

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat RIKZ

# Oosterschelde stromingsmodel

Opzet en afregeling

Rapport A393

A393

November 1998

Opdrachtgever

Titel **Oosterschelde stromingsmodel, opzet en afregeling**

Samenvatting In het kader van het project DIJKBEKLEDINGEN van Rijkswaterstaat wordt onderzoek verricht naar de veiligheid van de bekledingen van alle dijkvakken langs de Oosterschelde. Om het effect van stromingen op de golfcondities te kunnen afschatten, zijn met behulp van een nieuw gebouwd model van de Oosterschelde stroomvelden berekend die als randvoorwaarden hebben gediend voor SWAN golfberekeningen. Dit rapport beschrijft de opzet en afregeling van het Oosterschelde stromingsmodel dat volledig past binnen de recentelijk ontwikkelde modellentrein 'van Oceaan tot de Nederlandse Binnenwateren'.

Referenties Opdrachtbonnummer 22982810 d.d. 27/10/98; Project: KUST\*HYD

Rev	Auteur	Datum	Bijzonderh.	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0	G.Hartsuiker	nov. '98		G.v. Banning	G.v. Banning
1	G.Hartsuiker	nov. '98		G.v. Banning	G.v. Banning

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer: A393R1r1 Sleutelwoorden: stroom, getij  Project nummer: A393 Bestand: PE:\CD-RWS\RAPPORT\A393R1R1.DOC	tekst pagina's: 15 tabellen: 4 figuren: 76 appendices:	<input type="checkbox"/> voorlopig <input type="checkbox"/> concept <input checked="" type="checkbox"/> eindrapport



# Inhoud

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

1	Inleiding.....	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Doelstelling en leeswijzer	1
1.3	Opdracht en uitvoering	1
1.4	Conclusies en aanbevelingen	2
2	Beschikbare gegevens.....	4
2.1	Algemeen	4
2.2	Diepte gegevens	4
2.3	Geometrie	5
2.4	Metingen september-oktober 1987	5
3	Roostergeneratie .....	7
3.1	Eisen	7
3.2	Ligging en afmetingen	7
3.3	Roosterontwerp	7
3.4	Roostereigenschappen	8
4	Bouw van het model.....	10
4.1	Diepte schematisatie	10
4.2	Andere schematisatie elementen	10
4.3	Randvoorwaarden	11
4.4	Instelling parameters	11
5	Afregeling van het model.....	13
5.1	Algemeen	13
5.2	Beschrijving afregelproces	13
5.3	Resultaten meting 23 september 1987	14
5.4	Resultaten meting 12 oktober 1987	15
5.5	Resultaten gevoeligheidsonderzoek	15

Referenties

Tabellen

Figuren



## Lijst van tabellen

- 2.1 Waterstandsstations Oosterschelde
- 2.2 Snelheidsmeetpunten meting 23 september 1987
- 2.3 Snelheidsmeetpunten meting 12 oktober 1987
  
- 4.1 Steunpunten open zeeranden

## Lijst van figuren

### *beschikbare gegevens*

- 2.1 Bodemligging Oosterschelde volgens RIKZ 20 x 20 rooster, binnengebied
- 2.2 Bodemligging Oosterschelde volgens kuststrookmodel, zeegebied
- 2.3 Locatie waterstandsmmeetpunten, metingen 1987
- 2.4 Locatie snelheidsmeetpunten, metingen 1987
- 2.5 Windsnelheden en -richtingen metingen 1987

### *roostergeneratie*

- 3.1 Rekenrooster, gehele model
- 3.2 Matrixopbouw van het rekenrooster
- 3.3 Rekenrooster, zeegebied met aansluiting Kuststrookmodel
- 3.4 Rekenrooster, westelijk deel
- 3.5 Rekenrooster, zuidoostelijk deel
- 3.6 Rekenrooster, noordoostelijk deel
- 3.7 Rekenrooster, stormvloedkering Roompot
- 3.8 Rekenrooster, stormvloedkering Schaar en Hammen
- 3.9 Orthogonaliteit van het rekenrooster
- 3.10 Resolutie van het rekenrooster
- 3.11 Gladheid van het rekenrooster in M-richting
- 3.12 Gladheid van het rekenrooster in N-richting
- 3.13 Aspect ratio van het rekenrooster

### *bouw van het model*

- 4.1 Diepteschematisatie, zeegebied
- 4.2 Diepteschematisatie, westelijk deel
- 4.3 Diepteschematisatie, zuidoostelijk deel
- 4.4 Diepteschematisatie, noordoostelijk deel
- 4.5 Diepteschematisatie, stormvloedkering Roompot
- 4.6 Diepteschematisatie, stormvloedkering Schaar en Hammen
- 4.7 Randindeling open zeeranden
- 4.8 Courant getallen bij een tijdstap van 15 sec.

### *meting 23 september 1987*

- 5.1 Waterstanden in stations OS-4 en Roompot-binnen
- 5.2 Waterstanden in station Zeelandbrug-noord
- 5.3 Waterstanden in stations Stavenisse en Philipsdam-west
- 5.4 Waterstanden in stations Yerseke en Marolle Gat
- 5.5 Stroomsnelheden in stations Pluimpot-eb en Pluimpot-vloed
- 5.6 Stroomsnelheden in stations Zuiderdiep-eb en Zuiderdiep-vloed
- 5.7 Stroomsnelheden in stations Swalinge-eb en Swalinge-vloed
- 5.8 Stroomsnelheden in stations Sierix-eb en Sierix-vloed
- 5.9 Stroomsnelheden in stations Molenvliet-eb en Molenvliet-vloed
- 5.10 Stroomsnelheden in stations Zwake-eb en Zwake-vloed
- 5.11 Debiëten in raaien Roompot-buiten en Roompot-binnen
- 5.12 Snelheidsveld op tijdstip 14:00 uur, zeegebied
- 5.13 Snelheidsveld op tijdstip 14:00 uur, westelijk deel
- 5.14 Snelheidsveld op tijdstip 14:00 uur, zuidoostelijk deel
- 5.15 Snelheidsveld op tijdstip 14:00 uur, noordoostelijk deel
- 5.16 Snelheidsveld op tijdstip 14:00 uur, stormvloedkering Roompot
- 5.17 Snelheidsveld op tijdstip 14:00 uur, stormvloedkering Schaar en Hammen

- 5.18 Snelheidsveld op tijdstip 18:00 uur, zeegebied
- 5.19 Snelheidsveld op tijdstip 18:00 uur, westelijk deel
- 5.20 Snelheidsveld op tijdstip 18:00 uur, zuidoostelijk deel
- 5.21 Snelheidsveld op tijdstip 18:00 uur, noordoostelijk deel
- 5.22 Snelheidsveld op tijdstip 18:00 uur, stormvloedkering Roompot
- 5.23 Snelheidsveld op tijdstip 18:00 uur, stormvloedkering Schaar en Hammen

*meting 12 oktober 1987*

- 5.24 Waterstanden in stations OS-4 en Roompot-binnen
- 5.25 Waterstanden in station Zeelandbrug-noord
- 5.26 Waterstanden in stations Stavenisse en Philipsdam-west
- 5.27 Waterstanden in stations Yerseke en Marolle Gat
- 5.28 Stroomsnelheden in stations (mp1,r1) en (mp2,r1)
- 5.29 Stroomsnelheden in stations (mp3,r1) en (mp4,r1)
- 5.30 Stroomsnelheden in stations (mp5,r1) en (mp6,r1)
- 5.31 Stroomsnelheden in stations (mp7,r1) en (mp8,r2)
- 5.32 Stroomsnelheden in stations (mp9,r2) en (mp11,r2)
- 5.33 Stroomsnelheden in stations (mp12,r2) en (mp13,r3)
- 5.34 Stroomsnelheden in stations (mp14,r3) en (mp15,r3)
- 5.35 Stroomsnelheden in stations (mp16,r3) en (mp17,r4)
- 5.36 Debieten in raaien Roompot en Schaar
- 5.37 Debieten in raai Hammen

*gevoeligheidsonderzoek*

- 5.38 Ligging waterstands- en snelheidsmeetpunten
- 5.39 Waterstanden in stations Philipsdam-west en Marolle Gat; effect ruwheid
- 5.40 Stroomsnelheden in stations (mp3,r1) en (mp9,r2); effect ruwheid
- 5.41 Stroomsnelheden in stations (mp14,r3) en (mp3,r3b); effect ruwheid
- 5.42 Stroomsnelheden in stations (mp4,r6) en (mp5,r7); effect ruwheid
- 5.43 Diepteschematisatie, verschil maximum - gemiddeld optie
- 5.44 Waterstanden in stations Philipsdam-west en Marolle Gat; effect diepte
- 5.45 Stroomsnelheden in stations (mp3,r1) en (mp9,r2); effect diepte
- 5.46 Stroomsnelheden in stations (mp14,r3) en (mp3,r3b); effect diepte
- 5.47 Stroomsnelheden in stations (mp4,r6) en (mp5,r7); effect diepte
- 5.48 Waterstanden in stations Philipsdam-west en Marolle Gat; effect tijdstap
- 5.49 Stroomsnelheden in stations (mp3,r1) en (mp9,r2); effect tijdstap
- 5.50 Stroomsnelheden in stations (mp14,r3) en (mp3,r3b); effect tijdstap
- 5.51 Stroomsnelheden in stations (mp4,r6) en (mp5,r7); effect tijdstap

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In het kader van het project DIJKBEKLEDINGEN van Rijkswaterstaat wordt onderzoek verricht naar de veiligheid van de bekledingen van alle dijkvakken langs de Oosterschelde. Voor dat project zijn in de eerste helft van 1998 door Alkyon Hydraulic Consultancy & Research grote hoeveelheden golfberekeningen voor de Oosterschelde uitgevoerd. Als onderdeel van deze opdracht is er ook een gedetailleerd stromingsmodel van de Oosterschelde gebouwd.

Het Oosterschelde model past volledig binnen de recentelijk ontwikkelde serie stromingsmodellen die alle Nederlandse wateren en aangrenzende zeegebieden omvatten. Deze modellen vormen in feite een modellen-trein welke loopt 'van Oceaan tot de Nederlandse Binnenwateren'.

Het stromingsmodel vormt voor het Oosterschelde bekken een (voorlopig) eindpunt in de serie getij modellen waarmee in steeds grotere mate van detail stromingscondities kunnen worden berekend. Deze serie loopt van het Continental Shelf model via het Zuidelijke Noordzee model en het Kuststrook model naar het Oosterschelde model. Grotere mate van detail kan worden verkregen door het nesten van detailmodellen binnen dit Oosterschelde model.

## 1.2 Doelstelling en leeswijzer

De bouw en afregeling van het Oosterschelde stromingsmodel is in een beperkte vorm reeds gerapporteerd als onderdeel van de rapportage van de golfberekeningen (Ref. Alkyon 1998). De hoofddoelstelling van dit project is het uitbreiden van de beperkte rapportage tot een volwaardig alleenstaand rapport van de bouw, de afregeling en de kwaliteit van het Oosterschelde stromingsmodel.

Het rapport is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van het project met een beschrijving van de beschikbare gegevens ten behoeve van de bouw en afregeling.
- Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de roostergeneratie met onder andere een presentatie van de karakteristieke eigenschappen
- Hoofdstuk 4 bevat de beschrijving van de bouw van het model met onder andere de diepteschematisatie, de randvoorwaarden en de instelling van diverse parameters.
- In Hoofdstuk 5 wordt de afregeling van het model beschreven met een uitgebreide vergelijking van de resultaten van de simulaties en de beschikbare metingen. Tevens wordt beknopt beschreven wat de belangrijkste gevoeligheden zijn.

## 1.3 Opdracht en uitvoering

Op 8 oktober 1998, Ref. RIKZ/OS-986780 ontving Alkyon Hydraulic Consultancy and Research bv. te Emmeloord van Rijkswaterstaat RIKZ het verzoek tot het uitbrengen

van een offerte voor de rapportage van de bouw, de afregeling en de kwaliteit van het Oosterschelde stromingsmodel.

Op 20 oktober 1998 Ref. A393le01, is door Alkyon offerte uitgebracht. Op 27 oktober 1998 Ref. Opdrachtbonnummer 22982810 is officieel opdracht ontvangen. Deze opdracht betreft werk ten behoeve van het project KUST\*HYD.

Het project is uitgevoerd door ing. G. Hartsuiker onder leiding van ir. G.K.F.M. van Banning. Voorliggende rapportage, is geschreven door G. Hartsuiker.

Projectbegeleider van RIKZ-zijde was de heer R.P. van Dijk. Gedurende het project werd overleg gevoerd met de heren R.P. van Dijk en R. Plieger, beiden van RIKZ.

Reeds eind juli is een voorlopige versie van het Oosterschelde model per elektronische post verzonden aan de klant. Medio oktober is de definitieve versie van het model opgeleverd op CD-rom. Het betreft hierbij alle Simona invoer files met de 'vaste' gegevens van de modelschematisatie en de 'variabele' gegevens voor specifieke getij simulaties.

## 1.4 Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van de resultaten van de simulaties uitgevoerd tijdens de afregeling en de vergelijking met gegevens van metingen kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van de bruikbaarheid van het Oosterschelde model:

1. Het model geeft een zeer goede reproductie van de waterstanden in het gehele gebied. Zowel getijverschil als getijfase vertonen een sterke mate van overeenkomst. Tijdens eb is er sprake van een gering faseverschil tussen meting en berekening (berekening later dan meting).
2. De gemeten stroomsnelheden in het westelijk deel van het bekken en bij de stormvloedkering in de Roompot worden goed gereproduceerd. De vorm van de snelheidskrommen en ook fase en grootte van de stroomsnelheden lijken sterk op elkaar.
3. De debieten door de drie hoofdgeulen in het westelijk deel van het bekken worden goed gereproduceerd. Alleen in de Hammen is sprake van een geringe faseverschuiving (berekening later dan meting).

Uit bovenstaande conclusies blijkt dat het Oosterschelde stromingsmodel een zeer goede reproductie geeft van de gemeten grootheden. Zonder verdere restricties kan dit model nu reeds worden ingezet voor het berekenen van de stromingscondities in de Oosterschelde voor situaties waarbij de kering open staat.

Teneinde de inzetbaarheid van het model te verhogen of de 'geloofwaardigheid' van het model verder te onderbouwen worden de volgende aanbevelingen gedaan voor aanvullende activiteiten:

- verificatie voortzetten door reproductie van snelheidsmetingen in de meer oostelijke delen van het model voor 'normale' getijcondities met open stormvloedkering;
- verificatie voortzetten door reproductie van metingen waarbij sprake is van duidelijke meteo-effecten, al of niet in combinatie met manipulaties van de kering;





- bepalen van astronomische randvoorwaarden (getijcomponenten) om het model onafhankelijk van het Kuststrookmodel te kunnen inzetten voor willekeurige getijcondities zonder aanwijsbare meteo-effecten.

## 2 Beschikbare gegevens

### 2.1 Algemeen

Bij de bouw en afregeling van een stromingsmodel zijn, afhankelijk van de verdere toepassing, een groot aantal gegevens noodzakelijk. In het specifieke geval van het Oosterschelde model wordt er naar gestreefd de stromingssituaties in het Oosterschelde bekken en het aansluitende zeegebied te representeren.

Samengevat zijn voor het Oosterschelde model gegevens nodig van:

- diepteligging,
- stormvloedkering,
- land-water contouren,
- waterstanden,
- stroomsnelheden,
- windsnelheden en -richtingen.

### 2.2 Diepte gegevens

Voor deze studie is gebruik gemaakt van een aantal datafiles met gegevens over de bodem-topografie van de Oosterschelde en het aansluitende zeegebied.

De eerste bodemfile is afkomstig van RIKZ en geeft de bodemtopografie van de Oosterschelde en het aansluitende zeegebied op een 20 x 20 m rooster. De dieptegegevens zijn gebaseerd op peilingen uit 1995. Uit deze gedetailleerde bodem van de Oosterschelde is omwille van ruimtebesparing een uitsnede gemaakt voor het gebied oostelijk van de stormvloedkering. De bodemligging is gevisualiseerd in figuur 2.1 voor het gehele binnengebied.

Numerieke gegevens van dit bodemrooster zijn opgenomen in onderstaande tabel. De in deze tabel benoemde parameters hebben de volgende betekenis:  $x_0$  en  $y_0$  zijn de oorsprong van het bodemrooster,  $L_x$  en  $L_y$  zijn de lengtes in x- en y-richting,  $\Delta_x$  en  $\Delta_y$  zijn de stapgroottes in x- en y-richting van het rooster. De oriëntatie van de x-as is volgens het Parijse coördinaten stelsel en is in oostelijke richting. De tabel geeft de waarden voor het oorspronkelijke bodemrooster en de uitsnede.

paramete r	verklaring	oorspronkelijk (maten in m)	uitsnede (maten in m)
$x_0$	x-coördinaat oorsprong	13690	35010
$y_0$	y-coördinaat oorsprong	380050	382010
$L_x$	lengte in x-richting	64780	40000
$L_y$	lengte in y-richting	47640	32000
$\Delta_x$	stapgrootte x-richting	20	20
$\Delta_y$	stapgrootte y-richting	20	20

Karakteristieke parameters bodemroosters.

Een tweede bodemfile betreft de bodemschematisatie van het recentelijk aangepaste Kuststrook-model (Ref. Alkyon, 1998). De gegevens zijn gebaseerd op peilingen uit 1995 en 1996 en zijn gebruikt ter aanvulling van de dieptegegevens in het zeege-

bied. De diepte is beschikbaar op het rekenrooster van het Kuststrookmodel en heeft geen vaste maaswijdte in x- en y-richting. In figuur 2.2 wordt de bodemligging gegeven voor het zeegebied voor elk punt van het rooster, een en ander geeft een goed beeld van de ruimtelijke verdeling van deze gegevens.

In de figuren 2.1 en 2.2 is goed zichtbaar dat de bodemtopografie van het Oosterschelde estuarium bestaat uit een ruime variatie van ondieptes, geulen, zandbanken en slikken.

## 2.3 Geometrie

Voor het bepalen van de begrenzingen, de ligging en de oriëntatie van het rekenrooster is gedetailleerde informatie van de geometrie toegeleverd door Rijkswaterstaat. Het betreft de volgende gegevens:

- de ligging van de teen- en kruinlijnen van alle dijkvakken langs de Oosterschelde
- de ligging van de teen- en kruinlijnen van de grote infrastructurele werken, zoals Philipsdam, Oesterdam en Oosterschelddedam;
- de positie van alle pijlers van de stormvloedkering, inclusief de hoogteligging van de onderdorpels in alle tussengelegen openingen

## 2.4 Metingen september-oktober 1987

### Algemeen

De metingen voor deze periode betreffen een aantal metingen van waterstand in het gehele modelgebied en voor twee meetdagen tijdens deze periode 13-uurs metingen van stroomsnelheden en -richtingen in het westelijk deel van het bekken. Deze metingen zijn uitgevoerd op 23 september 1987 en op 12 oktober 1987 en genoemde meetdagen zijn bij de afregeling als aparte simulaties behandeld.

### Waterstanden

Voor het gebied gerepresenteerd door het model zijn in totaal voor 7 meetpunten tijdreeksen van waterstanden als referentie bij de afregeling gehanteerd. In tabel 2.1 is een overzicht gegeven van de beschikbare meetpunten en in figuur 2.3 is de ligging van de meetpunten aangegeven.

### Stroomsnelheden

Op 23 september zijn 13-uurs snelheidsmetingen uitgevoerd in locaties ter weerszijden van de stormvloedkering in de Roompot en wel tijdens vloed aan de westzijde en tijdens eb aan de oostzijde.

De metingen van 12 oktober betreffen snelheidsmetingen in een drietal raaien gelegen in de hoofdgeulen op enkele kilometers westelijk van de kering en in een raai oostelijk van het werkeiland Roggenplaat. De metingen in deze raaien zijn een combinatie van 13-uurs metingen en continu metingen.

Op basis van de snelheidsmetingen zijn tevens de debieten door de betreffende raaien berekend.



In figuur 2.4 zijn de posities van de beschikbare meetpunten van stroomsnelheden en -richtingen gepresenteerd. De tabellen 2.2 en 2.3 geven voor beide meetdagen de x- en y-coördinaten van de meetpunten.

### **Windsnelheid en richting**

Het verloop van windsnelheid en -richting tijdens de gekozen simulatie periode is gepresenteerd in figuur 2.5. Hieruit valt duidelijk af te lezen dat in de periode van 8 tot 12 oktober gedurende een aantal dagen windsnelheden voorkwamen van ruim boven de 10,0 m/s uit zuidelijke richtingen.

## 3 Roostergeneratie

### 3.1 Eisen

Het stromingsmodel is opgezet in de lijn van de nieuw ontwikkelde RWS basismodellen van Oceaan tot Nederlandse binnenwateren (RIKZ 1998). Door Rijkswaterstaat zijn aan het rekenrooster de volgende eisen gesteld:

- Het rekenrooster moet in het zeegebied aansluiten aan het nieuwe Kuststrook rooster met een verdichtingsfactor 1 op 3.
- Het rekenrooster moet een goede aansluiting krijgen aan de grote infrastructurele werken in het Oosterschelde bekken.
- Het rekenrooster moet ter plaatse van de Oosterschelde stormvloedkering bestaan uit een rechthoekig rooster van 45 x 45 m (hart op hart afstand van de peilers).
- De dichtheid van het rekenrooster zal in de geulen groter zijn dan op de platen.
- Het rekenrooster zal verder voldoen aan de gebruikelijke eisen ten aanzien van variatie in maaswijdte en orthogonaliteit.

### 3.2 Ligging en afmetingen

Het model omvat de gehele Oosterschelde en een aansluitend zeegebied dat reikt tot ruim buiten de eilandkoppen van Walcheren en Schouwen-Duivenland. De afmetingen van het rooster in oost - west richting en noord - zuid richting zijn globaal ongeveer 80 bij 50 km en het zeegebied reikt tot 25 km buiten de eilandkoppen.

De precieze locaties van de zeeranden van het stromingsmodel zijn bepaald in overleg met RIKZ. De ligging van de zeerand is volgens roosterlijnen van het Kuststrookmodel teneinde de overdracht van randvoorwaarden eenduidig te kunnen laten verlopen.

Figuur 3.1 geeft een overzicht van het gehele rekenrooster. De oorsprong van het rooster in M- en N-coördinaten (1,1) ligt aan de noordwestelijke zijde van het rekenrooster voor de kop van Schouwen-Duivenland. De M- en N-richtingen van de roosterlijnen zijn zo gekozen dat deze dezelfde richtingen hebben als de M- en N-richtingen van het nieuwe Kuststrook model. Dit betekent dat de M-richting steeds evenwijdig aan de grootschalige kustoriëntatie loopt. De N-richting staat min of meer loodrecht op de grootschalige kustoriëntatie.

### 3.3 Roosterontwerp

Het rekenrooster is ontworpen met behulp van het programma RGFRID (WL, 1995) waarmee op een efficiënte manier manipulaties met roosters zijn uit te voeren. Tevens zijn de eisen ten aanzien van orthogonaliteit en maaswijdte variatie eenvoudig te controleren en indien nodig aan te passen.

Het startpunt van het roosterontwerp is een uitsnede van het Kuststrookmodel voor het betreffende gebied. Voor het zeegebied is de structuur van dit rooster vrijwel onverkort gehandhaafd. In het binnengebied zijn echter een aantal wijzigingen doorgevoerd teneinde enige beperkingen in de structuur van de matrix (van het

Kuststrookmodel) op te heffen. Deze beperkingen hangen samen met de aanwezigheid van de Westerschelde binnen de rekenmatrix van het Kuststrookmodel.

Bij de Oosterschelde kering is ervoor gezorgd dat elke individuele opening wordt gerepresenteerd door een cel van het rekenrooster. Lokaal is het rekenrooster weergegeven middels een rechthoekig rooster met maaswijdten van 45 x 45 m. Door deze aanpak is het mogelijk elk gewenst scenario met betrekking tot manipulaties van de kering te simuleren middels de 'barrier' formulering van 'WAQUA IN SIMONA'.

Bij het ontwerpen van het rekenrooster is verder aandacht besteed aan een goede representatie van de geulen en de aansluiting op de hoogwater begrenzingen van de Oosterschelde (teenlijn van dijken). Door de enigszins gewijzigde structuur van het rooster konden een aantal gebieden goed worden weergegeven in het rekenrooster, zoals onder andere:

- de Hammen en de rest van het gebied ten noorden van de Roggenplaat
- de Krabbenkreek en het gebied bij de Philipsdam
- het gebied bij de Zandkreekdam
- de kom van de Oosterschelde richting Oosterdam

Het uiteindelijk ontworpen rooster voldoet verder aan de gebruikelijke eisen ten aanzien van orthogonaliteit en maaswijdte variatie. De afwijking van de orthogonaliteit moet hierbij kleiner zijn dan 5 graden en de maaswijdte variatie kleiner dan 1,2. Een overzicht van het gehele rekenrooster is gepresenteerd in figuur 3.1.

De opbouw van de matrix van het rooster wordt gepresenteerd in figuur 3.2. Het aantal roosterpunten bedraagt  $249 \times 578 = 143922$  waarvan circa 89000, dus orde 62 % actief. Te zien is dat de Krabbenkreek en de Oosterschelde zuidelijk van Tholen binnen de matrix 'dicht' bij elkaar liggen.

Het rekenrooster in het zeegebied van de Oosterschelde en de aansluiting aan het rooster van het Kuststrookmodel is gegeven in figuur 3.3, de verdichting ten opzichte van het Kuststrook rooster bedraagt een factor 3. Het (1,1) punt van het Oosterschelde model komt overeen met het punt (591,20) van het Kuststrookmodel. In de figuur zijn voor de hoekpunten van het zeegebied de MN-waarden van zowel Oosterschelde model als het Kuststrookmodel gepresenteerd.

In de figuren 3.4 tot en met 3.6 is het rekenrooster in een aantal deelgebieden weergegeven namelijk respectievelijk het westelijk deel, het zuidoostelijk deel en het noordoostelijk deel. De figuren 3.7 en 3.8 geven details van het rekenrooster bij de stormvloedkering in Roompot en Schaar en Hammen.

## 3.4 Roostereigenschappen

### *Orthogonaliteit*

Orthogonaliteit is gedefinieerd als de absolute cosinus waarde van de hoek tussen een M-lijn en een N-lijn in een roosterpunt. Bij waarden van meer dan 5° over grotere gebieden, begint het rekenproces minder nauwkeurig te worden. Een incidentele waarde tot 10° bij hoeken en langs gesloten randen is acceptabel.

Figuur 3.9 toont de orthogonaliteit van het nieuwe Oosterschelde rekenrooster. De kleurenschaal geeft de cosinus waarde van de hoek in stappen van 2,0 graden weer ( $\cos 90^\circ = 0,0$  ;  $\cos 88^\circ = 0,0349$ ). In het algemeen is te zien dat de afwijking van de orthogonaliteit vrijwel overal kleiner is dan 6 graden ( $\cos 84^\circ = 0,1045$ ). Incidenteel wordt een waarde van orde 10 graden bereikt.

#### *Resolutie en afmeting in M- en N-richting*

De resolutie is gedefinieerd als de wortel uit de lengte maal de breedte van een rekencel. Men kan ook zeggen dat de resolutie gelijk is aan de zijde van een vierkant met hetzelfde celoppervlak.

Figuur 3.10 toont de resolutie van het rekenrooster (dichtheid van punten) van het gehele rekenrooster. Te zien is dat de laagste resolutie (grootste cellen) varieert van ongeveer 250 x 450 m in het zeegebied tot 150 x 250 in de kom van de Oosterschelde. De hoogste resolutie is te vinden in het binnengebied ter plaatse van Colijnsplaat met celafmetingen van ongeveer 30 x 50 m.

In onderstaande tabel zijn voor een aantal gebieden binnen het rekenrooster de kleinste en grootste afmetingen van individuele cellen gegeven:

gebied	afmetingen van cel (m x m)	
	kleinste	grootste
zeegebied	70 x 150	250 x 450
omgeving stormvloedkering	45 x 45	60 x 150
geulen westelijk deel	30 x 50	60 x 170
geulen zuidoostelijk deel	50 x 75	80 x 180
geulen noordoostelijk deel	50 x 75	70 x 120
platen westelijk deel	50 x 100	100 x 130
platen zuidoostelijk deel	70 x 100	150 x 250
platen noordoostelijk deel	60 x 90	100 x 150

Karakteristieke celafmetingen

#### *Gladheid*

De gladheid (of maaswijdte variatie) van het rekenrooster is gedefinieerd als het quotiënt van de lijnsegmenten aan weerszijden van een roosterpunt. Bij een goed ontworpen rooster moet de gladheid over het algemeen kleiner zijn dan 1,2.

Figuren 3.11 en 3.12 geven de gladheid van het rekenrooster aan voor respectievelijk de M-richting en de N-richting. Te zien is dat slechts incidenteel de maaswijdte variatie meer dan 10 % bedraagt. Bij de stormvloedkering is de gladheid in N-richting (stroomrichting) gelijk aan of kleiner dan 1,15. Over het algemeen is de gladheid ruimschots voldoende voor een nauwkeurige simulatie.

#### *Aspect ratio*

De aspect ratio van het rekenrooster is gedefinieerd als de verhouding tussen de lengte en breedte van een rekencel.

Figuur 3.13 geeft de aspect ratio van het rekenrooster. Hieruit blijkt dat in grote gebieden de ratio kleiner is dan 2,0. Op een aantal plaatsen komen waarden voor van orde 4,0 tot 5,0. Dit is ruim voldoende voor een nauwkeurige simulatie.

## 4 Bouw van het model

### 4.1 Diepte schematisatie

De diepteschematisatie voor het nieuwe rooster is uitgevoerd met behulp van het 'Quickin' programma (WL, 1995). Hiermee is op efficiënte wijze interpolatie mogelijk vanuit de XYZ-bestanden naar de eigenlijke roosterpunten. De interpolatie kan binnen op te geven polygonen worden uitgevoerd zonder het resultaat voor andere delen van het model te beïnvloeden.

De werkwijze bij het invullen van de modelbodem is als volgt:

- van fijn naar grof, dus eerst de meest gedetailleerde data gebruiken
- van nieuw naar oud, dus eerst de meest recente data gebruiken

In figuur 4.1 is voor het zeegebied van het Oosterschelde model het eindresultaat van de diepteschematisatie gegeven. De figuren 4.2 tot en met 4.4 geven voor respectievelijk het westelijk, zuidoostelijk en noordoostelijk gedeelte de diepteschematisatie. Details van de schematisatie bij de stormvloedkering zijn gegeven in de figuren 4.5 en 4.6.

Bij het interpoleren van diepte waarden naar het rekenrooster met behulp van Quickin is gebruik gemaakt van de 'gemiddeld' optie. Dit betekent dat de diepte voor een rekencel is gebaseerd op het gemiddelde van alle beschikbare diepte waarden rondom de rekencel. Voor relatief smalle geulen (smal in relatie tot het rekenrooster) kan dit een enigszins te ondiepe dieptewaarde opleveren.

Daarom is er bij het gevoeligheidsonderzoek (zie paragraaf 5.5) een simulatie opgenomen waarbij de diepteschematisatie in het gehele gebied oostelijk van de stormvloedkering is bepaald met de 'maximum' optie van Quickin. Hierbij wordt de diepte voor een rekencel bepaald aan de hand van de diepste dieptewaarden rondom de rekencel.

### 4.2 Andere schematisatie elementen

Op basis van het ontworpen rekenrooster is het stromingsmodel verder geschematiseerd. Hierbij zijn onder andere de volgende schematisatie elementen vastgesteld en in files ten behoeve van WACUA-in-SIMONA ingevoerd:

- de definitie van dunne dammen en droge punten,
- de selectie van monitorpunten en cross-secties,
- de schematisatie van de kering middels barrier punten

Bij de definitie van dunne dammen en droge punten zijn zo goed mogelijk, binnen de beperkingen van het rekenrooster, alle stroom-blokkerende elementen in het Oosterschelde gebied geselecteerd (havendammen, strekdammen, e.d.). De selectie is uitgevoerd aan de hand van de gedetailleerde informatie van teen- en kruinlijnen van dijkvakken en de informatie met betrekking tot de grote infrastructurele werken in het bekken.



De Oosterschelde stormvloedkering is met behulp van de barrièrformulering van Simona geschematiseerd gebruik makend van de gegevens van RIKZ:

- ligging opening: cel van hart pijler tot hart pijler (exact 45 m);
- breedte van doorstroomopening 39,5 m (= 45,0 m - 5,5 m);
- diepte van onderdorpel variërend langs de drie stroomgaten;
- hoogte van schuif vast op NAP +1,0 m mits geen sluitingsscenario;
- afvoercoëfficiënten voor alle stroomcondities vaste waarde van 1,00.

### 4.3 Randvoorwaarden

De indeling van de open zeeranden bestaat uit in totaal 20 randsecties waar de in de tijd variërende randvoorwaarden worden opgelegd. In figuur 4.7 worden de steunpunten van alle randsecties weergegeven. De M- en N-waarden van alle steunpunten worden gegeven in tabel 4.1 waarbij tevens de M- en N-waarden van overeenkomstige punten in het Kuststrookmodel zijn gepresenteerd.

Alle randsecties worden aangestuurd met waterstanden en in deze versie van het stromingsmodel zijn de signalen opgelegd in de vorm van tijdreeksen. Bij toekomstige toepassingen kan een andere manier van signaal opleggen worden toegepast, zoals harmonische componenten of eventueel zelfs getijcomponenten. Een en ander is uiteraard afhankelijk van de beschikbare resultaten van het Kuststrookmodel.

De randvoorwaarden voor beide eerder genoemde meetperioden (zie paragraaf 2.4), inclusief voldoende inspeeltijd voor het stromingsmodel, zijn toegeleverd door RIKZ. Deze randvoorwaarden (tijdreeksen van waterstanden) zijn bepaald aan de hand van berekeningsresultaten van het (uitgedunde) Kuststrookmodel.

### 4.4 Instelling parameters

Voor de instelling van een aantal numerieke en fysische parameters is in eerste instantie zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij de instellingen van het Kuststrook model en een grove versie van het Oosterschelde model. Tijdens de afregeling zijn sommige parameters bijgesteld. Er wordt op gewezen dat de gepresenteerde waarden het eindresultaat zijn van de afregeling. Bij het beperkte gevoeligheidsonderzoek (zie paragraaf 5.5) wordt voor een aantal parameters het effect van een andere instelling beschreven.

#### Tijdstap

De tijdstap is uiteindelijk gekozen op 15 seconden. Controle op de gekozen waarde kan worden gedaan door berekening van het Courant getal waarin een relatie tussen de lokale waterdiepte en de lokale roosterafmetingen wordt gelegd volgens onderstaande expressie:

$$Cr = 2\Delta t \sqrt{\frac{2gh}{\Delta x \cdot \Delta y}}$$



waarin:

$C_r$	= Courant getal	[-]
$\Delta t$	= tijdstap van de simulatie	[s]
$\Delta x$	= maaswijdte in M-richting	[m]
$\Delta y$	= maaswijdte in N-richting	[m]
$g$	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s <sup>2</sup> ]
$h$	= waterdiepte	[m]

Figuur 4.8 geeft voor de gehanteerde diepteschematisatie de Courant getallen voor het gehele model. De Courant getallen zijn bepaald voor een waterstand van NAP +1,0 m. Uit de figuur blijkt dat over het algemeen de Courant getallen kleiner zijn dan 15,0. Alleen lokaal in de relatief diepe en kleine cellen in de Oosterschelde bij Colijnsplaat en Zierikzee komen Courant getallen voor in de orde van 25,0 tot 30,0. Voor een nauwkeurige simulatie dienen in het algemeen de Courant getallen kleiner te zijn dan 15 á 25. Een controle op de gekozen tijdstap, en dus het Courant getal, is uitgevoerd bij het gevoeligheidsonderzoek (zie paragraaf 5.5).

### Ruwheidswaarde

De bodemweerstand wordt ingevoerd middels een ruwheidswaarde volgens de Manning-formulering. Er is een globale ruwheidswaarde van  $0,024 \text{ s/m}^{1/3}$  opgegeven.

### Eddy-viscosity

De waarde voor de eddy-viscosity is ingesteld op een default waarde van  $1,0 \text{ m}^2/\text{s}$ .

### Windschuifspanning coëfficiënt

De waarden voor de windschuifspanning coëfficiënt zijn volgens de RIKZ-formulering, waarbij een geknikt verloop wordt opgelegd volgens onderstaand schema:

- windsnelheid < 10,2 m/s  $C_d = 0,00144$
- windsnelheid > 15,9 m/s  $C_d = 0,00258$
- voor tussengelegen waarden van de windsnelheid lineaire interpolatie van  $C_d$

## 5 Afregeling van het model

### 5.1 Algemeen

Na de bouw van het stromingsmodel is het afregelproces opgestart teneinde vast te stellen of een realistische reproductie van gemeten waterstanden, stroomsnelheden en debieten kan worden bereikt.

In dit hoofdstuk wordt eerst in paragraaf 5.2 een beknopte beschrijving gegeven van het afregelproces. Hierbij wordt de variatie in de instellingen van een aantal relevante parameters beschreven.

Vervolgens wordt in paragraaf 5.3 en 5.4 voor de twee getijcondities een uitgebreide presentatie van de resultaten gegeven van de berekeningen met de eindinstellingen. Deze presentatie betreft een vergelijking van tijdreeksen van meting en berekening voor een aantal grootheden, zoals: waterstanden, stroomsnelheden en debieten. Tenslotte worden als aanvullende informatie de berekende stroomsnelheden als veldgrootheden gepresenteerd voor een tweetal tijdstippen tijdens het getij.

In paragraaf 5.5 worden resultaten van een beperkt gevoeligheidsonderzoek beschreven. Hierbij zijn de effecten van variatie in tijdstap, ruwheidswaarde en diepte schematisatie onderzocht.

### 5.2 Beschrijving afregelproces

Normaal gesproken vindt het afregelen van een model in een tweetal fasen plaats, namelijk eerst een calibratie met de feitelijke afregeling en aansluitend een verificatie. Bij de calibratie wordt voor een gekozen getijconditie het model wordt afgeregeld en alle relevante parameters optimaal worden ingesteld voor het bereiken van een nauwkeurige reproductie van gemeten grootheden. Vervolgens wordt, zonder verdere aanpassing van de parameters, bij de verificatie gecontroleerd of het model ook bij andere getijcondities dezelfde nauwkeurigheid in de reproductie van gemeten grootheden kan bereiken.

Bij de afregeling zijn een aantal berekeningen uitgevoerd met de volgende doelstelling:

- enige tests voor meting 23 september 1987 met als doel het 'gedrag' van het model te onderzoeken en controles uit te voeren op een groot aantal schematisatie elementen, hierbij is in beperkte mate gekeken naar reproductie van waterstanden;
- enige tests voor meting 23 september 1987 met als doel de calibratie, waarbij gekeken is naar de reproductie van waterstanden in het gehele model en de reproductie van stroomsnelheden en debieten in raaien in de omgeving van de stormvloedkering;
- een test voor meting 12 oktober 1987 met als doel de verificatie, waarbij gekeken is naar de reproductie van stroomsnelheden en debieten in raaien in het westelijk deel van het bekken en tevens controle op waterstanden in het gehele model.

Uiteindelijk zijn bij de afregeling slechts in beperkte mate de instellingen van de relevante parameters gevarieerd. Voor de ruwheidswaarde zijn een aantal default waarden toegepast, het lokaal toepassen van afwijkende ruwheidswaarden was voor het verkrijgen van een goede reproductie van de metingen niet noodzakelijk. Mogelijk kan deze noodzaak aan de orde komen indien blijkt dat bij het reproduceren van metingen in het oostelijk deel van het bekken afwijkingen voorkomen. Tevens zijn bij de afregeling een aantal steunpunten van randsecties over geringe afstand verschoven teneinde optredende rondstromingen te reduceren.

### 5.3 Resultaten meting 23 september 1987

In de figuren 5.1 tot en met 5.4 worden voor de meting van 23 september de berekende en gemeten waterstanden in een zevental meetstations vergeleken. Uit deze figuren blijkt dat de waterstanden goed worden gereproduceerd, zowel de fase van het getij als het getijverschil vertonen een grote mate van overeenkomst. Alleen tijdens de ebfase blijven de berekende waterstanden iets achter bij de metingen. Mogelijk wordt een en ander voor een deel geïntroduceerd door de opgelegde randvoorwaarden, omdat te zien is dat in het station OS-4 (zeezijde kering) ook al sprake is van een geringe fase verschuiving.

De figuren 5.5 tot en met 5.10 geven een vergelijking van berekende en gemeten stroomsnelheden. De meetpunten representeren lokaties ten westen (bij vloed) en ten oosten (bij eb) van de stormvloedkering in de Roompot. Ook de berekende stroomsnelheden geven over het algemeen een goede reproductie van de gemeten snelheden. De fase en grootte van de berekende stroomsnelheden en ook de vorm van de snelheidskrommen komen sterk overeen met de metingen.

De berekende en gemeten debieten in de eb- en vloedraai bij de kering in de Roompot zijn gepresenteerd in figuur 5.11. De van de snelheidsmetingen afgeleide grootte van het debiet door een stroomgeul laat een grote mate van overeenkomst zien in fase en grootte.

Tenslotte worden van de berekening van 23 september 1987 een aantal stroombeelden gepresenteerd. In de figuren 5.12 tot en met 5.15 worden rond maximum vloed (14:00 uur) stroombeelden gegeven voor respectievelijk het zeegebied, het westelijk deel, het zuidoostelijk deel en het noordoostelijk deel. De gepresenteerde stroombeelden zijn uitgedund met een factor drie voor een beter overzicht. De figuren 5.16 en 5.17 geven niet-uitgedunde stroombeelden voor de stormvloedkering in de Roompot en in Schaar en Hammen. De figuren 5.18 tot en met 5.23 geven voor dezelfde gebieden de stroombeelden rond maximum eb (18:00 uur).

De gepresenteerde stroombeelden vertonen over het algemeen een zeer realistisch beeld. De ligging van geulen en platen komt duidelijk naar voren in de vorm van gebieden met respectievelijk hoge en lage stroomsnelheden. De detailstroombeelden bij de stormvloedkering tonen grote neren benedenstrooms van de kering. In hoeverre de horizontale afmetingen in overeenstemming zijn met de werkelijkheid kan niet worden beoordeeld zonder aanvullende informatie. Bij de zeeranden is tijdens eb sprake van een klein gebied met rondstromingen. Een en ander kan mogelijk nog worden verbeterd door geringe verschuivingen van steunpunten van randsecties.

## 5.4 Resultaten meting 12 oktober 1987

De vergelijking van de gemeten en de berekende grootheden voor de metingen op 12 oktober 1987 zijn gegeven in de volgende figuren:

- figuren 5.24 tot en met 5.27: waterstanden
- figuren 5.28 tot en met 5.35: stroomsnelheden
- figuren 5.36 en 5.37: debieten

Ook uit deze figuren blijkt dat het model een zeer goede reproductie geeft van de gemeten grootheden, zowel de fase als de grootte van de signalen vertonen een grote mate van overeenkomst.

De waterstanden voor deze meetdag vertonen een gelijke mate van overeenkomst tussen meting en berekening als bij de meting van 23 september. Ook bij deze berekening is sprake van een geringe faseverschuiving tijdens eb, waarbij de berekening later is dan de meting.

De soms karakteristieke vorm van de snelheidssignalen wordt over het algemeen goed gereproduceerd. De debieten door de drie hoofdgeulen vertonen een sterke overeenkomst. Alleen de berekende debietkromme voor de Hammen is iets later dan volgens de metingen.

## 5.5 Resultaten gevoeligheidsonderzoek

Na de afregeling van het stromingsmodel voor de bestaande situatie zijn een aantal berekeningen uitgevoerd voor het vaststellen van de gevoeligheid voor variatie in bepaalde parameters. Hierbij zijn voor simulaties van meting 23 september 1987, met codering 's87', de volgende parameters en grootheden gevarieerd:

- ruwheid: het effect van de toepassing van een default Manning-waarde van 0,027 in plaats van 0,024; de codering van deze simulatie is '87a';
- diepte: het effect van een diepte interpolatie met Quickin voor het gehele bekken met de 'maximum' optie in plaats van de 'gemiddeld' optie; de codering van deze simulatie is '87b';
- tijdstap: het effect van een halvering en een verdubbeling ten opzichte van de normaal toegepaste tijdstap, dus respectievelijk een tijdstap van 7,5 en 30 sec; de coderingen van deze simulaties zijn '87c' en '87d'.

De beoordeling van het effect van een bepaalde variatie is gedaan door vergelijking van een aantal grootheden met de referentie berekening 's87'. Voor elke variant worden voor een aantal 'aansprekende' lokaties in het bekken waterstanden gecombineerd met stroomsnelheden gepresenteerd. In figuur 5.38 is de ligging van deze meetpunten aangegeven.

Voor de waterstanden zijn de twee meest oostelijke meetpunten genomen namelijk Philipsdam-west en Marolle Gat. Voor de stroomsnelheden zijn drie lokaties gekozen in de hoofdgeulen in het westelijk gedeelte van het bekken en drie lokaties in de hoofdgeul respectievelijk bij Zierikzee, Kats en Wemeldinge. In het zeegebied zijn de veranderingen te verwaarlozen en daarom worden geen resultaten voor dit gebied getoond.

### *Effect ruwheid*

In figuur 5.39 worden voor de twee gekozen lokaties berekende waterstanden voor verschillende ruwheidswaarden gegeven. De berekende stroomsnelheden bij deze berekeningen zijn gepresenteerd in de figuren 5.40 tot en met 5.42.

De toepassing van een ruwheidswaarde van 0,027 (default) geeft meer bodemweerstand hetgeen resulteert in een enigzins kleiner getijverschil (orde 3 %) en een geringe faseverschuiving (later). De figuren laten zien dat ook de stroomsnelheden in geringe mate reduceren. De aansluiting bij de metingen is dan ook iets minder optimaal.

### *Effect diepte*

De variatie in diepteschematisatie is uitgevoerd in het gehele bekken oostelijk van de stormvloedkering. De schematisatie met de 'maximum' optie is 'snel' uitgevoerd, zonder uitgebreide controle op het resultaat. Teneinde een beeld te krijgen van het effect van deze ingreep is het verschil tussen beide diepte schematisaties bepaald. Figuur 5.43 geeft de verschil diepten voor het gehele bekken.

Uit deze figuur blijkt dat met name verschillen zijn te zien in de geulen en langs de plaatranden. Op veel plaatsen komen verschillen voor in de orde van 1,0 tot 2,0 m. Verschillen groter dan 4,0 m komen sporadisch voor langs oevers en randen van geulen en zijn waarschijnlijk niet geheel realistisch.

In de figuren 5.44 tot en met 5.47 worden de resultaten gegeven van de berekeningen met variatie in diepteschematisatie (waterstanden en stroomsnelheden).

Een gemiddeld grotere diepte in het bekken geeft voor de waterstanden een geringe afname van het getijverschil (orde 2%) en een zeer geringe vervroeging van de fase. Over het algemeen zijn door de grotere diepten de stroomsnelheden enigszins afgenomen, hetgeen leidt tot een minder goede overeenkomst met de metingen.

### *Effect tijdstap*

In figuur 5.48 worden voor de twee gekozen lokaties berekende waterstanden voor verschillende tijdstappen gegeven. De berekende stroomsnelheden bij deze berekeningen zijn gepresenteerd in de figuren 5.49 tot en met 5.52.

De waterstanden in de twee lokaties zijn voor de drie toegepaste tijdstappen identiek. De gepresenteerde stroomsnelheden daarentegen laten zien dat een tijdstap van 30 sec op een aantal plaatsen enigszins andere resultaten geeft dan een tijdstap van 15 sec (vergelijk 87d met s87). Genoemde veranderingen betekenen dat deze tijdstap te groot is. Een tijdstap van 7,5 sec geeft over het algemeen vergelijkbare stroomsnelheden als een tijdstap van 15 sec. Een en ander betekent dat een tijdstap van 15 sec voldoende klein is.



## Referenties

Alkyon, 1998, *Kuststrook model, Bouw en eerste afregeling*, A226R1, maart 1998

Alkyon, 1998, *Golfberekeningen Oosterschelde*, A2466R0r1, juli 1998

Rijkswaterstaat RIKZ, 1998, *Rekenroosters van RWS basismodellen van Oceaan tot Nederlandse binnenwateren*, Werkdocument RIKZ/OS-98.140x, april 1998.

WL Delft Hydraulics, 1995, *Rgfgrid, Graphical User interface for generation and manipulation of Trisula grids*, User Manual V. 2.3, september 1995.

WL Delft Hydraulics, 1995, *Quickin, Graphical User interface for generation and manipulation of Trisula bathymetries*, User Manual V. 2.3, september 1995.



Naam	Parijse coördinaten (in m)	
	x	y
OS4 Oosterschelde zeezijde	37837	408810
Roompot binnen	37226	404730
Zeelandbrug noord	52718	405260
Stavenisse	59300	401630
Philipsdam west	69441	409300
Zandkreeksluis buiten	49500	396300
Yerseke	63695	391840
Marollegat	71992	388510

Tabel 2.1 Waterstandsstations Oosterschelde

Naam	Parijse coördinaten (in m)	
	x	y
<u>Roompot - ebraai11:</u>		
Pluimpot - eb	37224	402972
Zuiderdiep - eb	37268	403240
Swalinge - eb	37289	403576
Sierix - eb	37302	403790
Molenvliet - eb	37308	404014
Zwake - eb	37213	404149
<u>Roompot - vloedraai11:</u>		
Pluimpot - vloed	36714	402954
Zuiderdiep - vloed	36734	403160
Swalinge - vloed	36672	403399
Sierix - vloed	36793	403793
Molenvliet - vloed	36829	404033
Zwake - vloed	36837	404168

Tabel 2.2 Snelheidsmeetpunten meting 23 september 1987





Naam	Parijse coördinaten (in m)	
	x	y
<u>Roompot - raai 1:</u>		
(mp1,r1) Pluimpot	42321	402579
(mp2,r1) Steenvliet	42310	402734
(mp3,r1) Sierix	42286	403115
(mp4,r1) Wijtvliet	42252	403523
(mp5,r1) Swalinge	42227	403867
(mp6,r1) Lodijcke	42150	404427
(mp7,r1) Molenvliet	42110	404852
(mp1,r1) OSM111	42296	402825
(mp2,r1) OSM105	42246	403376
(mp3,r1) OSM108	42185	404020
(mp4,r1) OSM110	42133	404571
<u>Schaar van Roggenplaat - raai 2:</u>		
(mp8,r2) Schelveringe	42131	406720
(mp9,r2) Westergat	42180	407072
(mp11,r2) Zwake	42203	407588
(mp12,r2) Libel	42246	407968
(mp5,r2) OSM112	42142	406845
(mp6,r2) OSM120	42174	407173
(mp7,r2) OSM106	42226	407699
<u>Hammen - raai 3:</u>		
(mp13,r3) Bokkegat	42269	409772
(mp14,r4) Schenge	42124	410034
(mp15,r3) Welsinge	42025	410275
(mp16,r3) Indus	41995	410450
(mp8,r3) OSM119	42197	409878
(mp9,r3) OSM121	42090	410175
(mp10,r3) OSM109	42025	410367
<u>Roggenplaat - raai 4:</u>		
(mp17,r4) Scouden	40927	408389
(mp11,r4) OSM115	40990	408420
(mp12,r4) OSM113	40993	408405

Tabel 2.3 Snelheidsmeetpunten meting 12 oktober 1987



Steunpunt	Oosterscheldemodel		Kuststrookmodel	
	M	N	M	N
<u>ZW-rand</u>				
1	242	84	670	48
2	242	75	670	45
3	242	60	670	40
4	242	45	670	35
5	242	30	670	30
6	242	15	670	25
7	242	3	670	21
<u>NW-rand</u>				
8	241	2	670	21
9	215	2	661	21
10	185	2	651	21
11	155	2	641	21
12	125	2	631	21
13	95	2	621	21
14	65	2	611	21
15	35	2	601	21
16	8	2	592	21
<u>NO-rand</u>				
17	7	3	592	21
18	7	15	592	25
19	7	30	592	30
20	7	45	592	35
21	7	60	592	40
22	7	75	592	45
23	7	90	592	50

Tabel 4.1 Steunpunten open zeeranden