

**Ruimtelijke variatie van hydrodynamische parameters
van belang voor de verspreiding van macrobenthos
in de Westerschelde**

Werkdocument RIKZ/OS-98.831X

**M. Schaap en I.J. Touwen
Mei 1998**

**Fysische Geografie
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen
Universiteit Utrecht**

Van
M. Schaap en I.J. Touwen
Datum
29 mei 1998

Bijlage(n)
5
Nummer
RIKZ/OS-98.831X
Project
HABIMAP

Onderwerp
Ruimtelijke variatie van hydrodynamische parameters van belang voor de verspreiding
van macrobenthos in de Westerschelde

INHOUDSOPGAVE

blz

Lijst van figuren, tabellen en bijlagen	2
VOORWOORD	3
1 INLEIDING	4
1.1 Probleemschets	4
1.2 Doelstelling	4
1.3 Vraagstellingen	5
1.4 Opbouw verslag	5
2 WERKWIJZE EN METHODIEKEN	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Stroming met gemiddeld springtij	6
2.3 Golfwerking tijdens stormen	7
2.3.1 Inleiding	7
2.3.2 Windkarakteristiek	7
2.3.3 Golfwerking	8
2.4 Reststroomveld doottij-springtij-cyclus	8
3 RESULTATEN	9
3.1 Inleiding	9
3.2 Stroming met gemiddeld springtij	9
3.3 Golfwerking tijdens stormen	10
3.3.1 Inleiding	10
3.3.2 Windkarakteristiek	10
3.3.3 Golfwerking	14
3.4 Reststroomveld doottij-springtij-cyclus	14
4 DISCUSSIE	15
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	16
5.1 Conclusies	16
5.2 Aanbevelingen	17
LITERATUUR	18
BIJLAGEN	

Lijst van figuren, tabellen en bijlagen

Figuren

1. Relatief voorkomen van wind per aangegeven segment gedurende de periode van oktober 1987 tot december 1997 (hoek in graden ten opzichte van het Noorden)
2. Frequentieverdeling winden over verschillende windkrachtseenheden (Beaufort), per windsegment

Tabellen

1. Frequentie en herhaaltijd van winden met verschillende windkracht, per windsegment
2. Overzicht van de windkarakteristieken van stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen, per windsegment
3. Overzicht van de kenmerken van de geselecteerde stormen

Bijlagen

1. Kaarten maximale stroomsnelheid en bijbehorende richting tijdens gemiddeld springtij bij *eb* in de Westerschelde
2. Kaarten maximale stroomsnelheid en bijbehorende richting tijdens gemiddeld springtij bij *vloed* in de Westerschelde
3. Kaarten van het reststroomveld van een springtij-doodtij-cyclus in de Westerschelde
4. Methodiek voor verwerking WAQUA-files
5. Uitgebreide methodiek voor bepaling maximale orbitaalsnelheid tijdens storm

VOORWOORD

Dit rapport beschrijft een opdracht die in het kader van het RIKZ-project HABIMAP is uitgevoerd. Nauw verbonden met dit project zijn de RIKZ-projecten DYNASTAR*ECOMOR en INGE (INrichting * GEneriek). Het onderzoek in het kader van de drie bovengenoemde projecten is een samenwerkingsverband tussen het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), de Universiteit Utrecht (UU), de Rijksuniversiteit Groningen (RUG) en het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO) (Van Doorn, 1997). De opdrachtgever is het RIKZ. Veel mensen hebben hun bijdrage geleverd aan het tot stand komen van dit rapport. Graag willen we ten eerste Kaj van Doorn bedanken voor al zijn tips, uitleg en inzet. Uiteraard hebben Harm Verbeek (RIKZ) en Aart Kroon (UU) een essentiële bijdrage geleverd aan de invulling en uitvoer van het project. Bovendien hebben de volgende personen ons op allerlei verschillende gebieden uitkomst geboden: Marco Duiker (UU), Dick de Jong (RIKZ), Ard Kamsteeg en Jeroen de Jong (SWAN-boys, RIKZ), Gijs van Banning (ALKYON), Joska Andorka Gal (RIKZ), Frans van Balen (VCZ), Maarten Kleinhans (UU) en Hennie Schans (UU).

1 INLEIDING

1.1 Probleemschets

Inzicht in de verspreiding van bodemdieren in de Westerschelde en het effect van ingrepen op deze verspreiding is voor beheerders gewenst. Daarom worden op dit moment binnen het project HABIMAP met behulp van GIS ecotopenkaarten gemaakt voor de Westerschelde. Momenteel is hierbij de behoefte om dit uit te breiden met groeivoorwaardenkaarten. In deze kaarten worden abiotische factoren zoals bodemhoogte, overstromingsduur, en waterbewegings-karakteristieken aangegeven.

Op kleine schaal wordt in detail gekeken naar de verspreiding van macrobenthos en de invloed van hydrodynamische parameters daarop. Dit gebeurt binnen het RIKZ-project DYNASTAR*ECOMOR, waarbij de Plaat van Baarland als onderzoekslocatie is genomen. Binnen ECOFLAT (Europees onderzoek) is op de Molenplaat in de Westerschelde de afgelopen twee jaar onderzoek gedaan naar het ecologisch/morfologisch gedrag van een plaat in een estuarium. Het onderzoek richt zich ook op de relaties tussen hydrodynamiek, sedimentsamenstelling, voedselaanbod en het voorkomen van organismen in de bodem. Voorts wordt binnen ECOFLAT gewerkt aan de opschaling van plaatgegevens naar de Westerschelde op basis van ongeveer 3000 monsters en aan de Ecomorfologische Module (ontwikkeld binnen het LWI-programma).

De hydrodynamische parameters die de spreiding van de macrobenthos beïnvloeden zijn gerelateerd aan stroming, golfwerking en reststroom. De stroming en golfwerking zijn van invloed op substraatdynamiek en daarmee op de leefsituatie van de macrobenthos. Het vermoeden bestaat dat het twee-wekelijks terugkerend springtij op een aantal plaatsen in de Westerschelde gepaard gaat met dermate sterke stromingen dat de leefsituatie van de macrobenthos verstoord wordt (pers. com. D. de Jong, 1998). Golfwerking tijdens stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen heeft waarschijnlijk een negatieve invloed op het voorkomen van macrobenthos. Verondersteld wordt dat de macrobenthos niet in staat zijn zich te vestigen of stand te houden tijdens deze stormen doordat de orbitaalbewegingen te groot zijn en te veel onrust geven in hun vestigingsmilieu. Tenslotte speelt de reststroom mogelijk een rol in de verspreiding van macrobenthos. Het patroon van deze reststroom zou kunnen bepalen waar de larven uiteindelijk terechtkomen.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit deelonderzoek bestaat uit het bepalen van waterbewegings-karakteristieken in de Westerschelde met behulp van modellen. Hierbij liggen de accenten op de tweewekelijkse doottij-springtij-cyclus en de eens per 1 à 2 jaar optredende stormcondities.

Deze doelstelling is in drie delen opgesplitst. Ten eerste moet een beeld verkregen worden van de ruimtelijke variatie in maximale vloed- en ebstroming tijdens gemiddeld springtij. Ten tweede moet een beeld verkregen worden van de ruimtelijke variatie in de maximale orbitaalsnelheid tijdens eens in de 1 à 2 jaar terugkerende stormen uit verschillende windrichtingen. Ten derde moet een beeld verkregen worden van de ruimtelijke variatie in het reststroomveld van een doottij-springtij-cyclus.

1.3 Vraagstellingen

Om de doelstelling te bereiken dienen de volgende vraagstellingen beantwoord te worden:

- 1a) Wat is de maximale stroomsnelheid en bijbehorende stroomrichting tijdens *eb* gedurende een gemiddeld springtij op regelmatig verspreide locaties in de Westerschelde?
- 1b) Wat is de maximale stroomsnelheid en bijbehorende richting tijdens *vloed* gedurende een gemiddeld springtij op regelmatig verspreide locaties in de Westerschelde?
- 2a) Wat is de windkarakteristiek van een storm die eens in de 1 à 2 jaar optreedt in de Westerschelde?
- 2b) Welke stormen uit het verleden kunnen als representatief gebruikt worden in de modellering van golfwerking tijdens de eens in de 1 à 2 jaar terugkerende storm?
- 2c) Wat is het ruimtelijk patroon van de maximale orbitaalsnelheid van golven gedurende deze storm in de Westerschelde?
- 3) Wat is het ruimtelijk patroon in snelheid en richting van de reststroom van een doottij-springtij-cyclus in de Westerschelde?

1.4 Opbouw van het rapport

In dit rapport zal in hoofdstuk 2 beschreven worden welke werkwijze is gevolgd voor het maken van de kaarten van waterbewegingskarakteristieken binnen het project HABIMAP, en van welke methodes daarbij gebruik gemaakt is. Vervolgens zullen in hoofdstuk 3 de verkregen resultaten weergegeven worden, gevolgd door een discussie over deze resultaten in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 zullen tenslotte de antwoorden op de vraagstellingen geformuleerd worden en een aantal aanbevelingen gedaan worden.

2 WERKWIJZE EN METHODIEKEN

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen achtereenvolgens de bepaling van de maximale stroming bij gemiddeld springtij, de bepaling van de maximale orbitaalsnelheid en de bepaling van de reststroom besproken worden. Niet alles wat in dit hoofdstuk besproken wordt, is uiteindelijk binnen dit project uitgevoerd, echter voor de volledigheid zijn de algehele concepten achter de uiteindelijke werkwijze vermeld.

2.2 Stroming met gemiddeld springtij

Voor de berekening van de maximale vloed- en ebstroom is gerekend met het SCALWEST-model van de Westerschelde. Uit het onderzoek van Van Doorn (1997) is gebleken dat dit model goed bruikbaar is voor de berekening van de gevraagde gegevens. In dit model is een bodemschematisatie van 1996 aangebracht. Een gedetailleerde beschrijving van het model is opgenomen in Jansen (1997)

De simulatie van de waterbeweging bij gemiddeld springtij gaat uit van gemeten condities op 4 en 5 mei 1996. Gedurende deze dagen was de windkracht 2 tot 3 uit noordwestelijke richting bij Hansweert. Getijgegevens bij Vlissingen (Jansen, 1997):

Tijd LW	09:30	21:50
Waterstand LW (m t.o.v. NAP)	-2.18	-2.26
Getijverschil (m)	4.77	4.76
Getijcoëfficiënt (-)	1.24	1.23

Voor de eb- en vloedperiode is voor elk punt in de Westerschelde (tot aan de grens met België) om de 10 minuten de dieptegemiddelde stroming bepaald. De maximale eb- en vloedstroming per punt is hieruit gehaald met behulp van WAQPAN en MATLAB, zie bijlage 4. Deze gridgegevens zijn vervolgens opgeslagen als ASCII-files (zie bijlage 4) De snelheidsgegevens bij eb en vloed die SCALWEST oplevert zijn berekend in een kromlijnige grid. Deze gegevens zijn vervolgens geïnterpoleerd naar een rechte lijnig 100 x 100 meter –grid. Dit is gedaan met behulp van ‘Inverse Distance Weighting’, waarbij een zoekstraal van 200 meter en een macht van 2 zijn gehanteerd. Voor het uitvoeren van deze interpolatie en het bepalen van de stromingsrichting is het geostatistische programma PC-Raster gebruikt. Vervolgens is de format van deze PC-Raster files aangepast en zijn ze tot twee stroomsnelheidskaarten verwerkt in ArcInfo.

2.3 Golfwerking tijdens stormen

2.3.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt ten eerste de bepaling van de windkarakteristiek voor een storm die eens in de 1 à 2 jaar voorkomt besproken. Vervolgens komt de bepaling van de maximale orbitaalsnelheden tijdens deze stormen aan bod.

2.3.2 Windkarakteristiek

Stormen die eens in de 1 à 2 jaar optreden blijken belangrijk te zijn voor de verspreiding en het voorkomen van macrobenthos in de Westerschelde. Deze stormen worden gekenmerkt door een windsnelheid en –richting. Voor het bepalen van de gemiddelde windsnelheid en –richting van deze karakteristieke stormen is een dataset van windgegevens bij Hansweert over 10 jaar geanalyseerd (van oktober 1987 tot december 1997). Hierbij is in eerste instantie gekeken hoe de frequentieverdeling van de winden over de gehele windroos is, waarbij de windroos in twaalf segmenten is opgedeeld. Aangezien het effect dat de wind heeft op de golfwerking verschilt per locatie in de Westerschelde en per windrichting, moet voor een aantal delen van de windroos de windkarakteristiek bepaald worden van een storm die eens in de 1 à 2 jaar voorkomt. Op deze manier kan een volledig beeld gekregen worden van de extreme golfwerking in de gehele Westerschelde. Op basis van de frequentieverdeling (figuur 1) is daarom de windroos opgedeeld in vijf segmenten. Hierbij is de westelijke helft van de windroos, met de hoogste windfrequenties, in drie segmenten opgedeeld, zodat de stormen uit deze windhoek iets nauwkeuriger bekeken kunnen worden. De oostelijke helft van de windroos is in twee segmenten verdeeld. Het aantal segmenten is beperkt tot vijf, om het aantal uit te voeren modelberekeningen te beperken en de dataset overzichtelijk te houden. Voorts zijn deze vijf segmenten zo gekozen dat ze de maximale strijklengte in de Westerschelde opleveren. Binnen deze segmenten is de frequentie (en herhaaltijd) van winden met verschillende windkracht bepaald, om te kijken uit welke hoek het meest frequent de sterkste winden waaien.

Voor het maken van een gefundeerde keuze van karakteristieke stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen zijn per windsegment de stormen uit de dataset gehaald en is per storm de gemiddelde windsnelheid en –richting bepaald. Hierbij is een ‘storm’ gedefinieerd als een periode van 4 uur of langer met wind uit dezelfde richting en een windsnelheid binnen een of twee (relatief hoge) windkrachtseenheden van Beaufort. (Dit laatste met uitzondering van de hele zware stormen, waarbij windstoten in een hogere windkrachtseenheid op kunnen treden en dus meerdere windkrachtseenheden in een storm vertegenwoordigd kunnen zijn) Hierbij is per windsegment gekeken naar de windsnelheden die binnen dat segment eens in de 1 à 2 jaar optreden. Er is dus geen gebruik gemaakt van een drempelwaarde waarboven windsnelheden moeten liggen om als deel van een storm beschouwd te worden.

Uit de opgetreden stormen zijn representatieve stormen bepaald (1 per windsegment), welke gebruikt kunnen worden als invoer voor de te draaien sommen. Bovendien is nog één superstorm uit westelijke richting geselecteerd.

2.3.3 Golfwerking

Om over de hele Westerschelde de maximale orbitaalsnelheid van golven tijdens stormen uit verschillende richtingen te bepalen, dienen eerst de stromingscondities en waterstanden tijdens de geselecteerde stormen berekend te worden. Hiertoe wordt over de Westerschelde een grid van 100 bij 100 meter uitgelegd en wordt vervolgens het WAQUA-model gebruikt om de genoemde berekeningen uit te voeren. Dit gebeurt voor de vijf geselecteerde stormen uit de verschillende windrichtingen. Maximale stroomsnelheden vinden niet over de gehele Westerschelde op hetzelfde tijdstip binnen de getijcyclus plaats omdat er grote verschillen in bodemhoogte bestaan. Daarom moet op meerdere tijdstippen per storm de stroomsnelheid en de waterstand worden bepaald: ten tijde van de maximale vloedstroom in de geulen (paar uur voor hoog water), hoogwater, de maximale ebstroom in de geulen (paar uur voor laag water) en laagwater. Er dient ook rekening mee gehouden te worden dat de getijgolf door de Westerschelde heen 'loopt' en dat bepaalde getijfasen op verschillende tijdstippen op verschillende plaatsen in de Westerschelde optreden. De berekeningen per getijfase zijn uitgevoerd op grond van de tijdstippen van hoog en laag water die een middeling zijn van deze tijdstippen bij Bath en Vlissingen. Met deze gegevens kunnen de orbitaalsnelheden op alle gridpunten per storm bepaald worden met behulp van het SWAN-model (zie voor uitgebreide beschrijving van de te volgen methodiek bijlage 5). Het gebruik van dit model voor het berekenen van de gevraagde gegevens is door Van Doorn (1997) geschikt bevonden. Wel dient er rekening mee te worden gehouden dat de nauwkeurigheid van de golfgegevens op de platen sterk afhangt van de nauwkeurigheid van de waterstanden en bodemligging. Een kleine fout in de waterstandsgegevens van WAQUA, kan een relatief grote fout in de golfgegevens opleveren.

De SWAN-berekeningen leveren voor vijf stormen en vier tijdstippen per storm snelheidsgegevens op. Uit deze gegevens wordt met behulp van ArcInfo de maximale orbitaalsnelheid per gridpunt geselecteerd welke vervolgens in één kaart samengevoegd worden.

2.4 Reststroomveld doodtij-springtij-cyclus

Het reststroomveld over een doodtij-springtij-cyclus laat de uiteindelijke netto-stroming over deze cyclus zien. De reststroom is bepaald met het SCALWEST-model van WAQUA, waarbij het model een vectorsommatie van de stroomsnelheidsvectoren uitvoert voor de opgegeven periode. De stroomsnelheids-vectoren worden door het model om de minuut berekend. De periode betrof de doodtij-springtij cyclus van 27 april 1996 tot 11 mei 1996. Omdat het tijdsverschil tussen de doodtij-hoogwaterpieken in Vlissingen en Bath op 27 april en 11 mei 1996 respectievelijk 59 minuten en 1 uur en 14 minuten bedroeg, is hiertussen gemiddeld. De periode van vectorsommatie loopt van 22:58 op 27 april 1996 tot 22:35 op 11 mei 1996 (13.98 dagen).

Met behulp van het programma ANIMATE is het reststroomveld van de gehele Westerschelde weergegeven in drie deelkaarten.

3 RESULTATEN

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten aan de hand van de drie deeldoelstellingen beschreven. Ten eerste wordt de maximale eb- en vloedstroming stroming tijdens een gemiddeld springtij weergegeven. Ten tweede komt de golfwerking tijdens stormen aan bod. Tenslotte wordt het reststroomveld van een doottij-springtij-cyclus beschreven.

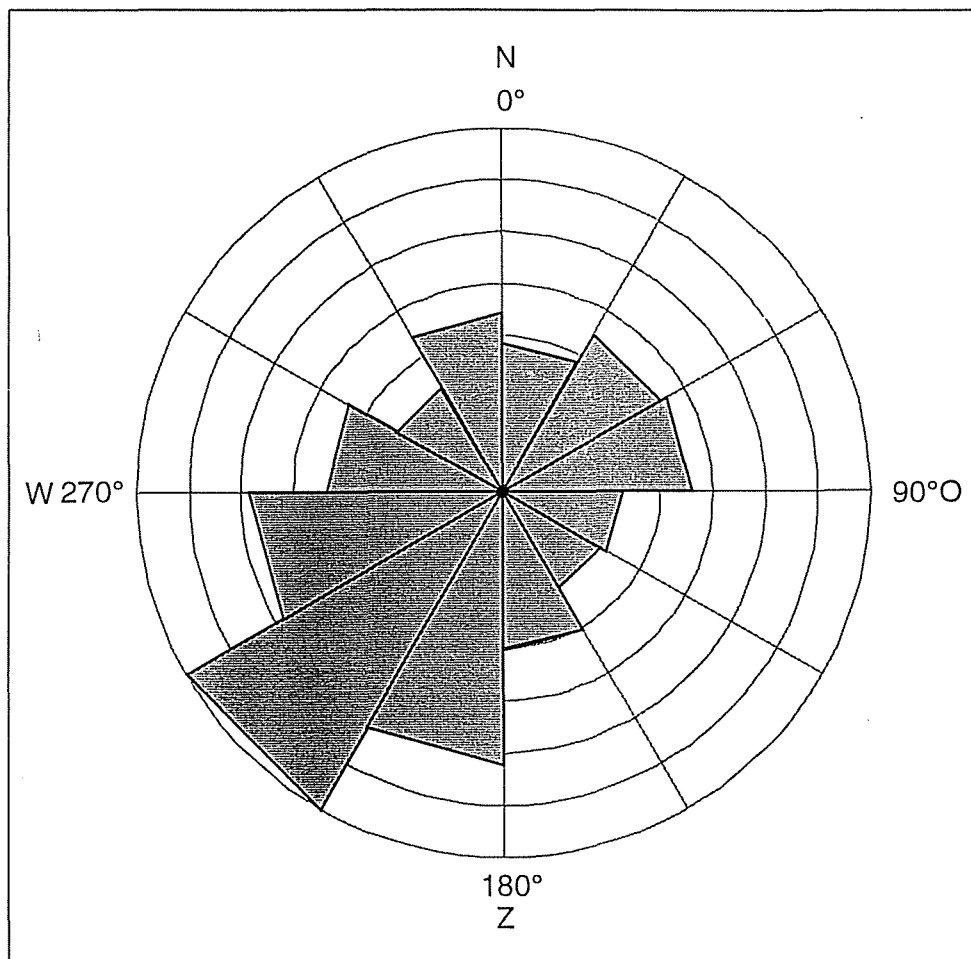
3.2 Stroming met gemiddeld springtij

De maximale stroomsnelheid en bijbehorende stromingsrichting tijdens een gemiddeld springtij gedurende eb en vloed is weergegeven in kaarten in respectievelijk bijlage 1 en 2. De snelheden weergegeven in de kaarten, zijn de maximale dieptegemiddelde snelheden voor iedere gridcel. Deze stroomsnelheden treden niet allemaal op hetzelfde moment in de getijcyclus op. De maximale stroomsnelheid op de platen zal bijvoorbeeld optreden tijdens hoogwater, als er water op de platen staat. De maximale stroomsnelheid in de diepere geulen vindt plaats tussen hoog en laag water, als de verandering in waterdiepte het grootst is. In beide stroomsnelheidskaarten is het geulenpatroon in de Westerschelde duidelijk waarneembaar. Naast de vloed- en ebgeulen zijn dwarsgeulen te zien, kortsluitgeulen genaamd, die een verbinding vormen tussen vloed- en ebgeulen. De duidelijkste kortsluitgeul bevindt zich bij het Middelgat in de meest noordelijke bocht van de Westerschelde. De hoogste stroomsnelheden vinden plaats in de diepe geulen, de laagste stroomsnelheden op de platen. Bovendien is te zien dat de maximale stroomsnelheden tijdens vloed groter zijn dan tijdens eb. In de geulen ligt de maximum-stroomsnelheid bij vloed tussen 1,5 en 3,0 m/s, echter tijdens eb tussen 1,2 en 2,1 m/s. Op de platen is het verschil in maximum-stroomsnelheid tussen eb en vloed nauwelijks aanwezig, deze ligt in beide situaties tussen 0,3 en 0,9 m/s. Wel kan opgemerkt worden dat de oppervlakte van de gebieden met lage stroomsnelheden groter zijn tijdens eb. De stromingsrichting is tijdens eb overwegend de Westerschelde uit en tijdens vloed de Westerschelde in gericht. Dit is met name het geval in de geulen. Op de platen zijn vaak andere richtingen te zien.

3.3 Golfwerking tijdens stormen

3.3.1 Inleiding

In deze paragraaf worden eerst de resultaten van de bepaling van de windkarakteristiek van stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen beschreven. Op basis van deze windkarakteristiek wordt een keuze gemaakt voor representatieve stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen. Vervolgens wordt beschreven welke stromings- en golfgegevens tijdens deze stormen dit tot nu toe heeft opgeleverd.



Figuur 1. Relatief voorkomen van wind per aangegeven segment gedurende de periode van oktober 1987 tot december 1997 (hoek in graden ten opzichte van het Noorden)

3.3.2 Windkarakteristiek

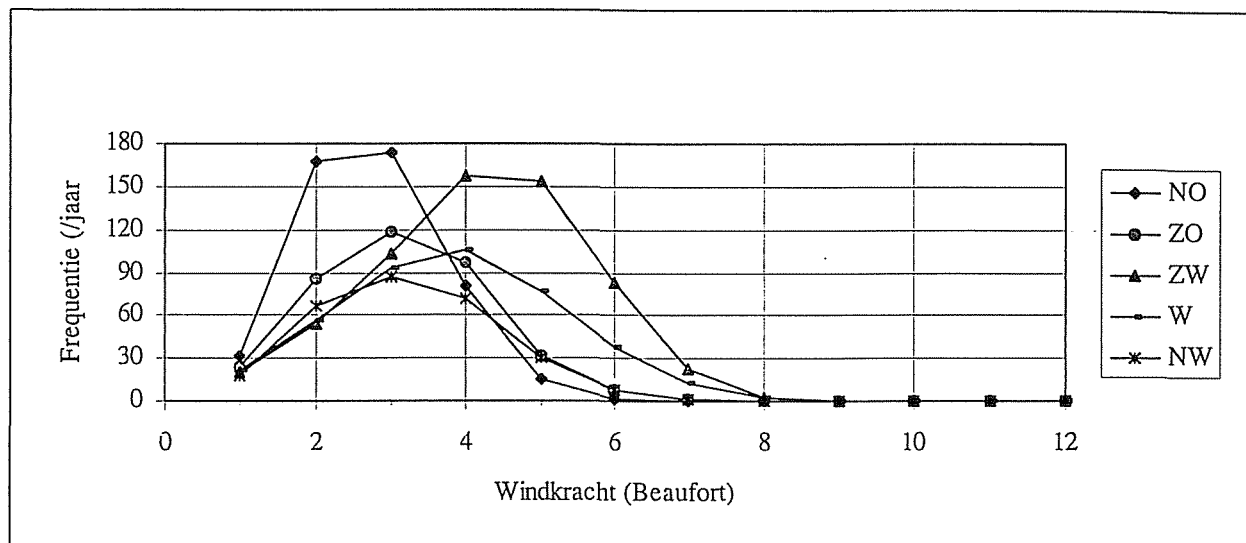
Ten eerste is een windroos gemaakt waarin de relatieve frequentieverdeling van de wind over verschillende delen van de windroos (windsegmenten) is weergegeven (figuur 1). Uit figuur 1 blijkt dat zuidwesten winden het meeste voorkomen, gevolgd door westenwinden. De overige windrichtingen verschillen niet veel in voorkomen. Op basis van deze gegevens is de windroos opgedeeld in 5 segmenten om verder mee te werken: NO, ZO, ZW, W en NW. Binnen deze segmenten is de frequentie (en herhaaltijd) van winden met verschillende windkracht berekend. (Tabel 1)

	NO		ZO		ZW	
Windkracht	Frequentie	Herhaaltijd	Frequentie	Herhaaltijd	Frequentie	Herhaaltijd
(Beaufort)	(/jaar)	(jaren)	(/jaar)	(jaren)	(/jaar)	(jaren)
1	31.47	0.03	23.33	0.04	19.71	0.05
2	167.65	0.01	85.29	0.01	54.71	0.02
3	173.14	0.01	118.63	0.01	103.82	0.01
4	80.00	0.01	96.47	0.01	157.16	0.01
5	15.29	0.07	32.06	0.03	153.14	0.01
6	0.78	1.28	7.94	0.13	83.14	0.01
7	0	0	1.08	0.93	22.65	0.04
8	0	0	0.10	10.20	2.35	0.43
9	0	0	0		0.29	3.40
10	0		0		0.10	10.20

	W		NW	
Windkracht	Frequentie	Herhaaltijd	Frequentie	Herhaaltijd
(Beaufort)	(/jaar)	(jaren)	(/jaar)	(jaren)
1	20.88	0.05	17.65	0.06
2	56.67	0.02	66.47	0.02
3	92.75	0.01	86.86	0.01
4	106.08	0.01	71.47	0.01
5	76.27	0.01	30.20	0.03
6	37.65	0.03	7.84	0.13
7	12.25	0.08	1.57	0.64
8	2.06	0.49	0.10	10.20
9	0.39	2.55	0.00	
10	0.10	10.20	0.00	

Tabel 1. Frequentie en herhaaltijd van winden met verschillende windkracht, per windsegment.

In figuur 2 wordt de frequentieverdeling van de winden over de voorkomende windkrachten getoond. Uit deze figuur blijkt dat de sterkste winden uit het zuidwesten (ZW) en het westen (W) komen, waarbij deze met een hogere frequentie optreden uit het zuidwesten. Bovendien is duidelijk te zien dat noordoosten (NO) winden, overwegend windkracht 2-3 hebben.



Figuur 2. Frequentieverdeling winden over verschillende windkrachtseenheden (Beaufort), per windsegment

Voor het maken van een gefundeerde keuze van karakteristieke 1 à 2 jaar-stormen is per windsegment bepaald wat de gemiddelde windsnelheid en –richting per ‘storm’ is. Uit deze gegevens (tabel 2) volgt per windsegment de windkarakteristieken van een gemiddelde storm die eens in de 1 à 2 jaar optreedt.

Windsegment	Omschrijving	Windkracht	Gem. snelheid per storm	Stdev. van gem. snelheid	Frequentie	Frequentie
(deg tov N)	Wind uit	(Beaufort)	(m/s)	(m/s)	(/jaar)	(/2jaar)
0 - 90	NO	5 - 6	9.9	0.9	1.0	2.0
90 - 180	ZO	6 - 7	13.5	0.8	0.9	1.8
180 - 240	ZW	7 - 8	17.5	1.0	0.5	1.0
240 - 300	W	7 - 8	18.9	1.4	0.6	1.2
300 - 360	NW	6 - 7	13.9	0.6	0.7	1.4

Tabel 2. Overzicht van de windkarakteristieken van stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen, per windsegment

Een overzicht van de stormen die representatief zijn bevonden is opgenomen in tabel 3. Deze stormen zijn geselecteerd om als invoer te dienen voor de modelberekeningen.

De geselecteerde noordooster-storm (NO) werd voorafgegaan door winden uit noordoostelijke richting met windkracht 3 tot 4. De storm zelf heeft een gemiddelde windrichting van 77 graden t.o.v. het Noorden en varieert van windkracht 5 tot 6 op de schaal van Beaufort.

Voorafgaande aan de representatieve storm uit het zuidoosten (ZO) kwam de wind uit het zuidwesten met windkracht 5. De storm zelf heeft een gemiddelde windrichting van 173 graden t.o.v. het Noorden en heeft een windkracht van 6 tot 7.

De zuidwester-storm (ZW) werd voorafgegaan door wind uit het zuidwesten met windkracht 5 tot 6. Tijdens de storm trok de wind aan tot windkracht 7 tot 8, onder een gemiddelde hoek van 225. Aan het eind van de storm draait de wind geleidelijk naar westelijke richting.

Voorafgaand aan de geselecteerde wester-storm (W) kwam de wind uit zuidwestelijke richting met een windkracht van 6 tot 7. De gemiddelde windrichting van de storm is 253 graden t.o.v. het noorden en de windkracht varieert van 7 tot 9 op de schaal van Beaufort.

De wind voor de superstorm uit het westen (W super) heeft een kracht van 6 en komt uit de zuidwestelijke hoek. Tijdens de storm varieert de windkracht van 7 tot 10 (!) en komt gemiddeld uit een hoek van 268 graden t.o.v. het noorden.

Tenslotte de noordwester-storm, de wind voorafgaand aan deze storm kwam uit noordwestelijke richting met een windkracht van 5, waarbij tijdens de storm de wind aantrekt tot windkracht 6 tot 7. De gemiddelde windrichting is 336 graden t.o.v. het noorden.

Windrichting	Datum	Windkracht	Gem snelheid	Gem richting	Tijd	Windsnelheid	Windrichting
		(Beaufort)	(m/s)	(deg tov N)	(hh:min)	(m/s)	(deg tov N)
NO	13-02-1994	5 - 6	10.4	74	16:00	8.7	69
	14-02-1994				20:00	10.9	79
					0:00	11.5	75
ZO	07-03-1995	6 - 7	13.8	171	20:00	13.4	163
	08-03-1995				0:00	15.2	174
					4:00	12.7	177
ZW	25-2-1997	7 - 8	17	231	0:00	19.4	213
					4:00	16.1	240
					8:00	15.4	240
W	9-12-1993	7 - 9	19.6	252	0:00	21.6	242
					4:00	19.8	244
					8:00	20.3	264
					12:00	16.7	258
W super	28-2-1990	7 - 10	19.6	276	20:00	18.2	246
	1-3-1990				0:00	25	297
					4:00	15.6	285
NW	12-12-1990	6 (- 7)	13.7	328	12:00	13.3	329
	13-12-1990				16:00	11.1	323
					20:00	16.7	318
					0:00	13.5	340

Tabel 3. Overzicht van de kenmerken van de geselecteerde stormen

3.3.3 Golfwerking

De golfberekeningen konden niet binnen de gestelde contractperiode afgerond worden doordat de SWAN-applicaties pas tegen het einde van de contractperiode voorradig waren en het interpoleren van de WAQUA-waarden naar een rechthoekig SWAN-rooster veel tijd vergde.

Wel is de WAQUA-uitvoer voor wat betreft stroomsnelheden en waterstanden geïnterpoleerd van een kromlijinig WAQUA-rooster naar het rechthoekige SWAN-rooster. Dit is gebeurd voor het westelijk, midden en oostelijk gedeelte van de Westerschelde (respectievelijk SWAN-applicaties WS1, WS2 en WS3), voor de Noordoosterstorm, de Zuidoosterstorm en de Zuidwesterstorm. Deze gegevens zijn voorradig.

Voor de Noordoosterstorm is geprobeerd SWAN-berekeningen uit te voeren voor het oostelijke gedeelte van de Westerschelde, maar het model bleek instabiel te zijn. Na het aanbrengen van een begin golfrandvoorwaarde van 10 cm op de oostelijke rand bleek het model wel stabiel te zijn maar genereerde vervolgens geen resultaten. Om het model goed draaiende te krijgen moet waarschijnlijk de bodem in het gedeelte van het grid dat niet binnen de Westerschelde valt, aangepast worden zodat er een redelijke begingolf kan ontstaan. Daar de contractperiode afliep, is helaas niet meer nagegaan waar de fout in het model precies zat. Dit is met toestemming van de opdrachtgever achterwege gelaten.

3.4 Reststroomveld doottij-springtij-cyclus

Bijlage 3 bevat drie kaarten (figuren 3.1, 3.2 en 3.3) waarin de richting en snelheid van de berekende reststroom in de Westerschelde staat weergegeven. De snelheid van de reststroom varieert van 0.1 tot 0.6 m/s. Het reststroompatroon vertoont duidelijke eb- en vloed-gedomineerde geulen in de Westerschelde. De geul de Honte, iets westelijk van Vlissingen, is bijvoorbeeld eb-gedomineerd. Terwijl de geul het Oostgat, langs Walcheren, sterk vloed-gedomineerd is (bijlage 3, figuur 3.1). Uit de kaarten blijkt bovendien dat de reststroom op de platen nagenoeg nul is en dat er circulaire patronen rond de platen ontstaan. Deze patronen zijn het gevolg van de eb- en vloed-dominantie in de geulen rondom de plaat. Een mooi voorbeeld hiervan is te zien op de plaat voor Terneuzen (bijlage 3, figuur 3.2). De noordelijke geul, de Everingen is vloed-gedomineerd, de zuidelijke geul, Gat van Ossenis, is eb-gedomineerd. Rond en op de plaat daartussenin is een circulair patroon te zien.

4 DISCUSSIE

De huidige studie naar de ruimtelijke variatie in maximale stroomsnelheid tijdens een gemiddeld springtij laat duidelijk zien dat er patronen in de Westerschelde ontstaan. Op de platen zijn de gemiddelde stroomsnelheden onder vrijwel alle condities lager dan in de geulen, aangezien de waterdiepte geringer en het oppervlak op de platen groter is. Dit betekent dat de overlevingskans voor macrobenthos op de platen aanzienlijk groter is dan in de geulen. Er is in de Westerschelde sprake van een a-symmetrische getijgolf, waarbij de vloed korter duurt dan de eb. Hierdoor zijn de maximale stroomsnelheden tijdens vloed groter. De stromingsrichtingen zijn ook naar verwachting: tijdens vloed overwegend de Westerschelde in en tijdens eb overwegend de Westerschelde uit. Ondanks dat binnen dit onderzoek slechts één gemiddelde springtij situatie is doorgerekend, mag verwacht worden dat de gevonden patronen representatief zijn voor ieder gemiddeld springtij. Wel dient opgemerkt te worden dat de WAQUA-resultaten mogelijk iets af kunnen wijken van de werkelijkheid door het gebruik van een bodemschematisatie van de gemeten bodemligging (Van Doorn, 1997). Bovendien geeft het omzetten van de WAQUA-data naar een 100 bij 100 meter grid een nog iets grotere onnauwkeurigheid.

Resultaten van de golfmodellering zijn er nog niet. Met wat aanpassingen van de bodem in het gedeelte van het grid dat niet binnen de Westerschelde valt, zal het gebruikte model waarschijnlijk goed gaan draaien. De verwachting is dat alleen bij extreem lage waterstanden er vooral langs de plaatranden behoorlijk veel golfwerking plaats vindt. Onder alle overige condities is de getijgeïnduceerde stroming dominant over de golfgeïnduceerde stroming. Er dient opgemerkt te worden dat binnen dit project slechts één storm per windsegment wordt doorgerekend. Een definitieve uitspraak over de relatieve invloed van golfwerking kan op grond van deze beperkte dataset niet gedaan worden, hiertoe moeten meer stormen worden doorgerekend.

Uiteraard heeft golfwerking buiten het genereren van stroming ook opwoeling van sediment tot gevolg. De mate van opwoeling, ook wel substraatdynamiek, kan gekoppeld worden aan relatieve golfhoogte en percentage golfbreking (Van Doorn, 1997 en Duiker, 1996). Deze relatie wordt nader onderzocht binnen het project DYNASTAR*ECOMOR.

De reststroming is volgens verwachting erg klein. Het getoonde patroon van eb- en vloedgedomineerde geulen komt eveneens goed overeen met de verwachtingen. Echter in het westelijke deel van de Westerschelde, vanaf Breskens naar de Belgische grens beschrijft het berekende reststroomveld de werkelijk optredende situatie minder nauwkeurig. Dit gedeelte van de Westerschelde is vloedgedomineerd, terwijl de berekende reststroom in de ebrichting, de Westerschelde uit staat. De reden voor deze discontinuïteit ligt in het feit dat het begintijdstip (en eind-tijdstip) van de berekende reststroom gebaseerd is op het gemiddelde tijdstip van het doottij in Vlissingen en Bath. In het uiterste westen van de Westerschelde valt de hoogwaterpiek van het doottij op 27 april 1996 op 22:03 (op de Vlakte van Raan) terwijl de reststroom-berekening start op 22.58. Dus vanaf de Vlakte van de Raan tot aan Vlissingen heeft zich al een ebstroom ingezet waarvan de grote afneemt richting Vlissingen. Dit is ook duidelijk te zien in bijlage 3, figuur 3.1. De vloed-dominantie is daarom ook pas ter hoogte van Vlissingen zichtbaar. Dit illustreert dat reststroompatronen vrij gevoelig zijn voor de keuze van begin- en eind-tijdstip van de tijdreeks. Een onnauwkeurige keuze van deze tijdstippen levert al snel een reststroompatroon dat een totaal ander beeld geeft. Deze afwijking ontstaat doordat de grootte van de stromingsvectoren die gesommeerd worden in dezelfde orde van grootte ligt als de grootte van de restvector zelf.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusies

Deze studie heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- Een kaart van de ruimtelijke variatie van maximale stroomsnelheden en een kaart van de bijbehorende richtingen tijdens *eb* gedurende een gemiddeld springtij in de Westerschelde (bijlage 1).
- Een kaart van de ruimtelijke variatie van maximale stroomsnelheden en een kaart van de bijbehorende richtingen tijdens *vloed* gedurende een gemiddeld springtij in de Westerschelde (bijlage 2).
- Een overzicht van stormkarakteristieken die representatief zijn voor 1 à 2 jaar-stormen:
 - 28 februari 1990: windkracht 7 tot 10, superstorm uit het westen
 - 12 december 1990: windkracht 6 tot 7 uit noordwestelijke richting
 - 9 december 1993: windkracht 7 tot 9 uit westelijke richting
 - 13 februari 1994: windkracht 5 tot 6 uit noordoostelijke richting
 - 7 maart 1995: windkracht 6 tot 7 uit zuidoostelijke richting
 - 25 februari 1997: windkracht 7 tot 8 uit zuidwestelijke richting
- Een aanzet in SWAN tot het maken van kaarten van de ruimtelijke variatie in de maximale orbitaalsnelheid tijdens stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen in de Westerschelde. De stroomsnelheid- en waterstandsgegevens uit WAQUA die nodig zijn voor de SWAN-berekeningen zijn bepaald.
- Kaarten van de ruimtelijke variatie in de Westerschelde in het reststroomveld van een doottij-springtij-cyclus (bijlage 3).

Aan de hand van deze kaarten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Bij maximale stroming tijdens *eb* gedurende een gemiddeld springtij in de Westerschelde zijn duidelijke ebgeulen te onderscheiden. Deze geulen kenmerken zich door stroming met een hoge snelheid de Westerschelde uit gericht. Op de platen treden lage stroomsnelheden op.
- Bij maximale stroming tijdens *vloed* gedurende een gemiddeld springtij in de Westerschelde zijn vloedgeulen te onderscheiden. Deze worden gekenmerkt door hoge stroomsnelheden en een stroming de Westerschelde in. Op de platen is de stroomsnelheid wederom laag.
- De windkarakteristieken tijdens stormen die eens in de 1 à 2 jaar voorkomen verschillen per windsegment. De stormen uit oostelijke en noordwestelijke richting hebben een gemiddelde windkracht van 6 op de schaal van Beaufort. De stormen uit west- tot zuidwestelijke richting hebben een gemiddelde windkracht van 7 tot 8 op de schaal van Beaufort.
- Bij het reststroomveld van een doottij-springtij-cyclus in de Westerschelde zijn duidelijke eb- en vloedgeulen te onderscheiden en circulatiepatronen rond de platen.

5.2 Aanbevelingen

- Aangezien luwtegebieden belangrijk zijn als vestigingsplaats voor het broed van macrobenthos is het gewenst deze gebieden te localiseren. Aanbevolen wordt de volgende werkwijze hierbij te hanteren. Er moet onderscheid gemaakt worden tussen luwtegebieden die op basis van stroomsnelheden zijn te identificeren zonder dat golven invloed hebben (rustige condities) en luwtegebieden die op basis van stroom- en orbitaalsnelheden zijn te identificeren waarbij golfwerking wel invloed heeft (ruwe condities)
Tijdens rustige condities zonder golfwerking kan volstaan worden met het bepalen van de maximale stroomvector over een getij. Als met een klein tijdsinterval gedurende een getijcyclus de stromingsvectoren worden bepaald, kan gekeken worden op welke locaties voor langere periodes de stroomsnelheden onder een vastgestelde maximum waarde vallen. Deze maximumwaarde dient dan gekoppeld te worden aan vestigingsmogelijkheden van het broed van de macrobenthos.
Tijdens ruwe condities met golfwerking dient er naast stroming ook rekening te worden gehouden met opwoeling van het sediment door golven. Het gemiddelde van het stroomsnelheidssignaal geeft een indicatie van de stromingsgedomineerde transportcapaciteit, terwijl de standaarddeviatie over hetzelfde signaal een indicatie geeft van de orbitaal-invloed. De tijdstippen met een maximale gemiddelde stroomsnelheid en/of maximale standaarddeviatie van de stroomsnelheid geeft een goede indicatie voor de procesactiviteit op een bepaalde plaats op een bepaald tijdsinterval. Ook tijdens ruwe condities kan gekeken worden op welke locaties voor langere periodes de stroomsnelheden en/of standaarddeviaties onder bepaalde vastgestelde maximale waardes vallen. Deze maximumwaardes kunnen wederom gekoppeld worden aan vestigingsmogelijkheden van het broed van de macrobenthos.
Reststroomvectoren zijn niet geschikt voor het localiseren van luwtegebieden aangezien hierbij netto-waardes weergegeven worden in plaats van maximum-waardes.
- Voor het verkrijgen van (nog) meer zekerheid omtrent de ruimtelijke variatie van stroming in de Westerschelde dienen meer gemiddeld springtij-situaties doorgerekend te worden.
- Voor een nadere verduidelijking van de invloed van golfwerking in de Westerschelde verdient het aanbeveling meer stormen door te rekenen om te zien hoe persistent patronen blijken te zijn.

LITERATUUR

DOORN, K. van, 1997. De modellering van golven en stroming op de Plaat van Baarland in de Westerschelde. Werkdocument RIKZ/OS-97.832x

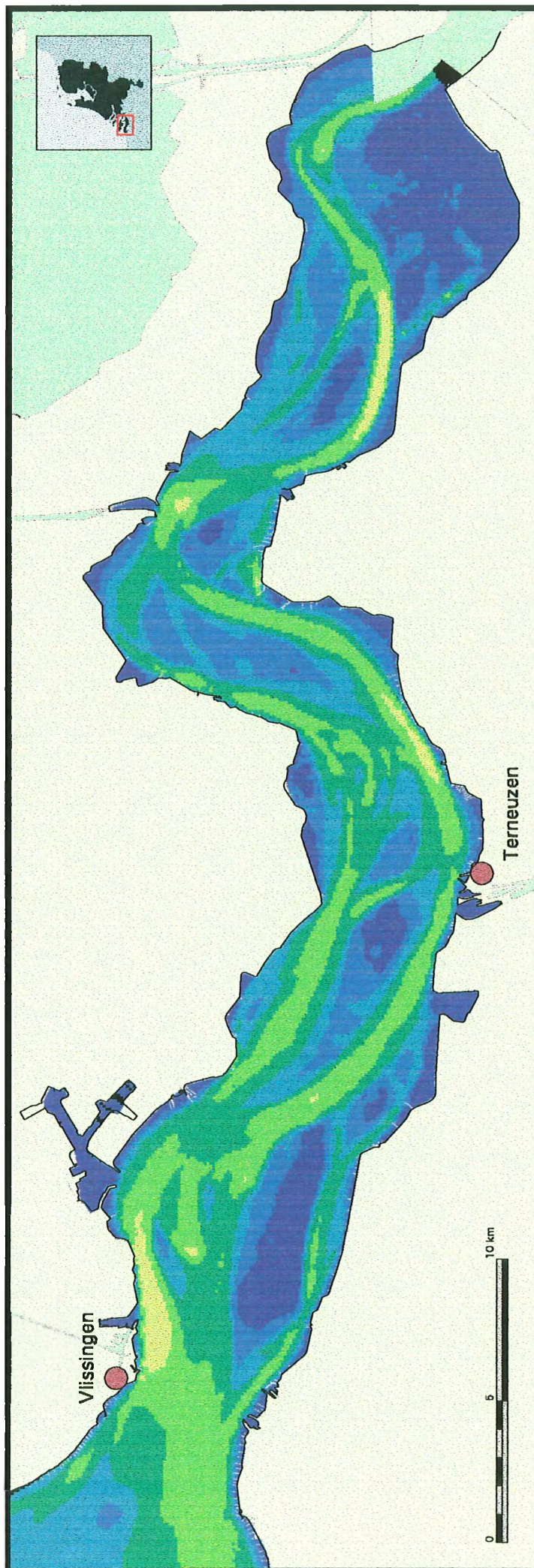
DOORN, K. van, 1997. Methodiek verslag tbv modellering van golven en stromingen en van verwerking van metingen van EMF en drukdoos.

DUIKER, J.M.C., 1996. Meetprogramma substraatdynamiek als schakel tussen morfologie en ecologie. Rapport meetplan velonderzoek DYNASTAR*ECOMOR voor de periode april 1996 – maart 1997. IMAU R96.04, Universiteit Utrecht.

JANSEN, M.H.P., 1997 Bouw, calibratie en verificatie SCALWEST t.b.v. project Verdieping. Rapportage A. Ingenieursbureau Svašek. Projektnr. 1011

BIJLAGE 1

**Kaarten maximale stroomsnelheid en bijbehorende richting
tijdens gemiddeld springtij bij *eb* in de Westerschelde**



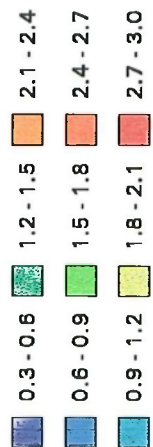
GEM. SPRINGTIJ STROOMSNELHEID EB - WESTERSCHELDE

Mei 1998



M. Schaap en I.J. Touwen
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

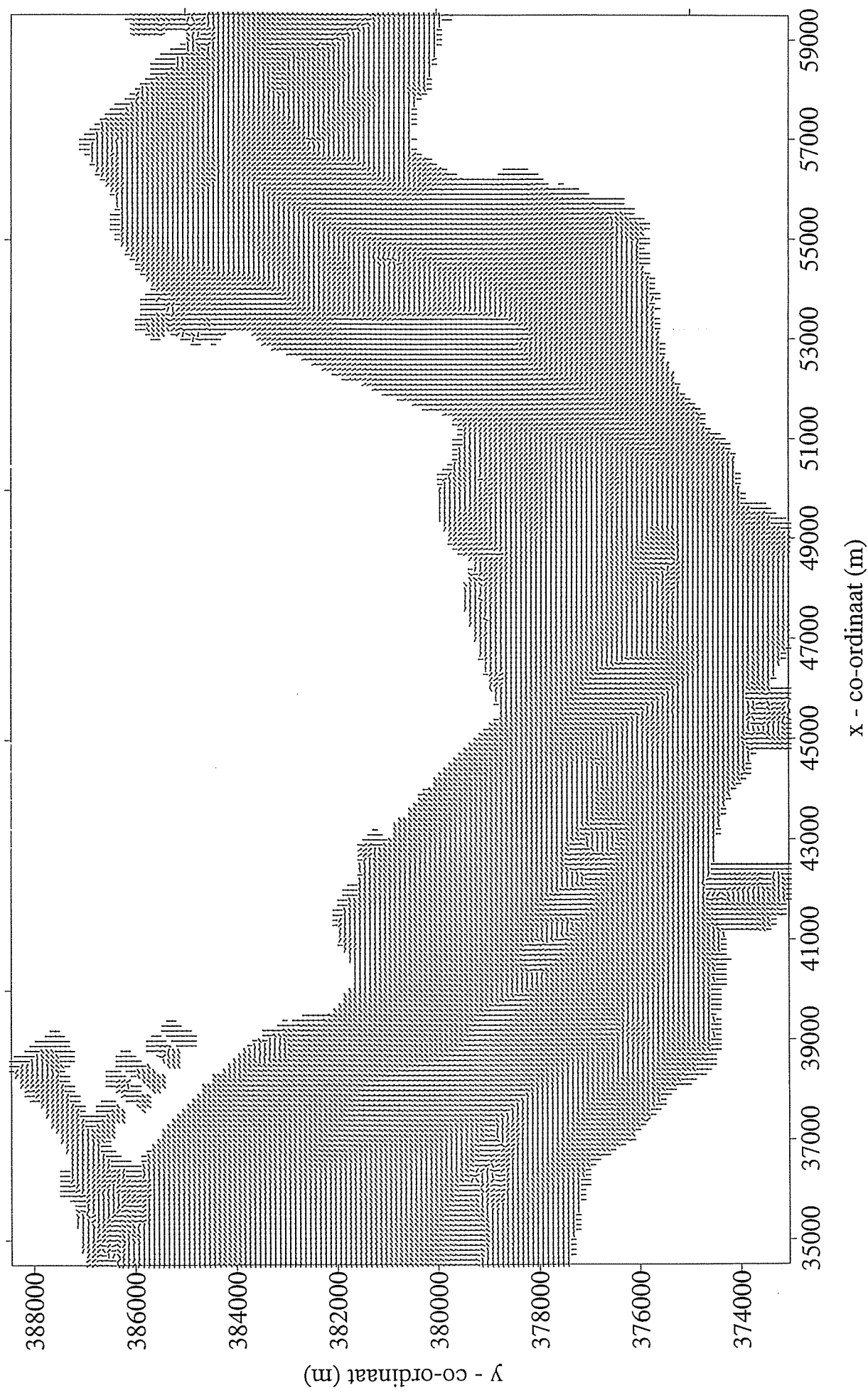
Maximale stroomsnelheid (m/s)



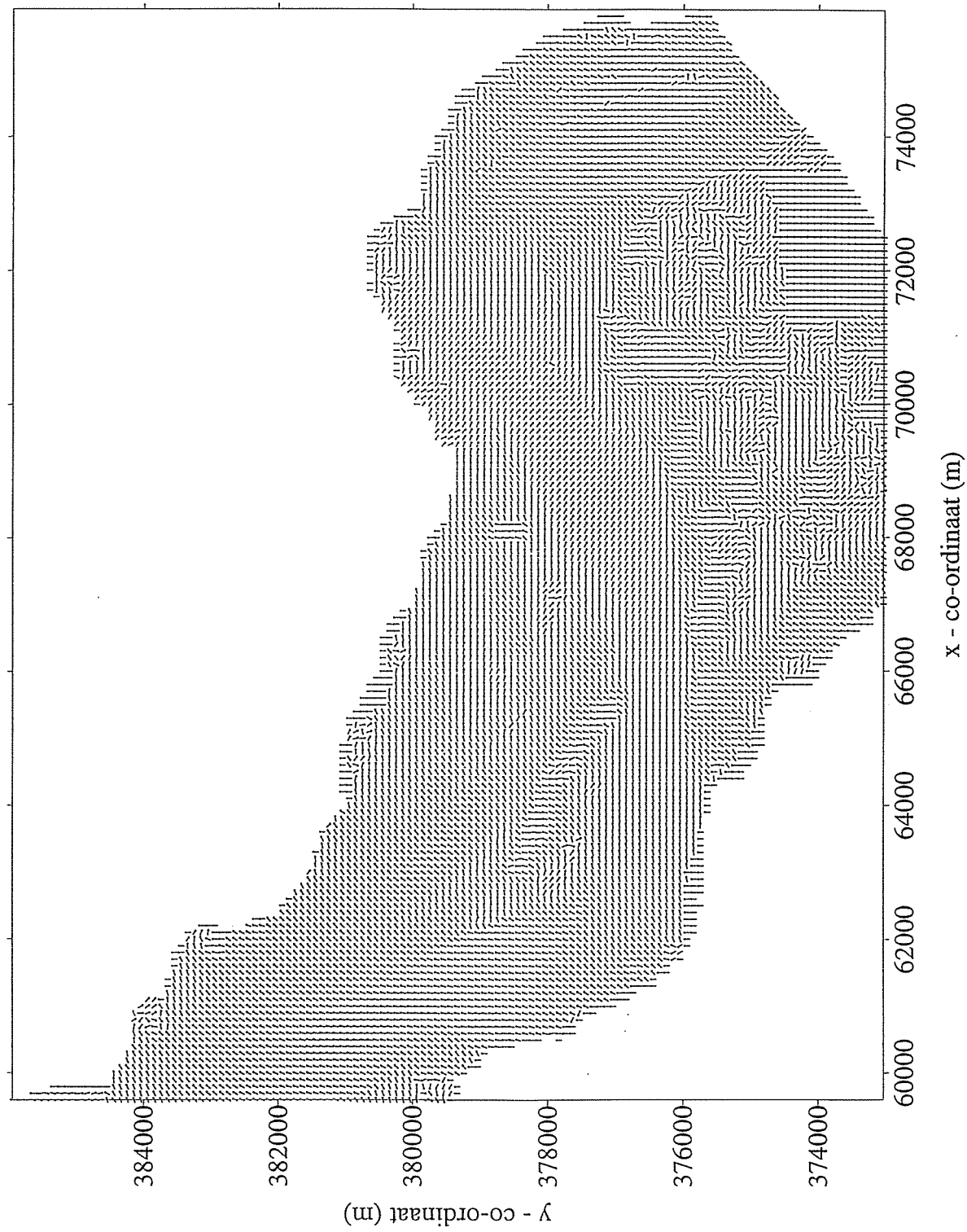
**Stromingsrichting van maximale stroming gemiddeld springtij
eb, westelijk deel Westerschelde**



**Stromingsrichting van maximale stroming gemiddeld springtij
eb, centraal deel Westerschelde**

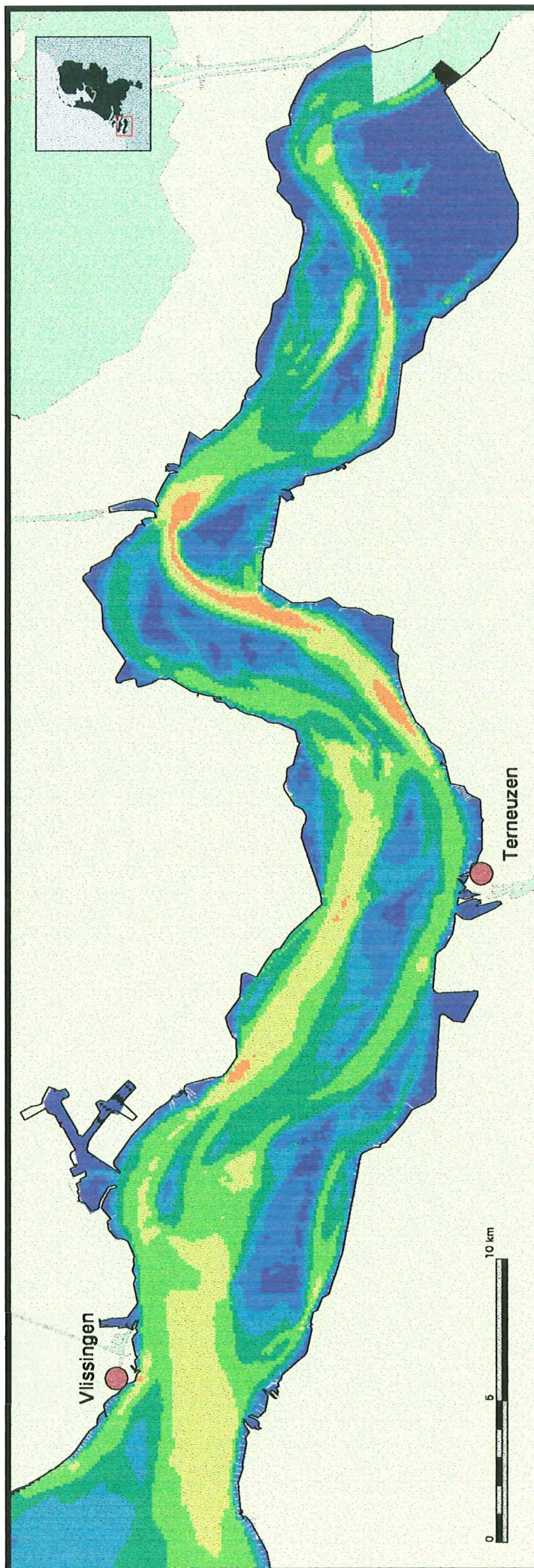


**Stromingsrichting van maximale stroming gemiddeld springtij
eb, oostelijk deel Westerschelde**



BIJLAGE 2

**Kaarten maximale stroomsnelheid en bijbehorende richting
tijdens gemiddeld springtij bij *vloed* in de Westerschelde**



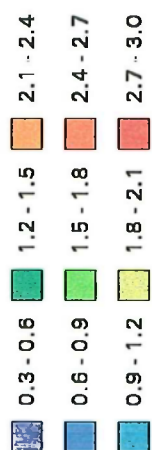
GEM. SPRINGTIJ STROOMSNELHEID VLOED - WESTERSCHELDE

Mei 1998



M. Schaap en I.J. Touwen
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

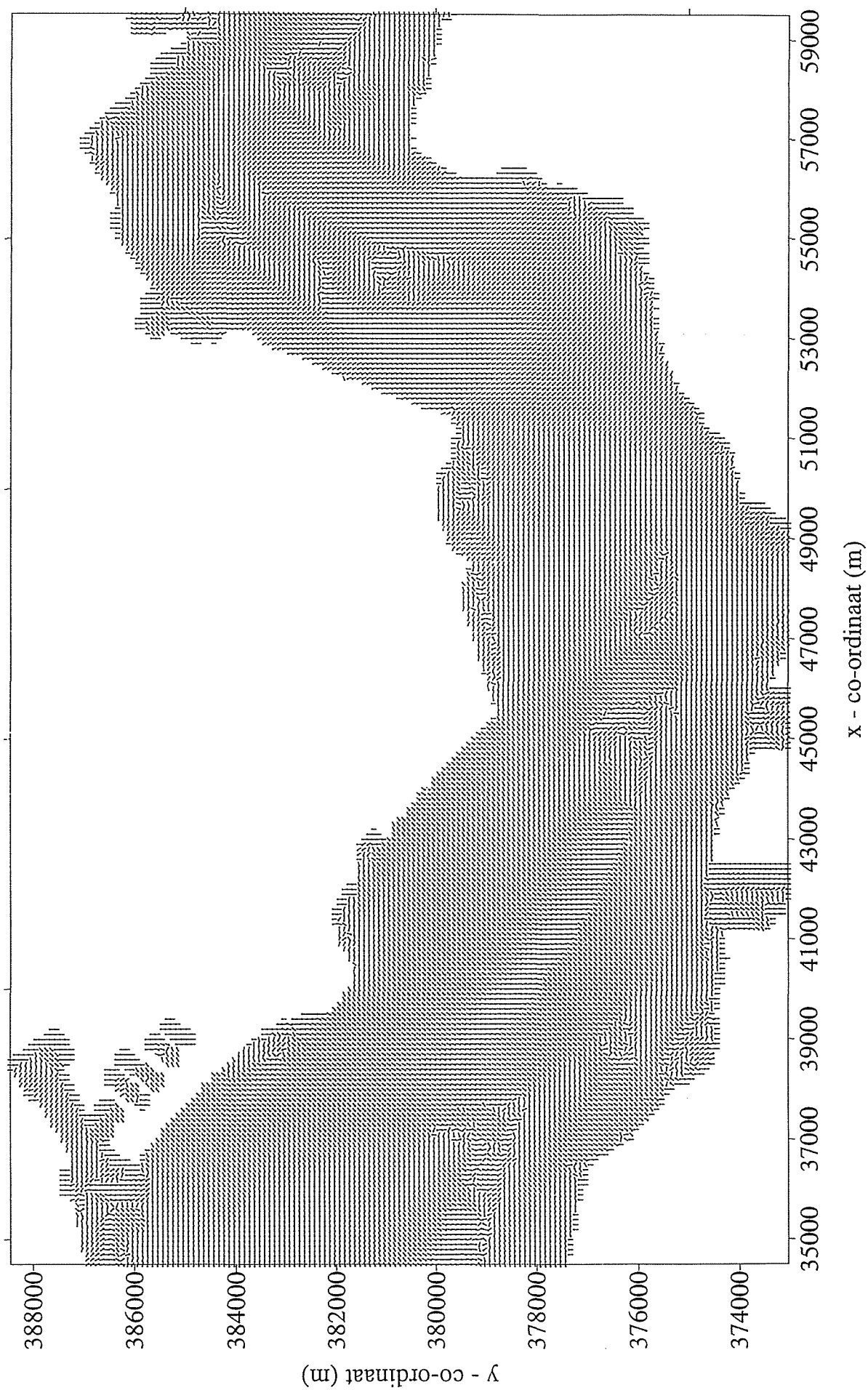
Maximale stroomsnelheid (m/s)



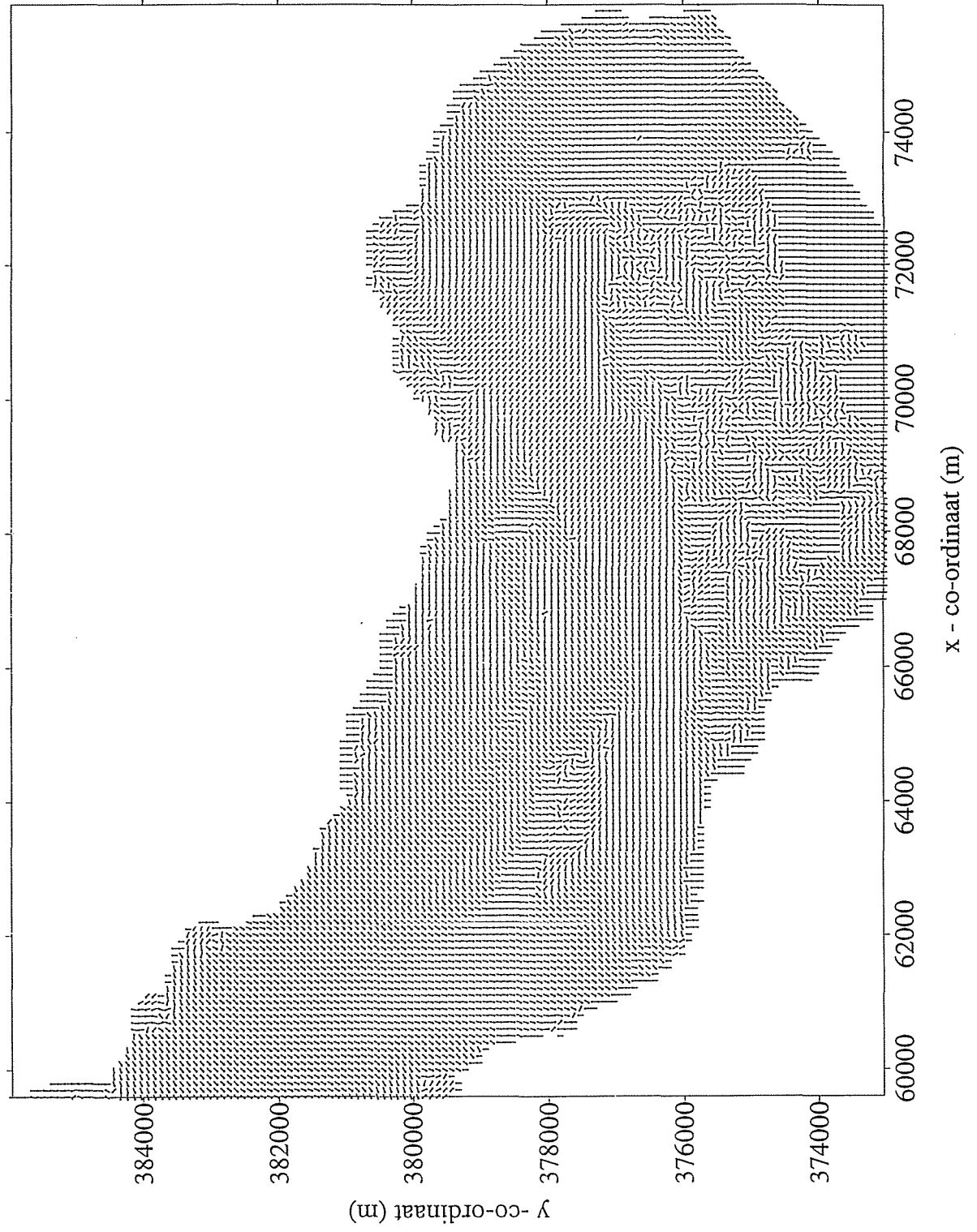
**Stromingsrichting van maximale stroming gemiddeld springtij
vloed, westelijk deel Westerschelde**



**Stromingsrichting van maximale stroming gemiddeld springtij
vloed, centraal deel Westerschelde**



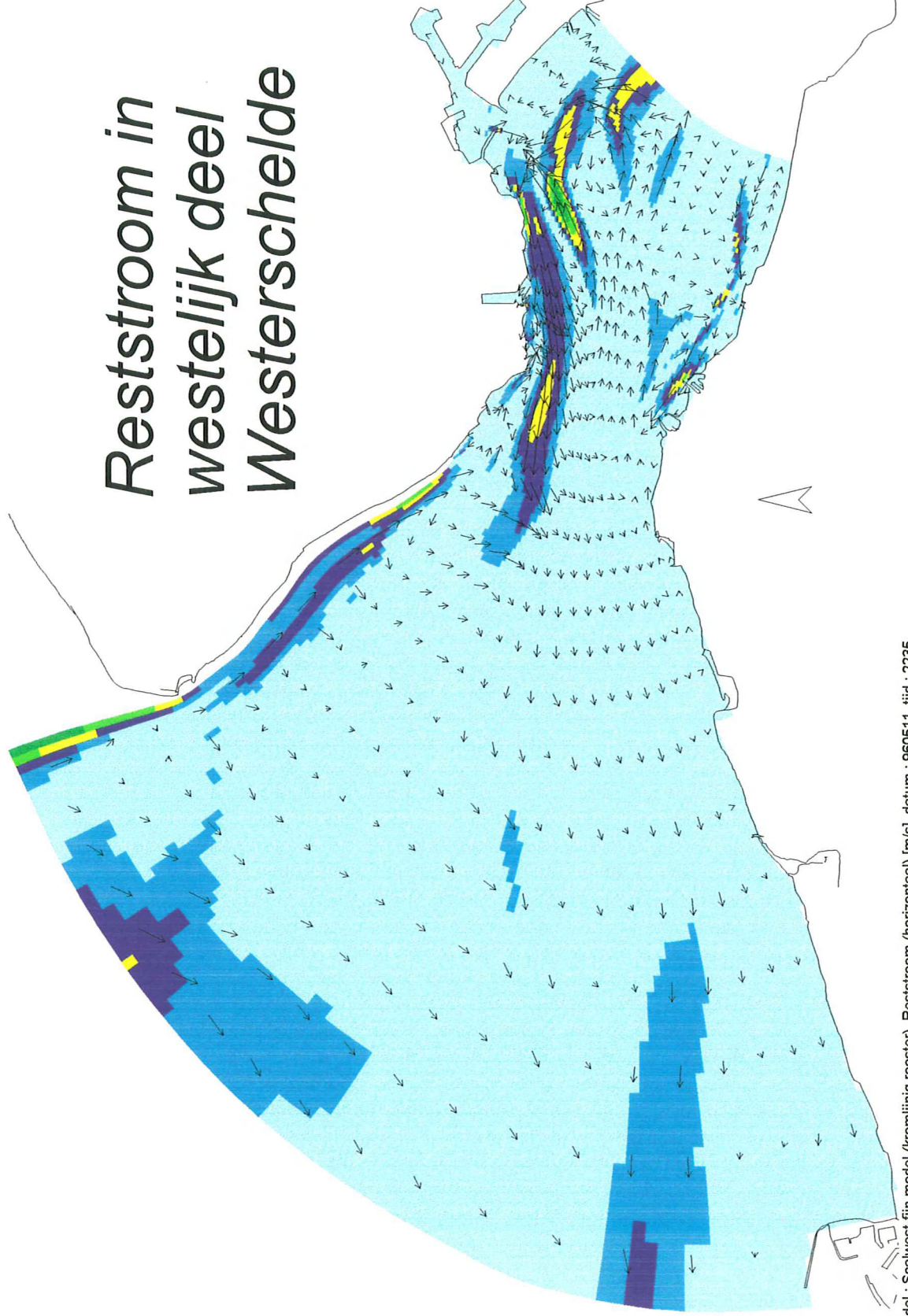
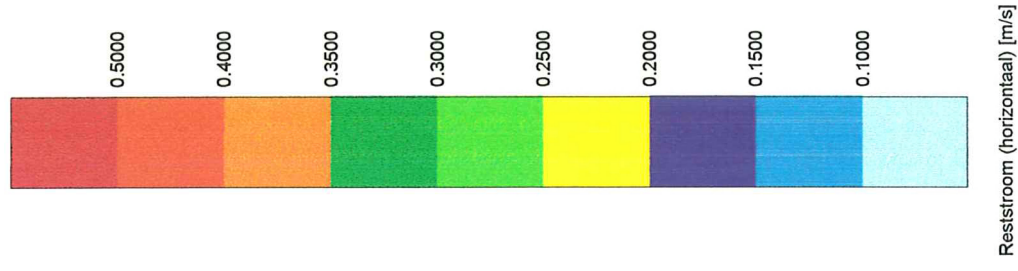
**Stromingsrichting van maximale stroming gemiddeld springtij
vloed, oostelijk deel Westerschelde**



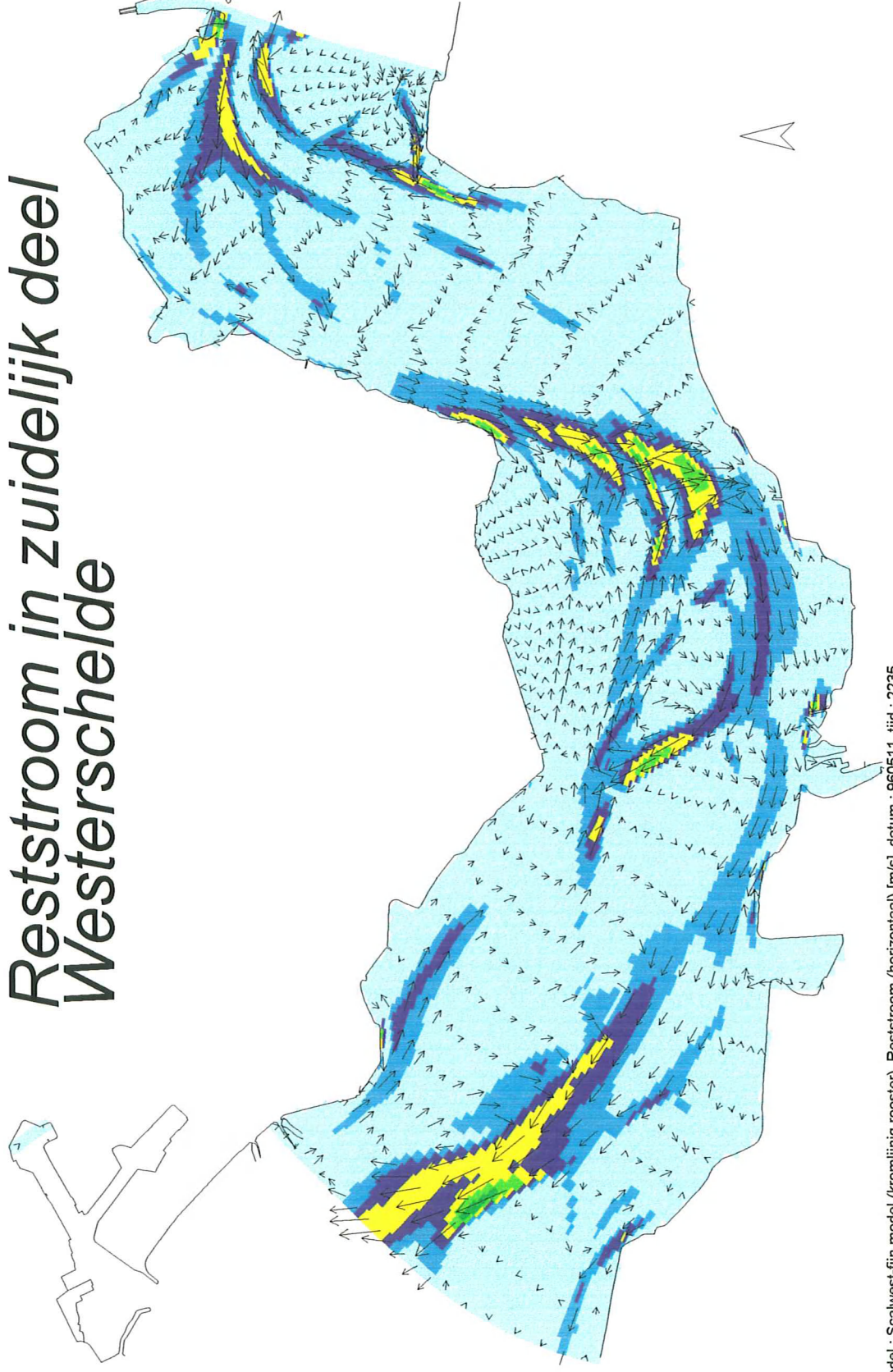
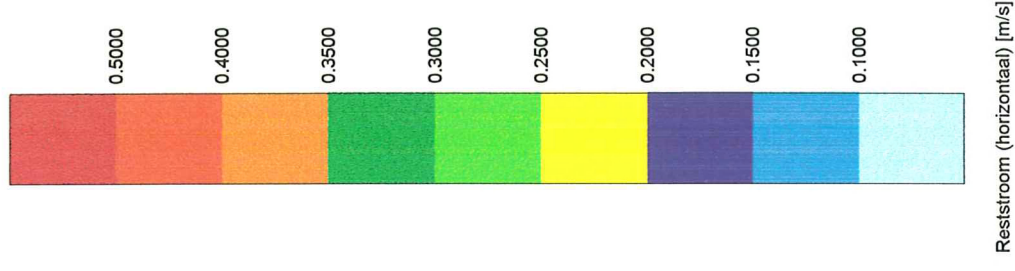
BIJLAGE 3

Kaarten van het reststroomveld van een springtij-doodtij-cyclus in de Westerschelde

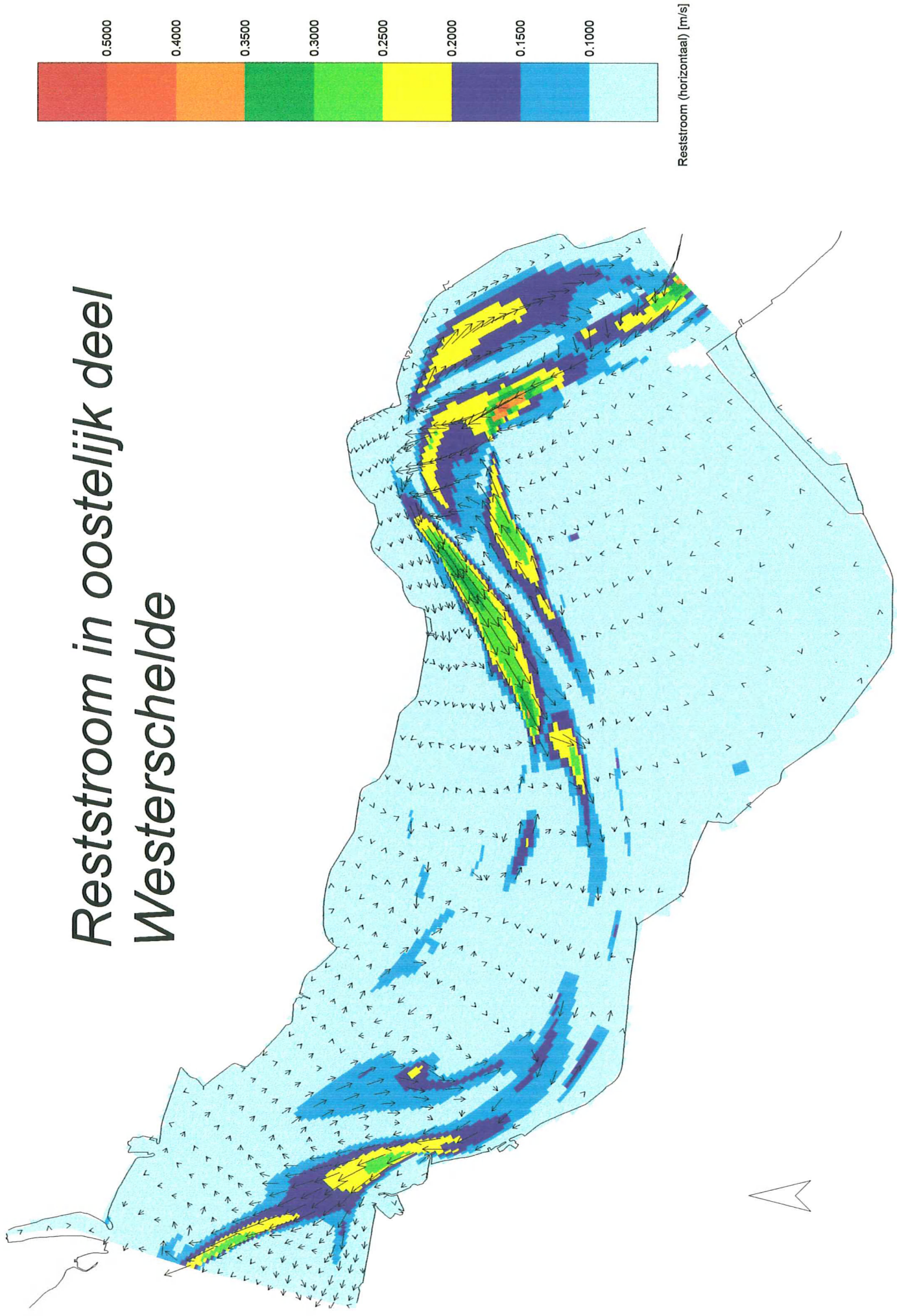
Reststroom in westelijk deel Westerschelde



Reststroom in zuidelijk deel Westerschelde



Reststroom in oostelijk deel Westerschelde



BIJLAGE 4

Methodiek voor verwerking WAQUA-files

Voor de eb- en vloedperiode zijn de snelheden middels WAQPAN opgeslagen als MAP-files in MATLAB-format. MAP-data wil zeggen dat voor elk co-ordinaat in de Westerschelde de snelheid in x- en y-richting (U,V-snelheid) zijn gegeven. Met behulp van een programma geschreven in MATLAB 'ladenari3' zijn maximale stroomsnelheden bepaald.

'Ladenar': MATLAB-programma om Ladenari3 aan te sturen en gegevens hieruit op te slaan.

```
begin = 1; eind = 2
ladenari3;
save mick1 Xdep Ydep vmm um vm
clear;
```

'Ladenari3': MATLAB-programma om maximale eb- en vloedstroom op elk gridpunt te bepalen.

```
% gridgegevens laden
if begin <= 9
    eval(['h00' num2str(begin) 'cco' ])
else
    eval(['h0' num2str(begin) 'ccc' ])
end;
[xl,yl]=size(Xdep);
i=find(Xdep==0);ix=ones(size(i));Xdep(i)=NaN*ix;Ydep(i)=NaN*ix;
i=find(Ydep==0);ix=ones(size(i));Xdep(i)=NaN*ix;Ydep(i)=NaN*ix;
if begin <= 4
    eval(['h00' num2str(begin) 'lin' ])
else
    eval(['h0' num2str(begin) 'lin' ])
end;

d=ones(xl,yl);
%Hmax=[];Hmin=[];Vmax=[];Umax=[];Vmmax=[];
%Hmax=-1000*ones(xl,yl);Hmin=1000*ones(xl,yl);Vmmax=-
1000*ones(xl,yl);
%Umax=-1000*ones(xl,yl);Vmax=-1000*ones(xl,yl);

xxl=xl*yl;
vmm(1,1:xxl)=zeros(1,xxl);
% snelheden laden
for a= begin:eind
    a
    if a <= 9
        eval(['h00' num2str(a) 'evec' ])
    else
        eval(['h0' num2str(a) 'evec' ])
```

```
end;
i = find(isnan(U));ix = zeros(size(i));U(i) = ix;V(i) = ix;
i = find(isnan(V));ix = zeros(size(i));U(i) = ix;V(i) = ix;
% i = find(isnan(Level));ix = zeros(size(i));Level(i) = ix;
Vmag = sqrt(U.*U + V.*V);
vmm(2,1:xxl) = reshape(Vmag,1,xxl);
um(2,1:xxl) = reshape(U,1,xxl);
vm(2,1:xxl) = reshape(V,1,xxl);
vmm(1,1:xxl) = max(vmm);
i = find(vmm(1,:) == vmm(2,:));
um(1,i) = um(2,i);
vm(1,i) = vm(2,i);
end;
```

```
clear U V Vmag Level i ix a b c d n m
```

Met behulp van een MATLAB-programma 'aanmfile3' zijn files omgezet in ASCII-files.

```
'aanmfile3':
```

```
% datafile aanmaken
```

```
load mick2.mat
```

```
a = reshape(Xdep,110700,1);
```

```
b = reshape(Ydep,110700,1);
```

```
c(:,1) = um(1,:);
```

```
d(:,1) = vm(1,:);
```

```
e(:,1) = vmm(1,:);
```

```
fid = fopen('tmp.dat','w');
```

```
M = [a,b,c,d,e];
```

```
fprintf(fid,'%12.8f %12.8f %12.8f %12.8f %12.8f\n',M');
```

```
fclose(fid);
```

```
save Vld.dat M -ascii
```

BIJLAGE 5

Uitgebreide methodiek voor bepaling maximale orbitaalsnelheid tijdens storm

De orbitaalsnelheid en het percentage brekers kunnen berekend worden met het programma SWAN (Simulation Waves Nearshore). Het is mogelijk om de snelheden en waterstanden berekend met SCALWEST in de SWAN-berekening mee te nemen. Echter omdat SWAN rekent met een rechthoekig grid moeten de, met een kromlijinig rooster berekende, SCALWEST-waarden naar een rechthoekig grid geïnterpoleerd worden.

Interpoleren SCALWEST-uitvoer naar SWAN-invoer

Middels WAQPAN worden de waterstanden en de snelheden uit de door SCALWEST geproduceerde SDS-file gehaald. Ze worden als MAP-data weggeschreven in de PRESENT-format. Er ontstaan twee files met daarin de X-, Y-coördinaat en de U- en V-snelheid en een file met X-, Y-coördinaat en de waterstand. Voor de duidelijkheid voortaan aangeduid als xyu-,xyv- en xyh-file.

Omdat de u- en v-snelheid apart geïnterpoleerd dienen te worden zijn deze middels een MATLAB programma van elkaar gescheiden in een xyu- en een xyv-file (zie MATLAB-programma uvsort aan het eind van deze bijlage).

Met RGF-grid zijn de rechthoekige SWAN-roosters voor WS1,-2,-3 nagemaakt. Dit is als volgt gedaan:

1. Ga op het computational cluster naar de gewenste directory. Tik rgf + Enter in. Let op dat het werkvenster van RGF-GRID binnen je EXCEED-window valt!
2. Op de werkbalk vindt men onder OPERATIONS de optie Create rectangular or circular grid. Hierin kan men opgeven hoeveel gridcellen er in het grid aanwezig moeten zijn, de grootte van de cel, en op welk co-ördinaat de oorsprong van het grid ligt.
3. Vervolgens het grid opslaan onder FILES: save grid (extensie *.grd).
4. Als laatste FILES: stop program.

Vervolgens zijn met QUICKIN de waterstanden en de u- en v- snelheden naar dit rechthoekige rooster geïnterpoleerd. Dit gebeurt als volgt:

1. Ga op het computational cluster naar de gewenste directory. Tik qn + Enter in. Let op dat het werkvenster van RGF-GRID binnen je EXCEED-window valt!
2. Op werkbalk onder FILES: load grid en load samples. De *.xyu-file (xyv,xyh-files) worden namelijk als samples ingelezen.
3. De samples echter bevatten voor het hele Westerschelde- gebied data, dus de overige data zullen buiten het geladen grid 'afgeknipt' moeten worden. Dit gebeurt door een polygoon om de data die men wil weggooien te leggen. De data binnen het polygoon worden weggegooid. QUICKIN start altijd op in de mode: edit polygoon (zie linksboven). Door het polygoon te save (extensie *.ldb) kan men het aangemaakte polygoon voor de andere te interpoleren data gebruiken. Onder FILES kan men de polygoon laden: load polygoon. Het afknippen gebeurt met de optie: delete samples onder ADDSUBDEL.
4. Als alleen de data op het grid nog aanwezig zijn moet men, voordat er geïnterpoleerd kan worden, de gebieden op het grid waar geen data een oneindig diepe waarde geven Door dit truukje worden er op de 'landgebieden' van het grid geen waarden geïnterpoleerd.

Het toekennen van die oneindig diepe waarde gaat als volgt:

5. Leg een polygoon om het gebied waarin je een diepere waarde wil hebben ('landgebieden'). Onder ADDSUBDEL vindt men de optie combine depth and uniform value. Als men deze aanklikt verschijnt er een venster waarin de uniform value op -999.9 staat. Druk op Enter. Er verschijnt een venster met daarin first specify uniform value. Je kunt de waarde dan op -999.9 laten staan of op b.v. -100.0 zetten. Door twee keer Enter te drukken is de diepte nu aangepast. Door nu de diepte op te slaan onder FILES als save md-depths (extensie *.dep) kan men deze file ook voor de volgende interpolaties gebruiken.
6. Voordat men gaat interpoleren is het raadzaam om onder DISPLAY in de optie change isoscale parameter de autoscale off te zetten zodat alleen de data in de Westerschelde geïnterpoleerd worden.
7. Nu kan er geïnterpoleerd worden. Dit gaat als volgt: onder OPERATIONS klikt men de optie triangular interpolation delaunay aan. QUICKIN gaat interpoleren. Nadat de interpolatie voltooid is kan men ook onder OPERATIONS de eventuele 'blanco plekken' opvullen met de optie internal diffusion.
8. Als laatste slaat men de geïnterpoleerde waarde op onder FILES met de optie save tekalinf (extensie zelf te kiezen, in dit geval *.m omdat de files nog in MATLAB bewerkt dienen te worden).

Voor de invoer in SWAN moeten de x- en y-co-ordinaat verwijderd worden in de geïnterpoleerde waterstand- en U,V- files. SWAN vraagt namelijk om een bepaalde volgorde van de data. De geïnterpoleerde waarden uit QUICKIN staan precies in de gewenste volgorde. In de SWAN-invoer-file staat de volgorde weergegeven gelijk achter de naam van het waterstands- of snelheidsfile. B.v. READ CURRENT 1.0 './../michiel/swan/no1615_uv3' 3 0 FREE (zie SWAN-invoer- file). De 3 geeft hier de volgorde aan waarin de data in de file staan (zie SWAN-handleiding).

Tevens dienen de default waarden op nul gezet te worden. Met behulp van het MATLAB-programma uvcomb1 (zie verderop in deze bijlage) zijn de x- en y-co-ordinaat verwijderd en de defaultwaarden veranderd.

‘uvsort’: MATLAB-programma om u- en v-snelheid apart op te slaan.

```
-----  
Load no1615uv.m;  
m = size(no1615uv,1);  
m  
x=no1615uv(1:m,1);  
y=no1615uv(1:m,2);  
u=no1615uv(1:m,3);  
v=no1615uv(1:m,4);  
U=[x,y,u];  
save no1615.xyu U -ascii  
V=[x,y,v];  
save no1615.xyv V -ascii  
clear x y u v U V
```

```
load no1705uv.m;  
m = size(no1705uv,1);  
m  
x=no1705uv(1:m,1);  
y=no1705uv(1:m,2);  
u=no1705uv(1:m,3);  
v=no1705uv(1:m,4);  
U=[x,y,u];  
save no1705.xyu U -ascii  
V=[x,y,v];  
save no1705.xyv V -ascii  
clear x y u v U V
```

```
load no1870uv.m;  
m = size(no1870uv,1);  
m  
x=no1870uv(1:m,1);  
y=no1870uv(1:m,2);  
u=no1870uv(1:m,3);  
v=no1870uv(1:m,4);  
U=[x,y,u];  
save no1870.xyu U -ascii  
V=[x,y,v];  
save no1870.xyv V -ascii  
clear x y u v U V
```

```
load no2080uv.m;  
m = size(no2080uv,1);  
m  
x=no2080uv(1:m,1);  
y=no2080uv(1:m,2);  
u=no2080uv(1:m,3);  
v=no2080uv(1:m,4);  
U=[x,y,u];  
save no2080.xyu U -ascii  
V=[x,y,v];
```



```
save no2080.xyv V -ascii
clear x y u v U V
```

‘uvcom1’:MATLAB-programma om u en v te combineren en de default- waarden op nul te zetten.

```
load u1.m;
load v1.m;
m = size(u1,1);
n = size(v1,1);
m
n

w1 = u1(1:m,3);
w2 = v1(1:m,3);
i = find(-1000 <= w1 & w1 <= -100);
j = find(-1000 <= w2 & w2 <= -100);
ix = zeros(size(i));
jx = zeros(size(j));

w1(i) = ix;
w2(j) = jx;

%x = u1(1:m,1);
%y = u1(1:m,2);
u = w1;
v = w2;

S = [u,v];
save no1615_uv1 S -ascii

clear m n w1 w2 i j ix jx u v S

load u2.m;
load v2.m;
m = size(u2,1);
n = size(v2,1);
m
n

w1 = u2(1:m,3);
w2 = v2(1:m,3);
i = find(-1000 <= w1 & w1 <= -100);
j = find(-1000 <= w2 & w2 <= -100);
ix = zeros(size(i));
jx = zeros(size(j));

w1(i) = ix;
w2(j) = jx;
```

```
%x=u1(1:m,1);
%y=u1(1:m,2);
u=w1;
v=w2;

S=[u,v];
save no1615_uv2 S -ascii

clear m n w1 w2 i j ix jx u v S

load u3.m;
load v3.m;
m=size(u3,1);
n=size(v3,1);
m
n

w1=u3(1:m,3);
w2=v3(1:m,3);
i=find(-1000 <= w1 & w1 <= -100);
j=find(-1000 <= w2 & w2 <= -100);
ix=zeros(size(i));
jx=zeros(size(j));

w1(i)=ix;
w2(j)=jx;

%x=u1(1:m,1);
%y=u1(1:m,2);
u=w1;
v=w2;

S=[u,v];
save no1615_uv3 S -ascii

clear m n w1 w2 i j ix jx u v S

load wl1.m;
m=size(wl1,1);
W=wl1(1:m,3);
j=find(-1000 <= W & W <= -100);
jx=zeros(size(j));
W(j)=jx;

save no1615_wl1 W -ascii
clear m W

load wl2.m;
m=size(wl2,1);
W=wl2(1:m,3);
j=find(-1000 <= W & W <= -100);
jx=zeros(size(j));
W(j)=jx;
```

```
save no1615_wl2 W -ascii  
clear m W
```

```
load wl3.m;  
m = size(wl3,1);  
W = wl3(1:m,3);  
j = find(-1000 <= W & W <= -100);  
jx = zeros(size(j));  
W(j) = jx;
```

```
save no1615_wl3 W -ascii  
clear m W
```

SWAN-berekening

De orbitaalsnelheid en het percentage brekers kunnen berekend worden met het programma SWAN (Simulation Waves Nearshore). Dit gebeurt voor de Westerschelde over vier gebieden met de versies:

WS3, voor het oostelijk deel van de Westerschelde,

WS2, voor het middelste gedeelte van de Westerschelde,

WS1, voor het westelijke gedeelte van de Westerschelde,

NS1, voor het aangrenzende Noordzee gedeelte.

Al naar gelang de windrichting worden deze versies 'aan elkaar geplakt'. Bijvoorbeeld voor een westelijke wind is de volgorde NS1-WS1-WS2-WS3, voor een oostelijke wind WS3-WS2-WS1. De randvoorwaarden voor de opvolgende versie worden in de vorige versie weggeschreven.

Om bij een oostelijke wind te gaan rekenen met waterstanden en snelheden dient een kleine golf-randvoorwaarde opgelegd te worden. Dit gebeurt in het COMMANDO:

BOUNDARY STATIONARY SIDE UPPER X JON 0.10 1.1 180 2.5.

Met bovenstaande regel wordt een golf van 10 cm op de rechter/oostelijke rand van het grid gezet.

Ook moeten de default bodemwaarden kleiner gemaakt te worden anders wordt er een te grootte golf berekend en wipt de berekening eruit. Standaard staan de default bodemwaarden op 99.99 in deze run zijn ze op 10 gezet.

'WS3h03': SWAN-invoer-file

```
-----
PROJ 'Westerschelde' 'A224'
$
$ SWAN Version 30.62
$ Project A224 Alkyon
$ SWAN input file: WS3H03.swn
$
$
$*****
MODE STATIONARY
SET 0.0 90 0.01 999 3 9.81 1025 0 4
$
CGRID REGULAR 46500. 371200. 0. 29500. 16700. 295
167 &
CIRCLE 36 0.03 0.8 30
INP BOTTOM 46400. 371100. 0. 297 169 100.0 100.0
READ BOTTOM -1 './bottom/ws3.bot' 3 0 FREE
INP WLEVEL 46500. 371200. 0. 295 167 100 100
INP CURRENT 46500. 371200. 0. 295 167 100 100
READ WLEVEL 1.0 './../michielswan/no1615_wl3' 3 0 FREE
READ CURRENT 1.0 './../michielswan/no1615_uv3' 3 0 FREE
$ * BOUNDARY CONDITION *
BOUNDARY STATIONARY SIDE UPPER X JON CONSTANT 0.10 1.1 180 2.5

$
$INP WIND 0. 360000. 0. 40 20 2000. 2000.
$READ WIND 1 './WIND/WIND030.WND' 1 0 FREE

WIND 10.9 225

GEN3 KOMEN
BREAK 1. 0.73
FRIC JONSWAP
TRIAD
NUM ACCUR 0.03 0.03 0.3 97. 15
$*****
NGRID 'WS2' 28700. 372000. 0. 25500. 17000. 255
170
NEST 'WS2' './BNESTS/WS2H03.RVW'
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15VE.BLK' LAY-OUT 1 VEL
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15WI.BLK' LAY-OUT 1 WIND
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15XP.BLK' LAY-OUT 1 XP
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15YP.BLK' LAY-OUT 1 YP
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15DE.BLK' LAY-OUT 1 DEP
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15HS.BLK' LAY-OUT 1 HS
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15UB.BLK' LAY-OUT 1 URMS
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'w3no15QB.BLK' LAY-OUT 1 QB
$BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'WS3H03DI.BLK' LAY-OUT 1 DIR
$POINTS 'points' FILE 'POINTS/WS3.pnt'
$TABLE 'points' HEAD 'WS3H03.tab' XP YP DEP HS TM01 TM02 RTP
```

DIR DSPR FSPR

\$SPEC 'points' SPEC1D ABS 'WS3H03.sp1'

\$SPEC 'points' SPEC2D ABS 'WS3H03.sp2'

\$

POOL

COMPUTE

STOP
