



Vlaanderen
is wetenschap



15_100_1
WL rapporten

Overgangsverschijnselen bij oeveffecten

Deelrapport 1 – Proevenprogramma

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Overgangsverschijnselen bij oevertreffingen

Deelrapport 1 – Proevenprogramma

Delefortrie, G; Lataire, E.; Peeters, P.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2016
D/2016/3241/284

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Delefortrie, G; Lataire, E.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2016). Overgangsverschijnselen bij oevereffecten: Deelrapport 1 – Proevenprogramma. Versie 4.0. WL Rapporten, 15_100_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

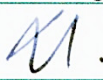
Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

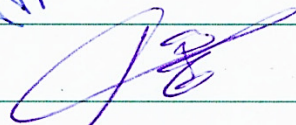
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2016R15_100_1
Keywords (3-5):	Sleeptank, oevereffecten, overgangen, kanaalsecties, kaaimuren		
Tekst (p.):	24	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Delefortrie, G.
------------	-----------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Lataire, E.	
Projectleider:	Delefortrie, G.	

Goedkeuring

Coördinator onderzoeksgroep:	Peeters, P.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	



Abstract

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van het experimentele programma ter bepaling van overgangsverschijnselen bij oevereffecten dat uitgevoerd werd in de sleeptank in het najaar van 2016. Met een volle scheepsvorm en één ladingsconditie werden elf vaaromgevingen beproefd bij drie verschillende waterdieptes. Dit rapport dient als informatiebron bij het interpreteren van de resultaten.

Kennisdomeinen: Manoeuvreergedrag > Oevers > Schaalmodelproeven

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
1 Overzicht.....	1
2 Overzicht proevenprogramma	3
2.1 Scheepsmodel.....	3
2.2 Layouts.....	3
2.2.1 Overzicht.....	3
2.2.2 Breedte van de vaarweg.....	3
2.2.3 Breedte van het insteeddok.....	4
2.2.4 Oriëntatie van het insteeddok	4
2.3 Kielspelingen.....	7
2.4 Kinematica en controle.....	7
2.4.1 Aantal proeven	7
2.4.2 Basisprogramma	7
2.4.3 Uitgebreid programma	10
2.5 Golf- en snelheidsmeters.....	10
3 Problemen in de loop van het project.....	15
3.1 Opbouwen omgevingen	15
3.2 Teruglooptrajecten.....	15
3.3 Proefgrootte	15
4 Verloop proevenprogramma.....	16
4.1 Augustus 2016	16
4.2 September 2016	17
4.3 Oktober 2016.....	19
4.4 November 2016	20
5 Verwerking proeven	22
5.1 Railcorrectie.....	22
5.2 KRT- en HDR-bestanden	22
5.3 DPT-bestanden	22

5.3.1	Methodiek	22
5.3.2	Layout	22
6	Referenties	24

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Hoofdafmetingen scheepsmodel T0Z: ware grootte en modelschaal.....	3
Tabel 2 – Beproefde breedtes van de vaarweg.....	4
Tabel 3 – Beproefde breedtes van het insteekdok.....	4
Tabel 4 – Te beproeven oriëntaties van het insteekdok.....	4
Tabel 5 – Beproefde layouts.....	5
Tabel 6 – Beproefde waterdieptes	7
Tabel 7 – Kritische vaarsnelheden in functie van de vaarwegbreedte en de kielspeling.....	8
Tabel 8 – Beproefde vaarsnelheden.....	8
Tabel 9 – Beproefde dwarsposities	9
Tabel 10 – Beproefde drifthoeken	9
Tabel 11 – Positie golvenmeters in sleeptank, per omgeving.....	11
Tabel 12 – Positie van de snelheidsmeting	14

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Containerschip COD varend voorbij de “sprong” veroorzaakt door de ingebouwde rechte kaaimuur.....	1
Figuur 2 – Opdeling van de sleeptank in verschillende relevante zones	5
Figuur 3 – Overzicht van de beproefde lay-outs in de sleeptank.....	6
Figuur 4 – Omgeving B1 in de sleeptank	16
Figuur 5 – Omgeving B0 in de sleeptank	16
Figuur 6 – Omgeving B2 in de sleeptank	17
Figuur 7 – Omgeving B3 in de sleeptank	17
Figuur 8 – Omgeving B4 in de sleeptank	18
Figuur 9 – Omgeving B5 in de sleeptank	18
Figuur 10 – Omgeving B6 in de sleeptank	19
Figuur 11 – Omgeving B7 in de sleeptank	19
Figuur 12 – Omgeving B8 in de sleeptank	20
Figuur 13 – Omgeving B9 in de sleeptank	20
Figuur 14 – Omgeving BA in de sleeptank.....	21
Figuur 15 – Scheeps- en tankvast assenstelsel in zes vrijheidsgraden.....	23

1 Overzicht

Sinds het ontstaan van de sleeptank in 1992 werd het gedrag tussen het schip en de oever van de vaarweg veelvuldig onderzocht, voorbeelden zijn onder andere de projecten WL 515 (Kanaal Gent-Terneuzen), WL 778 en WL 00_010. De resultaten uit deze projecten werden gebruikt voor de ontwikkeling van een generiek wiskundig model dat de stationaire effecten tussen schip en oever in rekening brengt (Lataire, 2014). In het huidige project werd een nieuw experimenteel programma uitgevoerd waarbij de nadruk werd gelegd op overgangsverschijnselen bij sterk variërende oevergeometrieën.

De motivatie voor dit proevenprogramma is gegroeid uit project WL 14_170 (Kanaal Gent-Terneuzen); er werd toen een hiaat vastgesteld in de wiskundige modellering van dergelijke overgangsverschijnselen. Voor project 14_170 werd het wiskundige model uit (Lataire, 2014) aangepast om overgangsverschijnselen bij plots veranderende oevergeometrieën enigszins in rekening te brengen. Wanneer er op een smalle vaarweg langs een insteeddok gevaren wordt (zoals veelvuldig voorkomt op de trajecten die gesimuleerd werden voor project 14_170), dan is dit oorzaak van veranderende oevereffecten. Zo een insteeddok zal overgangsverschijnselen veroorzaken waarbij de afstand tussen oever en schip niet langer eenduidig bepaald kan worden door deze afstand te beschouwen op één enkele langse positie van het schip.

Figuur 1 – Containerschip COD varend voorbij de “sprong” veroorzaakt door de ingebouwde rechte kaaimuur



Om de invloed van veranderlijke oevers op een betrouwbare en realistische wijze te simuleren, kon men zich voor het project 14_170 enkel baseren op modelproeven die in het verleden in de sleeptank van het WL werden uitgevoerd. Daardoor werd er naar proeven gekeken waarbij er langs een uitspringende ingebouwde verticale oever (Figuur 1) gevaren werd met een ingebouwde oeverlengte korter dan de afgelegde weg van het scheepsmodel. Het scheepsmodel werd versneld in het deel van de sleeptank waar geen extra oever was ingebouwd, voer enkele scheepslengtes tot een regimeconditie was ingesteld en passeerde vervolgens aan een constante snelheid langs de ingebouwde oever. Tenslotte werd het andere uiteinde van de ingebouwde oever bereikt, waardoor er opnieuw een overgang plaatsvond. Het afremmen van het schip startte pas wanneer het schip ruim voorbij deze ingebouwde oever was gevaren. Op deze manier wordt de invloed van het plots verschijnen en wegvallen van de oever in aanmerking genomen. De beperking van deze proevenreeks is dat het hier eerder gaat om het plots ‘verschijnen’ van een oever. Op een smal kanaal (zoals bijvoorbeeld Kanaal Gent-Terneuzen) vaart men centraal op een relatieve smalle vaarsectie (bij een grote *blockage*); en ontstaat er een asymmetrie in de stroomlijnen om het schip

wanneer het langs een insteekdok vaart. Hierbij is het dus het ‘wegvallen’ van een oever dat resulteert in verhoogde oeveffecten (dwars) in plaats van het ‘verschijnen’ van een oever (zoals tijdens de proeven uitgevoerd in Figuur 1). Daarom werd in het huidige project juist gefocust op het ‘wegvallen’ van oevers in een smalle vaarsectie.

2 Overzicht proevenprogramma

2.1 Scheepsmodel

Als schip werd de KVLCC2 geselecteerd (T0Z) bij de ontwerpdiepgang (T0Z0B) (Tabel 1).

Tabel 1 – Hoofdafmetingen scheepsmodel T0Z: ware grootte en modelschaal

schaal	α (-)	1	75
lengte tussen de loodlijnen	L (m)	320	4.267
scheepsbreedte	B (m)	58	0.773
diepgang	T (m)	20.8	0.277
blockcoëfficiënt	C_b (-)	0.81	
grootspantcoëfficiënt	C_m (-)	0.998	

2.2 Layouts

2.2.1 Overzicht

Voor dit proevenprogramma werden verscheidene omgevingen opgebouwd, waarbij uitsluitend verticale elementen (kaaimuren) gebruikt zijn.

De overgangsverschijnselen focussen op:

- Plotse verbreding of versmalling van een vaarweg;
- Passage van een insteeddok (kanaalvertakking) onder verschillende hoeken;
- Rechte kaaimuren.

De kaaimuren werden geassembleerd met nieuwe betonplex onderdelen. Naast de lege tank als referentie werden de lay-outs beproefd zoals getoond op Figuur 3. De volgende paragrafen gaan dieper in op de parameters die gewijzigd werden.

2.2.2 Breedte van de vaarweg

Twee vaarwegbreedtes W_1 van de hoofdvaarweg werden beproefd die overeenstemmen met $2.5B$ en $3.5B$, zie Tabel 2.

Tabel 2 – Beproevede breedtes van de vaarweg

W1	Breedte hoofdvaarweg	Positie ingebouwde oever
25B	$2.5 B = 1.933 \text{ m}$	$y_0 = 1.567 \text{ m}$
35B	$3.5 B = 2.706 \text{ m}$	$y_0 = 0.794 \text{ m}$

2.2.3 Breedte van het insteeddok

De breedte W2 van het insteeddok, gemeten volgens de langsrichting van de hoofdvaarweg werd gevarieerd als volgt:

- ∞ , wat overeenstemt met een plotse versmalling of verbreding naargelang de vaarzin. Voor de sleeptank betekent dit een breedte van 40 m gelet op de beperkte lengte van de sleeptank
- 2 LPP;
- 1 LPP.

Zie ook Tabel 3.

Tabel 3 – Beproevede breedtes van het insteeddok

W2	Breedte insteeddok dx_0
40	40 m
2LPP	$2.0 L = 8.534 \text{ m}$
1LPP	$1.0 L = 4.267 \text{ m}$

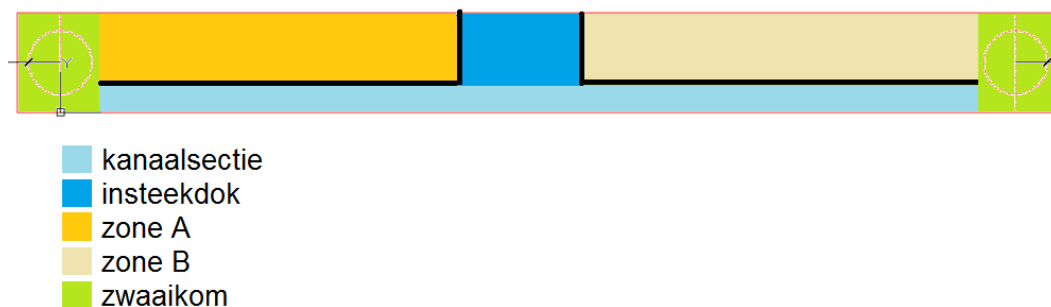
2.2.4 Oriëntatie van het insteeddok

Tabel 4 – Te beproeven oriëntaties van het insteeddok

Oriëntatie	Hoek met x_0 as van de sleeptank
-1/-2	-153.4
-1/-1	-135.0
-1/0	-90.0
-1/1	-45.0
-1/2	-26.6

De oriëntatie van het insteeddok wordt bepaald door $\frac{dy_0}{dx_0}$, zie Tabel 4 en Figuur 3, of als hoek uitgedrukt $\text{atan2}(x_0, y_0)$. Merk op dat de lay-outs gesloten waren aan de kopse kant van het insteeddok. Er kon dus geen water van de zijde van de haven achter de kanaalsectie (zone A in Figuur 2) stromen achter het insteeddok door naar Zone B. De zones A en B dienden om een buffer te creëren voor de retourstroom.

Figuur 2 – Opdeling van de sleeptank in verschillende relevante zones

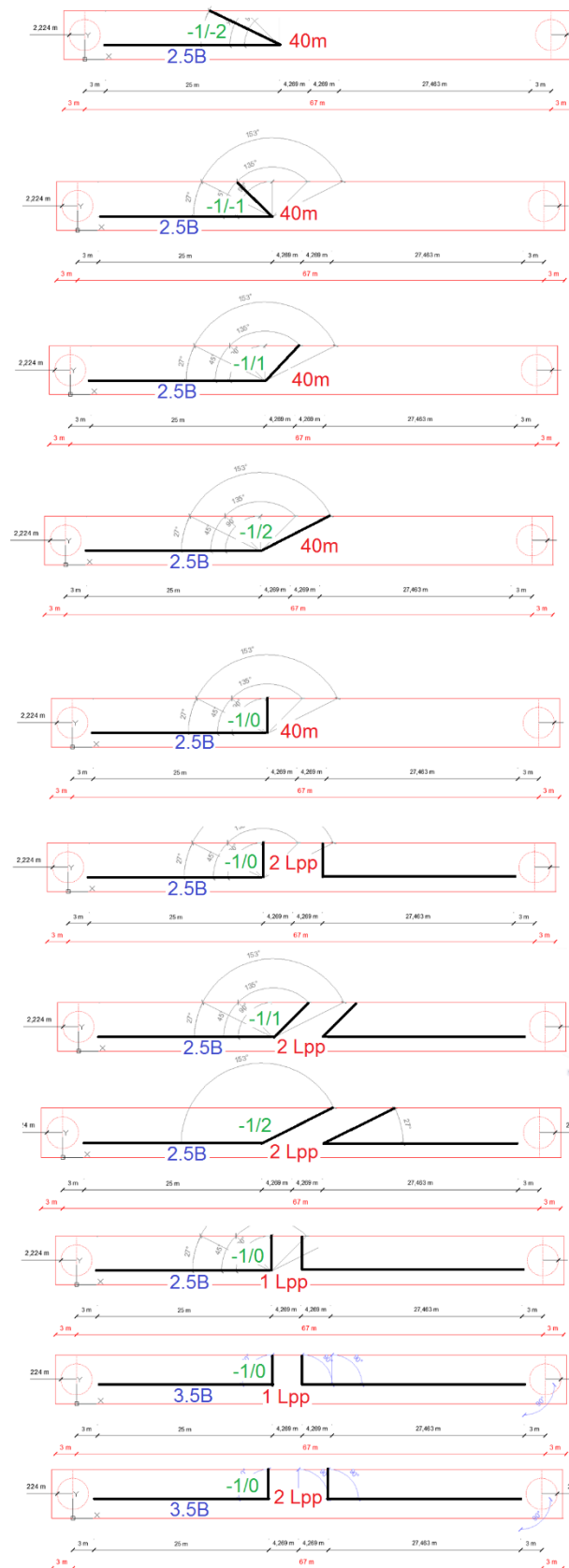


Tabel 5 – Beproefde layouts

Layout	Omgevingsnaam
Leeg	T0Z0BA0i
-1/-2_25B_40	T0Z0BB0i - T0Z0BC0i
-1/-1_25B_40	T0Z0BB1i - T0Z0BC1i
-1/1_25B_40	T0Z0BB2i - T0Z0BC2i
-1/2_25B_40	T0Z0BB3i - T0Z0BC3i
-1/0_25B_40	T0Z0BB4i - T0Z0BC4i

Layout	Omgevingsnaam
1/0_25B_2L	T0Z0BB5i
-1/1_25B_2L	T0Z0BB6i - T0Z0BC6i
-1/2_25B_2L	T0Z0BB7i - T0Z0BC7i
-1/0_25B_1L	T0Z0BB8i
-1/0_35B_1L	T0Z0BB9i
-1/0_35B_2L	T0Z0BBAi

Figuur 3 – Overzicht van de beproefde lay-outs in de sleeptank.



Tabel 5 vat de beproefde lay-outs samen (Oriëntatie_W1_W2) en geeft de naam van de omgeving zoals gebruikt op de sleeptank. In deze stelt i de waterdiepte voor (zie volgende paragraaf). Het verschil tussen de omgevingen **B** en **C** is het teruglooptraject, waarbij **C** gebruikt werd voor proeven die van het golfschot naar de haven lopen, dus enkel bij asymmetrische configuraties (zie ook sectie 3.2).

2.3 Kielspelingen

Er werden drie waterdieptes getest zoals vermeld in Tabel 6.

Tabel 6 – Beproefde waterdieptes

Kielspeling	10%	20%	80%
Waterstand	0.305 m	0.333 m	0.499 m
i	1	2	3

2.4 Kinematica en controle

2.4.1 Aantal proeven

Aangezien er 12 omgevingen (lege tank + 11 verschillende inbouwen) getest dienden te worden in initieel 12 weken, kon maximaal 1 week besteed worden per omgeving. Door de problemen met het teruglooptraject (besproken in sectie 3.2) verdubbelde het aantal batchen per omgeving tot 6 en bleek 10 dagen proeftijd per omgeving realistischer.

Enerzijds konden de proeven 's nachts en in het weekend lopen, anderzijds had men minstens ½ werkdag nodig om de waterstand aan te passen en twee werkdagen om een lay-out aan te passen. Dit betekent dat er slechts een 20 tal proeven konden uitgevoerd worden per omgeving, behalve voor een omgeving die op vrijdag werd opgestart en die een volledig weekend kon lopen (80 proeven). In de praktijk werd er dus voor 10% en 80% kielspeling een basisprogramma van +/- 20 proeven uitgevoerd en voor 20% een uitgebreid programma van +/- 60 proeven.

2.4.2 Basisprogramma

De parameters die hier gewijzigd werden zijn:

- Vaarzin (van belang voor layouts die niet symmetrisch zijn t.o.v. het insteekdok, namelijk B0-B4, B6 en B7): 0° en 180° (omgevingen **B** en **C**)
- Vaarsnelheid: vier vaarsnelheden bij 20% en 80% ukc, drie vaarsnelheden bij 10% ukc om een hogeregraadsevolutie i.f.v. de vaarsnelheid te kunnen observeren.
- De dwarspositie van het schip in het hoofdkanaal, bijvoorbeeld drie posities (neutraal, dicht of ver van het insteekdok);

Een wijziging van deze parameters leidt reeds tot een 20-tal proeven. De roerhoek werd op 0° gehouden en het schroeftoerental op 0 rpm. De drifthoek werd eveneens op 0° gehouden, echter in symmetrische kanalen werd deze ook gewijzigd. Op de neutrale vaarlijn werd de drifthoek bij de traagste vaarsnelheden gevarieerd volgens -5°, -2.5°, 2.5° en 5°.

De vaarsnelheden dienden niet hoger te liggen dan de kritische vaarsnelheden vermeld in Tabel 7. Bij 10% konden de kritische vaarsnelheden zelfs niet benaderd worden wegens gevaar voor bodemraking. Gelet op de instructie van de naamgeving van de proeven op de sleeptank, bestaat deze voor STATX0 proeven uit: *vaaromgeving_CvaarsnelheidXY*. De vaaromgeving volgt uit Tabel 5 en Tabel 6, terwijl de vaarsnelheid volgt uit Tabel 8, rekening houdend met de beperkingen zoals weergegeven in Tabel 7.

De letter X in de proefnaam staat voor de dwarspositie in de vaarweg: N(eutraal), D(icht), (dichte)R. Daarnaast in de kanaal breedte van 3.5B werd er (beperkt) V(erder) van de opening van het dok gevaren, zie Tabel 9.

Tabel 7 – Kritische vaarsnelheden in functie van de vaarwegbreedte en de kielspeling

W/B (-)	2.5			3.5		
W (m)	1.933			2.706		
h/T (-)	1.1	1.2	1.8	1.1	1.2	1.8
h (m)	0.305	0.332	0.499	0.305	0.332	0.499
Blockage (-)	0.364	0.333	0.222	0.260	0.238	0.159
Vcrit model (m/s)	0.53	0.60	0.99	0.70	0.78	1.17
Vcrit natuur (m/s)	4.61	5.23	8.58	6.08	6.72	10.13
Vcrit natuur (knoop)	8.96	10.16	16.68	11.82	13.07	19.70

Tabel 8 – Beproefde vaarsnelheden

Vaarsnelheid (kn ware grootte)	Code
4	A (V) ^(a)
5 (bij 10% ukc, indien 7 kn niet kon)	5 (W) ^(a)
6	B (X) ^(a)
8 (7 kn bij 10% ukc)	C (Y) ^(a)
Maximaal (10 kn bij 80% ukc, 9 kn bij 20% ukc, niet bij 10% ukc)	D (Z) ^(a)

^(a) Voor de proeven zonder kaaimuur (omgeving A), wanneer van golfschot naar haven gevaren wordt

Tabel 9 – Beproefde dwarsposities

W1=2.5B				W1=3.5B			
y_0 (m)	Code (X=)	Dwarsafstand		y_0 (m)	Code (X=)	Dwarsafstand	
		Centerlijn schip tot centerlijn hoofdvaarweg	Boord tot ingebouwde oever			Centerlijn schip tot centerlijn hoofdvaarweg	Boord tot ingebouwde oever
2.533	N	0	0.75 B 0.580 m	2.147	N (R) ^(a)	0	1.25 B 0.966 m
2.340	D	-0.25 B -0.193 m	0.50 B 0.387	1.953	D (E) ^(a)	-0.25 B -0.193 m	1.00 B 0.773 m
2.147	R	-0.50 B -0.386 m	0.25 B 0.193 m	1.567	R (S) ^(a)	-0.75 B -0.580 m	0.50 B 0.387 m
				2.340	V (D) ^(a)	+0.25 B +0.193 m	1.50 B 1.160 m

^(a) Voor de proeven zonder kaaimuur (omgeving A)

De dwarsposities 2.533 m en 2.147 m zijn de centerlijn van respectievelijk W1 2.5B en 3.5B. In de smalste sectie werd vervolgens met een afstand $B/4$ (of $y_0 = 2.340$) en $B/2$ ($y_0 = 2.147$) dicht bij de dokopening gevaren. In het breder kanaal 3.5B is dat de afstand $B/4$ ($y_0 = 1.953$) en $3B/4$ ($y_0 = 1.567$) dicht. Tot slot werd de excentrische positie $B/4$ naar de andere kant (2.340) van het kanaal toegevoegd.

De letter Y staat voor de drifthoek, zie Tabel 10.

Tabel 10 – Beproefde drifthoeken

Drifthoek (°)	Code (Y=)
-5	4
-2.5	1
0	0
2.5	2
5	5

De combinatie van bovenstaande parameters leidt tot een programma dat tussen de 18 proeven (10% ukc bij smalste vaarwegbreedte) en de 32 proeven (20% of 80% ukc bij de grootste vaarwegbreedte) ligt.

2.4.3 Uitgebreid programma

Bij 20% kielspeling werden de volgende uitbreidingen voorzien om tot +/- 60 proeven te komen:

- Variatie van het schroeftoerental
- Variatie van de roerhoek

Naast de proeven bij 0 rpm, werden eveneens proeven uitgevoerd bij zelfpropulsie (Code Y = A), waarbij het zelfpropulsiepunt gekozen werd op basis van de zelfpropulsietoerentallen zoals toegepast in project 457_12. Dit betekende al een verdubbeling van het aantal proeven van het basisprogramma.

De proeven op vaarlijnen R (de kleinste afstand tot de oever) en N(eutraal) met schroeftoerental werden herhaald bij een roerhoek van -20° (Code Y = B) en $+20^\circ$ (Code Y = C) voor elke vaarsnelheid. Dit betekende 16 extra proeven.

Enkel in omgevingen T0Z0BB12 en T0Z0BC12 werd het uitgebreide programma toegepast in beide vaarzinnen. Om de duurtijd te beperken werd besloten om dit enkel nog voor de vaarzin haven – golfschot te doen.

2.5 Golf- en snelheidsmeters

Er werden 8 golvmeters geplaatst (enkel in combinatie met de kaaimuren), waarbij de posities gebaseerd zijn op het opmeten van de waterstand:

- in de regimesectie van het kanaal (kant haven sleeptank);
- in de regimesectie van het kanaal (kant golfschot sleeptank);
- bij de eerste hoek van het insteekdok (kant haven sleeptank);
- bij de tweede hoek van het insteekdok (kant golfschot sleeptank);
- in het midden van de dokmonding;
- in het midden van het dok;
- op het einde van het dok (negatieve dwarscoördinaat);
- in de kanaalsectie, tegen de tankwand, tegenover het midden van het dok (positieve dwarscoördinaat);

De exacte posities zijn weergegeven in Tabel 11.

Eveneens werd een snelheidsmeter geplaatst die de vloeistofsnelheid in één punt opmeet volgens de x_0 -as (emsx) en y_0 -as (emsy). De positie van deze snelheidsmeter is afhankelijk van de dokbreedte en de kielspeling (zie Tabel 12).

Tabel 11 – Positie golvenmeters in sleeptank, per omgeving

Omgeving	Nr	x_0 [m]	y_0 [m]	Reden
TOZOBB0i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZOBB0i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZOBB0i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZOBB0i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZOBB0i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZOBB0i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZOBB0i	7	28.0000	-0.9663	midden van laterale positie zijdok, ter hoogte van de punt
TOZOBB0i	8	22.8357	-3.4000	in het dok, halve scheepslengte van schuine zijde en 10cm van sleeptankwand
TOZOBB1i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZOBB1i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZOBB1i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZOBB1i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZOBB1i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZOBB1i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZOBB1i	7	28.0000	-0.9663	midden van laterale positie zijdok, ter hoogte van de punt
TOZOBB1i	8	25.9497	-3.4000	in het dok, halve scheepslengte van schuine zijde en 10 cm van sleeptankwand
TOZOBB2i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZOBB2i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZOBB2i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZOBB2i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZOBB2i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11cm van meest nabije zijkant schip
TOZOBB2i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZOBB2i	7	32.2670	-0.9663	midden van rechte, breedste dok

Omgeving	Nr	x_0 [m]	y_0 [m]	Reden
TOZ0BB2i	8	36.5340	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank, lengte ter hoogte van hoek2 breedste kanaal
TOZ0BB3i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB3i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BB3i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZ0BB3i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BB3i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB3i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZ0BB3i	7	36.5340	-0.9663	ter hoogte van hoek2, lateraal midden
TOZ0BB3i	8	42.6057	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank, op kanaalmidden breedste zijdok
TOZ0BB4i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB4i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BB4i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZ0BB4i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BB4i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB4i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZ0BB4i	7	32.2670	-0.9663	midden van rechte, breedste dok
TOZ0BB4i	8	32.2670	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank
TOZ0BB5i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB5i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BB5i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZ0BB5i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BB5i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB5i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZ0BB5i	7	32.2670	-0.9663	midden van rechte, breedste dok
TOZ0BB5i	8	32.2670	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank

Omgeving	Nr	x_0 [m]	y_0 [m]	Reden
TOZ0BB6i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB6i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BB6i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZ0BB6i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BB6i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB6i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZ0BB6i	7	32.2670	-0.9663	midden van rechte, breedste dok
TOZ0BB6i	8	36.5340	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank, ter hoogte van hoek2
TOZ0BB7i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB7i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BB7i	3	32.2670	1.6675	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZ0BB7i	4	36.5340	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BB7i	5	45.0680	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB7i	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZ0BB7i	7	36.5340	-0.9663	midden van rechte, breedste dok
TOZ0BB7i	8	42.6057	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank
TOZ0BB8i	1	19.4660	1.6675	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB8i	2	28.0000	1.6675	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BB8i	3	30.1335	1.6675	halve scheepslengte voorbij hoek, midden van smalste zijdok
TOZ0BB8i	4	32.2670	1.6675	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BB8i	5	40.8010	1.6675	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB8i	6	30.1335	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van smalste zijdok
TOZ0BB8i	7	30.1335	-0.9663	midden van rechte, smalle dok
TOZ0BB8i	8	30.1335	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank

Omgeving	Nr	x_0 [m]	y_0 [m]	Reden
TOZ0BB9i	1	19.4660	1.0880	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB9i	2	28.0000	1.0880	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BB9i	3	30.1335	1.0880	halve scheepslengte voorbij hoek, midden van smalste zijdok
TOZ0BB9i	4	32.2670	1.0880	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BB9i	5	40.8010	1.0880	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BB9i	6	30.1335	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van smalste zijdok
TOZ0BB9i	7	30.1335	-0.9663	midden van rechte, smalle dok
TOZ0BB9i	8	30.1335	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank
TOZ0BBAi	1	19.4660	1.0880	2 scheepslengtes voor eerste hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BBAi	2	28.0000	1.0880	hoek1, 10 cm dwars
TOZ0BBAi	3	32.2670	1.0880	1 scheepslengte voorbij hoek, midden van breedste zijdok
TOZ0BBAi	4	36.5340	1.0880	hoek2, 10 cm dwars
TOZ0BBAi	5	45.0680	1.0880	2 scheepslengtes voorbij tweede hoek zijdok, 10 cm van kaaimuur, ongeveer 11 cm van meest nabije zijkant schip
TOZ0BBAi	6	32.2670	3.4000	10 cm van muur sleeptank, midden van breedste zijdok
TOZ0BBAi	7	32.2670	-0.9663	midden van rechte, breedste dok
TOZ0BBAi	8	32.2670	-3.4000	10 cm van verste muur sleeptank

Tabel 12 – Positie van de snelheidsmeting

Kanaalbreedte	Kielspeling	x_0 [m]	y_0 [m]	z [m] (boven bodem)
2.5 B	80%	27.000	1.668	0.361
	20%			0.195
	10%			0.167
3.5 B	80%	27.000	1.088	0.361
	20%			0.195
	10%			0.167

3 Problemen in de loop van het project

3.1 Opbouwen omgevingen

Bij een eerste trajectgeneratie werden de proeven niet gevalideerd. Dit was te wijten aan een fout die optrad wanneer een omgevingsbestand bestaat uit schuine stukken (i.e. secties waarbij zowel de x_0 als de y_0 coördinaat variëren). De reden is dat coördinaten afgerond worden tot op drie cijfers na de komma, echter bij sterk schuine lijnen, in combinatie met golvenmeters, treedt er geen significant verschil meer op tussen beide objecten, waardoor de omgeving verkeerd werd geïnterpreteerd. Om dit op te lossen dienen omgevingssecties opgegeven te worden met een minimale dikte van 10 mm.

Daarenboven was er een bug in de afrondingen van de afstanden bij het opbouwen van een omgevingsbestand (opgelost in ZeeMan versie 1.1.2).

3.2 Teruglooptrajecten

In de testfase van het project werden de proeven in de richting van het golfshot en in de richting van de haven uitgevoerd binnen één en de zelfde batch. Het probleem is echter dat er binnen een omgeving (en dus batch) slechts één teruglooptraject kan opgegeven worden. Dit teruglooptraject werd geprogrammeerd met een koershoek gelijk aan 0° . Echter tijdens een proef in de richting van de haven (koershoek 180°) trad er een limietalarm op, waardoor de batch werd afgebroken en het scheepsmodel in de nauwe kanaalsectie 180° begon te draaien om naar het teruglooptraject te gaan. Het gevolg was dat het scheepsmodel gebotst is met de ingebouwde kaaimuur.

Om dergelijke ongelukken verder te vermijden werd besloten om de batches op te splitsen volgens vaarzin. Het gevolg is echter dat het aantal proeven dat zo uitgevoerd kon worden lager lag.

3.3 Proefgrootte

Na de eerste paar omgevingen werd besloten om een nameettijd van 500 s in te voeren. De grootte van de documentbestanden nam hierdoor dermate toe dat de proeven niet meer uitwerkbaar waren in ZeeMan. Om dit te verhelpen werden de documentbestanden opnieuw gestript van hun nameettijd voor verwerking in ZeeMan, waarbij de originele bestanden nog steeds raadpleegbaar zijn.

4 Verloop proevenprogramma

4.1 Augustus 2016

Begin augustus werd gestart met de volledige open water reeks bij 80% ukc (T0Z0BA01). De resultaten van deze proeven zijn echter niet bruikbaar omdat geen schroeftoerentallen of roerhoeken gestuurd werden en omdat de betrouwbaarheid van de golvenmeters in vraag werd gesteld.

Het bleek handiger om te starten met de inbouw van de kaaimuren, waarbij gestart is met omgeving B1, aangezien het hoekelement van omgeving B0 nog niet in orde was.

Figuur 4 – Omgeving B1 in de sleeptank



- T0Z0BB13: 17-18/08/2016
- T0Z0BC13: 18/08/2016
- T0Z0BC12: 19-21/08/2016
- T0Z0BB12: 22-25/08/2016
- T0Z0BC11: 27-29/08/2016:
vanaf deze proevenreeks werd de
snelheidsmeter aangesloten, maar
die heeft in deze reeks nog niet
correct gewerkt
- T0Z0BB11: 29-30/08/2016: vanaf hier
is de snelheidsmeting correct

Op 31/08/2016 werd er omgebouwd naar omgeving B0.

Figuur 5 – Omgeving B0 in de sleeptank



4.2 September 2016

De proevenreeksen werden als volgt uitgevoerd:

- T0Z0BC03: 31/08/2016 – 01/09/2016
- T0Z0BB03: 01/09/2016
- T0Z0BC02: 01-02/09/2016
- T0Z0BB02: 02-04/09/2016
- T0Z0BB01: 05-06/09/2016
- T0Z0BB01: 06/09/2016

- 07/09/2016: ombouw naar B2

Figuur 6 – Omgeving B2 in de sleeptank



- T0Z0BC23: 07-08/09/2016
- T0Z0BB23: 08/09/2016
- T0Z0BC22: 08-09/09/2016
- T0Z0BB22: 10-12/09/2016
- T0Z0BC21: 12-13/09/2016
- T0Z0BB21: 12-13/09/2016

- 14-15/09/2016: ombouw naar B3

Figuur 7 – Omgeving B3 in de sleeptank



- T0Z0BC32: 15-16/09/2016
- T0Z0BB32: 16-18/09/2016
- T0Z0BC33: 19-20/09/2016 ('s nachts)
- T0Z0BB33: 19-20/09/2016 (overdag)
- T0Z0BC31: 20-21/09/2016
- T0Z0BB31: 21/09/2016

- 21-22/09/2016: Ombouw naar B4

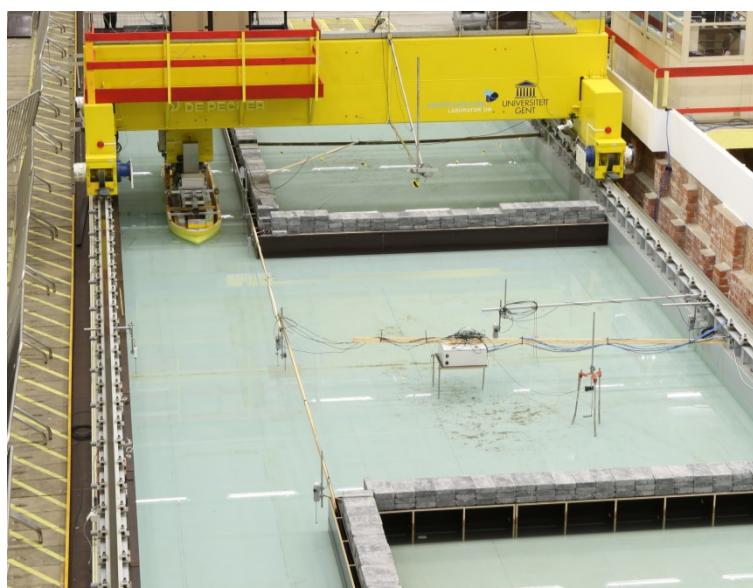
Figuur 8 – Omgeving B4 in de sleeptank



- T0Z0BC42: 22-23/09/2016
- T0Z0BB42: 23-25/09/2016
- T0Z0BC43: 26-27/09/2016 ('s nachts)
- T0Z0BB43: 26-27/09/2016 (overdag)
- T0Z0BC41: 27-28/09/2016 ('s nachts)
- T0Z0BB41: 27-28/09/2016 (overdag)

- 29-30/09/2016: Ombouw naar B5

Figuur 9 – Omgeving B5 in de sleeptank



4.3 Oktober 2016

De proevenreeksen werden als volgt uitgevoerd:

- T0Z0BB52: 30/09/2016 – 03/10/2016
- T0Z0BB53: 03-04/10/2016: _CC (7 kn) is vervangen door _C5 (5 kn) wegens te grote krachten
- T0Z0BB51: 04-05/10/2016

- 05/10/2016: ombouw naar B6

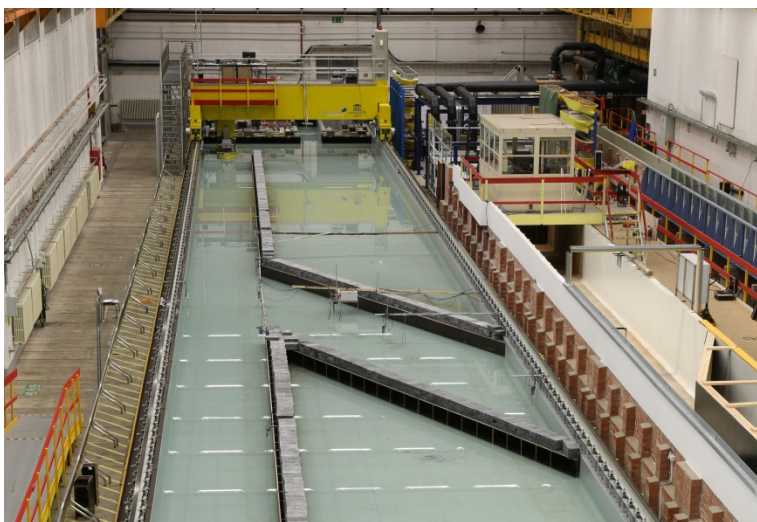
Figuur 10 – Omgeving B6 in de sleeptank



- T0Z0BC62: 06-07/10/2016
- T0Z0BB62: 10-12/10/2016
- T0Z0BC63: 05-06/10/2016
- T0Z0BB63: 06-07/10/2016: _CC (7 kn) is vervangen door _C5 (5 kn) wegens te grote krachten
- T0Z0BC61: 14-15/10/2016
- T0Z0BB61: 13-14/10/2016

- 17/10/2016: ombouw naar B7

Figuur 11 – Omgeving B7 in de sleeptank



- T0Z0BC71: 18-19/10/2016
- T0Z0BB71: 19-20/10/2016
- T0Z0BC72: 20-21/10/2016
- T0Z0BB72: 21-24/10/2016
- T0Z0BC73: 24-25/10/2016: _CC (7 kn) is afgebroken, enkel T0Z0BC73_CCN000 is uitgevoerd, er zijn echter geen proeven bij 5 kn uitgevoerd wegens problemen met de sleepwagen software op 26/10/2016, dus enkel 7 proeven beschikbaar
- T0Z0BB73: 25-26/10/2016: _CC (7 kn) vervangen door _C5 (5 kn) wegens te grote krachten

- 27/10/2016: ombouw naar B8

Figuur 12 – Omgeving B8 in de sleeptank



- T0Z0BB83: 27-29/10/2016:
_CC (7 kn) vervangen door _C5
(5 kn) wegens te grote krachten

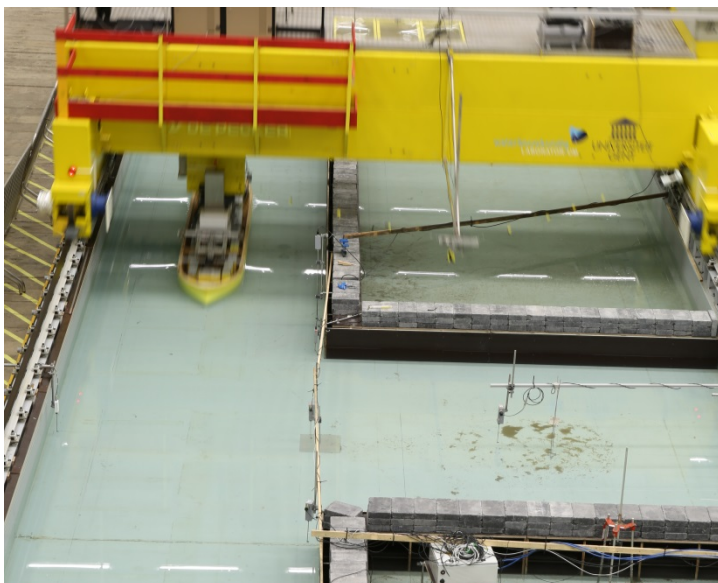
4.4 November 2016

De proevenreeksen werden als volgt uitgevoerd:

- T0Z0BB82: 31/10/2016 – 4/11/2016
- T0Z0BB81: 4-5/11/2016

- 7-8/11/2016: ombouw naar B9

Figuur 13 – Omgeving B9 in de sleeptank



- T0Z0BB93: 8-9/11/2016
- T0Z0BB92: 11-13/11/2016
- T0Z0BB91: 14-15/11/2016

- 16/11/2016: ombouw naar BA

Figuur 14 – Omgeving BA in de sleeptank



- TOZ0BBA3: 16-17/11/2016
- TOZ0BBA2: 17-20/11/2016
- TOZ0BBA1: 21-22/11/2016

- 23/11/2016: ombouw naar A0 (lege tank)
- TOZ0BA03: 24-25/11/2016
- TOZ0BA02: 25-28/11/2016
- TOZ0BA01: 29/11 – 01/12/2016

5 Verwerking proeven

5.1 Railcorrectie

De correctie van de positie van de rails gebeurt steeds op basis van een ijr-proef, uitgevoerd in de omgeving T0Z0BB11. Strikt genomen zou de railcorrectie verschillend moeten zijn naargelang van de vaarzin, echter tot op heden is hier nooit rekening mee gehouden.

5.2 KRT- en HDR-bestanden

De documentbestanden kunnen verkort worden door uitmiddeling in ZeeMan, waarbij het belangrijk is om zo veel mogelijk informatie te behouden. In casu is een verkorting verricht waarbij een gemiddelde genomen werd om de 0.03 m langscoördinaat in de sleeptank.

5.3 DPT-bestanden

5.3.1 Methodiek

Sinds ZeeMan 1.0.9 is het mogelijk om datapointbestanden aan te maken op basis van KRT-bestanden voor de STATX0-proeven. Deze functionaliteit is in dit project ook gebruikt. Er zijn minstens zeven KRT-lijnen nodig voor het aanleveren van één DPT-lijn, waardoor de datapoint informatie weergeeft om de 0.21 m langscoördinaat in de sleeptank.

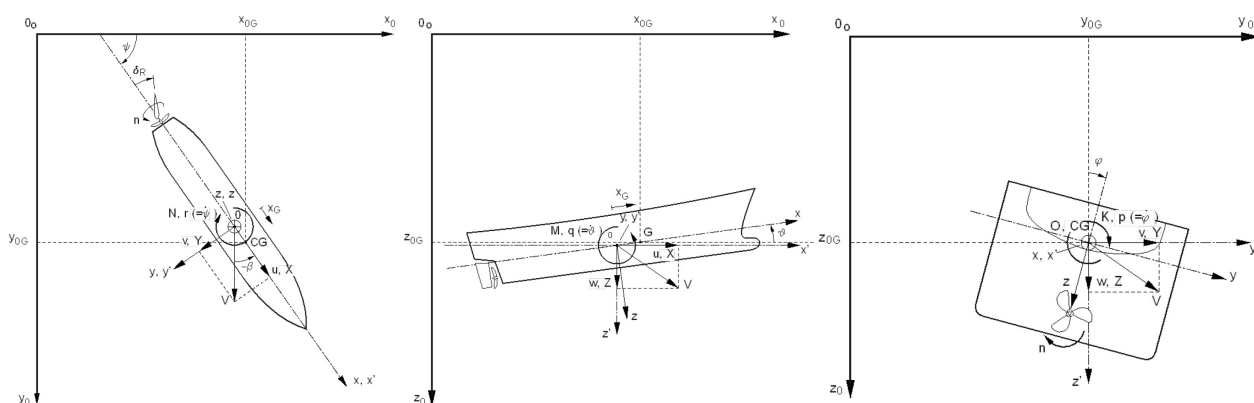
Daarenboven werd in ZeeMan 1.1.3 de mogelijkheid geïntegreerd om eveneens de resultaten van de golvenmeters en snelheidsmeters weg te schrijven in de datapoint.

Per omgeving wordt één datapoint opgeleverd in Excelformaat.

5.3.2 Layout

Alle resultaten worden uitgedrukt ten opzichte van het tankvaste assenstelsel ($O_0x_0y_0z_0$) of scheepsvaste assenstelsel ($Oxyz$) (Figuur 15), tenzij anders vermeld.

Figuur 15 – Scheeps- en tankvast assenstelsel in zes vrijheidsgraden



De datapoint bestaat uit de volgende kolommen:

- Proef: de naam van de proef
- TYPE: steeds STATX0 (stationaire proef)
- xpos (m): x_0 -coördinaat van de oorsprong van het scheepsvaste assenstelsel
- ypos (m): y_0 -coördinaat van de oorsprong van het scheepsvaste assenstelsel
- psipos (°): koershoek van het schip in de tank (0°: richting golfschot, 180°: richting haven)
- Su (m/s): langsscheepse snelheid
- Sv (m/s): verzetsnelheid
- Sr (°/s): giersnelheid
- Sudot (m/s²): schrikversnelling
- Svdot (m/s²): verzetversnelling
- Srdot (°/s²): gierversnelling
- SX (N): langsscheepse kracht
- SY (N): verzetkracht
- zgem (mm): inzinking ter plaatse van de oorsprong van het scheepsvaste assenstelsel
- SK (Nm): slingermoment
- ROL (mm/m): slingerbeweging (- wegens vast)
- trim (mm/m): vertrimming van het schip om de oorsprong van het scheepsvaste assenstelsel
- SN (Nm): giermoment
- N1geg (rpm): gevraagd schroeftoerental
- N1met (rpm): gemeten schroeftoerental
- N1T (N): stuwkracht van de schroef
- N1Q (Nmm): koppel van de schroefas
- D1geg (°): gevraagde roerhoek
- D1met (°): gemeten roerhoek
- D1X (N): langskracht op het roer (in het roervaste assenstelsel)
- D1Y (N): dwarskracht op het roer (in het roervaste assenstelsel)
- D1Q (Nmm): koppel op de roerkoning
- GOLF1 (mm): waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 1 (zie Tabel 11)
- GOLF2 (mm) : waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 2 (zie Tabel 11)
- GOLF3 (mm) : waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 3 (zie Tabel 11)
- GOLF4 (mm) : waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 4 (zie Tabel 11)
- GOLF5 (mm) : waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 5 (zie Tabel 11)
- GOLF6 (mm) : waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 6 (zie Tabel 11)
- GOLF7 (mm) : waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 7 (zie Tabel 11)
- GOLF8 (mm) : waterverplaatsing ter plaatse van golfmeter 8 (zie Tabel 11)
- emsx1 (m/s) : gemeten vloeistofsnelheid in langsrichting (zie Tabel 12)
- emsy1 (m/s) : gemeten vloeistofsnelheid in dwarsrichting (zie Tabel 12)

6 Referenties

Lataire, E. (2014). Experimentele bepaling en wiskundige modellering van oeveffecten op schepen, Experiment Based Mathematical Modelling of Ship-Bank Interaction. Ghent University. ISBN 9789085787488

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be