de grootste verdieping (Drempel van Frederik) een relatieve toename van de aanslibbing verwacht. In het model wordt ter plaatse een toename van de aanslibbing berekend tijdens doodtij (circa 0 à 0,1 centimeter/dag) en een afname van de erosie tijdens springtij (circa 0,05 à 0,15 centimeter/dag). Ook wordt in dit gebied een relatieve toename verwacht van de aanslibbing op de slikken en schorren die lokaal groter is dan 0,5 centimeter/dag. Uit de figuren blijkt ook de verhoogde aanslibbing (tot 0,5 centimeter/dag extra) waar de zwaaicirkel dicht het Galgeschoor nadert.

In het Deurganckdok en in de toegangseul van de Zandvliet-Berendrechtsluis wordt ten gevolge van de verruiming van de vaargeul een afname van de aanslibbing verwacht (variërend tussen 0,2 en 0,5 centimeter/dag tijdens springtij). Er worden geen aanwijsbare veranderingen verwacht op de Drempel van Zandvliet.

In de omgeving van de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis wordt zowel in het vaarwater, als langs de oevers een afname van de aanslibbingssnelheid verwacht. Omdat de aanlegspecie (voor een deel) in de diepe delen van het vaarwater voor de sluizen is gestort, heeft het stroombeeld zich aangepast, met als gevolg een toename van de erosie van slib.

Als gevolg van de verruiming van de vaargeul, in combinatie met het Pmin-projectalternatief, zullen op middellange termijn (2030) geen aanwijsbare veranderingen in de aanslibbingssnelheid optreden in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde, opwaarts van Kallo, noch tijdens doodtij, noch tijdens springtij.

Tussen Vlissingen en Terneuzen wordt door het model verschillen in aanslibbingssnelheid berekend. Dit betreft een modelrandeffect en zal hier verder niet worden besproken.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

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:

- Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de verruiming zeer gering.
- Kwalitatief zijn er ten aanzien van de aanslibbingssnelheid geen aanwijsbare verschillen waarneembaar met de varianten P4N en P4P waarin de bodem is berekend gebruikmakend van een geoptimaliseerde stortstrategie.
- De aanwezigheid van de verruimde vaargeul leidt tijdens springtij, als gevolg van de bodemontwikkeling tot 2030 waarbij volgens de huidige (vigerende) stortstrategie wordt onderhouden, in het gebied tussen Baalhoek en Kallo tot een afname van de maximale slibconcentratie met circa 10 à 20 mg/l. Tijdens doodtij bedraagt de afname circa 5 à 10 mg/l.

-
- Als gevolg van de verruiming van de vaargeul wordt tussen Baalhoek in de Westerschelde en Kallo in de Beneden-Zeeschelde (voornamelijk het gebied waar de verruiming wordt uitgevoerd) een geringe afname van de gemiddelde sedimentconcentratie verwacht van circa 10 à 15 mg/l tijdens springtij en circa 10 mg/l tijdens doottij.
 - Als gevolg van de verruiming van de vaargeul worden in 2030 geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht verwacht, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddelde) doorzicht leidt.
 - In het gebied van de verruiming (opwaarts van Baalhoek tot aan opwaarts van het Deurganckdok) wordt voor de situatie in 2030 een gemiddelde afname van het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) berekend, die varieert tussen 5 en meer dan 10 procent bij lage en gemiddelde afvoer, en tussen 2 en 10 procent bij hoge afvoer.
 - Opwaarts van de verruiming tot ongeveer Kallo wordt een toename van het percentage berekend, die varieert tussen 5 procent en lokaal meer dan 10 procent. Opwaarts van Kallo wordt overwegend een (geringe) afname van het percentage met beperkt doorzicht berekend.
 - In 2030 wordt, als gevolg van de verruiming, ter plaatse van de grootste verdieping (Drempel van Frederik) een relatieve toename van de aanslibbing verwacht.
 - Ook wordt in dit gebied een toename verwacht van de relatieve aanslibbing op de slikken en schorren en een verhoogde aanslibbing waar de zwaaicirkel dicht het Galgeschoor nadert.
 - In het Deurganckdok en in de toegangseul van de Zandvliet-Berendrechtsluis wordt ten gevolge van de verruiming van de vaargeul een afname van de aanslibbing verwacht.
 - Als gevolg van de verruiming van de vaargeul zullen op middellange termijn (2030) geen aanwijsbare veranderingen in de aanslibbingsnelheid optreden in de Westerschelde en in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde.
 - Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties in de Westerschelde, worden tevens geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.

11 Pluimverspreiding

11.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van het onderzoek naar de verspreiding van de pluimen van fijn sediment die door de baggeractiviteiten worden veroorzaakt. Tijdens het baggeren van zand zal met het overloopwater fijn sediment in de waterkolom terechtkomen. En ook tijdens het lossen van zand of slib wordt er, afhankelijk van de gekozen methodiek, sediment in de waterkolom gebracht.

De momentane verhoging is van belang voor de primaire productie en voor de foerageermogelijkheden van de op zicht jagende vogels (zie paragraaf 2.7.4). Dit komt vooral tot uiting in het doorzicht (of de lichtextinctie) die wordt beïnvloed door het in de waterkolom aanwezige zwevend stofgehalte. Wanneer de lichtextinctie toeneemt door een toegenomen vertroebeling van het water, heeft dit een negatief effect op de primaire productie. De primaire productie wordt bepaald door het aantal lichturen per dag. Anderzijds is voor zichtjagers minimaal een doorzicht van 40 centimeter nodig (zie rapport Habitattoets, WL 2006).

Het is voor de ecologie van belang de verspreiding van het baggerslib over de bodem van de Schelde te kennen. Voor de ecologisch belangrijke gebieden is er een sterke relatie tussen de aanwezigheid van bodemdieren en de lokaal optredende stroomsnelheden. De grootte van de aanslibbing, die samenhangt met de lokale stroomsnelheden, is met name relevant wanneer deze zodanige vormen aanneemt dat als gevolg van de bodemveranderingen een verschuiving over de areaalgrenzen plaatsvindt. In de overige gevallen zullen bodemdieren geen hinder ondervinden van veranderingen in de aanslibbing (zie basisrapport Natuur).

Om de effecten te onderzoeken zijn voor verschillende bagger- en stortscenario's numerieke modelsimulaties uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de aspecten die bij de selectie van een representatieve set bagger- en stortscenario's een rol spelen. Vervolgens is een selectie gemaakt en verder uitgewerkt. De berekeningen zijn uitgevoerd met het Slib3D model zoals dat is beschreven in hoofdstuk 4. Eventuele verschillen in aanpak in vergelijking tot de rest van de slibstudie worden toegelicht.

11.2 Beschrijving pluimverspreidingsscenario's

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de aspecten die bij het bepalen van de representatieve set bagger- en stortscenario's een rol hebben gespeeld. Op basis van deze informatie wordt in dit hoofdstuk een selectie van 19 bagger- en stortscenario's gemaakt.

11.2.1 Selectie bagger- en stortlocaties

Op basis van de aanleg- en onderhoudsvolumes zijn zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde de belangrijkste baggerlocaties geselecteerd. Tijdens de aanleg- en onderhoudsbaggerwerken zal er slib vrijkomen, voornamelijk doordat in het overloopwater van de sleepopperzuiger zich fijn materiaal bevindt.

De baggerlocaties die de meeste aanlegbaggerwerk vragen zijn de drempels van Hansweert (NL), Valkenisse (NL), Bath (NL), Zandvliet (BE) en Frederik (BE). Belangrijke onderhoudslocaties zijn (naast de eerder genoemde locaties voor aanlegbaggerwerk) Put van Terneuzen (NL) en Overloop van Hansweert (afwaarts en opwaarts, NL).

	Volume aanleg, zand (m ³)	Volume onderhoud, zand* (m ³)	Volume onderhoud, slib** (m ³)
Drempel van Borssele	269.416	402.205	-
Pas van Terneuzen	421.639	629.457	-
Put van Terneuzen	685.764	1.023.763	-
Gat van Ossenissee	86.439	176.553	-
Overloop van Hansweert Afwaarts	587.956	1.200.913	-
Overloop van Hansweert Opwaarts	461.009	941.621	-
Drempel van Hansweert	1.309.575	2.250.808	-
Bocht van Walsoorden	647.876	1.113.525	-
Overloop van Valkenisse (boei 54-56)	164.646	282.982	-
Overloop van Valkenisse (boei 58-60)	541.203	930.182	-
Drempel van Valkenisse	1.015.765	2.062.667	-
Drempel van Bath	1.505.265	1.323.760	-
Drempel van Zandvliet	1.231.418	484.923	1.923.970
Drempel van Frederik	5.117.101	2.015.077	1.320.731
Zandvliet-Berendrechtsluis	-	-	622.807

* Resultaten deelstudie Morfologie (basisrapport Morfologie)

** Op basis van AMT: Onderhoudsbaggerwerken Westerschelde en Beneden-Zeeschelde voor de jaren 2000 – 2005 (ρ_{beun} is 1,21 ton/m³)

Tabel 11-1: Volume aanlegbaggerwerk (op basis van beschikbare model bodems)

Zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde zijn stortlocaties gedefinieerd. In deze gebieden zal, afhankelijk van de gekozen baggerstrategie, de gebaggerde aanleg- en onderhoudsspecie worden gestort.

In de Westerschelde zal zowel voor de aanleg als voor het onderhoud voornamelijk zand met een beperkte hoeveelheid fijn materiaal worden gebaggerd.

Stortvakken geulen Westerschelde

- Macrocel 1: Schaar van Spijke (Stortvak nevengeul 1, SN11)
- Macrocel 3: Everingen (Stortvak nevengeul 3, SN31)
- Macrocel 4: Middel Gat (Stortvak nevengeul 4, SN41), Gat van Ossenissee (Stortvak hfd/vaargeul 4, SH41)
- Macrocel 5: Schaar van Waarde (Stortvak nevengeul 5, SN51), Bocht van Walsoorden (Stortvak hoofdgeul 5, SH51)
- Macrocel 6: Schaar van de Noord (Stortvak nevengeul 6, SN61), Nauw van Bath (Stortvak hoofdgeul 6, SH61)
- Macrocel 7: Vaarwater ter hoogte van Noord Ballast (Stortvak hoofdgeul 7, SH71)

Plaatrand stortvakken Westerschelde

- Macrocel 1: Hooge Platen – Oost (Hooge Platen 1, HP-1) Hooge Platen – West (Hooge Platen 3, HP-3)
- Macrocel 3: Rug van Baarland (SP31)
- Macrocel 5: Walsoorden (SP51)

In de Beneden-Zeeschelde zal de aanlegbaggerspecie voornamelijk uit zand bestaan en het onderhoud voor een groot deel uit slib. Voor beide type baggerspecies zijn verschillende dumplocaties aangewezen.

- Schaar van Ouden Doel; stortlocatie specifiek voor zand; al het zand dat wordt gestort, wordt binnen een kort tijdsbestek gebruikt voor zandwinning;
- Vaarwater ter hoogte van de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis; stortlocatie voor zand;
- Plaat van Boomke; stortlocatie specifiek voor slib.

Niet alle stortvakken zullen even intensief gebruikt worden. Dit komt onder andere tot uiting in de baggercijfers berekend in de deelstudie Morfologie (zie basisrapport Morfologie). De belangrijkste stortvakken zijn Everingen (NL), Middel Gat (NL), Gat van Ossenis (NL), Schaar van Waarde (NL), Schaar van de Noord (NL), Vaarwater ter hoogte van Noord Ballast (NL), Rug van Baarland (NL), Plaat van Walsoorden (NL), Schaar van Ouden Doel (BE) en de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis (BE). Voor het storten van slib is de Plaat van Boomke aangewezen.

11.2.2 Slibkarakteristieken

Het percentage fijn materiaal dat zich in het bodemmateriaal bevindt zal door het gebied heen variëren. In de Westerschelde zal het voornamelijk zand betreffen en is de slibcontent kleiner; in de Beneden-Zeeschelde zal meer slib aangetroffen worden.

Op basis van de monsternames (uit periode 1990 – 2004) door de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM) is voor elke baggerlocatie een slibpercentage bepaald (zie tabel 11-2). Voor de onderhoudspecie in de Beneden-Zeeschelde dat voornamelijk uit slib bestaat (en dus op de Plaat van Boomke zal worden gestort) wordt een realistische beundensiteit aangenomen van 1,25 ton/m³. Hieruit volgt een slibpercentage van circa 55 procent (<63µm).

Baggerlocatie	Procent fines in situ
Put van Terneuzen	2,65
Overloop Hansweert afwaarts	2,05
Overloop Hansweert opwaarts	2,10
Drempel van Hansweert	2,75
Overloop van Valkenisse	2,8
Drempel van Valkenisse	3,7
Drempel van Bath	4,85
Drempel van Zandvliet	20,3
Drempel van Frederik	24,65

Tabel 11-2: Slibpercentages op basis van data VMM

11.2.3 Baggertechnieken

Er zijn drie verschillende bagger/storttechnieken beschouwd:

- Sleephopperzuiger met kleppen (Neven- en hoofdgeulen, en plaatranden);
- Sleephopperzuiger met sproeiponton (nabij kwetsbare gebieden);
- Sleephopperzuiger met rainbowen (ondiepwater en plaatranden).

De toegepaste techniek is van invloed op enerzijds de mate waarin het aanwezige slib in suspensie zal geraken, anderzijds is het van invloed op de diepte waarop het materiaal in suspensie komt. Naast het verlies van fines tijdens het storten wordt er ook een aanwijsbare hoeveelheid fines verloren tijdens het vullen van het beun, doordat er tijdens dit proces een overloop van beunwater plaatsvindt.

Kleppen is de aangewezen methode voor het lossen van de specie in de meeste van de onderzochte gevallen. Alle scenario's met stortingen in nevengeulen en hoofdgeulen zijn daarom uitgevoerd door middel van kleppen. Voor de storting op de Rug van Baarland is onderzocht wat de invloed is van een andere losmethode op de verspreiding van de baggerspecie en op de sedimentconcentratie. Door middel van drie berekeningen zijn de effecten van kleppen, rainbowen en sproeien met elkaar vergeleken (zie paragraaf 11.3).

Kleppen

Tijdens het kleppen wordt het materiaal in het beun slechts in beperkte mate gefluïdiseerd. Hierdoor zal het pakket zand als een jet naar de bodem bewegen. Dit proces duurt slechts enkele seconden (zie rapport Habitattoets, WL 2006) waarbij slechts zeer geringe menging met de waterkolom optreedt. Wanneer het zand op de bodem terechtkomt, zal een deel van de fines in het pakket ingesloten blijven. Wij hebben in deze studie een conservatieve waarde van het verlies van fines bij kleppen gekozen van 50 procent van het in het beun aanwezige (resterende) slib en aangenomen dat dit uniform over de diepte wordt losgelaten (tabel 11-3).

Wanneer voornamelijk slib of zeer slibrijk materiaal wordt gebaggerd is het niet correct een uniforme verdeling van het vrijgekomen materiaal over de hoogte aan te nemen, noch om te veronderstellen dat een deel van het slib wordt ingesloten. We volgen in dit project de verdeling van het (slibrijke) materiaal over de diepte zoals die is toegepast in het onderzoek naar de effecten van het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde (IMDC, 2004). Van het slib dat in het beun aanwezig is wordt 50 procent losgelaten in de onderste twee lagen (samen 5 procent van de diepte, of 75 centimeter bij waterdiepte van 15 meter) en 40 procent in de drie lagen daarboven (samen 21 procent van de diepte, of circa 3 meter bij waterdiepte van 15 meter) en wordt het overige slib verdeeld over de resterende lagen.

Er wordt aangenomen dat bij het kleppen van het gebaggerde slibmengsel alle fines in de waterkolom terechtkomen en dat het slibmengsel voor 90 procent uit fines bestaat en 10 procent zand ($>63\mu\text{m}$).

Methode	Verlies	Verdeling suspended sediments over lagen		
		Laag 1 – 5 2 procent per laag (10 procent)	Laag 6 – 8 13,3 procent per laag (40 procent)	Laag 9 en 10 25 procent per laag (50 procent)
Kleppen slib of slibrijke specie	17,5 procent			
Kleppen zand	17,5 procent	Uniform over diepte		
Rainbowen	35 procent	Laag 1		
Sproeien	35 procent	Laag 9 en 10		
Overflow	65 procent	Laag 3		

Tabel 11-3: Verdeling fines over de lagen

Rainbowen en sproeien (met sproeiponton)

Rainbowen en sproeien (met sproeiponton) zal vermoedelijk alleen toegepast worden indien er onvoldoende waterdiepte is om te kleppen. Als we aannemen dat een hopper van 5.000 m³ afgeladen met zand een diepgang heeft van ± 7 meter, zal rainbowen en sproeien dus enkel gebeuren bij waterdieptes kleiner dan 7 meter.

We nemen aan dat bij rainbowen het slib dan voornamelijk in de bovenste (oppervlakte)laag terechtkomt (laag 1 heeft een dikte van circa 1 meter) terwijl bij een sproeiponton het slib in de onderste (bodem)lagen wordt aangebracht (laag 9 en 10 hebben samen een dikte van circa 0,5 meter). Om het materiaal te verpompen wordt het gefluïdiseerd. Wij hebben in deze studie verondersteld (enigszins conservatief) dat hierdoor alle resterende fines in het mengsel zullen uitspoelen.

Overloopwater

Berekeningen en laboratoriumproeven (Van Rhee, 2002) tonen echter aan dat het grootste deel van de fines vrijkomt als gevolg van de overflow van beunwater tijdens het vulproces. Hierdoor zou mogelijk al zo'n 80 procent tot 95 procent van de fines uit het mengsel verdwijnen. Dit impliceert dat het baggerproces zelf de belangrijkste oorzaak voor de verhoogde slibconcentraties is. Andere bronnen (CSIR, 2003) duiden op een verlies van circa een derde van de fines tijdens het laden. We nemen aan dat 65 procent van de fines tijdens het laden met overflow verloren gaat. Slechts 35 procent van de originele slibhoeveelheid resteert in het beun en komt, afhankelijk van de toegepaste losmethodiek, deels of geheel in de waterkolom terecht.

Bij de meeste moderne hoppers wordt de overflow vlak onder de kiel van het schip geloosd, dus ongeveer 7 meter onder het wateroppervlak. Bij een waterdiepte tussen de 15 meter en 25 meter komt dit ongeveer overeen met laag 3 in het model. We nemen aan dat 65 procent van de in-situ aanwezige fines tijdens het laden met overflow verloren gaat.

Voor de scenario's waar voornamelijk slib wordt gebaggerd is zonder overflow gerekend.

11.2.4 Capaciteit sleephopperzuiger

Er is in het pluimverspreidingsonderzoek uitgegaan van een sleephopperzuiger van 5.000 m³ (type 2), zie ook het achtergronddocument Baggeren en storten.

Uitgaande van een ontwerp beundichtheid van 1,77 ton/m³ kan een beladingsdichtheid van 1,25 TDS/m³ worden berekend. Hiermee komt de totale hoeveelheid zand in het beun op 6.250 TDS (ton droge stof). Aangezien bij het baggeren van (zeer) slibrijke specie geen overloop wordt toegepast is de beundichtheid veel lager, namelijk circa 1,21 ton/m³, of een droge dichtheid van 0,33 TDS/m³.

De totale hoeveelheid slib in het beun bedraagt 1.667 TDS.

Voor het bepalen van de cyclustijd zijn voor de hopper van 5.000 m³ de volgende karakteristieke tijden in rekening gebracht (zie achtergronddocument Baggeren en storten):

- Vullen van het beun tot start overloop: 20 minuten
- Tijd nodig om het schip te vullen met zand: 54 minuten
- Duur overloop: 34 minuten.

Voor het kleppen van het zand dat in het beun aanwezig is wordt een tijd van 5 minuten aangenomen. Bij het rainbowen en sproeien moet al het materiaal overboord worden gepompt. Hiervoor wordt een gemiddelde verwerkingstijd van 1 uur aangenomen. Bij het sproeien wordt een extra half uur gerekend voor het verplaatsen van de spuds.

Per cyclus wordt verder nog een periode van 5 minuten toegevoegd waarin er niets gebeurt (het schip ligt stil).

11.2.5 Hydrodynamica

De uiteindelijke verspreiding van het slib wordt zeer sterk bepaald door het moment van het getij waarop wordt gebaggerd of gedumpt. Wanneer tijdens eb een slibverlies optreedt, zal de verspreiding voornamelijk stroomafwaarts plaatsvinden. Gebeurt dit tijdens vloed dan zullen de verhoogde piekconcentraties alleen in stroomopwaartse richting aangetroffen worden. In het model worden de tijdstippen voor winnen en storten bepaald op basis van de cyclustijd en worden onafhankelijk van de fase van het getij beschouwd.

De cyclustijd is afhankelijk van de capaciteit van de sleephopperzuiger, de afstand tussen de win- en stortlocaties en de loswijze (zie hierboven). Er zal worden geklept met een cyclustijd die varieert tussen van 1 tot maximaal 3 uur. Dit betekent dat, op een getijperiode van 12,25 uur er 4 tot 12 win- en stortactiviteiten zullen plaatsvinden. In het geval van een korte cyclustijd is het dus mogelijk om een spreiding van de lozingen over het getij te realiseren, terwijl bij een langere cyclustijd de fase van het getij veel meer bepalend zal zijn voor de richting waarin het materiaal zich verspreidt. Om in het laatste geval voldoende spreiding te krijgen, is het nodig meerdere getijperioden te simuleren.

Er is verondersteld dat de bagger- en stortactiviteiten over een langere periode worden voortgezet. Gedurende een dergelijke periode zal de slibconcentratie geleidelijk toenemen, of zal er een evenwicht ontstaan tussen de baggerverliezen en de depositie van dit slib.

Om een beeld te krijgen van de spreiding van de resultaten door de getijcyclus zijn berekeningen uitgevoerd tijdens springtij en doottij, gecombineerd met een gemiddelde afvoer.

11.2.6 Selectie van de scenario's

In de simulaties zijn de bagger- en stortactiviteiten gecombineerd. Hierdoor is een realistische afwisseling van baggeren en storten verkregen. In tabel 10 wordt een overzicht van de gekozen scenario's (in totaal 19 scenario's) gegeven.

De verschillen tussen de projectalternatieven komen tot uiting in de voorkeur voor een stortlocaties van de baggerspecie. Voor projectalternatief Plaatrand (storting deels op de plaatranden) zal een voorkeur worden gegeven voor stortingen op de plaatranden. Echter, net als bij het P4N-projectalternatief (storting zoveel mogelijk in de nevengeulen), zal er ook worden gestort in de neven- en hoofdgeulen. De pluimberekeningen zijn daarom niet specifiek uitgevoerd voor een bepaald projectalternatief. De resultaten van de simulaties van de baggerscenario's kunnen derhalve toegepast worden op zowel de aanlegbaggerwerken als de onderhoudsbaggerwerken.

Ecologisch kwetsbare gebieden zijn aanwezig over de gehele lengte van de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Of de aanleg- en onderhoudsactiviteiten effect hebben op een slik, schor of plaat hangt af van de lokale stromingscondities, en in mindere mate van de afstand tot een stort of baggerzone. De afstand tot de kwetsbare gebieden is daarom slechts beperkt in de selectie van de scenario's meegewogen.

Code	Baggerlocatie	Fines content (procent)	Beun dichtheid ton/m ³	verlies over flow kg/s	Stortlocatie	verlies storten kg/s	Cyclustijd (min)
1	Drempel van Hansweert	2,75	1,77	55	SN41	100	120
2	Drempel van Valkenisse	3,70	1,77	74	SN51	135	144
3	Drempel van Bath	4,85	1,77	97	SN51	177	174
4a	Drempel van Hansweert	2,75	1,77	55	Rug van Baarland	100	156
4b ¹	Drempel van Hansweert	2,75	1,77	55	Rug van Baarland	17	216
4c ¹	Drempel van Hansweert	2,75	1,77	55	Rug van Baarland	17	246
5	Drempel van Bath	4,85	1,77	97	Plaat van Walsoorden	177	180
6 ³	Drempel van Zandvliet	20,30	1,43	225	Schaar van Ouden Doel	413	72
7 ³	Drempel van Frederik	24,65	1,40	250	Boudewijn en Van Cauwelaertsluis	458	90
8	Put van Terneuzen	2,65	1,77	53	SN31	97	120
8-bis ²	Put van Terneuzen	2,65	1,77	53	SN31	97	120
9	Overloop van Hansweert afw.	2,05	1,77	41	SN31	75	144

Code	Baggerlocatie	Fines content (procent)	Beun dichtheid ton/m ³	verlies over flow kg/s	Stortlocatie	verlies storten kg/s	Cyclustijd (min)
10	Overloop van Hansweert opw.	2,10	1,77	42	SH41	77	90
11	Drempel van Hansweert	2,75	1,77	55	SH41	100	120
12	Drempel van Valkenisse	3,70	1,77	74	SH61	135	78
13	Drempel van Bath	4,85	1,77	97	SH71	177	84
14 ³	Drempel van Frederik	24,65	1,40	250	Schaar van Ouden Doel	458	96
15 ⁴	-- geen overflow --	54,56	1,25	-	Plaat van Boomke	3.650	104

¹ scenario 4: indien deze specie in plaats van geklept (duur 5 min) wordt gerainbowd of gespreid is de concentratie 17 kg/s gedurende 1 uur.

² scenario 8-bis: om het effect te kennen van de schematisering van het klepproces wordt scenario 8 herhaald met niet-uniforme verdeling van het materiaal over de lagen;

³ scenario 6, 7 en 14: wanneer gedurende eenzelfde periode wordt gebaggerd (54 minuten) is het beun gevuld met een zand-slib mengsel, volgens AMT classificatie bestemd voor de Schaar van Ouden Doel

⁴ scenario 15: slibmengsel met beundichtheid van 1,25 ton/m³ als uitgangspunt gekozen.

Tabel 11-4: Overzicht doorgerkende scenario's voor de pluimverspreidingsstudie

Het verlies (kg/s) tijdens de baggerwerken is als volgt bepaald:

Baggeren en storten van zand

1. Op de baggerlocatie: overflow

Aangenomen is dat bij de overflowfase 65 procent van de in-situ aanwezige fines verdwijnt. De overflowfase begint 20 minuten na de start. Als totale tijd om hopper met zand te vullen gelijk is aan 54 minuten, dan is de totale overflowtijd dus 34 minuten (of 2.040 seconden).

Bijvoorbeeld:

Bij een beundichtheid $\rho_{\text{beun}} = 1,77 \text{ ton/m}^3$ volgt een belading van 1,25 TDS/m³. Bij een beunvolume van 5.000 m³ bedraagt de totale lading 6.250 TDS (ton droge stof). In het geval van een slibfractie van 2,75 procent van het in-situ materiaal en een verlies van 65 procent, is het verlies bij overflow 6.250 TDS x 2,75 procent fines x 65 procent is 112 TDS. Dit wordt gespreid over 2.040 seconden; het verlies is dan 55 kg/s.

2. Op de stortlocatie: lossen van de lading

We nemen aan dat bij het kleppen 50 procent van de resterende 35 procent van de in beun aanwezige fines verdwijnt. Bij rainbowen of sproeien nemen wij aan dat 100 procent van de resterende 35 procent van de in beun aanwezige fines verdwijnt. De tijd die nodig is voor het lossen bedraagt 5 minuten voor kleppen en 60 minuten voor rainbowen en sproeien.

Bijvoorbeeld:

Bij een beundichtheid $p_{\text{beun}} = 1,77 \text{ ton/m}^3$ volgt een belading van $1,25 \text{ TDS/m}^3$. Bij een beunvolume van 5.000 m^3 bedraagt de totale lading 6.250 TDS (ton droge stof). In het geval van een slibfractie van 2,75 procent van het in-situ materiaal en een verlies van 65 procent bij het laden, bedraagt de resterende hoeveelheid fines in het beun $6.250 \text{ TDS} \times 2,75 \text{ procent fines} \times 35 \text{ procent}$ is 60 TDS . Bij kleppen is het verlies dan gelijk aan $60 \text{ TDS} \times 50 \text{ procent}$ is 30 TDS . Dit wordt gespreid over 300 seconden; het verlies is dan 100 kg/s . Bij rainbowen en sproeien wordt alle 60 TDS over 3.600 seconden gespreid; het verlies is dan 17 kg/s .

Baggeren en storten van slib

1. Op de baggerlocatie: slib wordt zonder overflow gebaggerd, dus geen verlies van fines

2. Op de stortlocatie: lossen van de lading

Er wordt aangenomen dat bij het kleppen van het gebaggerde slibmengsel alle fines in de waterkolom terecht komen en dat het slibmengsel voor 54,56 procent uit fines bestaat (beundensiteit van $1,25 \text{ ton/m}^3$). De tijd die nodig is voor het kleppen bedraagt 5 minuten.

Bijvoorbeeld:

Bij een beundichtheid $p_{\text{beun}} = 1,25 \text{ ton/m}^3$ volgt een belading van $0,40 \text{ TDS/m}^3$. Bij een beunvolume van 5.000 m^3 bedraagt de totale lading 2.007 TDS (ton droge stof). In het geval van een slibfractie van 54,56 procent van het in-situ materiaal en een verlies van 100 procent bij het kleppen, bedraagt het verlies $2.007 \text{ TDS} \times 54,56 \text{ procent fines}$ is 1.095 TDS . Gespreid over 300 seconden is het verlies 3.650 kg/s .

Er wordt in het model gedurende een periode van zes getijden bagger- en stortactiviteiten uitgevoerd. Tijdens de laatste twee getijden wordt gedetailleerde uitvoer gegenereerd. Uit eerdere simulaties blijkt dat na circa drie getijden de momentane verhoging ten gevolge van de lozing zodanig is uitgedund (is gemengd met omgevingswater) dat de verhoging niet meer aanwijsbaar is. Dat wil zeggen dat er na 3 à 4 getijden een 'stabiele' baggerpluim in het model aanwezig is.

11.3 Analyse pluimverspreiding

De slibconcentraties tijdens de baggeractiviteiten zijn afgezet tegen een referentieberekening waarin er niet wordt gebaggerd of gestort. Hierdoor is het mogelijk de invloed op de verschillende (onderzoeks)parameters ten gevolge van de baggeractiviteiten afzonderlijk te bekijken. Voor de referentieberekening is het nulalternatief in 2010 gekozen. Voor de beschrijving van het nulalternatief 2010 wordt verwezen naar paragraaf 6.2.

In grote lijnen blijft de slibhuishouding bij de verschillende baggerscenario's onveranderd ten opzichte van situatie voor het nulalternatief 2010. Voor een globale beschrijving van de resultaten van de berekeningen wordt daarom verwezen naar de bespreking van de resultaten voor de huidige situatie in hoofdstuk 5 en voor het nulalternatief 2010 in paragraaf 6.4.

In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties en de analyse van de verschillen baggerscenario's gepresenteerd, die in de vorige paragraaf zijn afgeleid. Bij de bespreking van de figuren zal gebruik gemaakt worden van het type figuren dat beschreven staat in paragraaf 6.4.1.

Slibhuishouding in ecologisch belangrijke gebieden

Het voorliggende basisrapport biedt alle mogelijke handvatten voor een analyse van de ecologisch belangrijke gebieden. De analyses, de selectie van de parameters en de opmaak van de figuren zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de auteur van het basisrapport Natuur. Op basis van de resultaten die in dit rapport en zijn bijlagen staan, is een analyse gemaakt van de huidige situatie, zoals beschreven in het basisrapport Natuur.

11.3.1 Resultaten pluimverspreiding Westerschelde

Per scenario wordt ingegaan op de verschillende onderzoeksvragen.

In bijlage J zijn voor alle scenario's figuren van de verandering van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie, de verandering van het gemiddelde doorzicht, de verandering van het percentage van de tijd met beperkt doorzicht, en de verandering van erosie en depositie gegeven.

Scenario 1 – van Drempel van Hansweert naar Middel Gat

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de omgeving van de winlocatie met 30 tot 50 mg/l. De verhoging strekt zich voornamelijk uit in opwaartse richting over een lengte van circa 6 à 7 kilometer, ongeveer tot aan Baalhoek, en volgt deels de vaargeul. Een geringe verhoging van de gemiddelde concentratie (5 à 15 mg/l) wordt waargenomen langs de plaatranden en slikken. Ter plaatse van de stortlocatie is de verhoging van de gemiddelde slibconcentraties gering (5 à 15 mg/l) en strekt zich uit over een smalle zone van circa 3 kilometer.

Tijdens springtij is de verhoging van de gemiddelde slibconcentratie minder, maar het gebied waarin de verhoging optreedt, strekt zich uit over een grotere afstand (circa 5 kilometer aan weerszijde van de winlocatie).

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht slechts beperkt af, minder dan 5 centimeter over een smalle strook over een lengte van circa 10 kilometer.

Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) enigszins toe in de omgeving van het Schor van Waarde en op de kop van de Plaat van Walsoorden (1 tot 4 procent). Tijdens doodtij leidt de verhoogde slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, over het algemeen kleiner dan 0,05 centimeter /dag.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-3 tot en met figuur J-6).

Scenario 2 – van Drempel van Valkenisse naar Schaar van Waarde

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de directe omgeving (een strook met een lengte van circa 4 kilometer) van de winlocatie met 30 tot 50 mg/l. Een geringere verhoging (5 tot 15 mg/l) strekt zich uit in op- en afwaartse richting over een lengte van circa 6 à 7 kilometer aan weerszijde, ongeveer van Baalhoek tot bij de Ballastplaat, en volgt voornamelijk de vaargeul. Op de Ballastplaat wordt verhoging van de gemiddelde concentratie van circa 5 à 15 mg/l waargenomen. Ter plaatse van de stortlocatie is de verhoging van de gemiddelde slibconcentraties lokaal 30 tot 50 mg/l en strekt zich uit over een smalle zone van circa 6 à 7 kilometer.

Tijdens springtij is de lokale verhoging als gevolg van overloop minder (5 tot 15 mg/l), maar strekt zich (vooral in afwaartse richting) uit over een grotere afstand (Van de Ballastplaat tot aan Hansweert). Er wordt ter plaatse van de Plaat van Valkenisse een verhoging van de gemiddelde slibconcentratie waargenomen (5 tot 15 mg/l).

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht slechts beperkt af, minder dan 5 centimeter in de omgeving van het wingebied (voornamelijk in de vaargeul en op de Ballastplaat) en zeer beperkt in het stortgebied (schaar van Waarde).

Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) in de omgeving van de winlocatie toe met circa 2 tot 5 procent. Deze verhoging strekt zich uit van Noord Ballast tot aan Baalhoek. In de omgeving van het Schor van Waarde en langs de Plaat van Walsoorden wordt een geringe verhoging verwacht (0 tot 5 procent). Tijdens doortij leiden de hogere slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, kleiner dan 0,1 à 0,15 centimeter/dag. Tijdens springtij verplaatst het slib zich verder opwaarts waardoor een deel van het slib wordt afgezet in de toegangseul van de Zandvliet-Berendrechtssluis en het Deurganckdok. Er wordt ook depositie van slib berekend op de slikken bij de Schaar van Ouden Doel.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-7 tot en met figuur J-10).

Scenario 3 – van Drempel van Bath naar Schaar van Waarde

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de directe omgeving (een strook met een lengte van circa 5 kilometer) van de winlocatie met 30 tot meer dan 50 mg/l. Een geringere verhoging (5 tot 15 mg/l) strekt zich uit in op- en afwaartse richting over een lengte van circa 6 à 7 kilometer aan weerszijde, ongeveer van de Overloop van Valkenisse tot ongeveer de Drempel van Zandvliet, en volgt voornamelijk de vaargeul. Op de Ballastplaat wordt geringe verhoging van de gemiddelde concentratie met minder dan 10 mg/l waargenomen. Ter plaatse van de stortlocatie is de verhoging van de gemiddelde slibconcentraties lokaal 30 tot 50 mg/l en strek zich uit over een smalle zone van circa 6 à 8 kilometer.

Tijdens springtij is de lokale verhoging als gevolg van overloop minder (10 tot 20 mg/l), maar strekt zich (vooral in afwaartse richting) uit over een grotere afstand (Van de Schaar van Ouden Doel tot aan Hansweert). Er wordt ter plaatse van de Ballastplaat een verhoging van de gemiddelde slibconcentratie waargenomen, kleiner dan 10 mg/l.

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht slechts beperkt af, minder dan 5 centimeter in de omgeving van het wingebied (voornamelijk in de vaargeul) en zeer beperkt in het stortgebied (Schaar van Waarde).

Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) in de omgeving van de winlocatie toe met circa 2 tot 8 procent. Deze verhoging strekt zich uit van Baalhoek tot aan het Deurganckdok. Op de Ballastplaat neemt het percentage enigszins toe met circa 2 procent. In de omgeving van het Schor van Waarde en langs de Plaat van Walsoorden wordt een geringe toename verwacht (0 tot 3 procent). Tijdens doortij leidt de verhoogde slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, kleiner dan 0,1 à 0,15 centimeter /dag. Tijdens doortij komt de sedimentpluim tijdens vloed tot aan de Zandvliet-Berendrechtshuis. Zowel ter hoogte van de Drempel van Hansweert als in de toegangseuven van de zeesluizen wordt een verhoogde afzetting van slib verwacht met circa 0,15 centimeter /dag. Tijdens springtij verplaatst het slib zich verder opwaarts waardoor een deel van het slib wordt afgezet in het Deurganckdok. Er wordt ook depositie van slib berekend op de slikken bij de Schaar van Ouden Doel.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-11 tot en met figuur J-14).

Scenario 4 – van Drempel van Hansweert naar Rug van Baarland

In dit scenario zal baggerspecie op de plaatrand van de Rug van Baarland (de bodemligging ter plaatse van de storting is TAW –1,2 meter, of NAP –3,55 meter) worden opgebracht. Om de verschillen te onderzoeken tussen de verschillende storttechnieken zijn drie berekeningen uitgevoerd.

In het wingebied zijn de effecten in de drie scenario's gelijk:

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de omgeving van de winlocatie met 30 tot 50 mg/l (overeenkomstig scenario 1 waarbij op dezelfde locatie wordt gewonnen). De verhoging strekt zich voornamelijk uit in opwaartse richting over een lengte van circa 6 à 7 kilometer, ongeveer tot aan Baalhoek, en volgt deels de vaargeul. Een geringe verhoging van de gemiddelde concentratie (5 à 15 mg/l) wordt waargenomen langs de plaatranden en slikken. Tijdens springtij is de verhoging van de gemiddelde slibconcentratie minder, maar het gebied waarin de verhoging optreedt, strekt zich uit over een grotere afstand (circa 5 kilometer aan weerszijde van de winlocatie).

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht slechts beperkt af, minder dan 5 centimeter over een smalle strook over een lengte van circa 10 kilometer.

De verhoogde slibconcentraties leiden niet tot grote veranderingen in het percentage van de tijd dat het doorzicht minder is dan 40 centimeter, dit aangezien het doorzicht in dit deel van de Schelde ruim groter is dan 40 centimeter. Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) enigszins toe in de omgeving van het Schor van Waarde en op de kop van de Plaat van Walsoorden (1 tot 4 procent). Tijdens doortij leidt de verhoogde slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, over het algemeen kleiner dan 0,05 centimeter/dag.

Kleppen (uniform over de diepte, 50 procent verlies)

Ter plaatse van de stortlocatie (plaatrand) is de toename van de gemiddelde slibconcentraties, door de geringere waterdiepte, hoger dan wanneer in de diepe nevengeul (scenario 1) wordt geklept. Lokaal wordt een aanzienlijke verhoging verwacht van meer dan 50 mg/l. Deze verhoging strekt zich tijdens doottij uit over een smalle zone met een lengte van circa 2 kilometer in opwaartse en afwaartse richting. Tijdens springtij wordt ook op de Rug van Baarland een verhoging van circa 20 mg/l waargenomen. In vergelijking met scenario 1 neemt in de Schaar van Ossensisse ook de gemiddelde slibconcentratie toe met 10 tot 15 mg/l.

Door de verhoogde slibconcentraties wordt tijdens doottij het gemiddeld doorzicht slechts zeer lokaal beïnvloed (over de lengte van 1 kilometer een afname van minder dan 0,05 meter). In hetzelfde gebied neemt tevens het percentage van de tijd met beperkt doorzicht toe (lokaal 2 tot 5 procent).

Op de stortlocatie is de depositie van slib zeer lokaal groter dan 0,05 centimeter/dag en over het algemeen kleiner dan 0,05 centimeter/dag.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-15 tot en met figuur J-18).

Rainbowen (In oppervlakte laag, 100 procent verlies)

Ter plaatse van de stortlocatie wordt lokaal een aanzienlijke verhoging verwacht van de gemiddelde slibconcentraties (meer dan 50 mg/l), overeenkomstig met het scenario waarin geklept wordt. Deze verhoging strekt zich tijdens doottij uit over een smalle zone met een lengte van circa 2 kilometer in opwaartse en afwaartse richting. In vergelijking met scenario 1 neemt in de Schaar van Ossensisse ook de gemiddelde slibconcentratie toe met 10 tot 15 mg/l. In vergelijking tot het scenario waarin wordt geklept, wordt er ook langs de westzijde van de Plaat van Ossensisse een verhoging van de gemiddelde concentratie waargenomen. Daarentegen lijkt de gemiddelde concentratie in de omgeving van de winlocatie te zijn afgenomen. Dit hangt samen met de cyclustijd die voor rainbowen (waarvan 1 uur lossen) aanzienlijk groter is dan voor kleppen (waarvan 5 minuten lossen). Aangezien de slibpluim tijdens vloed tot voorbij de winzone komt, is het tevens mogelijk dat de concentraties in het wingebied worden beïnvloed door de stort(methodiek) op de Rug van Baarland.

Tijdens springtij is de verhoging in de stortzone lager, en in dit scenario lager nog dan wanneer er wordt geklept. Ook wordt er tijdens springtij op de Rug van Baarland een verhoging van circa 20 mg/l waargenomen.

Aangezien bij rainbowen het slib aan het oppervlakte in de waterkolom terecht komt, beïnvloedt het direct het doorzicht. Evengoed is het effect van het storten in de resultaten gering, hoewel groter dan wanneer er wordt geklept. Door de verhoogde slibconcentraties wordt het gemiddeld doorzicht slechts zeer lokaal beïnvloed (over de lengte van circa 2 kilometer een afname van circa 0,05 meter) zowel tijdens doottij als tijdens springtij. In hetzelfde gebied neemt tevens het percentage van de tijd met beperkt doorzicht toe (lokaal 2 tot 5 procent).

Op de stortlocatie is de depositie van slib zeer lokaal groter dan 0,05 centimeter/dag en over het algemeen kleiner dan 0,05 centimeter /dag.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-19 tot en met figuur J-22).

Sproeien (nabij de bodem, 100 procent verlies)

Ter plaatse van de stortlocatie wordt lokaal een aanzienlijke verhoging verwacht van de gemiddelde slibconcentraties (meer dan 50 mg/l), overeenkomstig andere twee scenario's. Deze verhoging strekt zich tijdens doortijd echter minder ver uit; de concentraties zijn iets hoger. Noch in de Schaar van Ossensisse, noch langs de westzijde van de Plaat van Ossensisse wordt een toename van de slibconcentratie berekend. Daarentegen lijkt de gemiddelde concentratie in de omgeving van de winlocatie te zijn afgenomen (meer nog dan in het rainbow scenario). Dit hangt samen met de cyclustijd die voor sproeien (waarvan 1,5 uur lossen) aanzienlijk groter is dan voor kleppen of rainbows. Aangezien de slibpluim tijdens vloed tot voorbij de winzone komt, is het tevens mogelijk dat de concentraties in het wingebied worden beïnvloed door de stort(methodiek) op de Rug van Baarland. Tijdens springtij is de verhoging in de stortzone gering, en in dit scenario lager nog dan wanneer er wordt geklept of gerainbowd. Tijdens springtij wordt op de Rug van Baarland slechts een geringe verhoging van circa 10 mg/l waargenomen.

Bij sproeien wordt het slib nabij de bodem in de waterkolom gebracht. Het idee hierbij is dat het slib minder mobiel is en dicht bij de stortlocatie zich zal afzetten. Lokaal, op de ondiepe plaatranden van de Rug van Baarland, dicht bij de stortlocatie, wordt een geringe afname van het doorzicht berekend (kleiner dan 0,05 meter), die groter is dan in de vorige twee scenario's. Op enige afstand van de stortlocatie is de afname van het doorzicht juist geringer. De omvang van het gebied waarin een toename van het percentage met beperkt doorzicht wordt berekend, is lager dan wanneer er wordt geklept of gerainbowd.

Op de stortlocatie is de depositie van slib zeer lokaal groter dan 0,05 centimeter/dag en over het algemeen kleiner dan 0,05 centimeter/dag. Aangezien dicht bij de bodem wordt gestort is ook de depositie nabij de stortlocatie groter wanneer het sproeiponton wordt ingezet.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-23 tot en met figuur J-26).

Scenario 5 – van Drempel van Bath naar Plaat van Walsoorden

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de directe omgeving (een strook met een lengte van circa 3 kilometer) van de winlocatie met 30 tot meer dan 50 mg/l. Een geringere verhoging (5 tot 15 mg/l) strekt zich uit in op- en afwaartse richting over een lengte van circa 6 à 7 kilometer aan weerszijde, ongeveer van de Overloop van Valkenisse tot ongeveer de Drempel van Zandvliet, en volgt voornamelijk de vaargeul.

Het betreft een plaatrandstorting die door middel van kleppen wordt aangebracht. Ter plaatse van de stortlocatie is de verhoging van de gemiddelde slibconcentraties lokaal 30 tot meer dan 50 mg/l en strekt zich uit over een smalle zone van circa 3 kilometer. De toename van de concentratie is door de geringere waterdiepte hoger dan wanneer in de diepe nevengeul (scenario 3) wordt geklept.

In vergelijking met de resultaten van scenario 3, waarin tevens op de Drempel van Bath wordt gebaggerd, is het gebied kleiner waarin de verhoging van de slibconcentratie merkbaar is, mogelijk door een afname van de interferentie van de baggerpluim ten gevolg van de stort en ten gevolg van de overloop. De cyclustijd van scenario 3 en 5 zijn ongeveer gelijk.

Tijdens springtij is de lokale verhoging als gevolg van overloop minder (10 tot 15 mg/l), maar strekt zich (vooral in afwaartse richting) uit over een grotere afstand (Van de Schaar van Ouden Doel tot aan Hansweert). Er wordt ter plaatse van de Plaat van Ballast een verhoging van de gemiddelde slibconcentratie waargenomen, kleiner dan 10 mg/l.

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht slechts beperkt af, minder dan 5 centimeter in de omgeving van het wingebied (voornamelijk in de vaargeul) en zeer beperkt in het stortgebied.

Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) in de omgeving van de winlocatie toe met circa 2 tot 8 procent. Deze verhoging strekt zich uit van Baalhoek tot aan het Deurganckdok. Op de Ballastplaat neemt het percentage enigszins toe met circa 2 procent. In de omgeving van de Plaat van Walsoorden wordt een geringe toename verwacht (0 tot 3 procent). Tijdens doottij leidt de verhoogde slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, kleiner dan 0,1 à 0,15 centimeter /dag. Tijdens doottij komt de sedimentpluim tijdens vloed tot aan de Zandvliet-Berendrechtsluis. Zowel ter hoogte van de Drempel van Hansweert als in de toegangsgeulen van de zeesluizen wordt een verhoogde afzetting van slib verwacht met circa 0,15 centimeter/dag. Tijdens springtij verplaatst het slib zich verder opwaarts waardoor een deel van het slib wordt afgezet in de het Deurganckdok. Er wordt ook depositie van slib berekend op de slikken bij de Schaar van Ouden Doel.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-27 tot en met figuur J-30).

Scenario 8 – van Put van Terneuzen naar Everingen

Om het effect te kennen van de schematisering in het model van het klepproces is scenario 8 tweemaal berekend, waarbij de verdeling van het verlies over de hoogte uniform is (scenario 8) of niet-uniform (scenario 8-bis). In het tweede geval wordt verondersteld dat tijdens de afdaling van het zandpakket naar de bodem slechts een geringe hoeveelheid van het ingesloten slib vrijkomt, en dat het meeste slib vrijkomt wanneer het pakket de bodem raakt en opwervelt.

Een vergelijking van de scenario's leidt echter tot zeer geringe verschillen. Wanneer het materiaal dichter bij de bodem wordt losgelaten (scenario 8-bis) zijn de (getij- en diepte)gemiddelde concentraties in de directe omgeving van de stortlocatie hoger, en daardoor ook de afzetting op de bodem. In alle scenario's waar de slibfractie beperkt is, is daarom gekozen voor een uniforme verdeling over de waterhoogte.

Resultaten

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de omgeving van de winlocatie met 20 tot 50 mg/l. De verhoging strekt zich voornamelijk uit in opwaartse richting over een lengte van circa 6 à 8 kilometer, ongeveer van de Braakhaven tot aan Ossensisse, en volgt voornamelijk de vaargeul. Ter plaatse van de stortlocatie is de verhoging van de gemiddelde slibconcentraties gering (5 à 20 mg/l) en strekt zich uit over een smalle zone van circa 2 kilometer. Tijdens springtij is de verhoging van de gemiddelde slibconcentratie minder, maar het gebied waarin de verhoging optreedt, strekt zich uit over een grotere afstand.

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht slechts beperkt af, minder dan 5 centimeter over een smalle strook over een lengte van circa 10 kilometer in de vaargeul. Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) zeer lokaal toe in de omgeving van de Put van Terneuzen (1 tot 4 procent). Tijdens doottij leidt de verhoogde slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

Tijdens doottij wordt een gering depositie van slib in de Put van Terneuzen waargenomen; tijdens springtij zijn de stroomsnelheden te groot en wordt het materiaal meegevoerd. De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, over het algemeen kleiner dan 0,05 centimeter /dag.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (Scenario 8: figuur J-39 tot en met figuur J-42; Scenario 8bis: figuur J-43 tot en met figuur J-46).

Scenario 9 – van Overloop van Hansweert afwaarts naar Everingen

Door de combinatie van een vrij geringe slibfractie (ongeveer 2 procent) en een vrij grote vaarafstand (cyclustijd 140 minuten) is de verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie gering. Er wordt een verhoging van de gemiddelde slibconcentratie verwacht in de omgeving van de winlocatie met 5 tot 30 mg/l. De verhoging strekt zich voornamelijk uit in opwaartse richting over een lengte van circa 4 kilometer, aan weerszijde van de winlocatie, en volgt de vaargeul. Ter plaatse van de stortlocatie is de verhoging van de gemiddelde slibconcentraties gering (5 à 15 mg/l) en strekt zich uit over een smalle zone van circa 1 kilometer. Tijdens springtij is de verhoging van de gemiddelde slibconcentratie minder, maar het gebied waarin de verhoging optreedt, strekt zich uit over een grotere afstand.

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht in de omgeving van de winlocatie beperkt af, minder dan 5 centimeter over een smalle strook over een lengte van circa 5 kilometer. Gezien de zeer beperkte veranderingen in de (gemiddelde) slibconcentraties, en omdat het doorzicht ter plaatse de kritische grens van 40 centimeter niet zal overschrijden, zijn er geen noemenswaardige veranderingen in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter).

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is (kleiner dan 0,05 centimeter /dag).

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-47 tot en met figuur J-50).

Scenario 10 – van Overloop van Hansweert opwaarts naar Gat van Ossenis

Ondanks de zeer geringe slibfractie (ongeveer 2 procent) neemt door de beperkte vaarafstand (cyclustijd 90 minuten) de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie over een vrij groot gebied toe. De invloedsgebieden van beide baggerpluimen overlappen ruimschoots. Er wordt een verhoging van de gemiddelde slibconcentratie verwacht in de omgeving van de win- en stortlocaties met 20 tot 50 mg/l. De verhoging strekt zich voornamelijk uit over een lengte van circa 2 à 3 kilometer. Over een groter gebied is een verhoging van circa 5 à 10 mg/l berekend. Het betreft een smalle strook in de as van de vaargeul van ongeveer 10 kilometer, die zowel het opwaartse als het afwaartse deel van de Overloop van Hansweert beslaat. Ook wordt een geringe verhoging (5 tot 10 procent) van de gemiddelde concentratie berekend langs de noordzijde van de Westerschelde bij Waarde. Tijdens springtij is de verhoging van de gemiddelde slibconcentratie minder, maar het gebied waarin de verhoging optreedt strekt zich uit over een grotere afstand, van de Put van Terneuzen tot aan de Schaar van Ossenis.

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht in de omgeving van de win- en stortlocaties beperkt af, minder dan 5 centimeter over een smalle strook over een lengte van circa 10 kilometer (ter hoogte van de Overloop van Hansweert). Gezien de zeer beperkte veranderingen in de (gemiddelde) slibconcentraties, en omdat het doorzicht ter plaatse de kritische grens van 40 centimeter niet zal overschrijden, zijn er geen noemenswaardige veranderingen in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter). Ter hoogte van het Schor van Waarde neemt het percentage zeer lokaal beperkt toe.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is (kleiner dan 0,05 centimeter/dag).

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-51 tot en met figuur J-54).

Scenario 11 – van Drempel van Hansweert naar Gat van Ossenis

Het scenario vertoont grote overeenkomst met scenario 1 waarbij tevens op de Drempel van Hansweert wordt gewonnen. In plaats van in de nevengeul wordt in dit scenario in de hoofdgeul (naast de vaargeul) gestort.

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de omgeving van de winlocatie met 30 tot 50 mg/l. De verhoging strekt zich voornamelijk uit in opwaartse richting over een lengte van circa 6 à 7 kilometer, ongeveer tot aan Baalhoek, en volgt deels de vaargeul. Een geringe verhoging van de gemiddelde concentratie (5 à 15 mg/l) wordt waargenomen langs de plaatranden en slikken. Ter plaatse van de stortlocatie is de verhoging van de gemiddelde slibconcentraties circa 20 tot 40 mg/l, maar strekt zich uit over een smalle zone van circa 4 kilometer. De hogere concentraties, in vergelijking tot scenario 1 hangen direct samen met de geringere waterdiepte ter plaatse van stortzone SH41. Tijdens springtij is er, ten opzichte van scenario 1, een geringe toename van de gemiddelde slibconcentratie in de Schaar van Ossenis (circa 0 tot 5 procent).

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht zowel in de omgeving van de winlocatie als van de stortlocatie beperkt af, minder dan 5 centimeter over een smalle strook over een lengte van circa 8 à 10 kilometer.

Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) enigszins toe in de omgeving van het Schor van Waarde en op de kop van de Plaat van Walsoorden (1 tot 4 procent). Tijdens doortij leidt de verhoogde slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, over het algemeen kleiner dan 0,05 centimeter/dag.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-55 tot en met figuur J-58).

Scenario 12 – van Drempel van Valkenisse naar Nauw van Bath

In vergelijking tot scenario 2 waarbij ook op de Drempel van Valkenisse wordt gebaggerd, is de cyclustijd voor het storten in stortlocatie SH61 (Nauw van Bath) veel kleiner als voor stortlocatie SN51 (Schaar van Waarde). De bagger- en stortlocatie liggen zo dicht bij elkaar dat ten aanzien van de slibpluimen een sterke interactie wordt verwacht.

Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de directe omgeving van de winlocatie met 30 tot meer dan 50 mg/l. Een geringere verhoging (5 tot 15 mg/l) strekt zich uit in op- en afwaartse richting over een lengte van circa 6 à 7 kilometer aan weerszijde, ongeveer van Walsoorden tot Noord Ballast, en volgt voornamelijk de vaargeul. Op de Ballastplaat wordt verhoging van de gemiddelde concentratie van circa 15 à 20 mg/l verwacht.

Tijdens springtij strekt de verhoging zich vooral in afwaartse richting uit over een grotere afstand (Van de Noord Ballast tot aan Hansweert) en bedraagt 10 tot 20 mg/l. Er wordt ter plaatse van de Plaat van Valkenisse en in de geulen van het Verdrongen land van Saeftinghe een verhoging van de gemiddelde slibconcentratie waargenomen van circa 5 tot 15 mg/l.

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt het gemiddelde doorzicht af, minder dan 5 à 10 centimeter in de omgeving van het wingebed en stortgebied (Nauw van Bath) en circa 5 centimeter ter hoogte van de Ballastplaat en de Bocht van Walsoorden. Tijdens springtij bedraagt de afname van het doorzicht maximaal circa 5 centimeter.

Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) in de omgeving van de winlocatie toe met circa 5 tot 10 procent. Deze verhoging strekt zich uit van Noord Ballast tot aan Baalhoek. In de omgeving van het Schor van Waarde en langs de Plaat van Walsoorden wordt een verhoging verwacht van circa 0 tot 8 procent). Tijdens doortij leiden de hogere slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, kleiner dan 0,1 à 0,15 centimeter/dag. Tijdens doortij zet zich slib af in het Nauw van Bath, op de Drempels van Valkenisse, Bath en Zandvliet, en op de Ballastplaat. Tijdens springtij verplaatst het slib zich verder opwaarts waardoor een deel van het slib wordt afgezet in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtshuis en het Deurganckdok. Er wordt ook depositie van slib berekend op de slikken bij de Schaar van Ouden Doel en op de Ballastplaat.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-59 tot en met figuur J-62).

Scenario 13 – van Drempel van Bath naar vaarwater ter hoogte van Noord Ballast

Ten opzichte van de scenario's 3 en 5 neemt de gemiddelde slibconcentratie in de omgeving van de Drempels van Valkenisse, Bath en Zandvliet aanwijsbaar toe. Er is duidelijk sprake van een interactie van de sedimentpluimen veroorzaakt door overloop en stort. Dit effect wordt extra versterkt door de gehalveerde cyclustijd. Er wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht in de directe omgeving van de win- en stortlocaties met 30 tot meer dan 50 mg/l. Een geringere verhoging (5 tot 15 mg/l) strekt zich uit in op- en afwaartse richting over een lengte van circa 8 kilometer aan weerszijde, ongeveer van Baalhoek tot ongeveer de Schaar van Ouden Doel. Boven de Ballastplaat is de toename 5 tot 10 mg/l, ter hoogte van de Schaar van Ouden Doel 10 tot 15 mg/l.

Tijdens springtij is de lokale verhoging als gevolg van overloop minder (20 tot 40 mg/l), maar strekt zich uit over een veel grotere afstand (van Deurganckdok tot aan Hansweert). Er wordt ter plaatse van de Plaat van Ballast en tevens in de geulen van het Verdrongen land van Saeftinge een verhoging van de gemiddelde slibconcentratie waargenomen, van circa 10 tot 15 mg/l.

Als gevolg van de verhoogde (gemiddelde) slibconcentraties neemt tijdens doortij het gemiddelde doorzicht af met circa 5 tot 10 centimeter (Drempel van Valkenisse tot aan Noord Ballast). Tijdens springtij is de afname van het doorzicht minder dan 5 centimeter, maar berekend in over een afstand van Baalhoek tot Zandvliet.

Tijdens springtij neemt het percentage met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) in de omgeving van de winlocatie toe met circa 8 tot meer dan 10 procent. Deze verhoging strekt zich uit van Baalhoek tot aan het Deurganckdok. Op de Ballastplaat neemt het percentage enigszins toe met circa 2 à 3 procent. Tijdens doortij leidt de verhoogde slibconcentratie niet tot een verandering van het percentage.

De depositie strekt zich uit over een groot gebied, waardoor de lokale depositie gering is, kleiner dan 0,1 à 0,2 centimeter/dag. Lokaal worden grotere aanslibbingssnelheden berekend, zoals ter plaatse van de win- en stortlocaties. Tijdens doortij wordt slib afgezet op de Drempels van Zandvliet en Frederik (minder dan 0,1 centimeter/dag extra). In de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtsluis neemt de aanslibbing toe met circa 0,3 à 0,5 centimeter/dag, in het Deurganckdok met circa 0,1 à 0,15 centimeter/dag.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-63 tot en met figuur J-66).

11.3.2 Resultaten pluimverspreiding Beneden-Zeeschelde

Per scenario wordt ingegaan op de verschillende onderzoeksvragen.

In bijlage J zijn voor alle scenario's figuren van de verandering van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie, de verandering van het gemiddelde doorzicht, de verandering van het percentage van de tijd met beperkt doorzicht, en de verandering van erosie en depositie gegeven.

De resultaten in deze paragraaf onderscheiden zich van de vorige paragraaf (Westerschelde) in die zin dat in de Beneden-Zeeschelde sprake is van zeer slibrijke baggerspecie. Dit leidt tot een hogere mate van vertroebeling.

In de simulaties wordt uitgegaan van een vaste baggertijd van 54 minuten. Tijdens deze periode vindt gedurende 34 minuten overflow van beunwater plaats waardoor er fines (slib) die in het zandpakket ingesloten waren, in het omgevingswater terechtkomen. In tabel J-10 wordt een overzicht gegeven van de toegepaste bagger- en stortlocaties, beundichtheden, cyclustijden en verliezen.

Scenario 6 – van Drempel van Zandvliet naar Schaar van Ouden Doel

Als gevolg van de bagger en stortactiviteiten op de Drempel van Zandvliet en de Schaar van Ouden Doel wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht van meer dan 50 mg/l. Deze verhoging strekt zich uit tussen Bath en Liefkenshoek (zowel tijdens springtij als tijdens doottij). Een geringere toename (kleiner dan 50 mg/l) treedt op tussen Baalhoek en Oosterweel (springtij) of tussen Valkenisse en Kallo (doottij).

De toename van de slibconcentratie is het gevolg van enerzijds de hoge slibfractie in de bodem (circa 20 procent) en anderzijds de zeer beperkte vaarafstand waardoor de cyclustijd klein is en diensgevolge het aantal cycli per getij groot.

Ondanks de aanwijsbare toename van de (gemiddelde) slibconcentratie leidt het verlies van fines (slib) slechts tot een beperkte afname van het gemiddelde doorzicht. Dit komt omdat als gevolg van de aanwezigheid van het turbiditeitsmaximum het doorzicht reeds zeer beperkt is (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4). De afname van het doorzicht bedraagt minder dan 10 centimeter tussen Baalhoek en Kallo tijdens springtij en minder dan 15 centimeter tussen Valkenisse en de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis tijdens doottij.

In tegenstelling tot het gemiddelde doorzicht, reageert het percentage van de tijd waarbij het doorzicht beperkt is (kleiner dan 40 centimeter) gevoelig op een verandering van de (momentane) slibconcentratie. Een verhoging zorgt er voor dat tijdens een getij gedurende een langere periode de grens van 40 centimeter wordt overschreden. Als gevolg van de verhoging van de (gemiddelde) slibconcentratie neemt het percentage van de tijd met beperkt doorzicht tijdens springtij toe met meer dan 10 procent tussen Baalhoek en Liefkenshoek, en met minder dan 10 procent tussen Liefkenshoek en Antwerpen. Tijdens doottij treden beperkte veranderingen in het doorzicht op (kleiner dan 5 procent), op enkele geïsoleerde spots in de omgeving van het Galgeschoor.

Ten gevolge van de bagger- en stortactiviteiten op de Beneden-Zeeschelde treedt er een versterking op van de algemene tendens van de bestaande aanslibbingspatronen. Als gevolg van bagger- en stortactiviteiten op de drempel van Zandvliet en de Schaar van Ouden Doel vindt er aanslibbing plaats in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtlsuis (meer dan 0,5 centimeter/dag), het Deurganckdok (0,2 – 0,4 centimeter/dag), de toegangsgeulen van de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis en Kallosluis. In het vaarwater is de slibafzetting beperkt, enige afzetting wordt verwacht ter hoogte van de drempels van Zandvliet (baggerlocatie) en Frederik. Lokaal vindt er tijdelijk een intensievere slibafzetting plaats langs de oevers tussen Zandvliet en Kallo, bijvoorbeeld op het slik ter hoogte van het Galgeschoor wat van belang is voor de ecologisch belangrijke gebieden. Er wordt geen toename van de aanslibbing verwacht in het Verdrongen land van Saeftinge als gevolg van de bagger- en stortactiviteiten in de Beneden-Zeeschelde.

De aanslibbingssnelheden (laagdiktes) zijn bepaald voor vers afgezet, ongeconsolideerd slib, met een relatief lage insitu dichtheid van 1,15 ton/m³. Wanneer afzettingsdiktes worden bepaald voor een langere periode moet rekening worden gehouden met consolidatie, waardoor de laagdikte zal afnemen.

Ook momenteel vinden in de Beneden-Zeeschelde bijna continu baggerwerken plaats, die zorgen voor een (momentane) verhoging van de slibconcentraties. Echter, beschikbare waarnemingen zijn te beperkt om de natuurlijke concentraties te kunnen onderscheiden van de verhoogde concentraties door baggerwerken. Er wordt derhalve geadviseerd een langjarig monitoringprogramma op te zetten waarin de gemeten slibconcentraties worden gecombineerd met gedetailleerde gegevens van het aanleg- en onderhoudsbaggerwerk.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-31 tot en met figuur J-34).

Scenario 7 – van Drempel van Frederik naar Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis

Als gevolg van de baggeractiviteiten op de Drempel van Frederik en stortactiviteiten in het vaarwater ter hoogte van de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht van meer dan 50 mg/l. Deze verhoging strekt zich uit tussen Bath en Antwerpen (tijdens springtij) en tussen Noord Ballast en Oosterweel (tijdens doottij). Een geringere toename (kleiner dan 50 mg/l) treedt op tussen Valkenisse en Hoboken (springtij) of tussen Bath en Antwerpen (doottij).

In vergelijking met scenario 6 (baggeren op de Drempel van Zandvliet en storten op de Schaar van Ouden Doel) is er sprake van een stroomopwaartse verschuiving van de verhoogde slibconcentraties. Echter, in algemene zin kan echter gesteld worden dat tendens in beide scenario's gelijk is.

Ondanks de aanwijsbare toename van de (gemiddelde) slibconcentratie leidt het verlies van fines (slib) slechts tot een beperkte afname van het gemiddelde doorzicht. Dit komt omdat als gevolg van de aanwezigheid van het turbiditeitsmaximum het doorzicht reeds zeer beperkt is (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4). De afname van het doorzicht bedraagt minder dan 10 centimeter en treedt op tussen Bath en Oosterweel (zowel tijdens doottij als springtij).

In tegenstelling tot het gemiddelde doorzicht, reageert het percentage van de tijd waarbij het doorzicht beperkt is (kleiner dan 40 centimeter) gevoelig op een verandering van de (momentane) slibconcentratie. Een verhoging zorgt er voor dat tijdens een getij gedurende een langere periode de grens van 40 centimeter wordt overschreden. Als gevolg van de verhoging van de (gemiddelde) slibconcentratie neemt het percentage van de tijd met beperkt doorzicht tijdens springtij toe met meer dan 10 procent tussen Noord Ballast en Kallo, en met minder dan 10 procent tussen Valkenisse en Noord Ballast en tussen Kallo en Hoboken. Tijdens doottij treden lokaal beperkte veranderingen in het doorzicht op (kleiner dan 5 procent, voornamelijk in het vaarwater), op enkele geïsoleerde spots tussen Zandvliet en Liefkenshoek.

Ten gevolge van de bagger- en stortactiviteiten op de Beneden-Zeeschelde treedt er een versterking op van de algemene tendens van de bestaande aanslibbingspatronen. Als gevolg van bagger- en stortactiviteiten op de drempel van Zandvliet en de Schaar van Ouden Doel vindt er aanslibbing plaats in de toegangseu van de Zandvliet-Berendrechtsluis (0,4 à 0,5 centimeter/dag), het Deurganckdok (0,2 à 0,4 centimeter/dag), de toegangseu van de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis en Kallosluis.

In tegenstelling tot de scenario's waarbij op de drempel van Zandvliet wordt gebaggerd, vindt in dit scenario (baggeren op de drempel van Frederik) de slibafzetting voornamelijk in het vaarwater plaats en in mindere mate op de oevers. Afzettingen worden verwacht ter hoogte van de drempel van Zandvliet, de drempel van Frederik (baggerlocatie), de drempel van Lillo en de drempel van de Parel. Lokaal vindt er tijdelijk een intensievere slibafzetting plaats langs de oevers tussen Doel en Oosterweel, wat mogelijk van belang is voor de ecologisch belangrijke gebieden.

De aanslibbingssnelheden (laagdiktes) zijn bepaald voor vers afgezet, ongeconsolideerd slib, met een relatief lage insitu dichtheid van $1,15 \text{ ton/m}^3$. Wanneer afzettingsdiktes worden bepaald voor een langere periode moet rekening worden gehouden met consolidatie, waardoor de laagdikte zal afnemen.

Ook momenteel vinden in de Beneden-Zeeschelde bijna continu baggerwerken plaats, die zorgen voor een (momentane) verhoging van de slibconcentraties. Echter, beschikbare waarnemingen zijn te beperkt om de natuurlijke concentraties te kunnen onderscheiden van de verhoogde concentraties door baggerwerken. Er wordt derhalve geadviseerd een langjarig monitoringprogramma op te zetten waarin de gemeten slibconcentraties worden gecombineerd met gedetailleerde gegevens van het aanleg- en onderhoudsbaggerwerk.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-35 tot en met figuur J-38).

Scenario 14 – van Drempel van Frederik naar Schaar van Ouden Doel

Net als in scenario 7 wordt in het voorliggende scenario gebaggerd op de drempel van Frederik. De stortlocatie is in dit scenario de Schaar van Ouden Doel (vergelijk met scenario 6). Aangezien wordt aangenomen dat het grootste verlies optreedt tijdens de baggeractiviteiten (en tevens de cyclustijd ongeveer gelijk is) zijn de overeenkomsten met scenario 7 zeer groot.

Door de meer stroomafwaartse ligging van de stortlocatie zijn ten opzichte van scenario 7 ook de veranderingen in slibconcentratie, doorzicht en sedimentatie/erosie enkele kilometers verder stroomafwaarts gelegen. De verschillen zijn echter te gering om afzonderlijk op in te gaan en voor een bespreking van de resultaten wordt daarom verwezen naar paragraaf 11.3.2.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-67 tot en met figuur J-70).

Scenario 15 – naar Plaat van Boomke (zonder overflow)

Op basis van de kwaliteit van de baggerspecie wordt tijdens het baggeren besloten of er wordt gestort op de Schaar van Ouden Doel (zand of slibrijk) of op de Plaat van Boomke (slib). In het geval van slib wordt er zonder overflow gebaggerd waardoor de wintijd afneemt tot circa 20 minuten (de tijd nodig om het beun te vullen). Er treden derhalve geen verliezen op ter plaatse van de baggerlocatie. Aangezien de dichtheid van het slibmengsel zeer beperkt is ($1,25 \text{ ton/m}^3$, circa 55 procent puur slib) wordt aangenomen dat al het aanwezige slib (nabij de bodem) in de waterkolom terechtkomt (zie paragraaf 11.2.3).

Als gevolg van het storten op de Plaat van Boomke wordt een verhoging van de getij- en dieptegemiddelde slibconcentratie verwacht van meer dan 50 mg/l. Deze verhoging strekt zich uit tussen Zandvliet en de Rupelmonding (tijdens springtij) en tussen Liefkenshoek en Hemiksem (tijdens doottij). Dit is in overeenstemming met de beperktere getijexcursie bij doottij in vergelijking tot springtij.

Ter hoogte van het turbiditeitsmaximum leidt de verhoging van de slibconcentraties niet tot een aanwijsbare verlaging (kleiner dan 5 centimeter) van het doorzicht (zie figuur 2-3 en paragraaf 2.7.4). Opwaarts van het turbiditeitsmaximum tot aan Hoboken/Hemiksem zijn de slibconcentraties lager en is het doorzicht beter. Hier treedt als gevolg van de stortactiviteiten op de plaat van Boomke een verlaging van het doorzicht op met circa 10 tot 20 centimeter.

Als gevolg van de verlaging in het (momentane) doorzicht neemt opwaarts van het turbiditeitsmaximum het percentage van de tijd met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) aanwijsbaar toe. De toename is groter dan 10 procent in het gebied tussen Kallo en Schelle tijdens springtij, en tussen de Boudewijn-Van Cauwelaertsluis en Hoboken tijdens doottij. Afwaarts worden tijdens springtij tot ongeveer Bath geringere veranderingen (kleiner dan 10 procent) in het percentage verwacht. Tijdens doottij zijn er afwaarts van Liefkenshoek geen veranderingen berekend.

Als gevolg van de verspreiding van het gestorte slib vinden er zowel in opwaartse als afwaartse richting slibafzettingen plaats. Tijdens springtij zijn de afzetsnelheden lager, maar uitgespreid over een groter gebied, dan tijdens doottij. Tijdens springtij kan een toename van de aanslibbing worden verwacht tussen Zandvliet en de monding van de Rupel; tijdens doottij tussen Liefkenshoek en Schelle. Tijdens springtij veroorzaakt de baggerpluim mogelijk een toename van de aanslibbing in het Deurganckdok en in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtssluis. Zowel tijdens doottij als tijdens springtij vindt er een verhoging van de slibafzetting plaats op de drempels van Frederik, Lillo en de Parel (tot 0,5 centimeter/dag), en in de toegangsgeulen van de Kallo- en Boudewijn-Van Cauwelaertsluizen (meer dan 0,5 centimeter/dag). Langs de oevers vindt er tijdelijk een intensievere slibafzetting plaats tussen Liefkenshoek en de Rupelmonding, wat mogelijk van belang is voor de ecologisch belangrijke gebieden.

De aanslibbingssnelheden (laagdiktes) zijn bepaald voor vers afgezet, ongeconsolideerd slib, met een relatief lage insitu dichtheid van 1,15 ton/m³. Wanneer afzettingsdiktes worden bepaald voor een langere periode moet rekening worden gehouden met consolidatie, waardoor de laagdikte zal afnemen.

Ook momenteel vinden in de Beneden-Zeeschelde bijna continu baggerwerken plaats, die zorgen voor een (momentane) verhoging van de slibconcentraties. Echter, beschikbare waarnemingen zijn te beperkt om de natuurlijke concentraties te kunnen onderscheiden van de verhoogde concentraties door baggerwerken. Er wordt derhalve geadviseerd een langjarig monitoringprogramma op te zetten waarin de gemeten slibconcentraties worden gecombineerd met gedetailleerde gegevens van het aanleg- en onderhoudsbaggerwerk.

Zie bijlage J voor de respectievelijke figuren van het verschil in gemiddelde slibconcentratie, in dieptegemiddeld doorzicht, in het percentage van de tijd met beperkt doorzicht en in bodemevolutie (figuur J-71 tot en met figuur J-74).

12 Overige aspecten

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

12.1 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 een reducerend effect hebben op de slibconcentraties, vooral in het gebied in de omgeving van het turbiditeitsmaximum in de Beneden-Zeeschelde en het oosterlijke deel van de Westerschelde. De ligging van het turbiditeitsmaximum blijft echter ongewijzigd. In de Westerschelde (afwaarts van Baalhoek) is het effect op de slibconcentraties klein.

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, op hoofdlijnen van toepassing blijven.

In de Westerschelde geldt dat bij afbouw van de zandwinning dat er een nagenoeg geen verandering van de slibconcentraties wordt verwacht in 2030 als in 2010, zodat de conclusies die van toepassing zijn onmiddellijk na realisatie van de verruiming, geldig blijven. In het scenario met dubbelde zandwinning in de Westerschelde wordt een versterking van de tendens tot verlaging van de slibconcentratie in het oostelijke deel van de Westerschelde verwacht. De toegenomen verdieping van (het oosterlijke deel van) de Westerschelde zal mogelijk een indirect versterkend effect op de verdieping van het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde hebben. Indirect zal leiden tot een versterking van de afname van de sediment concentraties in de Beneden-Zeeschelde.

12.2 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 sedimentconcentraties. Wel zullen de ontpolderde gebieden functioneren als een preferentieel slibafzettingsgebied, vergelijkbaar met Hedwige- en Prosperpolder.

13 Conclusies

13.1 Conclusies inzake blijvende effecten

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

Turbiditeitsmaximum

- De autonome ontwikkeling tot 2010 en de autonome ontwikkeling tot 2030 verschillen in de verwachte effecten. Aanvankelijk neemt in de Beneden-Zeeschelde de concentratie enigszins toe en echter, op middel lange termijn nemen de (maximale) concentraties juist af.
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling van 2010 tot 2030 wordt een afname van de maximale slibconcentratie verwacht tussen Baalhoek en Hoboken bij springtij en tussen Bath en Antwerpen tijdens doottij. De afname van de maximale slibconcentratie hangt samen met de toegenomen bodemdiepte (zoals beschreven in het basisrapport Morfologie) en bedraagt circa 50 à 100 mg/l ten opzichte van een maximale concentratie van 300 à 400 mg/l tijdens springtij en circa 15 à 30 mg/l ten opzichte van een maximale concentratie van 60 à 120 mg/l tijdens doottij (een afname van circa 25 procent). De afname van de gemiddelde slibconcentratie is minder (zie hieronder.) Een dergelijke afname is verklaarbaar, gezien de toename van de slibvangcapaciteit door de creatie van intergetijdegebied langsheen de Beneden-Zeeschelde en anderzijds gezien de gevoeligheid waarmee de slibconcentratie reageert op een toename van de bodemdiepte en de daaraan gekoppelde afname van de stroomsnelheden in het gebied.
- Als gevolg van deze afname tijdens de autonome ontwikkeling tot 2030 verkleint het turbiditeitsmaximum zowel in grootte als in omvang. De afname van de maximale concentratie gaat niet gepaard met een verschuiving van het turbiditeitsmaximum. De opwaartse grens van het gebied met verhoogde concentraties verplaatst over circa 4 tot 8 kilometer in afwaartse richting; de afwaartse grens blijft nagenoeg ongewijzigd.
- Als gevolg van de verruiming kan een geringe afname (circa 10 à 20 mg/l) van de maximale slibconcentratie verwacht worden tussen Hansweert en Antwerpen. Ten aanzien van de ligging en de grootte van het turbiditeitsmaximum zijn de veranderingen ten gevolge van de verruiming volgens beide projectalternatieven (storten op nevengeulen en plaatranden, projectalternatief Nevengeul en projectalternatief Plaatrand) zeer gering, dit in vergelijking tot de autonome ontwikkeling (nulalternatiefplus).
- Als gevolg van de geoptimaliseerde baggerstrategie (in vergelijking tot de huidige stortstrategie) en de daaruit volgende bodemligging, nemen de maximale slibconcentraties tijdens springtij, zowel bij hoge als bij lage afvoer, opwaarts van ongeveer Hansweert tot ongeveer Kallo circa 10 tot 25 mg/l toe. In het afwaartse deel van de Westerschelde en opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde zijn de veranderingen als gevolg van de geoptimaliseerde stortstrategie op de slibhuishouding niet noemenswaardig. Alleen in de directe omgeving van de plaatrandstortingen onderscheiden de twee geoptimaliseerde baggerstrategieën zich. In de Beneden-Zeeschelde zijn de resultaten nagenoeg identiek. De veranderingen hebben geen noemenswaardige invloed op de ligging en grootte van het turbiditeitsmaximum.
- Op basis van de resultaten wordt verwacht dat zowel direct na aanleg, op korte termijn (2015) als op middellange termijn (2030) de effecten ten gevolge van de verruiming of de geoptimaliseerde stortstrategie op het turbiditeitsmaximum in gelijke mate gering zullen zijn.

Gemiddelde slibconcentratie

- Veranderingen in de gemiddelde slibconcentratie treden voornamelijk op in de omgeving van het turbiditeitsmaximum: tussen Bath en de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis bij hoge afvoer, en tussen Zandvliet en Oosterweel tijdens lage afvoer.
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling van 2010 tot 2030 wordt een afname van de gemiddelde slibconcentratie verwacht. De afname hangt samen met de toegenomen bodemdiepte als gevolg van de voorzetting van het zandwinningbeleid en bedraagt circa 30 à 40 mg/l (een afname van circa 25 procent) tijdens springtij. Tijdens doottij zijn de concentraties laag en de veranderingen dientengevolge beperkt (afname van 10 tot 15 mg/l). Een dergelijke afname is verklaarbaar, gezien de toename van de slibvangcapaciteit door de creatie van intergetijdegebied langsheen de Beneden-Zeeschelde en anderzijds gezien de gevoeligheid waarmee de slibconcentratie reageert op een toename van de bodemdiepte en de daaraan gekoppelde afname van de stroomsnelheden in het gebied.
- Als gevolg van de verruiming van de vaargeul wordt in de omgeving van het turbiditeitsmaximum een beperkte afname van de gemiddelde slibconcentratie verwacht (afname circa 10 mg/l). Langs de oevers van de Beneden-Zeeschelde (tussen Zandvliet en Kallo) neemt de afname lokaal toe tot circa 15 à 20 mg/l.
- Het effect van een verschil in bodemligging als gevolg van de veranderde (geoptimaliseerde) stortstrategie is zeer beperkt (toename van de gemiddelde concentratie met minder dan 10 mg/l ten opzichte van de huidige stortstrategie) en treedt voornamelijk op tijdens springtij in de omgeving van Bath (globaal tussen de Drempel van Valkenisse en Zandvliet). Op basis van de veranderingen in de gemiddelde slibconcentratie kan geen onderscheid gemaakt worden tussen de beide geoptimaliseerde stortstrategieën (nevenggeulen of plaatranden).
- Op basis van de resultaten wordt verwacht dat zowel direct na aanleg, op korte termijn (2015) als op middellange termijn (2030) de effecten ten gevolge van de verruiming of de geoptimaliseerde stortstrategie op de gemiddelde slibconcentraties in gelijke mate gering zullen zijn.

Gemiddeld doorzicht (ten behoeve van de primaire productie)

- Veranderingen in het gemiddelde doorzicht worden voornamelijk verwacht in het opwaartse deel van de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde omdat daar de slibconcentratie groot is en er tevens veranderingen in de (gemiddelde) slibconcentratie worden verwacht.
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 neemt het gemiddelde doorzicht met 10 à 15 centimeter toe tussen Baalhoek en Hoboken tijdens springtij, en tussen Valkenisse en Antwerpen tijdens doottij.
- Als gevolg van de verruiming van de vaargeul wordt geen aanwijsbare verandering in het gemiddelde doorzicht verwacht, zowel tijdens springtij als tijdens doottij. In de Westerschelde, waar het doorzicht goed is, zijn de veranderingen in slibconcentratie hiervoor te klein. In de Beneden-Zeeschelde is de slibconcentratie reeds zo groot dat een eventuele verandering van de slibconcentratie slechts tot een geringe verandering in het (gemiddeld) doorzicht zal leiden.
- Als gevolg van de geoptimaliseerde stortstrategieën (zowel storten op plaatranden als in nevenggeulen) treden geen aanwijsbare veranderingen in het gemiddelde doorzicht op, zowel tijdens springtij als tijdens doottij.
- Op basis van de resultaten wordt verwacht dat zowel direct na aanleg, op korte termijn (2015) als op middellange termijn (2030) de effecten ten gevolge van de verruiming of de geoptimaliseerde stortstrategie op het gemiddeld doorzicht in gelijke mate gering zullen zijn.

Percentage van de tijd met beperkt doorzicht (ten behoeve van zichtjagers)

- Veranderingen in doorzicht hebben alleen effect op het percentage van de tijd (met doorzicht kleiner dan 40 centimeter), wanneer de gemiddelde concentratie circa 60 mg/l bedraagt. Een verandering in de slibconcentratie kan juist in een gebied dat gekenmerkt wordt door zeer hoge slibconcentraties, en een zeer beperkt gemiddelde doorzicht, aanleiding geven tot veranderingen in het percentage van de tijd dat het doorzicht kleiner is dan 40 centimeter.
- Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2010 zijn de veranderingen in het percentage met beperkt doorzicht gering (0 tot 5 procent) en treden op in het gebied opwaarts en afwaarts van het turbiditeitsmaximum. Als gevolg van de autonome ontwikkeling tot 2030 wordt, in het opwaartse deel van de Westerschelde (vanaf Baalhoek) en de Beneden-Zeeschelde tot ongeveer Hoboken, een afname van percentage berekend van meer dan 10 procent.
- In het gebied van de verruiming (opwaarts van Baalhoek tot aan opwaarts van het Deurganckdok) wordt voor de situatie in 2030 in het vaarwater een gemiddelde afname van het percentage met beperkt doorzicht berekend (circa 2 procent tot - meer dan - 10 procent). Ook langs de oevers ter hoogte van de Drempel van Frederik wordt een afname van het percentage met onvoldoende doorzicht verwacht van circa 10 procent. Opwaarts van de verruiming tot ongeveer Kallo wordt langs de oevers een toename van het percentage berekend (circa 5 procent en lokaal meer dan 10 procent). Direct na aanleg zijn de veranderingen in het percentage met beperkt doorzicht kleiner.
- De geoptimaliseerde stortstrategieën hebben opwaarts van Hansweert tot aan ongeveer Prosperpolder een gemiddelde verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht van circa 5 tot 10 procent tot gevolg. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend.
- Toepassing van de geoptimaliseerde stortstrategie in vergelijking tot de huidige stortstrategie hebben een verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) tot gevolg. Opwaarts van Hansweert tot aan ongeveer Prosperpolder wordt een gemiddelde verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht verwacht van circa 5 tot 10 procent. In de Beneden-Zeeschelde tussen Zandvliet en Oosterweel wordt een verhoging van het percentage met 0 tot 5 procent berekend.
- Verschillen tussen de beide geoptimaliseerde stortstrategieën komen alleen tot uiting in de Westerschelde waar (bij het projectalternatief met een bodemontwikkeling volgens storten op plaatranden) ter hoogte van de platen van Walsoorden en Valkenisse lokaal een toename van het percentage met onvoldoende doorzicht wordt berekend (kleiner dan circa 5 procent), en ter hoogte van de Rug van Baarland een afname (kleiner dan circa 5 procent). In de overige delen van de Schelde zijn eventuele veranderingen van het percentage doorzicht zeer lokaal en qua grootte niet noemenswaardig.
- Op basis van de resultaten wordt verwacht dat zowel direct na aanleg, op korte termijn (2015) als op middellange termijn (2030) de effecten ten gevolge van de verruiming of de veranderde stortstrategie op het percentage van de tijd met beperkt doorzicht in gelijke mate zullen optreden.

Erosie en depositie

- Als gevolg van de lichte toename van de slibconcentraties in de autonome ontwikkeling tot 2010 neemt in de Beneden-Zeeschelde de aanslibbingssnelheid enigszins toe. De toename werd berekend ter hoogte van de toegangsgeulen van de zeesluizen in de Beneden-Zeeschelde (Zandvliet– Berendrecht, Boudewijn–Van Cauwelaert en Kallo) en in de monding van het Deurganckdok. Op de slikken langs de Beneden-Zeeschelde, tussen Doel en Oosterweel wordt een geringe toename van de aanslibbingssnelheid berekend.

-
- De autonome ontwikkeling tot 2030 heeft een groter effect op de aanslibbingssnelheid. De effecten blijven echter klein. Globaal neemt bij hoge afvoer opwaarts van het Deurganckdok - Kallo de relatieve aanslibbingssnelheid toe. Afwaarts van het Deurganckdok is er bij hoge afvoer sprake van een afname van de relatieve aanslibbingssnelheid en bij lage afvoer een toename.
 - In de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtshuis, op de Drempel van Zandvliet en Frederik en in de monding van het Deurganckdok wordt in de autonome ontwikkeling tot 2030 een afname van de aanslibbingssnelheid verwacht. Ook op het slik ter hoogte van het Galgeschoor ten noorden van Lillo neemt de aanslibbing af. Op andere delen van de oever valt juist een relatieve toename van de aanslibbing waar te nemen.
 - In de Boudewijn- en Van Cauwelaertshuis en de Kalloshuis wordt in de autonome ontwikkeling tot 2030 door de toename van de waterdiepte van de Schelde (zie basisrapport Morfologie) een afname van de aanslibbing berekend. Door deze verdieping neemt de aanslibbing in de vaargeul opwaarts van Deurganckdok relatief toe. Op de oevers opwaarts van het Deurganckdok tot ongeveer de Plaat van Boomke wordt een geringe relatieve toename van de aanslibbingssnelheid berekend.
 - Als gevolg van de verruiming wordt ter plaatse van de grootste verdieping (Drempel van Frederik) een relatieve toename van de aanslibbing verwacht. Ook wordt in dit gebied een relatieve toename verwacht van de aanslibbing op de slikken en schorren. Uit de resultaten blijkt ook een verhoogde aanslibbing waar de zwaai cirkel dicht het Galgeschoor nadert.
 - In het Deurganckdok en in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtshuis wordt ten gevolge van de verruiming van de vaargeul een afname van de aanslibbing verwacht. Er worden geen aanwijsbare veranderingen verwacht op de Drempel van Zandvliet.
 - In de omgeving van de Boudewijn-Van Cauwelaertshuis wordt als gevolg van de verruiming zowel in het vaarwater, als langs de oevers een afname van de aanslibbingssnelheid verwacht. Omdat de aanlegspecie (voor een deel) in de diepe delen van het vaarwater voor de sluizen is gestort, heeft het stroombeeld zich aangepast, met als gevolg een toename van de erosie van slib.
 - De veranderingen in aanslibbingssnelheid, als gevolg van de geoptimaliseerde stortstrategie (in vergelijking tot de huidige stortstrategie) en daaruit volgende bodemligging, zijn over het algemeen zeer beperkt. In de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtshuis en in de ingang van het Deurganckdok veroorzaakt de gewijzigde stortstrategie (vooral tijdens springtij) een geringe toename van de aanslibbing.
 - Onmiddellijk na de aanleg (2010) wordt, als gevolg van de verruiming, in het gebied waar momenteel onderhoudsbaggerwerken worden uitgevoerd, geen wijzigingen in de aanslibbings- en erosiepatronen verwacht en tevens nagenoeg geen wijzigingen in de totale hoeveelheid slibafzetting. Wel wordt een geringe herverdeling van het afgezette materiaal verwacht. De onderhoudspatronen, inclusief de variatie die van jaar tot jaar wordt waargenomen, blijft derhalve behouden.
 - Gezien de zeer geringe veranderingen in de slibconcentraties in de Westerschelde, worden tevens geen veranderingen in de jaarlijkse aanslibbing in de havens verwacht.
 - Op basis van de resultaten wordt verwacht dat zowel direct na aanleg, op korte termijn (2015) als op middellange termijn (2030) de effecten ten gevolge van de verruiming of de geoptimaliseerde stortstrategie op de aanslibbing en erosie in gelijke mate gering zullen zijn.

De berekende aanslibbingshoeveelheden betreffen (diktes van) recent afgezet slib. Dit slib is ongeconsolideerd en heeft daardoor een lage dichtheid. Dit leidt tot grotere bodemveranderingen dan die resteren wanneer consolidatie van het slibmengsel heeft plaats gevonden.

De jaarlijkse effecten moeten worden bepaald door op correcte wijze een weging uit te voeren van de resultaten bij hoge en bij lage afvoer, en bij springtij en doottij. Aangezien consolidatie pas na enige tijd optreedt, is het mogelijk dat slib, dat zich tijdens doottij heeft afgezet, tijdens springtij weer in suspensie komt en zodoende niet bijdraagt aan de berekening van de jaarlijkse aanslibbing. Aangezien in deze studie wordt ingegaan op de momentane effecten die mogelijk voor de ecologie nadelig kunnen zijn, is de jaarlijkse aanslibbing niet bepaald.

Een belangrijke beperking van het model is dat het geen rekening houdt met de effecten van biota op de sedimenteigenschappen en als dusdanig met de impact van biota op de sedimentatie-erosieprocessen in het intergetijdengebied. De seizoensale veranderingen in de sedimenteigenschappen en de daaraan gekoppelde veranderingen in de sedimentatie/erosie zijn niet beschouwd in deze studie.

13.2 Conclusies inzake tijdelijke effecten

Er zijn pluimverspreidingssimulaties uitgevoerd die het hele scala aan aanleg- en onderhoudsbaggerwerken beslaan, in zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde. Op basis van de resulterende analyses worden ten aanzien van de effecten van de verspreiding van de sedimentpluim door de aanleg- en onderhoudsbaggerwerken de volgende conclusies getrokken:

Bagger- en stortactiviteiten in de Westerschelde

- Het effect van de sedimentpluimen is in de Westerschelde beperkt, voornamelijk door de geringe slibfractie in het gebaggerde materiaal (orde 2-5 procent).
- Op de locatie waar de baggerwerken worden uitgevoerd kan de (gemiddelde) concentratie toenemen met 30 tot 50 mg/l. In de directe omgeving (enkele kilometer) van het wingebied (of stortgebied) is het effect eerder beperkt (15 tot 30 mg/l). Op verdere afstand van de winlocatie is geen aanwijsbare verhoging meer zichtbaar.
- Het effect op het gemiddelde doorzicht in de Westerschelde is beperkt vanwege de geringe achtergrond slibconcentratie. Het effect op het percentage van de tijd met beperkt doorzicht (kleiner dan 40 centimeter) is bij baggeractiviteiten in het afwaartse deel van de Westerschelde (afwaarts van ongeveer Baalhoek) beperkt. Dit hangt samen met het hoge (getijgemiddelde) doorzicht, dat door de toename in slibconcentratie niet zal afnemen tot minder dan 40 centimeter. In het opwaartse deel van de Westerschelde is het effect op het percentage groter, aangezien gedurende bepaalde fases van het getij het doorzicht rond de 40 centimeter varieert. Door de geringe toename van de slibconcentratie kan het percentage tot circa 10 procent toenemen.
- Wanneer een stortlocatie en een winlocatie dicht bij elkaar liggen heeft dit een ongunstig effect op de omvang van de sedimentpluimen. Als gevolg van de korte cyclustijd neemt de lozing die gemiddeld per getij plaatsvindt, toe en daarmee de gemiddelde slibconcentratie. Tevens vindt er een interferentie van de overloop- en stortpluimen plaats.
- De depositie van het gebaggerde materiaal strekt zich uit over een groot oppervlak en is in de resultaten niet zichtbaar. Van het materiaal dat ter hoogte van Bath in het water terechtkomt, zal een deel mogelijk in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtsluis en in het Deurganckdok aanslibben.
- De effecten van de sedimentpluimen in de belangrijke ecologische gebieden is beperkt. Er wordt een beperkte afname van het doorzicht en van het percentage met beperkt doorzicht verwacht, en beperkte toename van de slibafzetting ter hoogte van het Schor van Waarde, de plaat van Walsoorden, de Ballast plaat en de Schaar van Ouden Doel.

-
- Voor de plaatrandstortingen kan een keuze gemaakt worden uit drie storttechnieken: kleppen, rainbowen en sproeien. Uit de resultaten van de studie kan geconcludeerd worden dat sproeien leidt tot een beperktere verspreiding van het slib dan kleppen. Hoewel in de directe omgeving van de storting de slibconcentraties (nabij de bodem) juist hoger zijn, is het slib minder mobiel. Door het storten dicht bij de bodem neemt ook het effect op het doorzicht af, aangezien deze wordt bepaald door het bovenste deel van de waterkolom.
 - Tevens kan geconcludeerd worden dat rainbowen in vergelijking tot kleppen leidt tot een grotere verspreiding van het slib. Dit is het gevolg van het feit dat het materiaal hoog in de waterkolom wordt geloosd. Daar tegenover staat dat rainbowen (en ook sproeien) een grotere cyclustijd kent dan kleppen, waardoor de gemiddelde lozing per getij weer afneemt, en daarmee ook de verhoging van de (gemiddelde) slibconcentratie. Inzake turbiditeit scoort een sproeiponon bijgevolg het best, gevolgd door kleppen en tenslotte rainbowen.

Bagger- en stortactiviteiten in de Beneden-Zeeschelde

- Het effect van de bagger- en stortactiviteiten in de Beneden-Zeeschelde leidt tot een versterking van de algemene bestaande tendensen in slibconcentratie, doorzicht en aanslibbing.
- De keuze van de baggerlocatie (Zandvliet of Frederik), alsmede de keuze van de stortlocatie voor zandige (slibrijke) specie (Schaar van Ouden Doel of Boudewijn-Van Cauwelaertsluis) leidt niet tot aanwijsbare verschillen in slibconcentratie, doorzicht en aanslibbing, hoogstens tot een beperkte opwaartse of afwaartse verschuiving van de effecten.
- De bagger- en stortactiviteiten leiden tot een verhoging van de (gemiddelde) slibconcentratie die over een lange afstand merkbaar is. Afhankelijk van de stortlocatie nemen de concentraties toe met meer dan 50 mg/l tussen Bath (tijdens baggeren op de drempel van Zandvliet) en de Rupelmonding (bij storten op de Plaat van Boomke). Als gevolg van de beperktere getijexcursie treden de effecten tijdens doottij over een geringe afstand op, dan tijdens springtij.
- De hoge slibconcentraties worden veroorzaakt door enerzijds de hoge slibfractie in de bodem (circa 20 procent) en anderzijds de zeer beperkte vaarafstand waardoor de cyclustijd klein is en diengevolge het aantal cycli per getij groot.
- Ter hoogte van het turbiditeitsmaximum leidt de verhoging van de slibconcentraties niet tot een aanwijsbare verlaging van het (gemiddelde) doorzicht.
- Wanneer slib wordt gestort op de Plaat van Boomke wordt als gevolg van de toegenomen slibconcentraties opwaarts van Antwerpen een beperkte afname van het gemiddelde doorzicht verwacht.
- Als gevolg van de verhoogde slibconcentraties zal het percentage van de tijd dat het doorzicht beperkt is (kleiner dan 40 centimeter) toenemen. Ter hoogte van het turbiditeitsmaximum wordt alleen tijdens springtij een toename van het percentage verwacht. Opwaarts van het turbiditeitsmaximum tot aan Hoboken/Schelle neemt (bij storten op de Plaat van Boomke) het percentage zowel tijdens doottij als tijdens springtij toe.
- Ten gevolge van de bagger- en stortactiviteiten op de Beneden-Zeeschelde treedt er een versterking op van de algemene tendens van de bestaande aanslibbingspatronen. Een toename van de slibafzettingen worden verwacht ter hoogte van de drempels van Zandvliet, Frederik, Lillo en de Parel, in de verschillende toegangsgeulen van de zeesluizen en het Deurganckdok. Wanneer op de Plaat van Boomke wordt gestort, wordt er een verhoging van de slibafzetting verwacht die zich opwaarts uitstrekt tot aan de Rupelmonding.
- Lokaal vindt er tijdelijk een intensievere slibafzetting plaats langs de oevers wat mogelijk van belang is voor de ecologisch belangrijke gebieden. Er wordt geen toename van de aanslibbing verwacht in het Verdrongen land van Saeftinge als gevolg van de bagger- en stortactiviteiten in de Beneden-Zeeschelde.

-
- De effecten van de sedimentpluimen in de belangrijke ecologische gebieden is beperkt. Er wordt een beperkte afname van het doorzicht en van het percentage met beperkt doorzicht verwacht, en beperkte toename van de slibafzetting ter hoogte van het Schor van Waarde, de plaat van Walsoorden, de Ballastplaat en de Schaar van Ouden Doel.

De aanslibbingssnelheden (laagdiktes) zijn bepaald voor vers afgezet, ongeconsolideerd slib, met een relatief lage insitu dichtheid van $1,15 \text{ ton/m}^3$. Wanneer afzettingsdiktes worden bepaald voor een langere periode moet rekening worden gehouden met consolidatie, waardoor de laagdikte zal afnemen.

Ook momenteel vinden in de Beneden-Zeeschelde bijna continu baggerwerken plaats, die zorgen voor een (momentane) verhoging van de slibconcentraties. Echter, beschikbare waarnemingen zijn te beperkt om de natuurlijke concentraties te kunnen onderscheiden van de verhoogde concentraties door baggerwerken. Er wordt derhalve geadviseerd een langjarig monitoringprogramma op te zetten waarin de gemeten slibconcentraties worden gecombineerd met gedetailleerde gegevens van het aanleg- en onderhoudsbaggerwerk.

13.3 Betrouwbaarheid en onzekerheden in de analyses

Een van de vragen die naar 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 slibconcentraties en het doorzicht te simuleren.

De studie heeft tot een aantal verrassende inzichten geleid, vooral de reactie van het model op de veranderingen ten gevolge van de bodemontwikkelingen tot 2030. Door de toegenomen waterdiepte (dwarsdoorsnede) nemen niet alleen de slibconcentraties af, maar ook de aanslibbing én de erosie in het projectgebied. Omdat de toename van de dwarsdoorsnede in het hele Schelde estuarium optreedt, zal ook de aanvoer van slib (uit de bodem naar de waterkolom) afnemen.

Dit is in tegenstelling tot de effecten veroorzaakt door de verruiming. Ten gevolge van de verruiming verandert de dwarsdoorsnede slechts in een beperkte zone. De aanvoer van sediment (vanaf de bodem) blijft gelijk en diensgevolge neemt de aanslibbing in het gebied (enigszins) toe.

Het model vertoont dus een consistent gedrag. Dit geeft vertrouwen dat met het model de juiste processen worden gemodelleerd om de effecten van de bodemveranderingen op de slibconcentratie te modelleren.

Hierbij moet worden opgemerkt dat het model is ontwikkeld voor het reproduceren van slibconcentraties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. De consequentie van de gevolgde aanpak is echter dat de berekende aanslibbing en erosie minder goed wordt gemodelleerd. Hier bovenop komen ook nog de complicaties van de interactie van het slib met het aanwezige zand (zie paragraaf 4.5), die mogelijk een verklaring geven voor de geringe slibafzettingen op de drempels in de Schelde.

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, ontpolleringen, 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 en de resultaten uit hoofdstuk 4 en 5 blijkt dat bij een (plotselinge) toename van de afvoer er een afwaartse verschuiving van het turbiditeitsmaximum optreedt. Tevens neemt met de toegenomen afvoer de grootte van de maximale turbiditeit toe.

Aangezien het turbiditeitsmaximum gewoonlijk is gelegen aan het opwaartse einde van de zout-indringing, (bijvoorbeeld een zone met saliniteit van 1 tot 5 g/l.) is het ook belangrijk het gedrag van de saliniteit hierin te betrekken. In het basisrapport Zoutdynamiek is beschreven dat er een asymmetrie is in de response van de saliniteit 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. Deze asymmetrie zal ook van toepassing zijn op het turbiditeitsmaximum. Als na een periode van hoge afvoer de saliniteit zich geleidelijk aan herstelt, zal ook het turbiditeitsmaximum met ongeveer dezelfde snelheid zich terug in opwaartse richting verplaatsen.

Naar verwachting is de invloed van de verruiming op deze, soms plotselinge en extreme, variaties (schommelingen) in de saliniteit en de slibconcentraties gering. Uiteindelijk worden de variaties direct beïnvloed door de grootte van de bovenafvoer, in verhouding tot het totale volume van het estuarium. Wanneer de hoge rivierafvoer ook een verhoogde concentratie rivierslib meevoert, zal dit in de omgeving van het turbiditeitsmaximum (toegangseulen, Deurganckdok) leiden toe een toename in de aanslibbing. De aanwezigheid van de verruimde vaargeul zorgt er voor dat de aanslibbing in het verdiepte vaarwater zal kunnen toenemen, er zal tijdelijk een hoger slibpercentage in de bodem op de drempels kunnen worden aangetroffen. Tevens volgt uit de berekeningen dat ten gevolge van de verruiming ook de aanslibbing op oevers die grenzen aan het verruimde vaarwater kan toenemen. Het is de verwachting dat berekeningen met een variërende bovenafvoer niet tot andere conclusies zullen leiden.

14 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, i.o.v. 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, Antwerpse Zeehavendienst.

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 Sigma-plan, Syntheserapport

Chen, M.S., S. Wartel, B. van Eck and D. van Maldegem (2005). Suspended matter in the Scheldt estuary. *Hydrobiologia* 540, pp. 79–104.

Claessens, J., Marain, J., (1988) Access channel to the Kallo lock, research of alternative dredging methods, *KVIV, 9th Int. Harbour Congress, pp 4, 189-4, 200*

CSIR, (2003). EIA for the Expansion of the Container Terminal Stacking Area at the Port of Cape Town. Specialist Study on physical impacts of dredging, CSIR Report ENV-S-C 2003-083

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

Brouwer, de J.F.C.; Bjelic, S.; de Deckere, E.M.G.T.; Stal, L.J. (2000). Interplay between biology and sedimentology in a mudflat (Biezelingse Ham, Westerschelde, The Netherlands). *Cont. Shelf Res.* 20 (10-11): 1159-1177.

Defew E.C., Tolhurst T.J., Paterson D.M., (2002), Site-specific features influence sediment stability of intertidal flats, *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(6), 971-982.

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-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.

Francken, F., Wartel, S., Parker, R. (2000) Bepaling van de hoeveelheid slib in de Beneden Zeeschelde, *Rapport IN*

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

Herman P.M.J., Middelburg J.J., Heip C.H.R., (2001), Benthic community structure and seiment processes on an intertidal flat: results from the ECOFLAT project, *Cont. Shelf Res.*, 21, 2055-2071.

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 (1990). Tunnel Liefkenshoek. Analyse Stroom- en sedimentmetingen. *IMDC Rapport*.

IMDC (1998b) Containerdok West, Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 5 Detailonderzoek tijdok, I/R/11128/97.040/MFE

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/CENTIMETERA 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/CENTIMETERA. 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 (2007a). Uitbreiding studie denstiteitsstromingen in de Beneden Zeeschelde in het kader van LTV Meetcampagne naar hooggeconcentreerde slibsuspensies. Deelrapport 3: Valsnelheid slib – INSSEV, februari 2007. I/RA/11265/05.016/MSA.

IMDC (2007b). Uitbreiding studie denstiteitsstromingen in de Beneden Zeeschelde in het kader van LTV Meetcampagne naar hooggeconcentreerde slibsuspensies. Deelrapport 4: Aanvullende slibparameters, februari 2007. I/RA/11265/05.017/MSA.

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 toegangsgoed 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

Le Hir P., Monbet Y., Orvain F., (2007), Sediment erodability in sediment transport modelling: Can we account for biota effects ?, *Continental Shelf Research*, 27, 1116-1142.

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. en 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 en 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

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

Sas M. en J. Claessens (1988). The impact of flow pattern and sediment transport on the maintenance dredging in the Kallo access channel. *KVIV 9th Int. Harbour Congress*. 4.111-4.120.

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.

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

Taverniers, E., (2000), Beneden-Zeeschelde: Slibbalans 1999, Afdeling Maritieme Schelde.

TV SAM (2005a). Masterplan Antwerpen - Oosterweelverbinding- Hydraulische en Morfologische Studie. Studierapport. Langdurige metingen Schelle, Hoboken, Oosterweel, Oosterweel left bank, Boerenschans en Lillo 07/2004 - 12/2004. 42SR S020MBO 2A.

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

TV SAM (2005c). Masterplan Antwerpen - Oosterweelverbinding- Hydraulische en Morfologische Studie. Studierapport. Langdurige metingen Schelle, Hoboken, Oosterweel, Oosterweel left bank, Boerenschans en Lillo 07/2005 - 09/2005. 42SR S025SRI 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

Van de Koppel J., Herman P.,M.J., Thoolen P., Heip C.H.R., (2001), Do alternate stable states occur in natural ecosystems ? Evidence from a tidal flat. *Ecology*, 82, 3449-3461.

Van Kessel T., Vanlede J., Bruens A. (2006), Development of a mud transport model for the Scheldt estuary in the framework of LTV, Phases 1 and 2, WL Report Z4210, Prepared for RIKZ.

Van Leussen, W., (1994), Estuarine macroflocs and their role in fine-grained sediment transport, PhD-thesis, University of Utrecht, The Netherlands.

Van Maldegem D. (2002) Overview of data for LTV mud model Scheldt estuary. RIKZ/AB/2004.821.x, December.

Van Rhee C. (2002). On the sedimentation process in a trailing suction hopper dredger. Proefschrift, Technische Universiteit Delft.

Waeles B., Le Hir P., Silva Jacinto R., (2004), Modélisation morphodynamiques cross-shore d'un estran vaseux. *Compte rendus Geoscience*, 336, 1025-1033.

Wartel S., Francken F. (1998) Sedimenttransport en sedimentatieprocessen in de Schelde tussen Zandvliet en Gent: sedimentatieprocessen op het schor. *Verslag AMIS DS6.1-7, volume III, ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Brussel, 92 pp*

Wartel S., Parker R., Francken F., Tavernier J., Shelton Ph., Hooper P. (2000), Bepaling van de sedimenttypes en opstelling van een lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde. In opdracht van de Afdeling Maritieme Schelde.

Wartel,S., van Eck,M.,(2000b) Slibhuishouding van het Schelde estuarium, *IN- RIKZ*

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

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

Winterwerp J.C., Van Kesteren W.G.M., (2004), Introduction to the physics of cohesive sediment in the marine environment, *Developments in Sedimentology* 56.

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 (2006a). Habitattoets: effecten bagger- en stortactiviteiten. 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

WL-FH (2006). Development of a mud transport model for the Scheldt estuary in the framework of LTV. Phases 1 and 2. Thijs van Kessel, Joris Vanlede en Ankie Bruens, Z4210 Report, December, 2006. In opdracht van het Rijks Instituut voor Kust en Zee (RIKZ), NL

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

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

Zwolsman, J.J.G., Berger, G.W., Van Eck, G.T.M., Sediment accumulation rates, historical input, postdepositional mobility and retention of mayor elements and trace metals in salt marsh sediments of the Scheldt estuary, SW Netherlands, *Marine Chemistry* 44: 73-94

BIJLAGE A BEPALING RANDVOORWAARDEN HOGE EN LAGE AFVOER UIT REGRESSIEANALYSE

A.1 Inleiding

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 (waterstanden, debieten en saliniteit) 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

A.2 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 basisrapport Zoutdynamiek). 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.

A.3 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) 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 de tabellen in paragraaf A.5 worden de correlatie coëfficiënten per randlocatie gegeven.

A.4 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 de 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 bijlage A) een veel grotere spreiding zien dan het scatter-diagram bij gemiddelde en lage afvoer (figuur A-2b in bijlage 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.

Uit bovenstaande wordt geconcludeerd 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.

A.5 Tabellen

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

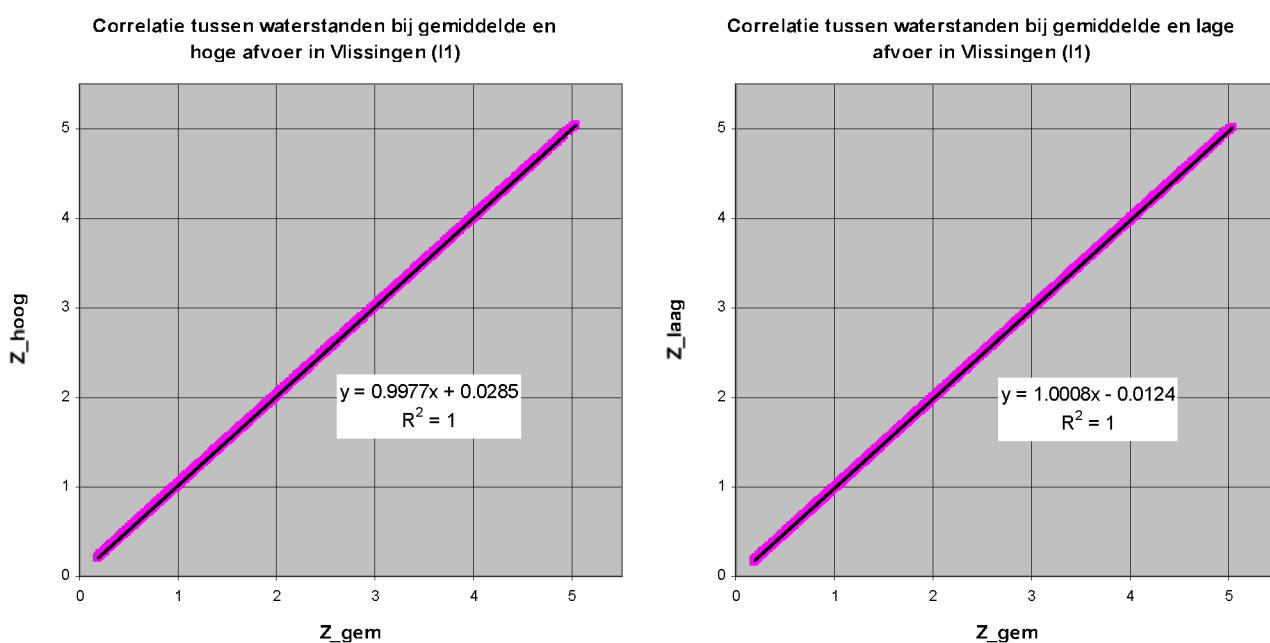
	Correlatie	Hoge afvoer	Lage afvoer
Debieten	lineair	$Q_{\text{hoog}} = 0,9845 \times Q_{\text{gem}} - 198,52$ ($R^2 = 0,9986$)	$Q_{\text{laag}} = 0,9911 \times Q_{\text{gem}} + 40,243$ ($R^2 = 0,9998$)
Saliniteit	machts-functie	Nvt, $S_{\text{hoog}} = 0,3$	$S_{\text{laag}} = 1,5 + 8,2087 \times (S_{\text{gem}} - 0,30045)^{0,4041}$ ($R^2 = 0,9975$)

Tabel A-2: Correlatiecoëfficiënten modelrandvoorwaarde bij Temse

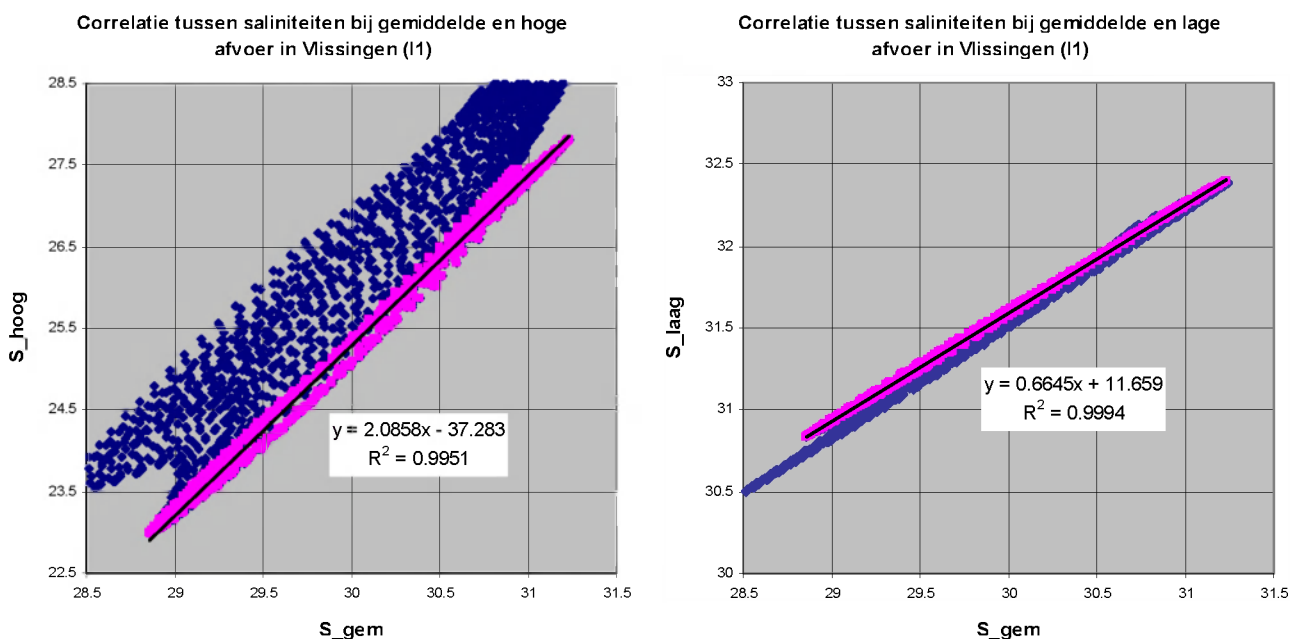
	Correlatie	Hoge afvoer	Lage afvoer
Debieten	lineair	$Q_{\text{hoog}} = 0,9347 \times Q_{\text{gem}} - 102,58$ ($R^2 = 0,9926$)	$Q_{\text{laag}} = 1,0267 \times Q_{\text{gem}} + 47,596$ ($R^2 = 0,9998$)
Saliniteit	machts- functie	Nvt, $S_{\text{hoog}} = 0,3$	$S_{\text{laag}} = 0,1 + 2,2376 \times ((S_{\text{gem}} - 0,29998) \times 200)^{0,3052}$ $R^2 = 0,9831$

Tabel A-3: Correlatiecoëfficiënten modelrandvoorwaarde bij Walem

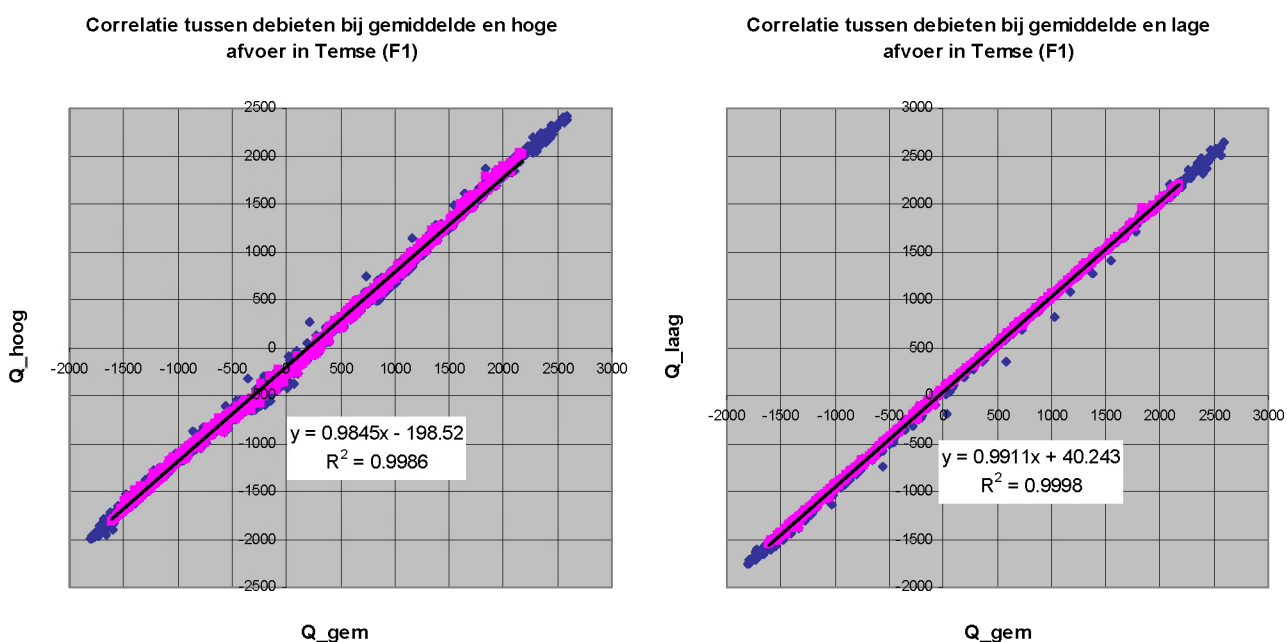
A.6 Scatter-diagrammen



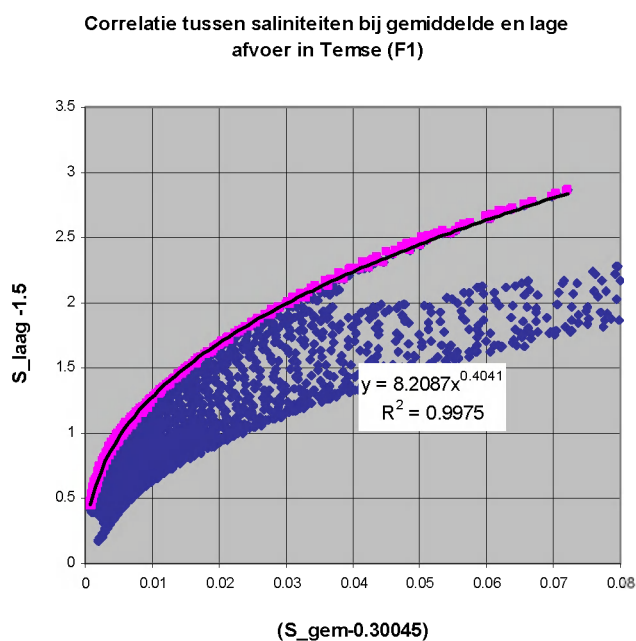
Figuur A-1: Correlatie waterstanden bij Vlissingen tussen a) gemiddelde en hoge bovenafvoer, b) gemiddelde en lage bovenafvoer



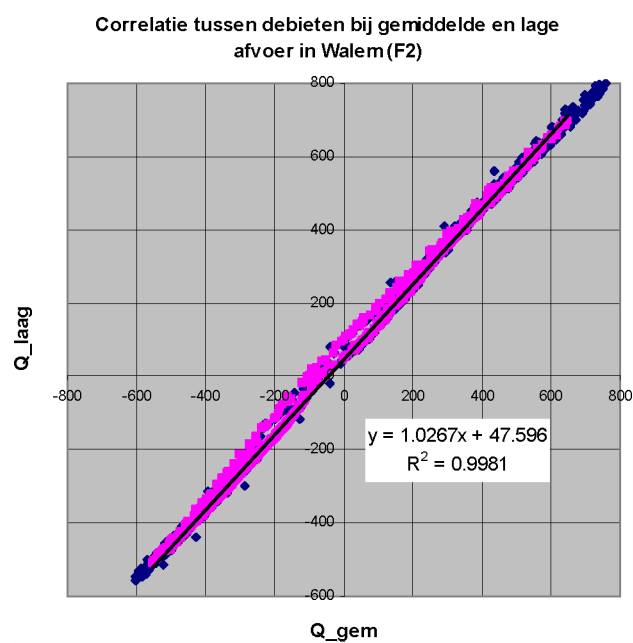
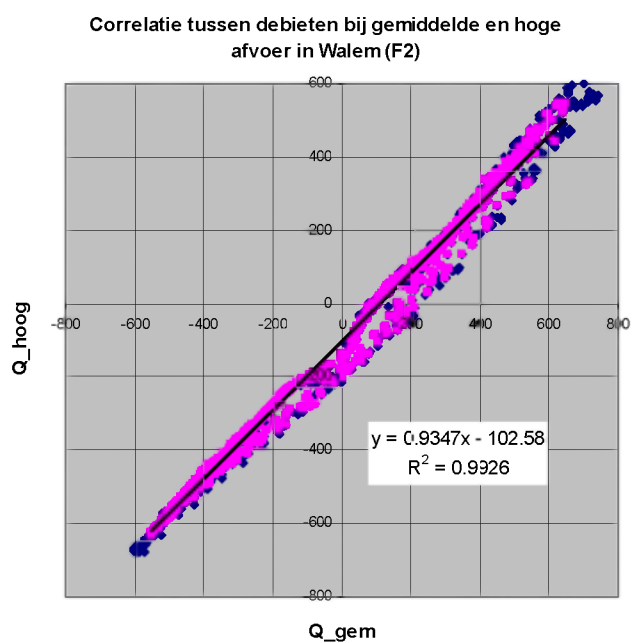
Figuur A-2: Correlatie saliniteit bij Vlissingen tussen a) gemiddelde en hoge bovenafvoer, b) gemiddelde en lage bovenafvoer



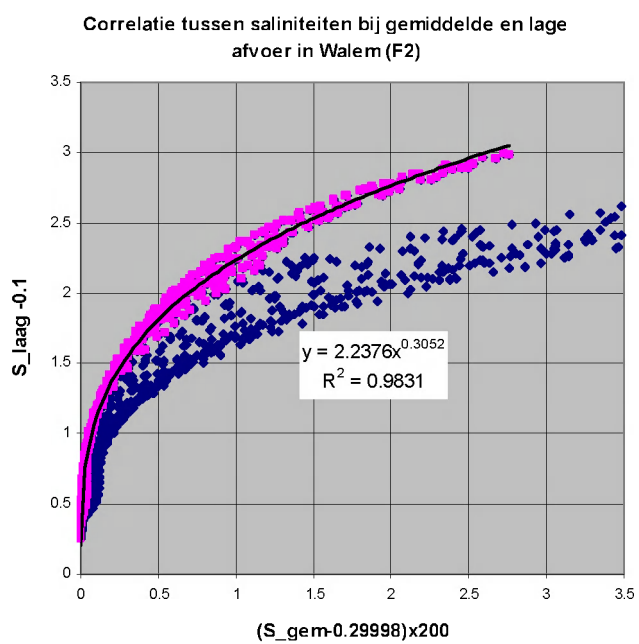
Figuur A-3: Correlatie debieten bij Temse tussen a) gemiddelde en hoge bovenafvoer, b) gemiddelde en lage bovenafvoer



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

BIJLAGE B **BESCHRIJVING SIGMAPLAN** **HEDWIGE- EN PROSPERPOLDER**

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 stormvloed. 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 samen 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.

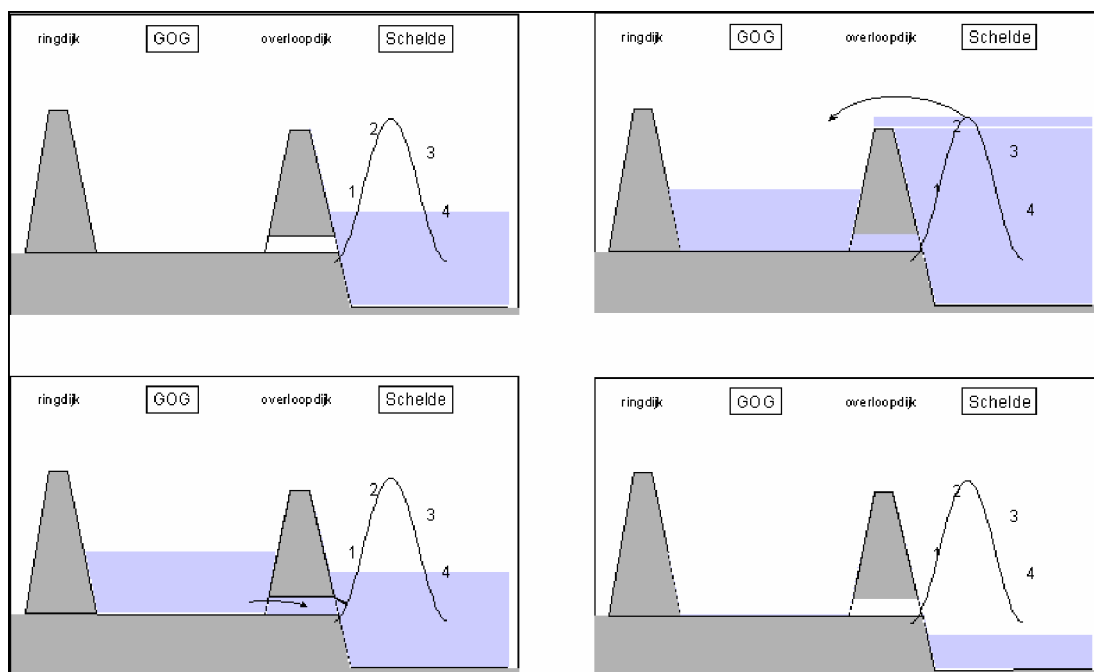
Gecontroleerd overstromingsgebied (GOG)

Een GOG bestaat uit een met dijken omringd gebied aan een tijrivier. Tussen het overstromingsgebied en de tijrivier ligt een 'overloopdijk'. 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 overloopdijk 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 overloopdijk). 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 overloopdijk, 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 overloopdijk 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)

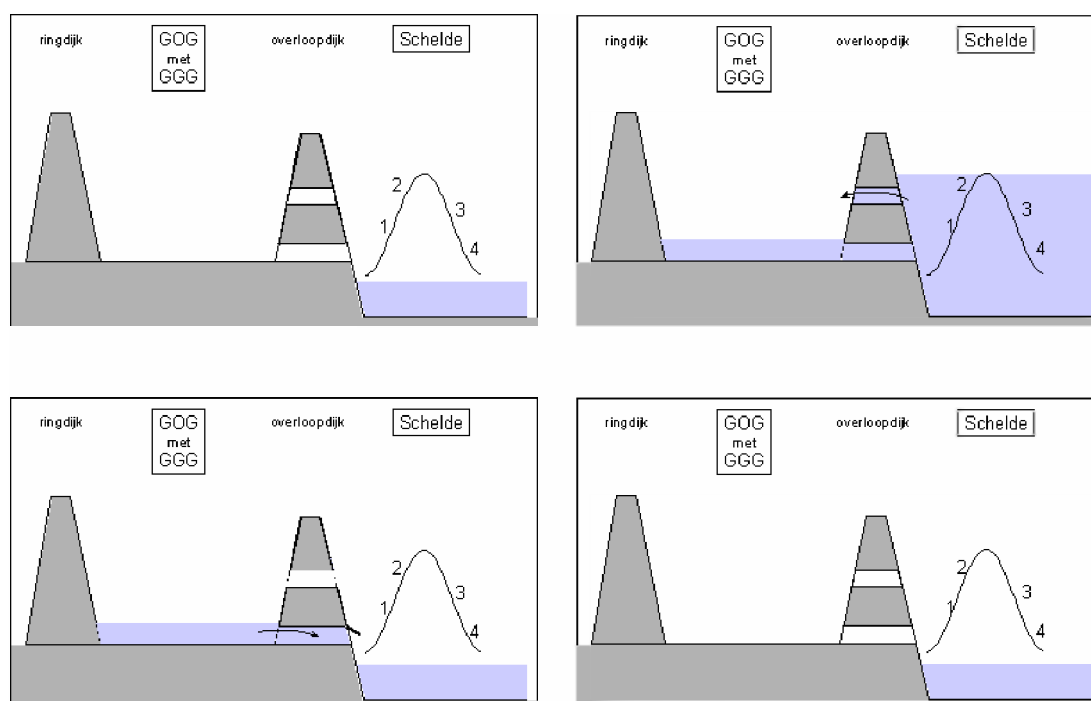
Een GGG is een GOG dat bij elk hoog tij voor een beperkte diepte onder water gezet wordt.

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 (ha)	uitgevoerd tegen	Vol in 10³ m³	gemiddeld Q in m³/s	Drempelhoogte (m TAW)
Potpolder van Lillo	Antwerpen	Afgraven	2010	17,03	2015			
Bulbierbroek	Hamme	Wetland	2010	19,14	2015			
Weijmeerbroek	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

B.2 Hedwige- en Prosperpolder

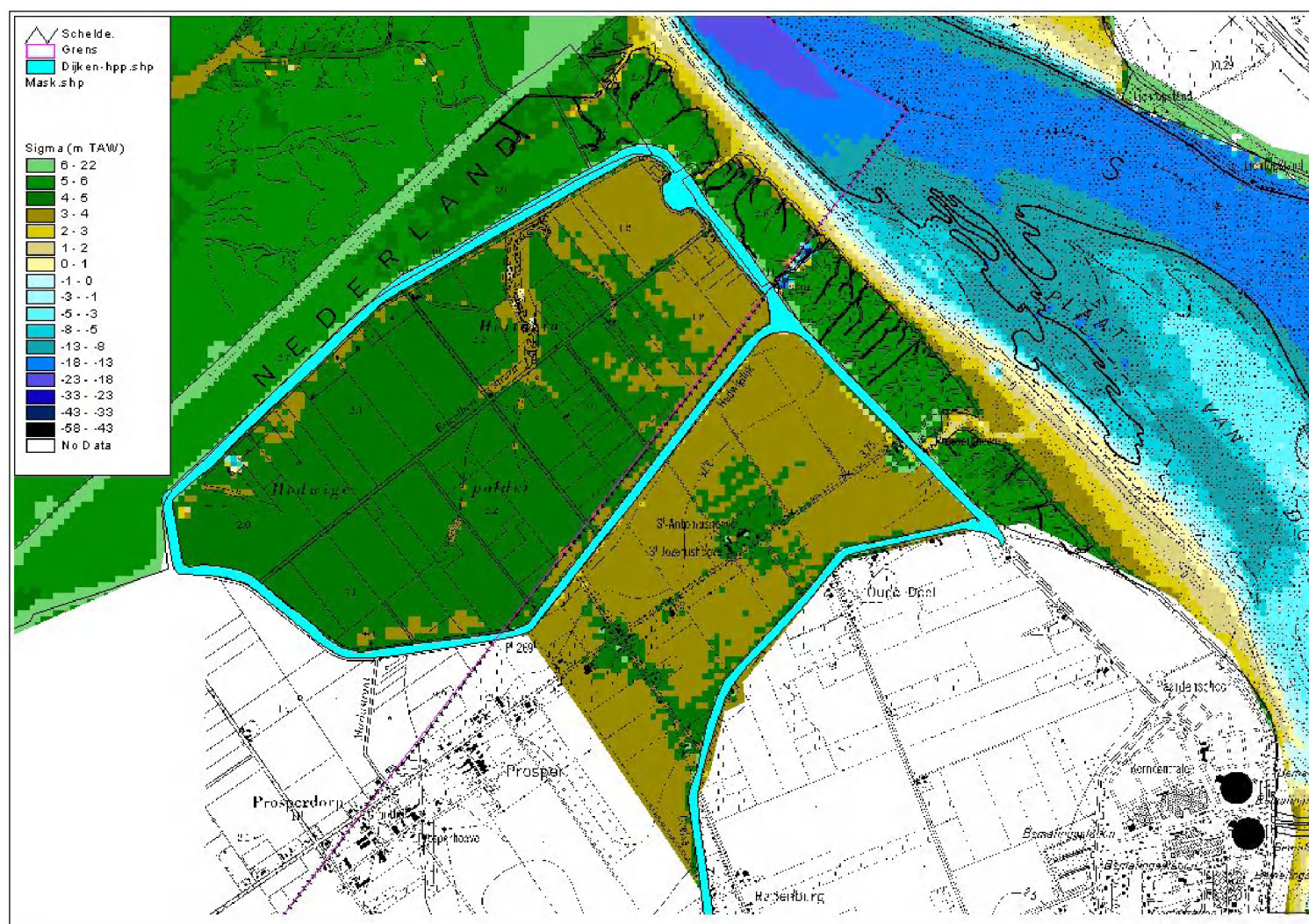
Voor het project Prosperpolder en Hedwigepolder is een milieueffectrapportprocedure lopende betreffende de inrichting van het gebied.

In het milieueffectrapport 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 meter 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 Hedwige- en Prosperpolder

BIJLAGE 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

BIJLAGE 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 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-2 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-3 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur D-4 Gemiddeld doorzicht huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-5 Gemiddeld doorzicht huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-6 Gemiddeld doorzicht huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur D-7 Percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-8 Percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-9 Percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur D-10 Evolutie van het slib nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur D-11 Evolutie van het slib nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur D-12 Evolutie van het slib nabij bodem huidige situatie tijdens springtij en lage rivierafvoer

BIJLAGE 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 Ossenisse
- Domein C: Gat van Ossenisse 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 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie nulalternatief 2010 tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-2 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie nulalternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-3 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie nulalternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-4 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (NA2010-HS2005) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-5 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (NA2010-HS2005) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-6 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (NA2010-HS2005) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-7 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie nulalternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-8 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie nulalternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-9 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (NA2030-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-10 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (NA2030-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-11 Gemiddeld doorzicht nulalternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-12 Gemiddeld doorzicht nulalternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-13 Percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter nulalternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-14 Percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter nulalternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-15 Verandering van het gemiddeld doorzicht (NA2010-HS2005) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-16 Verandering van het gemiddeld doorzicht (NA2010-HS2005) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-17 Verandering van het gemiddeld doorzicht (NA2010-HS2005) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-18 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (NA2010-HS2005) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-19 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (NA2010-HS2005) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-20 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (NA2010-HS2005) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-21 Gemiddeld doorzicht nulalternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-22 Gemiddeld doorzicht nulalternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-23 Percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter nulalternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-24 Percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter nulalternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-25 Verandering van het gemiddeld doorzicht (NA2030-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-26 Verandering van het gemiddeld doorzicht (NA2030-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-27 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (NA2030-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-28 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (NA2030-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-29 Evolutie van het slib nabij bodem nulalternatief 2010 tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-30 Evolutie van het slib nabij bodem nulalternatief 2010 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-31 Evolutie van het slib nabij bodem nulalternatief 2010 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-32 Verschil in bodemevolutie (NA2010-HS2005) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur E-33 Verschil in bodemevolutie (NA2010-HS2005) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-34 Verschil in bodemevolutie (NA2010-HS2005) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-35 Evolutie van het slib nabij bodem nulalternatief 2030 tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-36 Evolutie van het slib nabij bodem nulalternatief 2030 tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur E-37 Verschil in bodemevolutie (NA2030-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur E-38 Verschil in bodemevolutie (NA2030-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

BIJLAGE 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 dieptegemiddelde slibconcentratie (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur F-2 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur F-3 Verandering van het gemiddeld doorzicht (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur F-4 Verandering van het gemiddeld doorzicht (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur F-5 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur F-6 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur F-7 Verschil in bodemevolutie (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur F-8 Verschil in bodemevolutie (NAPlus2030-NA2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

BIJLAGE 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 Ossenisse
- Domein C: Gat van Ossenisse 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 dieptegemiddelde slibconcentratie (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur G-2 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-3 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-4 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-5 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-6 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-7 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-8 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-9 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-10 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-11 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-12 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-13 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-14 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-15 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-16 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-17 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-18 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur G-19 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur G-20 Verschil in bodemevolatie (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en gemiddelde rivierafvoer

Figuur G-21 Verschil in bodemevolutie (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en hoge rivierafvoer
Figuur G-22 Verschil in bodemevolutie (P4N2010-NA2010) tijdens springtij en lage rivierafvoer
Figuur G-23 Verschil in bodemevolutie (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer
Figuur G-24 Verschil in bodemevolutie (P4N2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer
Figuur G-25 Verschil in bodemevolutie (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer
Figuur G-26 Verschil in bodemevolutie (P4N2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

BIJLAGE 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 Ossenisse
- Domein C: Gat van Ossenisse 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 dieptegemiddelde slibconcentratie (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-2 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-3 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-4 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-5 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-6 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-7 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-8 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-9 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-10 Verandering van het gemiddeld doorzicht (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-11 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-12 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-13 Verschil in bodemevolutie (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-14 Verschil in bodemevolutie (P4P2-2030-NAPlus2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur H-15 Verschil in bodemevolutie (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur H-16 Verschil in bodemevolutie (P4P2-2030-Pmin2030) tijdens springtij en lage rivierafvoer

BIJLAGE 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 dieptegemiddelde slibconcentratie ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur I-2 Verschil in dieptegemiddelde slibconcentratie ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur I-3 Verandering van het gemiddeld doorzicht ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur I-4 Verandering van het gemiddeld doorzicht ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur I-5 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur I-6 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en lage rivierafvoer

Figuur I-7 Verschil in bodemevolutie ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en hoge rivierafvoer

Figuur I-8 Verschil in bodemevolutie ($P_{min2030-NA2030}$) tijdens springtij en lage rivierafvoer

BIJLAGE J FIGUREN BIJ HOOFDSTUK 11

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 Ossenisse
- Domein C: Gat van Ossenisse 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 J-1 Getij en diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij (geen lozing)

Figuur J-2 Gemiddelde doorzicht tijdens springtij (geen lozing)

Figuur J-3 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 01)

Figuur J-4 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 01)

Figuur J-5 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 01)

Figuur J-6 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 01)

Figuur J-7 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 02)

Figuur J-8 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 02)

Figuur J-9 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 02)

Figuur J-10 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 02)

Figuur J-11 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 03)

Figuur J-12 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 03)

Figuur J-13 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 03)

Figuur J-14 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 03)

Figuur J-15 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 04a)

Figuur J-16 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 04a)

Figuur J-17 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 04a)

Figuur J-18 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 04a)

Figuur J-19 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 04b)

Figuur J-20 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 04b)

Figuur J-21 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 04b)

Figuur J-22 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 04b)

Figuur J-23 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 04c)

Figuur J-24 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 04c)

Figuur J-25 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 04c)

Figuur J-26 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 04c)

Figuur J-27 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 05)

Figuur J-28 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 05)

Figuur J-29 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 05)

Figuur J-30 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 05)

Figuur J-31 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 06)

Figuur J-32 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 06)

Figuur J-33 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 06)

Figuur J-34 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 06)

Figuur J-35 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 07)

Figuur J-36 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 07)

Figuur J-37 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 07)

Figuur J-38 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 07)

Figuur J-39 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 08)

Figuur J-40 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 08)

Figuur J-41 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 08)

Figuur J-42 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 08)

Figuur J-43 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 08bis)

Figuur J-44 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 08bis)

Figuur J-45 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 08bis)

Figuur J-46 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 08bis)

Figuur J-47 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 09)

Figuur J-48 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 09)

Figuur J-49 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 09)

Figuur J-50 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 09)

Figuur J-51 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 10)

Figuur J-52 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 10)

Figuur J-53 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 10)

Figuur J-54 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 10)

Figuur J-55 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 11)

Figuur J-56 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 11)

Figuur J-57 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 11)

Figuur J-58 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 11)

Figuur J-59 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 12)

Figuur J-60 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 12)

Figuur J-61 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 12)

Figuur J-62 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 12)

Figuur J-63 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 13)

Figuur J-64 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 13)

Figuur J-65 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 13)

Figuur J-66 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 13)

Figuur J-67 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 14)

Figuur J-68 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 14)

Figuur J-69 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 14)

Figuur J-70 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 14)

Figuur J-71 Verschil in diepte gemiddelde slibconcentratie tijdens springtij
(Pluimscenario 15)

Figuur J-72 Verschil in diepte gemiddeld doorzicht tijdens springtij
(Pluimscenario 15)

Figuur J-73 Extra percentage van de tijd met doorzicht onder 40 centimeter tijdens springtij (Pluimscenario 15)

Figuur J-74 Verschil in bodemevolutie tijdens springtij
(Pluimscenario 15)

BIJLAGE K 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 zuidkade is 300 meter korter).

ii) De ontpolderingen van het Sigmaplan zijn aangebracht op de wijze zoals aangegeven in bijlage 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+oever.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+oever uit MKBA - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - WL/Alkyon - NEVLA model Alkyon - volgens data AMT (actuele bodem)

Tabel bijlage K-1: Overzicht bodems en gebruikte data voor de huidige situatie

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
NA	Nulalternatief	2010	- bodem huidige situatie - <volledige lengte Deurganckdok (2.600 meter langs as) ⁱ⁾ >	- Huidige situatie 2005 - uitbreiding op theoretische diepte ⁱⁱ⁾
		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 K-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 K-3: Overzicht bodems en gebruikte data voor het nulplusalternatief

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
P	Projectalternatieven	2010	- Bodem huidige situatie - <volledige lengte Deurganckdok (2.600 meter langs as) ⁱ⁾ >	- Huidige situatie 2005 (zonder vaargeul) - uitbreiding op theoretische diepte ⁱⁱ⁾ ** 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 met_hedwige_inv.xyz ⁱⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter sigmaplan ontpoldering inv.xyz ⁱⁱⁱ⁾	- 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 ⁱⁱⁱ⁾ - RD_NAP2-35 meter sigmaplan ontpoldering inv.xyz ⁱⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4N 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage K-4: Overzicht bodems en gebruikte data voor de projectalternatief P4N

Code	Omschrijving	Jaar	Data	Herkomst
P	Projectalternatieven	2010	- Bodem huidige situatie - <volledige lengte Deurganckdok (2 600 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 ⁱⁱ⁾	- 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 ⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4P 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage K-5: Overzicht bodems en gebruikte data voor de projectalternatief P4P

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 ⁱⁱ⁾	- 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 ⁱⁱ⁾	- Projectalternatief P4 2010 - Resultaat Estmorf berekening WL - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC - MKBA, actualisatie Sigmaplan 2001,IMDC

Tabel bijlage K-6: Overzicht bodems en gebruikte data voor de projectalternatief Pmin