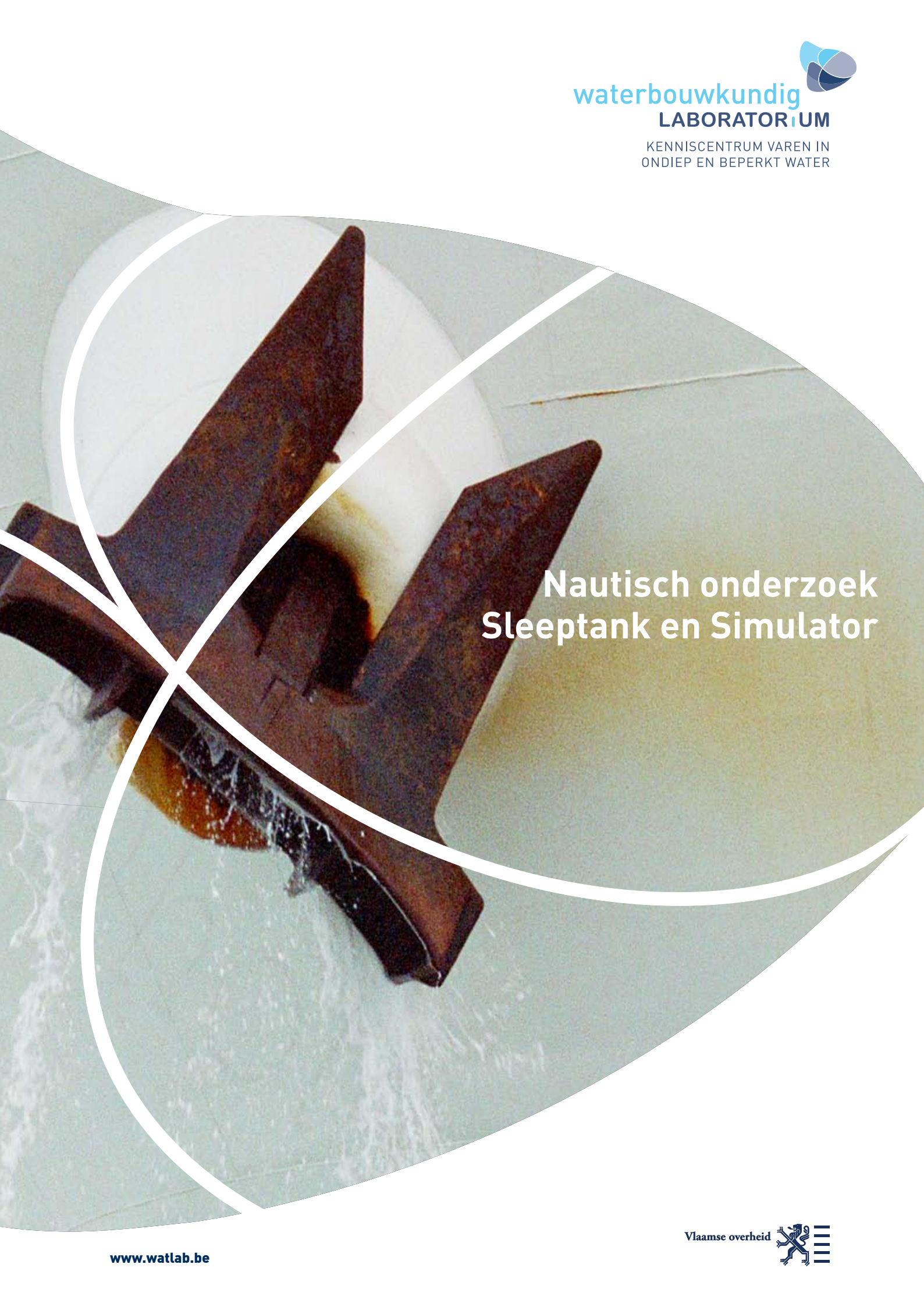




Nautisch onderzoek Sleeptank en Simulator



1. Kenniscentrum Varen in ondiep en beperkt water

Havens spelen een belangrijke rol in de economische welvaart; dit geldt in het bijzonder voor de Vlaamse havens, waarvan het belang het regionale ver overstijgt; een niet onaanzienlijk deel van de Europese import en export gaat langs deze havens. Het waarborgen van de toegankelijkheid tot deze havens is dus van cruciaal belang voor het behoud van de welvaart.

Een reder wenst zo veel mogelijk te transporteren aan een zo laag mogelijke kostprijs. Een van de manieren waarop hij dit kan doen is door schaalvergroting. Een groter schip kan met een even grote bemanning en een quasi gelijk blijvende vaste kost meer producten transporteren en dus een grotere winst genereren. Een keerzijde van deze medaille is dat de schepen groter worden, zonder dat de verticale en horizontale afmetingen van de vaarweg (even snel kunnen) vergroten. De grotere schepen moeten dus de havens bereiken langs relatief kleinere vaarwegen. Dit heeft een aanzienlijk effect op de manoeuvreerbaarheid van het schip:

- De beperkte waterdiepte zal de drukverdeling rond het schip wijzigen en leiden tot een toename van de hydrodynamische krachten. De manoeuvreerbaarheid wordt kleiner wat zich onder andere uit in een aanzienlijke toename van de draaicirkel van het schip of de bochtstraal bij het volgen van een bocht zoals op een rivier;
- De squat (een combinatie van een gemiddelde inzinking en een trimhoek van het schip) neemt toe met afnemende kielspeling wat de



kans op bodemraking vergroot. Een analoge opmerking kan gemaakt worden voor de toegangswegen die onderhevig zijn aan invloed van golven, zoals het Scheur. Door de golven zal het schip stampen, dompen en slingeren. Bij een groter schip kunnen die stamp- en dompresponsie kleiner zijn, afhankelijk van het golfspectrum, maar toch verhoogt de kans op bodemraking door de kleinere kielspeling en het grotere effect van de slingerbeweging (ten gevolge van golven, wind, bochten) bij bredere schepen;

- Naar een drukke haven zoals die van Antwerpen is er veel scheepstrafiek. De schepen kruisen elkaar en kunnen elkaar oplopen, waarbij de hydrodynamische drukvelden van beide schepen elkaar beïnvloeden en er krachtwerkingen tussen beide schepen ontstaan. Deze schip-schip interactie kan ervoor zorgen dat de schepen naar elkaar toe bewogen worden, met calamiteiten tot gevolg. Met de toenemende grootte van de schepen neemt de kans op deze interactie eveneens toe;
- Niet alleen is er interactie tussen de schepen onderling, maar ook tussen schip en oever. Indien het schip excentrisch vaart ten opzichte van een oever dan is het hydrodynamisch drukveld verschillend aan stuurboord en bakboord. Als een gevolg hiervan wordt het schip aangezogen door

de oever. Dit fenomeen wordt opnieuw versterkt bij kleinere kielspelingen;

- In verschillende havens wereldwijd (o.a. Zeebrugge, in mindere mate Antwerpen) accumuleert slib zich op de bodem van de vaargeul. Dit slib dient weggebaggerd te worden. Het bovenste gedeelte is echter meestal sterk vloeibaar slib, dat moeilijk gebaggerd kan worden. Indien de diepgang van de schepen toeneemt dan komt de kiel in contact met deze sliblagen. Zelfs bij een kleine speling tussen de top van de sliblaag en de kiel van het schip is de invloed op de manoeuvreerbaarheid van het schip merkbaar.

In mei 2008 werd het kenniscentrum "Varen in ondiep en beperkt water" opgericht. Het stelt zich tot doel de wetenschappelijke kennis en ervaringskennis over het gedrag van schepen in ondiep of beperkt vaarwater vast te leggen, uit te breiden en beschikbaar te houden, ter ondersteuning van het toelatingsbeleid en de ontwikkeling van de waterwegen voor schepen naar de Vlaamse Havens en de binnenvaart. De organisatie van het Kenniscentrum is een samenwerking tussen het Waterbouwkundig Laboratorium en de Afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent.

2. Sleeptank

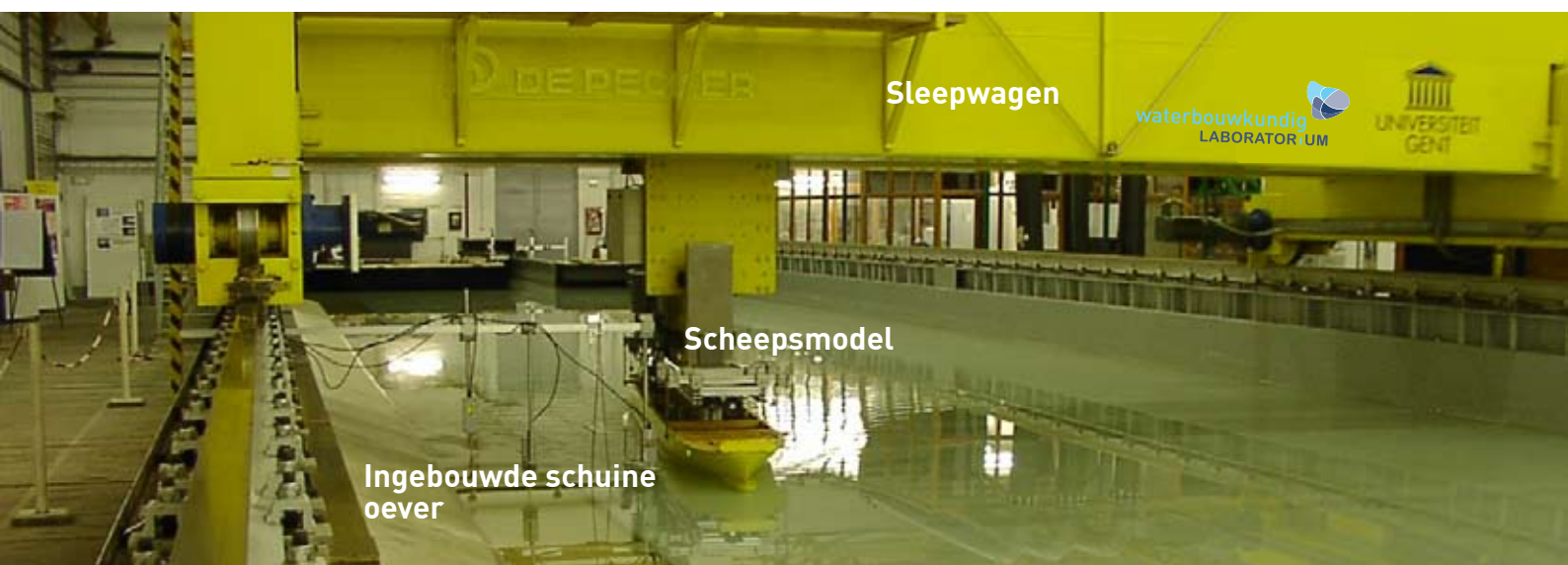
Omdat onderzoek naar het gedrag van schepen in beperkt water vaak modelproeven vereist, werd een ondiepwater-sleeptank gebouwd in 1992-1993. “De Sleeptank voor Manoeuvres in Ondiep Water (samenwerking Waterbouwkundig Laboratorium – Universiteit Gent)” is lid van de ITTC (International Towing Tank Conference) sinds 1993. Ze is uitgerust met een “Planar Motion Mechanism”, een golfgenerator en een hulpwagen of een tweede beam aan de sleepwagen, voor het uitvoeren van scheepsinteractieproeven. De sturing laat een onbemande werking toe, zodat proeven volledig automatisch uitgevoerd kunnen worden en dit 24 uur op 24, 7 dagen op 7.

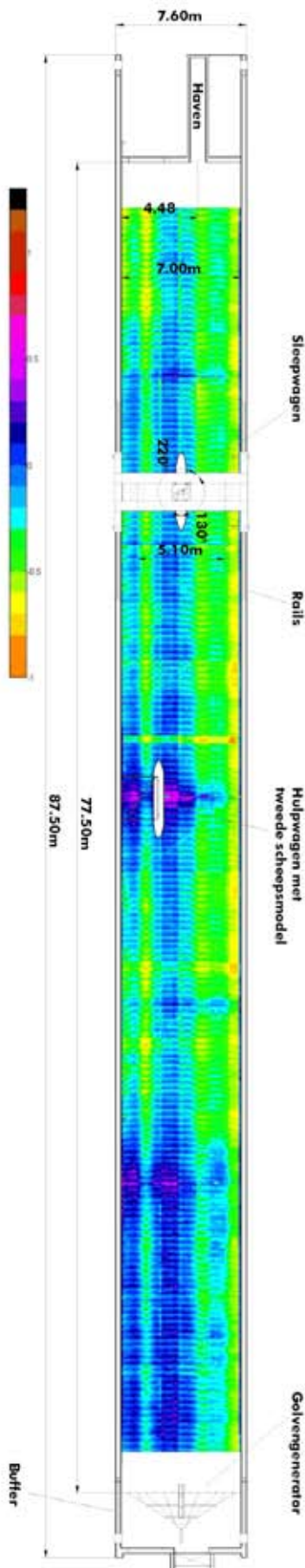
Hoofdafmetingen sleeptank

Totale lengte	87.5 m
Nuttige lengte	68.0 m
Breedte	7.0 m
Maximale waterdiepte	0.5 m
Lengte scheepsmodellen	3.5 à 4.5 m

De sleeptank heeft een totale lengte van 87.5 m, waarvan circa 68 m voor proeven gebruikt kunnen worden, en een breedte van 7 m. De waterdiepte is bewust beperkt gehouden tot 0.5 m, daar het Waterbouwkundig Laboratorium enkel geconfronteerd wordt met het gedrag van schepen in ondiep water, typisch voor havens, toegangsgeulen en kanalen.

Om de kwaliteit van de proefresultaten te verzekeren, zijn de rails waarop de sleepwagen rijdt met een grote nauwkeurigheid uitgelijnd: het hoogteverschil tussen de twee rails en de dwarse afwijking van de geleidingsrail is kleiner dan 0.5 mm. Over de volledige lengte van de rails is het hoogteverschil



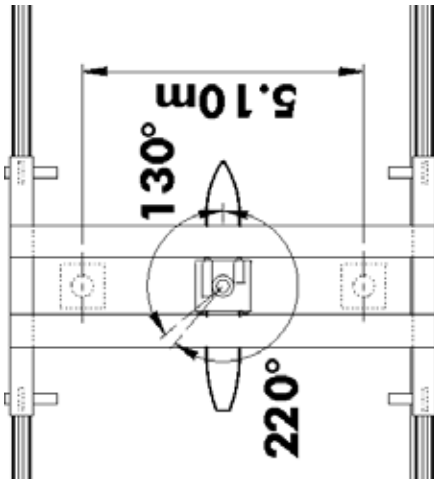


kleiner dan 1 mm.

Om de kwaliteit van de proefresultaten bij proeven van 10% kielspeling te verbeteren, werd in 2008 een groot onderhoud van de bodem van de sleeptank uitgevoerd. Tijdens dit onderhoud werd de bodem van de sleeptank volledig afgefreesd zodat het hoogteverschil tussen het laagste en het hoogste punt van de bodem over de gehele lengte van de tank niet meer dan 2 mm bedraagt.

De sleepwagen is uitgerust met een "Planar Motion Mechanism". Hiermee kunnen gedwongen manoeuvreerproeven worden uitgevoerd. Dit gebeurt door een scheepsmodel, uitgerust met een schroef en een roer, een voorgeschreven traject te laten volgen dat opgelegd wordt door de sleepwagen. Tijdens dit traject worden de krachten inwerkend op het schip (romp, schroef en roer) opgemeten. Aan het scheepsmodel kan op deze manier een traject in het horizontale vlak opgelegd worden. In verticale zin kan het model zich vrij bewegen. De meetresultaten worden gebruikt voor het opstellen van wiskundige formules, die de krachten op het schip uitdrukken. Dit stel formules wordt gebruikt om het manoeuvreergedrag van een schip te voorspellen tijdens simulaties op de manoeuvreersimulator.





		Hoofdwagen	Dwarswagen	Draaitafel
Positie	Min	0.00 m	-2.55 m	-130.0 °
	Max	68.0 m	+2.55 m	+220.0 °
Snelheid	Min	0.05 m/s	0.00 m/s	0.00 °/s
	Max	2.00 m/s	1.30 m/s	16.0 °/s
Versnelling	Max	0.40 m/s ²	0.70 m/s ²	8.0 °/s ²
Vermogen		4 x 7.2 kW	4.3 kW	1.0 kW

De sleeptank is ook uitgerust met een golfgenerator, om de verticale bewegingen te bestuderen die een schip uitvoert onder invloed van golven. Een golfgenerator kan zowel regelmatige als onregelmatige golven opwekken. Deze golfgenerator laat toe gedwongen zeegangsproeven uit te voeren, waarbij de baan van het scheepsmodel in het horizontale vlak opgelegd wordt. De verticale responsie onder invloed van het opgewekte golfpatroon is niet belemmerd en kan dus experimenteel opgemeten worden. De golfgenerator wordt aangedreven door een elektrohydraulische eenheid met als kinematische karakteristieken: slaglengte 0.3 m, snelheid 0.6 m/s, versnelling 4.4 m/s².

Om scheepsinteractieproeven te kunnen uitvoeren, is de sleeptank uitgerust met een hulpwagen. Deze hulpwagen kan een tweede scheepsmodel volgens een rechte koers voortbewegen met een maximum snelheid van 1.2 m/s, zodat proeven uitgevoerd kunnen worden waarbij twee schepen elkaar inhalen (oplopen) of kruisen.



Hulpwagen voor scheepsinteractieproeven

Voor het uitvoeren van schip-schip interactieproeven kan ook een tweede beam, die aan een vast frame gemonteerd is, aan de wagen bevestigd worden.



Scheepsinteractieproeven: sleepboot en containerschip



Schip-schip interactieproeven: Aframax en VLCC

Momenteel kunnen op de sleeptank enkel gedwongen manoeuvreerproeven uitgevoerd worden, in het voorjaar van 2009 wordt de sleepwagen aangepast zodat ook vrijvarende proeven volledig automatisch uitgevoerd kunnen worden.

De sleeptank applicatie-software omvat zowel de controle over de sturing van de drie assen, roer, aandrijving of propulsie en andere hulpapparatuur, als de communicatie tussen de PC en de DIOC's (Direct Input Output Control). De communicatie tussen de DIOC's en de PC kan gebeuren via een seriële poort of een ethernet verbinding.

De DIOC's staan in voor:

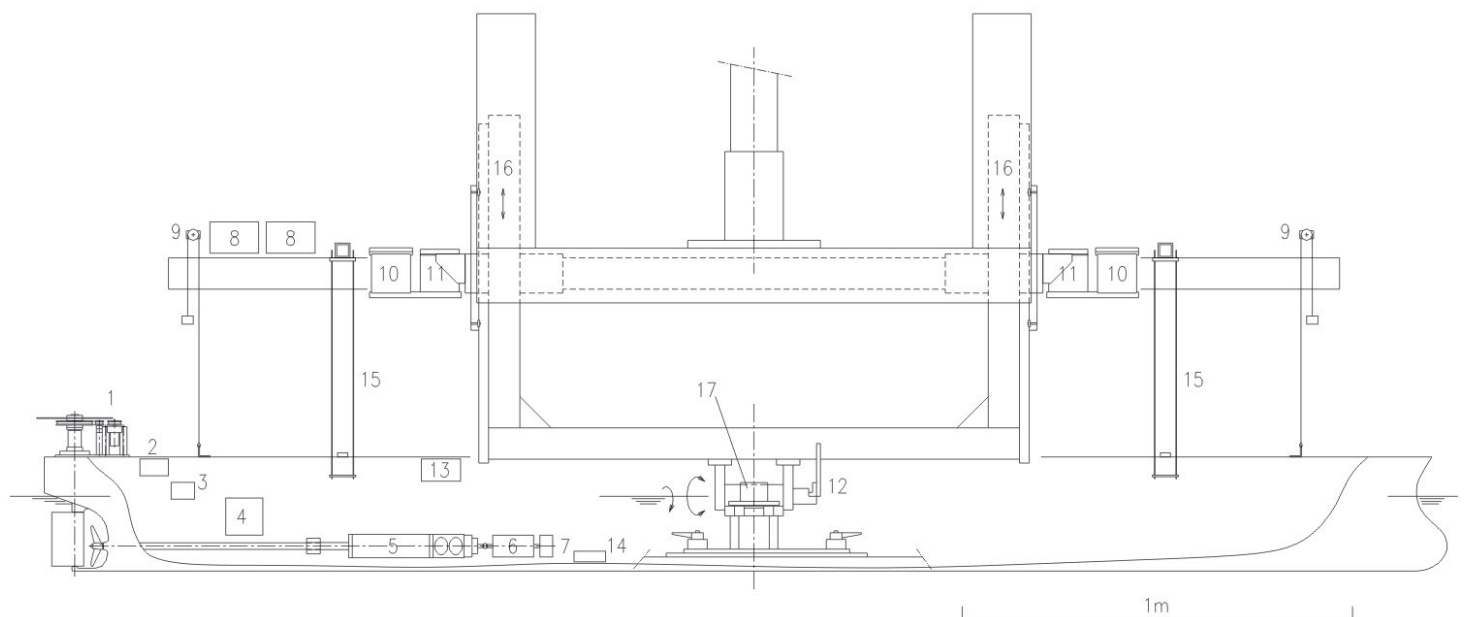
- de controle van de ingangen;
- het loggen van de ingangen;
- het sturen van de uitgangen;
- het aan- en afschakelen van de logging volgens een op voorhand bepaald traject.



DIOC's voor communicatie met de computer

Sturing en meting zijn volledig geïntegreerd. Om te vermijden dat het scheepsmodel de bodem zou raken, wat schade aan romp, roer, schroef en/of krachtenmeters zou kunnen veroorzaken, werd een mechanische veiligheid aangebracht.

1. roermechanisme	7. meting toerental schroef	13. schroefsturing
2. elektronische roersturing	8. meetversterker	14. veiligheid lekwater
3. bilgepomp (pomp lekwater)	9. meting inzinking (4x)	15. begrenzing verticale beweging (4x)
4. accu	10. langskrachtenmeter (2x)	16. verticale geleiders
5. stuwkracht- en askoppelmeter	11. dwarskrachtenmeter (2x)	17. cardankoppeling (stamp- en slingerbeweging)
6. aandrijfmotor schroef	12. dwarskoppelmeter	



ENKELE RECENTE PROJECTEN

Nautische bodem

De nautische bodem wordt door PIANC (International Navigation Association) gedefinieerd als het niveau waar de karakteristieken van de bodem een kritische limiet bereiken. Overschrijding van die limiet leidt tot schade of ontoelaatbare effecten op de manoeuvreerbaarheid van het schip.

Het concept nautische bodem wordt vaak toegepast wanneer de bodem bedekt is door een laag slib. Om meettechnische redenen wordt hierbij de densiteit van het slib gebruikt om de kritische limiet te definiëren. Voor de haven van Zeebrugge ligt de nautische bodem bijvoorbeeld op een densiteitsniveau van 1200 kg/m^3 . Dit niveau is gebaseerd op experimenteel onderzoek in het Waterbouwkundig Laboratorium sinds 2001.

De resultaten van simulatoronderzoek moeten echter aan de werkelijkheid getoetst worden. Dit vereist o.m. het uitvoeren van meetvaarten en de opvolging van de evolutie van de sliblaagkarakteristieken. Om in de praktijk het doorvaren van de sliblagen met diepliggende schepen mogelijk te maken is een adequate training van de betrokken loodsen noodzakelijk, ook met grotere containerschepen met een capaciteit tot 14000 TEU. Hiervoor bleek verder onderzoek nodig.

In 2008 werd een nieuw geconsolideerd wiskundig model geïmplementeerd in de simulatoren dat het mogelijk maakt om het scheepsgedrag boven en in contact met eender welke realistische sliblaag te simuleren. Het jaar werd afgerond met het uitvoeren van experimenteel onderzoek naar het gedrag van boegschroeven in slibrijke vaarwateren.

Oevereffecten

De asymmetrische stroming rond een schip geïnduceerd door de nabijheid van oevers leidt tot drukvariaties tussen stuur- en bakboord. Bijgevolg zal het schip aangetrokken worden tot de oever, waarbij de boeg van de oever weg geduwd wordt. Het effect hangt uiteraard sterk af van de afstand tussen schip en oever, maar ook van de snelheid van het schip en van de kielspeling. Wanneer de oevereffecten te sterk worden, wordt het onmogelijk om het schip nog onder controle te houden. Een betrouwbare schatting voor deze oevereffecten is van belang om de limietcondities te kennen waarbinnen een schip veilig kan varen.

Voor dit specifiek onderzoek is een website aangemaakt: <http://www.bankeffects.ugent.be>.

Het onderzoek draagt bij tot het bepalen van de grenzen van het veilig scheepvaartverkeer naar de Vlaamse havens.



Het schip nadert dicht bij de speciaal ingebouwde oever. Zo kan men de krachten meten die inwerken op het schip.



Schip-schip interactie

Toepassingen van schip – schip interactie voor het overpompen van vloeibare ladingen zoals olie en LNG* zullen in de toekomst sterk toenemen. Daarnaast wordt verwacht dat deze complexe operaties meer en meer zullen plaatsvinden in moeilijkereweercondities. Om de hydrodynamische effecten, die erg belangrijk zijn voor deze manoeuvres, beter te begrijpen is samen met MARINTEK (Trondheim, Noorwegen) en financieel gesteund door het Research Council of Norway een onderzoeksproject met als titel 'Investigating hydrodynamic aspects and control strategies for ship-to-ship operations' opgestart.

Het belangrijkste doel van dit onderzoeksproject is het verbeteren van de huidige schip – schip interactie trainingen op scheepsmanoeuvreesimulators door een verhoogde kennis van de complexe stroming tussen schepen die heel dicht in elkaars buurt varen. Het project bestaat uit vier deelprojecten: 1 CFD*-berekeningen, 2 PIV*-metingen, 3 wiskundige modellen voor simulators, 4 de nautische veiligheids- en controle aspecten

In het kader van het derde deelproject zijn er modelproeven uitgevoerd op de Sleeptank voor Manoeuvres in Ondiep Water (samenwerking Waterbouwkundig Laboratorium en Universiteit Gent). Een model van een Aframax-tanker was aan de PMC* van de sleeptank bevestigd terwijl een VLCC* model rechtstreeks met de sleepwagen was verbonden. Krachten, momenten en verplaatsingen werden op beide scheepsmodellen nauwkeurig gemeten evenals het wateroppervlak door drie golvenmeters.

Website:

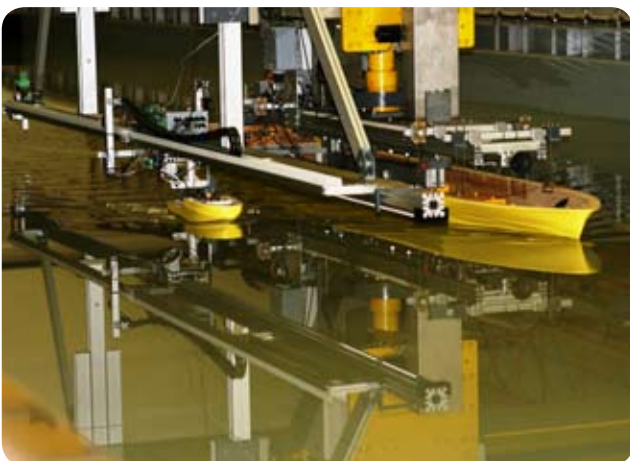
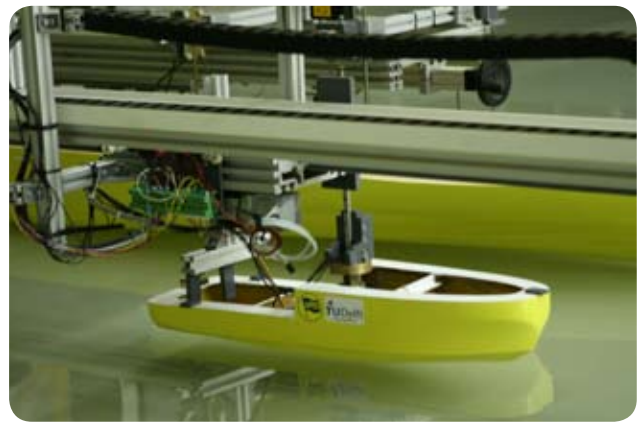
<http://www.sintef.no/Projectweb/STS0ps/>

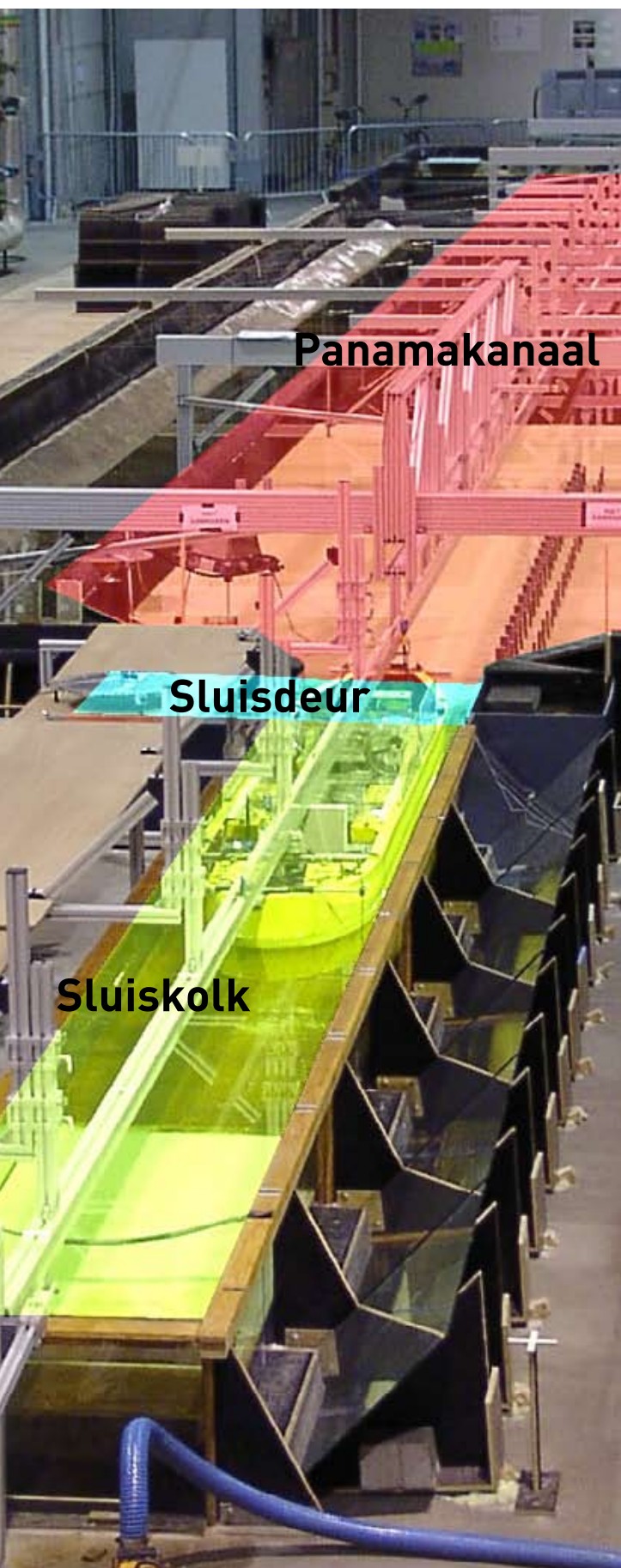
*LNG: liquified natural gas, CFD: computational fluid dynamics, PIV: particle image velocimetry, PMC: planar motion carriage, VLCC: very large crude oil carrier

Sleepboot boegolf interactie

Wanneer een sleepboot zich in de nabijheid van de boeg van een containerschip bevindt, zal door de aanwezigheid van dit containerschip het bewegingsgedrag en de bestuurbaarheid van de sleepboot sterk gewijzigd worden. Er werden modelproeven uitgevoerd in de Sleptank voor Manoeuvres in Ondiep Water met als doel de invloeden en hun afhankelijkheden te beoordelen. Hiervoor werden tijdens de proeven de dwarskracht, langskracht en het giermoment opgemeten. Voor een goed begrip van de fysische verschijnselen die zich voordoen in de nabijheid van een containerschip en een sleepboot werd ook getracht een beeld te vormen van de stroming rond containerschip en sleepboot. Aan de hand van de meetresultaten uit

de sleptank zal een numeriek model gevalideerd worden om zodoende de voorspelling van het bewegingsgedrag te verbeteren. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van de Unie voor Reddings- en Sleepdiensten (URS) door een student van de TU Delft in het kader van zijn eindwerk voor het Master of Science diploma.





Panama

In opdracht van het Consorcio Post-Panamax voerde het Waterbouwkundig Laboratorium een studie uit op schaalmodel naar het invaren van de nieuw ontworpen sluizen (Third Lane) op het Panamakanaal. Het ontwerpschip is een 12000 TEU containerschip. De lay-out omvat een sluis zonder steunmuur, met een open steunmuur of met een gesloten steunmuur waartegen het schip kan aanleunen vooraleer de sluis in te varen, zoals bij de bestaande Panamasluizen. Verschillende situaties voor deze drietrapsluis moesten bekeken worden, zowel het invaren en uitvaren van de oceaanzijde, als van de kanaalzijde en het varen van kolk naar kolk.

De proeven hielden rekening met de dichtheitsverschillen tussen oceaan en sluis. Uit de metingen werd de benodigde sleepbootassistentie, methode van invaren en keuze van de steunmuur verkregen.

Deze proeven werden niet uitgevoerd in de reguliere sleeptank, maar in een speciaal hiervoor ontwikkelde nieuwe tank.

Ondersteuning van het probabilistisch toelatingsbeleid voor de Vlaamse havens: in gebruik stellen van het programma ProToel voor de haven van Zeebrugge

Voor de toegang tot de Haven van Zeebrugge bestaat een deterministisch toelatingsbeleid dat een minimale verhouding tussen diepgang en waterdiepte op het hele traject vereist. Bovendien mag de dwarse stroomsnelheid aan de havenkoppen niet hoger zijn dan een maximale waarde.

Om beter te kunnen plannen kan, gebaseerd op stroming- en getijvoorspellingen, het venster berekend worden waarin een bepaald schip het volledige traject (bijvoorbeeld van Kwintebank tot Albert II dok in de Haven van Zeebrugge) zonder problemen kan afleggen. Dit venster wordt tijvenster genoemd. Voor een betere bepaling van tijvensters kan, op korte termijn, naast een deterministisch ook een probabilistische analyse doorgevoerd worden, die rekening houdt met golven, de daaruit volgende scheepsbeweging en de resulterende kans op bodemraking.

In het kader van dit project werd een programma voor de bepaling van een probabilistisch tijvenster geïmplementeerd. De databank van scheepsbewegingskarakteristieken is, met behulp van modelproeven en numerieke berekeningen met Seaway en Aqua+, uitgebreid tot schepen met een lengte van 400 m (type Emma Maersk). Locale informatie is beschikbaar voor stromingen, het astronomische getij en een standaard golfspectra voor de jaren 2008 en 2009. Bovendien is het mogelijk voor berekeningen op korte termijn up-to-date voorspellingen van stroming, getij en golfspectra van de HYDRA server op te halen en tijdens de berekeningen te gebruiken.

De gebruiker kan een schip kiezen, als ook de diepgang en het traject en de datum en tijd van de reis aangeven. Verder kan bij het berekenen van een tijvenster het aantal berekeningen die voor en na de reis moeten uitgevoerd worden opgegeven worden. De resultaten van de berekeningen worden



automatisch in xml formaat opgeslagen en kunnen direct in ProTool in een tabel worden bekeken. Deze tabel kan naar pdf worden geëxporteerd.

ProTool Results																	
Scheepsramp		W100	Traject	KWB_-_Z-Air_K120_(S1)													
Maximum Diepgang [m]		15.5	Datum van reis	01/08/2008 CET													
GM [m]		0.0	Golf	true													
Ligging		Grenswaarde	13:45 CET	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	
Kwintebank	Tijdstip [CET]		13:54	14:09	14:24	14:39	14:54	15:09	15:24	15:39	15:54	16:09	16:24	16:39	16:54	17:09	
	Getij Zeebrugge [m LAT]		4.63	4.69	4.71	4.67	4.58	4.52	4.38	4.26	4.04	3.92	3.68	3.55	3.30	3.18	
PvhZ-SZ	Tijdstip [CET]		15:10	15:25	15:40	15:55	16:10	16:25	16:40	16:55	17:10	17:25	17:40	17:55	18:10	18:25	
	Getij Bol van Heist [m LAT]		4.51	4.39	4.24	4.08	3.91	3.74	3.56	3.37	3.18	2.96	2.71	2.44	2.17	1.91	
PvhZ-Strekdammen	Tijdstip [CET]		15:25	15:40	15:55	16:10	16:25	16:40	16:55	17:10	17:25	17:40	17:55	18:10	18:25	18:40	
	Getij Zeebrugge [m LAT]		4.36	4.21	4.04	3.86	3.68	3.49	3.30	3.09	2.88	2.63	2.35	2.08	1.82	1.58	
Zeebrugge A2 K120	Tijdstip [CET]		15:42	15:57	16:12	16:27	16:42	16:57	17:12	17:27	17:42	17:57	18:12	18:27	18:42	18:57	
	Getij Zeebrugge [m LAT]		4.15	4.04	3.80	3.68	3.43	3.30	3.02	2.87	2.54	2.35	1.99	1.81	1.50	1.35	
Kwintebank-Scheur	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	15.00	35.00	34.82	33.63	33.02	31.83	30.89	29.35	28.55	26.90	26.04	24.22	23.22	21.01	19.85	
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	2.32	5.42	5.37	5.21	5.12	4.90	4.79	4.55	4.42	4.17	4.04	3.75	3.60	3.26	3.08	
	TrajectPunt		206	205	206	204	206	205	206	204	206	204	206	204	206	204	
Scheur_West	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	15.00	34.62	33.63	33.02	31.83	30.89	29.35	28.55	26.90	26.04	24.22	23.22	21.01	19.85	17.63	
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	2.32	5.37	5.21	5.12	4.90	4.79	4.55	4.42	4.17	4.04	3.75	3.60	3.26	3.08	2.73	
	TrajectPunt		113	114	114	114	113	114	113	114	113	114	113	114	113	114	
Pas_van_het_Zand	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	12.50	34.12	33.40	32.04	31.28	29.74	28.94	27.26	26.40	24.55	23.51	21.19	19.98	17.71	16.67	
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.94	5.29	5.19	4.97	4.85	4.61	4.48	4.23	4.09	3.80	3.64	3.28	3.10	2.75	2.58	
	TrajectPunt		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00	34.12	33.48	32.04	31.28	29.74	28.94	27.26	26.40	24.55	23.51	21.19	19.98	17.71	16.67	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08	5.29	5.19	4.97	4.85	4.61	4.48	4.23	4.09	3.80	3.64	3.28	3.10	2.75	2.58	
	TrajectPunt		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Zeebrugge_Ingang	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	12.50	34.12	33.14	32.04	30.90	29.74	28.53	27.26	25.96	24.55	22.96	21.19	19.39	17.71	16.17	
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.94	5.29	5.14	4.97	4.79	4.61	4.42	4.23	4.02	3.81	3.56	3.28	3.00	2.75	2.51	
	TrajectPunt		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00	34.12	33.14	32.04	30.90	29.74	28.53	27.26	25.96	24.55	22.96	21.19	19.39	17.71	16.17	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08	5.29	5.14	4.97	4.79	4.61	4.42	4.23	4.02	3.81	3.56	3.28	3.00	2.75	2.51	
	TrajectPunt		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Max stroming [knts]	2.00	2.03	1.86	1.70	1.52	1.31	1.07	0.82	0.60	0.58	0.70	0.83	0.97	1.12	1.28	
	TrajectPunt		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeebrugge	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	10.00	28.26	27.52	26.00	25.22	23.59	22.75	20.99	20.03	17.86	16.67	14.30	13.19	11.17	10.22	
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.55	4.38	4.27	4.03	3.91	3.66	3.53	3.25	3.10	2.77	2.58	2.22	2.05	1.73	1.58	
	TrajectPunt		611	601	611	610	611	601	611	611	611	611	611	601	611	601	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00	10.20	9.45	7.93	7.15	5.52	4.68	2.92	1.97	-0.20	-1.39	-3.76	-4.87	-6.90	-7.85	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08	1.58	1.47	1.23	1.11	0.86	0.73	0.45	0.30	-0.03	-0.22	-0.58	-0.75	-1.07	-1.22	
	TrajectPunt		611	601	611	610	611	601	611	611	611	611	611	601	611	601	
Zeebrugge_Kaai	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	10.00	28.26	27.52	26.00	25.22	23.59	22.75	20.99	20.03	17.86	16.67	14.30	13.19	11.17	10.22	
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.55	4.38	4.27	4.03	3.91	3.66	3.53	3.25	3.10	2.77	2.58	2.22	2.04	1.73	1.58	
	TrajectPunt		615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00	10.20	9.45	7.93	7.15	5.53	4.68	2.92	1.97	-0.20	-1.39	-3.76	-4.87	-6.90	-7.85	
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08	1.58	1.47	1.23	1.11	0.86	0.73	0.45	0.30	-0.03	-0.22	-0.58	-0.76	-1.07	-1.22	
	TrajectPunt		615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	
Kans op bodemraking		1.00E-2	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	
																	Save

Resultaten van berekeningen door ProTool

3. Simulator

De scheepsmanoeuvresimulator omvat verschillende onderdelen. Allereerst is er het mathematische model. Dit is het rekenhart achter de scheepsbewegingen. Als een schip zich voortbeweegt, werken er verschillende krachten op het schip: krachten opgewekt door de verplaatsing van het schip door het water, door wind, stroming, golven en andere schepen die zich voortbewegen.

Als tweede omvat de simulator een navigatiebrug, waar de stuurman de navigatie voor zich neemt. Aan de instrumenten, de radar en het buitenbeeld door de ramen van de nagebootste scheepsbrug merkt de nauticus hoe het schip zich gedraagt. Met aangepaste bevelen (roer, telegraaf, sleepboothulp) bestuurt hij/zij het schip. Afhankelijk van deze bevelen zal de krachtwerking op het schip berekend worden. Daaruit worden de snelheid en de nieuwe positie van het schip berekend en getoond op instrumenten en radar. Op deze manier wordt de vaart zo realistisch mogelijk gesimuleerd.

Mathematisch model

Het belangrijkste onderdeel van de simulator is het mathematisch of wiskundig model. Het beschrijft hoe enerzijds externe krachten op het schip en anderzijds krachten op de romp, het roer en de schroef van het schip berekend moeten worden.

De massa en alle krachten die op het schip werken worden 5 keer per seconde uitgerekend. Hieruit worden de nieuwe positie, snelheid en koers van het schip afgeleid. Op die nieuwe positie worden alle krachten opnieuw berekend voor een volgende tijdstap. Waaruit weer de positie, snelheid en





koers van het schip kunnen afgeleid worden en zo kan het schip zich voortbewegen tot het einde van de vaart.

Scheepsbrug

De scheepsbrug is uitgerust met de nodige instrumenten en bedieningsorganen voor het besturen van de verschillende scheepstypes (bvb. Container-schip, cruiseschip, sleepboot, ...).

Instructeurruimte

In de instructeurruimte kiest men het schip waarmee men gaat varen. Men bepaalt het gebied waar de oefening plaatsvindt, met welke stroom, wind,... Ook stelt men de atmosferische condities van het buitenbeeld in. Dit kan gaan van een uiterst kalme zee met mistig weer tot ruwe stormcondities.

De instructeur bepaalt hoe vreemde schepen zich bewegen en kan zo de navigator op de brug uitdagen om hierop te anticiperen. Indien de navigator een verzoek heeft voor sleepbootassistentie worden deze ook bediend door de instructeur. Hij bedient ook bruggen, sluisdeuren en verkeerslichten.

Buitenbeeld

Het buitenbeeld is een decor dat de omgeving voorstelt die vanaf de scheepsbrug zichtbaar is tot op een afstand van zowat 10 kilometer aan beide zijden van de vaarweg. De aanmaaktijd van een buitenbeeld kan beraamd worden op circa 30 tot 40 werkdagen, maar hangt zeer sterk af van de omvang en de detaillering van de voor te stellen omgeving.

Een eerste taak om een buitenbeeld aan te maken is terreinverkenning waarbij foto's worden genomen van de omgeving, het doel hiervan wordt verder duidelijk.

Na dit terreinwerk volgt de ontwerpfase. Men start met het aanmaken van een draadmodel. Punten, lijnen en vlakken worden op de juiste



hoogte toegevoegd om tot een driedimensionale voorstelling van de omgeving te komen. Het draadmodel moet nog verder “aangekleed” worden. Dit kan door de verschillende vlakken kleuren te geven .

Tenslotte worden delen uit de terreinfoto's als een soort kleed over het draadmodel gelegd. De gebouwen worden afgewerkt net zoals ze in de werkelijkheid voorkomen. Later worden ook “vreemde” schepen ingevoegd die het “eigen schip” waarmee men wil varen tijdens de simulatie zullen ontmoeten.

Tot slot worden ook animaties zoals rook, golvend water, weersomstandigheden, signalisatie-lichten, omgevingsgeluid,... aan het buitenbeeld toegevoegd.

Onderzoek

Via simulatievaarten is het mogelijk om onderzoek uit te voeren. Men heeft de mogelijkheid om bepaalde voorstellen voor nieuwe ontwerpen van havens, toegangseulen of dergelijke eerst te testen door gekwalificeerde nautici, zoals bijvoorbeeld loodsen. Deze personen kunnen inschatten of een nieuw ontwerp de navigatie niet hindert en men kan de grenzen voor veilig verkeer bepalen, bijvoorbeeld de maximale afmetingen van de schepen die een haven aandoen, de maximaal toelaatbare wind of stroming bij het binnenvaren, wat te doen bij beperkte zichtbaarheid,....

Ook onderzoekt men of nieuwe nautische procedures en hulpmiddelen bijdragen tot een verbetering van de veiligheid, bijvoorbeeld gebruik van sleepboten, verplaatsen van boeien...

ENKELE RECENTE PROJECTEN

Op- en afvaartregeling voor 8000 en meer TEU containerschepen bij een maximale diepgang van 145 dm.

Situering

Sinds september 2005 wordt de op- en afvaartregeling voor containerschepen met lengtes van 340 m tot maximaal 360 m beschreven in kennisgeving 02-2005. Hierin wordt opgelegd dat containerschepen met dergelijke lengte in op- en afvaart maximaal geladen mogen worden tot respectievelijke diepgang 140 dm en 130 dm. Rederijen kregen op aanvraag echter uitzonderingsmaatregelen toegekend waardoor sommige grote containerschepen afvoeren bij een diepgang van 135 dm.

Om een beeld te krijgen van de invloed van de nieuwe generatie containerschepen - met lengtes groter dan 360 m - op het scheepvaartverkeer op de Westerschelde werd door de afdeling Scheepvaartbegeleiding een onderzoek ten gronde gevraagd met als doel een nieuwe op- en afvaartregeling wetenschappelijk te onderbouwen.



Onderzoek

De afmetingen van de onderzochte containerschepen werden gekozen in overeenstemming met de maximale maten van bestaande of geplande containerschepen. De afmetingen van deze schepen worden weergegeven in onderstaande tabel

	MAERSK	CMA-CGM	MSC	MAERSK
TEU	8400	11400	13230	14000
LOA (m)	352.0	365.5	381.0	397.6
LPP (m)	331.8	349.5	362.4	376.0
B (m)	42.8	48.4	51	56.4
T1 (m)	12.2	12.8	13.1	13.1
T2 (m)	14.6	15.4	16.0	16.6

De Westerschelde is een bochtige rivier die gekenmerkt wordt door een beperkte waterdiepte en een beperkte breedte. Om het gedrag van de containerschepen op de Westerschelde op accurate wijze te voorspellen, diende bijgevolg een uitgebreide wiskundige modellering opgesteld te worden die rekening houdt met onderstaande fenomenen:

- manoeuvreergedrag in open water bij kielspeling variërend van 10% tot 100% van de scheepsdiepgang;
- invloed van oevers op het manoeuvreergedrag;
- invloed van de interactie met andere scheepvaart op het manoeuvreergedrag.

Behalve de invloed van de beperkte vaaromgeving op de manoeuvreereigenschappen, speelt ook squat een belangrijke rol in de toegankelijkheid van grote containerschepen. Squat is de inzinking en vertrimming van het schip onder invloed van de verstoring die het door zijn vaarsnelheid teweegbrengt in het omringende water. Indien een schip in erg ondiep water vaart, kan deze extra inzinking verantwoordelijk zijn

voor bodemraking of kunnen ernstige trillingen optreden.

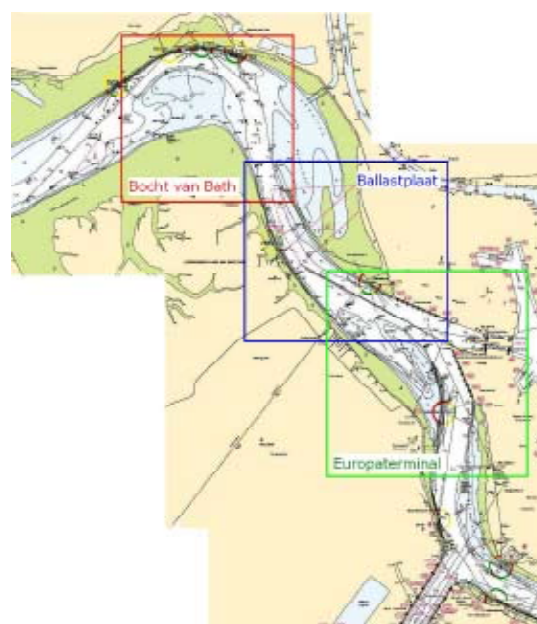
Er werd in het kader van studie 689_04 een uitgebreid onderzoek naar squat gevoerd waarbij de invloed van onderstaande parameters in rekening gebracht werd:

- voorwaartse snelheid door het water;
- schroefwerking;
- dwarse snelheid door het water;
- giersnelheid;
- ander scheepvaartverkeer;
- oevers.

De opgestelde modelleringen voor squat en manoeuvreergedrag in beperkt water werden geprogrammeerd in het wiskundige model van de scheepsmanoeuvresimulatoren.

Evaluatie

De toegankelijkheid van de onderzochte containerschepen werd geëvalueerd aan de hand van real-time simulaties uitgevoerd op beide scheepsmanoeuvresimulatoren SIM360+



en SIM225. Tijdens deze simulaties werden de door de begeleidingscommissie als moeilijkste scenario's omschreven situaties gesimuleerd. Het betrof ontmoetingen tussen twee grote containerschepen op drie ongunstige locaties op de Westerschelde (zie figuur) bij maximale ebstroom en maximale vloedstroom. Zowel het opvarende als het afvarende containerschip werd door loodsen bestuurd van op een afzonderlijke simulatorbrug waarvoor een koppeling van beide simulatoren noodzakelijk was.

Gedurende tien simulatiedagen werden er 112 ontmoetingen uitgevoerd in zes verschillende situaties (3 locaties bij 2 stroomsituaties). Voor elk van deze situaties konden de ontmoetingen geëvalueerd worden op basis van de gerespecteerde tussenafstand tijdens de ontmoeting en de door beide schepen gerespecteerde afstand tot de boeienlijn.

Als voorbeeld wordt de evaluatie van ontmoetingen in de bocht van Bath bij vloedstroom gevisualiseerd. De verschillende ontmoetingslocaties worden weergegeven in een kleur die de reserves aangeeft waarmee de ontmoeting uitgevoerd werd. Lage beoordelingscijfers komen overeen met gunstig uitgevoerde ontmoetingen.

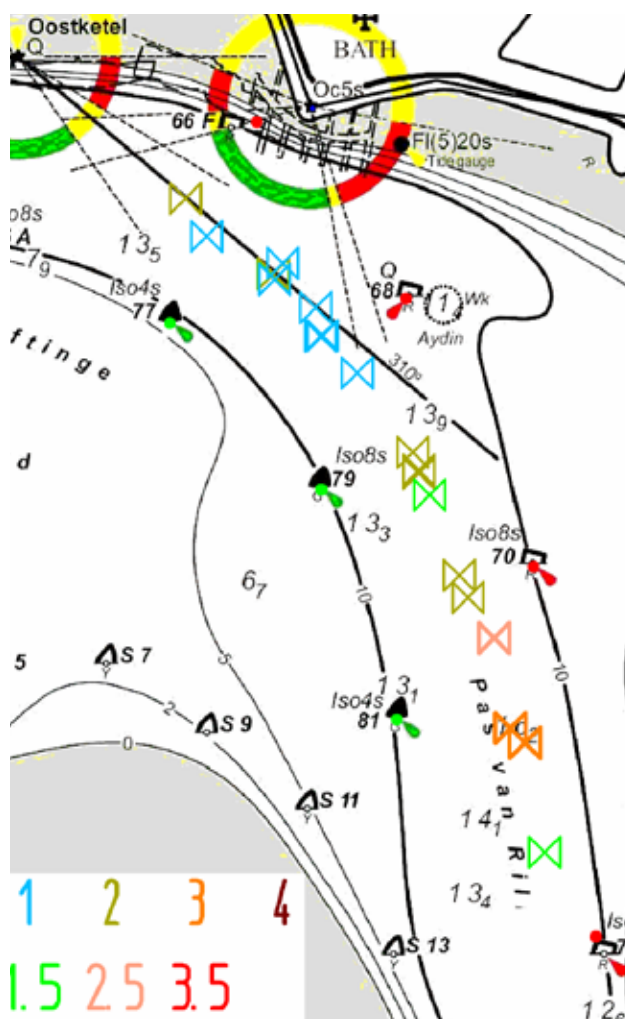
Uit de overzichtstekening kan men afleiden dat ontmoetingen in de bocht van Bath bij volle vloedstroom uitgevoerd ter hoogte van boei 68 over het algemeen met goed gevolg uitgevoerd werden. Ontmoetingen meer naar het zuiden gingen gepaard met grotere moeilijkheden.

Resultaten

Uit het gevoerde onderzoek konden randvoorwaarden geformuleerd worden verbonden aan de komst van grotere containerschepen tot

de haven van Antwerpen.

Zo bleken ontmoetingen met dergelijke schepen op sommige locaties af te raden en werden er waardevolle data in verband met de maximale inzinking van grote containerschepen bekomen. Bovendien bleek dat de op- of afvaart met containerschepen zoals deze die het onderwerp vormden van de studie op een vlotte wijze uitgevoerd moet worden en dat bijgevolg het andere scheepvaartverkeer op deze containerschepen afgestemd dient te worden. Meer uitgebreid onderzoek (onder andere bij laag water condities) dient het onderzoek in studie 689_04 aan te vullen.



Simulatorstudie 2e sluis Waaslandhaven, toegankelijkheid voor een 400 m containerschip

In deze studie werd de toegankelijkheid van een tweede sluis die toegang geeft tot de Waaslandhaven onderzocht voor een 400 m lang containerschip. Momenteel is de Kallosluis de enige toegangsweg tot dit deel van de haven op linkeroever. Het schip heeft een breedte van 56.4 m terwijl de sluis een breedte heeft van 68 m en een lengte tussen de buitenste deuren van 500 m. In vorige studies werd de toegankelijkheid onderzocht voor een bulk carrier, een 350 en een 366 m containerschip. De layout van de toegang van de 2e sluis aan de zijde van het Waaslandkanaal, zoals deze in ontwerpfase in 2007 werd gewijzigd, werd in deze studie terug gebruikt. Bijkomend werden wiefenders met hun karakteristieke voor de indrukking aan alle hoeken van de sluis aangebracht zoals aangegeven door het Gemeentelijk Havenbedrijf.

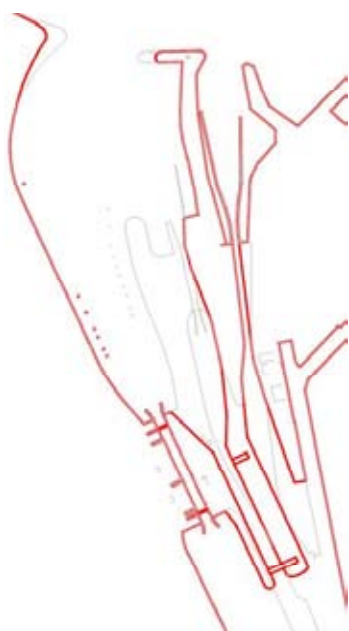
Deze real-time simulaties werden uitgevoerd door de rivierloodsen van DAB Loodswezen aan de zijde van het Deurganckdok en door de loodsen van CVBA Brabo aan de zijde van het Waaslandkanaal terwijl assistentie werd verleend door de sleepbootkapiteins van URS en de sleepdienst van het havenbedrijf. Doel van de simulaties was het evalueren van de voorwaarden die voldaan moeten zijn om dit 400 m containerschip veilig in en uit de sluis te loodsen. Hiervoor werden windcondities opgelegd vanuit verschillende windrichtingen met windsnelheden overeenkomend met 5 en 6 Bf waarbij gezocht werd naar de sleepbootconfiguraties waarmee de loodsen in samenspraak met de verantwoordelijken van de sleepdiensten de manoeuvres veilig konden uitvoeren met minimaal contact met de wiefenders in de sluis.



Manoeuvresimulaties grootste zeesluis binnen complex Terneuzen

In opdracht van de projectgroep KGT2008 belast met het uitvoeren van een kosten-baten analyse van de verschillende projectalternatieven werd de nautische impact van één der projectalternatieven onderzocht door middel van een tweedimensionale real-time simulatie.

Het projectalternatief grootste zeesluis binnen complex (zie figuur), dat het onderwerp vormde van deze studie, is toegankelijk voor schepen met lengte tot 366 m en breedte tot 49 m. In de studie werd het gedrag van zowel een bulk carrier als een containerschip met dergelijke afmetingen onderzocht in de voorhavenconfiguratie die gepaard gaat met het onderzochte projectalternatief. Het betrof in- en uitvaartsimulatie uitgevoerd door rivierloodsen en kanaalloodsen aan de hand van een tweedimensionaal bovenaanzicht of bird's eye view van schip en omgeving.



De studie leverde informatie over de vereiste stopafstand voor de onderzochte schepen; de optimale positie van de zeesluis binnen het complex; de optimale configuratie van de havenmond en het benodigde sleepbootgebruik in functie van de windconditie.

Flexibel sleepbootalternatief voor beschermingspontons Westsluis, Terneuzen

Gedurende 2008 werden de basculebruggen van de Westsluis te Terneuzen vervangen door nieuwe exemplaren die zich in geopende stand op grotere afstand van de sluiscolk bevinden dan hun voorgangers. Hierdoor verkleint de kans op contact tussen de bovenbouw van autoschepen en deze basculebruggen gevoelig. Door middel



van simulatieonderzoek diende onderzocht te worden of de nieuwe sluisconfiguratie het verplichte gebruik van beschermingspontons kon opheffen en welke sleepbootassistentie dit vereiste. Onder deze beschermingspontons wordt met name verstaan: de bufferbakken AK3 en AK4 en de Europabak.



Een zicht op de AK4 bak tijdens de invaart van een car carrier. Deze bak wenst men te verwijderen en te vervangen door het flexibel gebruik van een sleepboot

Voorts werd de invloed van het flexibel inzetten van sleepvaartuigen onderzocht. Aanbevelingen betreffende de meest gunstige sleepbootconfiguratie bij verschillende windcondities werden geformuleerd.

Opleiding

De simulator heeft een certificaat van de Zeevaartinspectie en kan gebruikt worden voor opleiding en trainingen

Wat doen deze stuurliu nu op de simulator? Ze varen en manoeuvreren met kleine en grote schepen in de moeilijkst denkbare situaties:

- Ze varen in sluizen en naar kaaien, op een rivier, voeren ankermanoeuvres uit
- Ze naderen diverse steigers en terminals en leggen er aan
- Ze leren op een efficiënte en veilige manier te werken met sleepboten
- Inoefenen van juiste procedures en van een aantal noodzakelijke mechanismen
- ...

De positie, snelheid en krachten op het schip tijdens de simulatievaart worden opgeslagen en kunnen nadien gebruikt worden voor verdere analyse.



Uitvoeren van real-time simulaties op simulator SIM225.



Vaarbaanplot: schip dat de haven van Oostende invaart.



Maritieme Techniek Ugent
Technologiepark 904
9052 Gent

Tel: 09 264 55 59
Fax: 09 264 58 43

Websites

www.maritiem.ugent.be
www.bankeffects.ugent.be



Waterbouwkundig Laboratorium
Berchemlei 115
2140 Antwerpen

Tel: 03 224 60 35
Fax: 03 224 60 36

Websites

www.watlab.be
www.ondiepwater.be



Website kenniscentrum varen in ondiep en beperkt water:
<http://www.ondiepwater.be>

Website Waterbouwkundig laboratorium:
<http://www.watlab.be/>



Website Universiteit Gent-Afdeling Maritieme Techniek:
<http://www.maritiem.ugent.be/>

Website Oevereffecten:
<http://www.bankeffects.ugent.be/>