



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

NAUTISCHE EVALUATIE VOORKEURSAALTERNATIEF UITBREIDING HAVEN HEIJEN

Fast-time simulaties

Rapport nr. : 30815-2-MSCN-rev.1
Datum : 7 december 2018
Versie : rev.1
Definitief rapport

NAUTISCHE EVALUATIE VOORKEURSAALTERNATIEF UITBREIDING HAVEN HEIJEN

Fast-time simulaties

Opdrachtgever : Teunesen Zand en Grint B.V. en AVG Bedrijven

Gerapporteerd door : M. van der Wel

Paraaf management

: 

Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
Rev. 0	5 december 2018	Concept	D. van Heel
Rev. 1	7 december 2018	Definitief	

INHOUD	PAGINA
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Beschrijving van de uitbreiding	2
1.3 Leeswijzer	3
2 DOEL VAN HET ONDERZOEK	4
3 TOEGEPASTE METHODE	5
3.1 Plan van Aanpak	5
3.2 Database gebied en modellen	5
3.2.1 Layout en bodem	5
3.2.2 Windgegevens	6
3.2.3 Stroming	8
3.2.4 Scheepsmodellen	8
3.2.5 Vaarbanen en snelheden	9
3.3 Simulatieprogramma	9
3.3.1 Voorbereiding scenario's	9
3.3.2 Simulatiematrix	9
3.4 Analyse en beoordeling van de simulaties	10
3.4.1 Beheersbaarheid	11
3.4.2 Ruimtegebruik	11
3.4.3 Totale evaluatie	12
4 RESULTATEN	13
4.1 Simulaties voor het 135x15x3.5m motorschip	13
4.2 Simulaties voor het geladen 185x12x3.5m tweebaksduwstel	18
4.3 Simulaties voor het lege 185x12x1.2m tweebaksduwstel	23
4.4 Overwegingen optimale breedte haventoeegang	28
APPENDICES:	34
APPENDIX 1 TRACK EN DATAPLOTS	35

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1-1	Bedrijventerrein Hoogveld inclusief de begrenzing van het plangebied.....	1
Figuur 1-2	Planvoornemen uitbreiding Haven Heijen	3
Figuur 3-1	Overzicht lay-out in SHIPMA en diepte veld (geen waterstand).	6
Figuur 3-2	Locatie windstations.....	7
Figuur 3-3	Stroming voor een debiet van 1750m ³ /s (links) en 2250m ³ /s (rechts).....	8
Figuur 4-1	Detail haventoeegang aankomst opvarend motorschip bij een debiet van 1750 m ³ /s (links) en 2250 m ³ /s (rechts).	14
Figuur 4-2	Detail haventoeegang aankomst afvarend motorschip bij een debiet van 1750 m ³ /s (links) en 2250 m ³ /s (rechts).	15
Figuur 4-3	Detail haventoeegang vertrek afvarend motorschip bij een debiet van 1750m ³ /s.	16
Figuur 4-4	Detail haventoeegang vertrek opvarend motorschip bij een debiet van 1750m ³ /s.	17
Figuur 4-5	Detail haventoeegang aankomst opvarend geladen tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s (links) en 2250 m ³ /s (rechts)	18
Figuur 4-6	Detail haventoeegang aankomst afvarend geladen tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s (links) en 2250 m ³ /s (rechts)	20
Figuur 4-7	Detail haventoeegang vertrekkend afvarend geladen tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s.....	21
Figuur 4-8	Detail haventoeegang vertrekkend opvarend geladen tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s.....	22
Figuur 4-9	Detail haventoeegang aankomst opvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s (links) en 2250 m ³ /s (rechts).....	23
Figuur 4-10	Aanvangsstuk in de Maas gedurende run C3.....	24
Figuur 4-11	Detail haventoeegang aankomst afvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s (links) en 2250 m ³ /s (rechts).....	25
Figuur 4-12	Detail haventoeegang vertrekkend afvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s.....	26
Figuur 4-13	Detail haventoeegang vertrekkend opvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m ³ /s.....	27
Figuur 4-14	Vrije zichtlijnen op een splitsingspunt	30
Figuur 4-15	Track plot run B6 (links) en C6 (rechts)	30

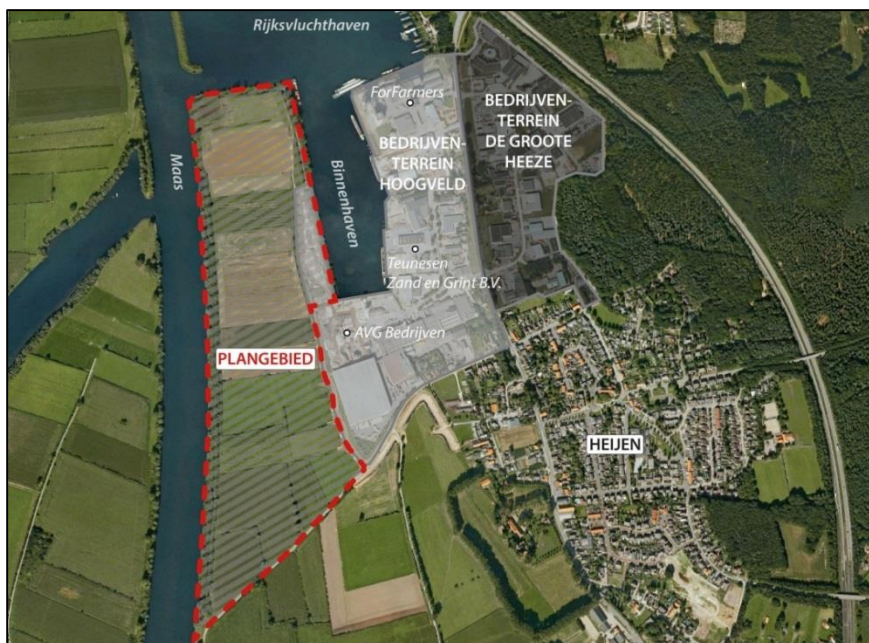
LIJST VAN TABELLEN

Tabel 3-1	Tabel van voorkomen van windsnelheid tegen windrichting (in percentages) voor meetstation 375 te Volkel, geanalyseerd over de periode 1981-2013 [KNMI]	7
Tabel 3-2	Parameters scheepsmodellen.....	9
Tabel 3-3	Simulatie matrix	10
Tabel 4-1	Evaluatie simulaties A1 en A2	13
Tabel 4-2	Evaluatie simulaties A3 en A4	15
Tabel 4-3	Evaluatie simulatie A5.....	16
Tabel 4-4	Evaluatie simulatie A6.....	17
Tabel 4-5	Evaluatie simulaties B1 en B2	19
Tabel 4-6	Evaluatie simulaties B3 en B4	20
Tabel 4-7	Evaluatie simulaties B5.....	21
Tabel 4-8	Evaluatie simulaties B6	22
Tabel 4-9	Evaluatie simulaties C1 en C2	24
Tabel 4-10	Evaluatie simulaties C3 en C4	25
Tabel 4-11	Evaluatie simulatie C5.....	26
Tabel 4-12	Evaluatie simulatie C6.....	27
Tabel 4-13	Overzicht uitgevoerde simulaties	28
Tabel 4-14	Overzicht padbreedte, benodigde breedte en relatieve breedte haventoeegang	29

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Ten zuiden van de kern Gennep en ten noordwesten van de kern Heijen in de Gemeente Gennep ligt de huidige binnenvaart Heijen die onderdeel is van het bedrijventerrein Hoogveld (zie Figuur 1-1). Bedrijventerrein Hoogveld is een modern gemengd terrein van circa 27,7 ha. De bestaande binnenvaart heeft een kadeflengte van ruim 900 meter. Op het terrein zijn enkele bedrijven gevestigd waaronder AVG Bedrijven (verder te noemen AVG), Teunesen Zand en Grind B.V. (verder te noemen Teunesen) en ForFarmers. Deze bedrijven met ieder een eigen kade maken gebruik van de faciliteiten van de binnenvaart. AVG is daarbij actief op het gebied van beton en bouwstoffen alsmede recycling en afvalstoffen, Teunesen is actief op het gebied van de winning, opwaardering en handel in bouwgrondstoffen (o.a. zand en grind) en ForFarmers is actief op het gebied van veevoer. Daarnaast wordt de haven ook door derden gebruikt.



Figuur 1-1 Bedrijventerrein Hoogveld inclusief de begrenzing van het plangebied

Gelet op de toenemende vraag naar watergebonden bedrijventerrein (per schip te bereiken) met bijbehorende overslagmogelijkheden bestaat er bij AVG en Teunesen (verder te noemen de initiatiefnemers) behoefte aan uitbreiding van Haven Heijen c.q. nieuw bedrijventerrein voor watergebonden bedrijvigheid (zie het plangebied in Figuur 1-1).

Om de uitbreiding van Haven Heijen door middel van nieuw watergebonden bedrijventerrein mogelijk te maken, dient een nieuw bestemmingsplan opgesteld te worden en dienen verschillende vergunningen (waaronder mogelijk een ontgrondingsvergunning) aangevraagd te worden. Vanwege de aard en omvang van de voorgenomen activiteiten in het gebied en de mogelijke gevolgen ervan voor de omgeving, is het volgens de Wet milieubeheer (Wm) wettelijk verplicht om, gekoppeld aan de besluitvorming over het bestemmingsplan en de mogelijke ontgrondingsvergunning, een milieueffectrapportage (m.e.r.) uit te voeren.

In MARIN-rapport 30815-1-MSCN-rev.2.2 zijn de 3 alternatieven vanuit nautisch oogpunt kwalitatief beoordeeld. Het voorkeursalternatief, Alternatief 2 met enkele beperkte aanpassingen, zal in het bestemmingsplan mogelijk worden gemaakt. In het kader van de waterwetvergunning zal het voorkeursalternatief in deze gedetailleerdere studie verder worden uitgewerkt.

Van alternatief 2 naar het voorkeursalternatief

Vanwege de aan het MER ten grondslag liggende onderzoeksrapporten en adviezen met betrekking tot de aspecten geotechniek, nautica en hydraulica, landschap/natuur is alternatief 2 beperkt aangepast om daarmee te komen tot het uiteindelijke voorkeursalternatief. De belangrijkste aanpassingen betreffen:

- Vanuit het aspect geotechniek bleken de taluds van 1:1,5 van het bedrijventerrein en van de Maasoever niet aan de stabiliteitseisen te kunnen voldoen. Deze zijn in het voorkeursalternatief aangepast naar taluds van 1:2;
- Vanuit het aspect nautica bleek het behouden van de oorspronkelijke steenbestorting als gevolg van de doortrekking van de Maas in de jaren '70 de toegang tot de haven te bemoeilijken. Deze bestorting is in het voorkeursalternatief verwijderd om de toegang tot de haven te verbeteren;
- Vanuit het aspect hydraulica bleek de hiervoor genoemde bestorting eveneens ongewenst en is deze ook mede hierdoor in het voorkeursalternatief verwijderd.
- Vanuit het aspect hydraulica bleek het doorstroomprofiel van de havengeul te klein. In het voorkeursalternatief is deze verbreed met als gevolg dat de oppervlakte van het bedrijventerrein iets verkleind is.
- Vanuit landschap en natuur zijn diverse land- en waterovergangen door middel van ondiepe onderwaterbermen verfijnd.
- Tenslotte maakt het toepassen van damwanden (één van de onderzochte varianten in het MER) onderdeel uit van het voorkeursalternatief. Deze damwanden kunnen direct worden toegepast, maar zullen geheel of gedeeltelijk mogelijk pas op termijn worden gerealiseerd.

1.2 Beschrijving van de uitbreiding

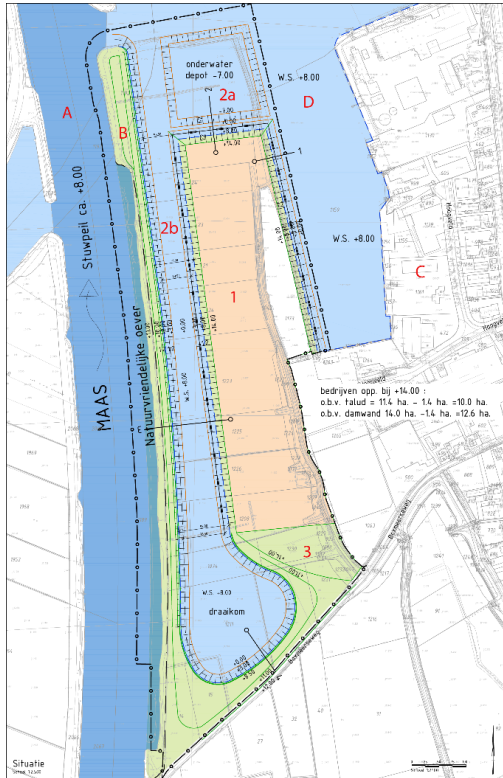
Met het plan wordt de bestaande Haven Heijen uitgebreid met een nieuw watergebonden bedrijventerrein, inclusief overslagkade. Het plan bestaat uit de volgende onderdelen (zie Figuur 1-2):

1. Realiseren van een watergebonden overslaglocatie / bedrijventerrein met een omvang van maximaal circa 12,6 hectare bruto (de breedte van het nieuwe bedrijventerrein is circa 140 - 180 meter) en een kadellengte van minimaal 1.270 meter (nummer 1 in Figuur 1-2). Hierop wordt maximaal milieucategorie 5.2 toegestaan en is een maximale bouwhoogte van 20 meter voorzien;
2. Graven van een toegangsheul en draaikom inclusief een onderwaterdepot voor tijdelijke opslag van grondstoffen (nummers 2a en 2b in Figuur 1-2). Dit gebied is in totaal 14,7 hectare groot. De nieuw te graven toegangsheul krijgt tevens een functie ten behoeve van hoogwaterbescherming (meekoppelkansen).

2a: Het onderwaterdepot is nodig om als er grotere hoeveelheden grondstoffen (grind) aangeboden worden dan er ter plekke verwerkt kunnen worden of vermarkt kunnen worden, deze toch kunnen worden geaccepteerd. Deze kunnen dan later weer uit depot gehaald worden om alsnog verwerkt of vermarkt te worden. Naar verwachting wordt er circa 5x per jaar materiaal in het depot gestort en wordt het depot circa 2x per jaar geleegd. Storten vindt plaats middels onderlossers danwel met een kraan op een ponton. Het weer ophalen van de gestorte delfstoffen vindt plaats met behulp van een zuiger of een kraan. Het depot heeft een omvang van circa 3 hectare.

2b: De toegangsheul is toegankelijk voor schepen van klasse Vb, heeft een vaarbreedte van 52 tot 75 meter en is in totaal maximaal 100 meter breed en exclusief draaikom circa 720 m lang. De toegangsheul is 5 meter diep, doch heeft in verband met sedimentatie een overdiepte van 3 meter. De draaikom in het meest zuidelijke deel van de nieuwe havenarm heeft een oppervlak van circa 4,6 hectare, zodat schepen kunnen draaien.

3. Realiseren van watergebonden natuur (nummer 3 in Figuur 1-2). Dit gebied is circa 11,9 hectare groot.



Verklaring Symbolen:

A: De Maas

B: Natuurvriendelijke oever Rijkswaterstaat

C: Bestaand bedrijventerrein Hoogveld

D: Rijksvluchthaven

1: Nieuw bedrijventerrein

2a: Toegangsgeul gedeelte onderwaterdepot

2b: Toegangsgeul gedeelte insteekhaven

3: Watergebonden natuur

Figuur 1-2 Planvoornemen uitbreiding Haven Heijen

1.3 Leeswijzer

Het voorliggende rapport behandelt achtereenvolgens de volgende onderwerpen:

- Hoofdstuk 1: Inleiding;
- Hoofdstuk 2: Doel van het onderzoek;
- Hoofdstuk 3: Toegepaste methode;
- Hoofdstuk 4: Resultaten;
- Hoofdstuk 5: Conclusies en aanbevelingen.

2 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van de studie is als volgt gedefinieerd:

Onderzoeken of de voorgestelde maatvoering van de natte infrastructuur voor de uitbreiding van de haven van Heijen toereikend is in relatie tot de manoeuvres die het maatgevende schip onder de lokale omgevingscondities (wind en stroming) moet uitvoeren.

De manoeuvres worden uitgevoerd bij omstandigheden die een aantal keer per jaar optreden. Er wordt gekozen voor het simuleren onder extremere omstandigheden om aan te tonen dat de maatvoering van de binnenhaven in het plangebied zoals ontwikkelt door de initiatiefnemers voldoet.

3 TOEGEPASTE METHODE

Om te beoordelen of de voorgestelde maatvoering van de natte infrastructuur voor de uitbreiding van de haven van Heijen toereikend is, zal gebruik worden gemaakt van fast-time manoeuvreersimulaties. In dit hoofdstuk wordt het volgende besproken:

- Paragraaf 3.1: Plan van Aanpak;
- Paragraaf 3.2: Beschrijving van de database opgezet voor het uitvoeren van de manoeuvreersimulaties;
- Paragraaf 3.3: Beschrijving van het simulatieprogramma;
- Paragraaf 3.4: Beschrijving van de analyse en de gebruikte criteria voor de beoordeling van de simulaties.

3.1 Plan van Aanpak

Het plan van aanpak voor het uitvoeren van het onderzoek is als volgt:

1. Afstemming uitgangspunten en definitie van randvoorwaarden;
2. Opzet databases gebieden en modellen;
3. Voorbereiding scenario's;
4. Fast-time simulaties met SHIPMA;
5. Analyse en rapportage.

Met de opdrachtgever is afgestemd welke uitgangspunten en randvoorwaarden worden gebruikt voor de simulaties.

- Het te varen traject:
 - Vanuit Zuiden: kruising met Rijksweg A77 – Haven van Heijen;
 - Vanuit Noorden: kruising met Rijksweg N264 – Haven van Heijen;
- Lay-out en diepteprofiel zijn aangeleverd door opdrachtgever;
- Windsnelheid en debieten zijn afgestemd;
- Maatgevende vaarsnelheid en te hanteren afstanden tot oever is afgestemd;
- Scheepsparameters te gebruiken voor de manoeuvreermodellen zijn afgestemd.

Details van deze uitgangspunten en randvoorwaarden worden besproken in de volgende paragrafen.

3.2 Database gebied en modellen

3.2.1 Layout en bodem

De lay-out van de haven is aangeleverd door de opdrachtgever en gebruikt als invoer in SHIPMA. In de lay-out zijn de huidige oeverlijnen op de Maas weergegeven. Aan de binnenzijde van haven waar het nieuwe bedrijventerrein wordt gerealiseerd is de lay-out voor zowel de variant met taluds als damwanden meegenomen. Gegevens van de bodem zijn overgenomen uit het stromingsmodel. In SHIPMA wordt uitgegaan van de totale beschikbare waterdiepte, deze is derhalve per debiet geïmplementeerd.

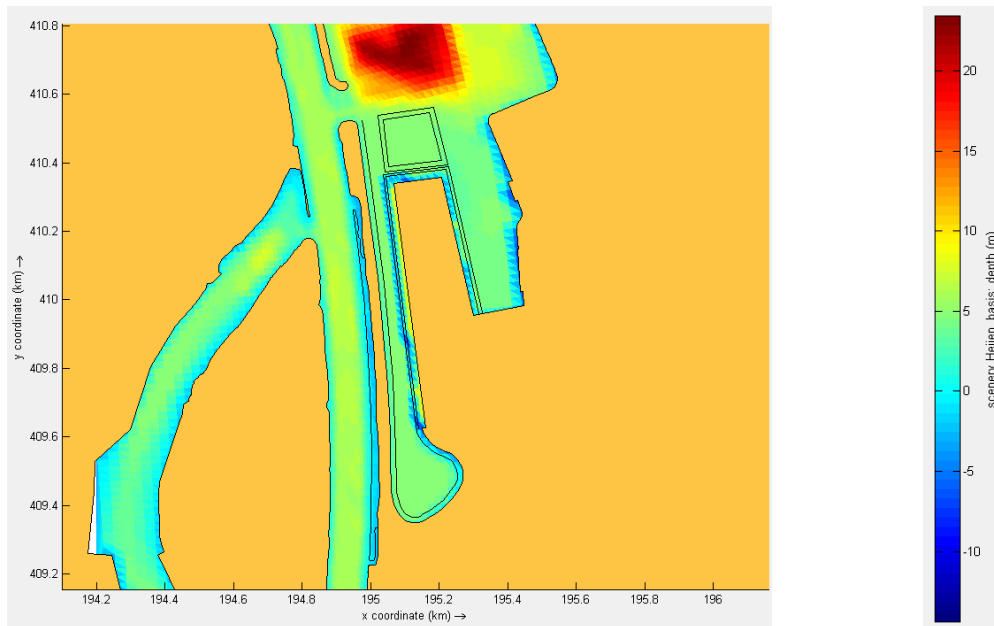
De invaartopening staat haaks op de rivier. De originele haventoeegang heeft een breedte van 42 m op de diepgang van de geladen schepen en een breedte van circa 63 m op de waterlijn. De straal van de vaarbaan voor de in-/uitvarende schepen bedraagt circa 100 m (midden-as vaarwater en haventoeegang). De breedte van de Maas lokaal bedraagt circa 120-125 m.

In MARIN-rapport 30815-1 is aangegeven dat de huidige haventoeegang onvoldoende breed is om de gewenste schepen te ontvangen. De haven is origineel ontworpen voor klasse IV-schepen en wordt als krap ervaren. De Richtlijnen Vaarwegen [Ref. 1] voor het ontwerpen van haventoeegangen zijn geldig voor stilstaand water. De stroomsnelheden in de Maas bij een debiet van 1750m³/s zijn meer dan 1m/s. Vanwege de beperkte breedte van de Maas ten opzichte van de lengte van het schip (met name voor het tweebaksduwstel) is tevens meer ruimte nodig voor het bochten van het schip.

Als eerste inschatting voor de benodigde breedte voor de gewenste maat schepen is gebruik gemaakt van de huidige relatieve breedte (beschikbare breedte / breedte maatgevend schip). Hieruit volgt een relatieve breedte van circa $6*B$ op de waterlijn en $4*B$ op het kielvlak van het geladen schip. Als basis voor de simulaties is de kop van de Noordelijke dam circa 40 m verschoven. Dit resulteert in een bodembreedte van circa 90m ($6B$ voor het toekomstige schip) en 102m op de waterlijn.

In de lay-out van het voorkeursalternatief, zijn zowel de grenzen van de tenen van de variant met taluds als damwanden meegenomen. In de lay-out zijn tevens de contouren van het onderwater depot opgenomen, zie Figuur 3-1.

In recentelijk literatuuronderzoek van het MARIN (op moment van schrijven nog niet vrijgeven voor publicatie) zijn diverse haventoeegangen voor binnenhavens vergeleken. Uit dit onderzoek volgt dat een relatieve breedte van $6*B$ voor het tweebaksduwstel aan de krappe kant is.

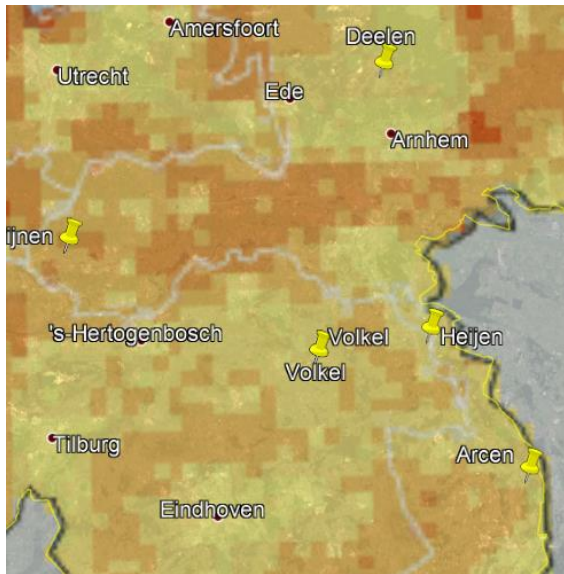


Figuur 3-1 Overzicht lay-out in SHIPMA en diepte veld (geen waterstand).

3.2.2 Windgegevens

De windsnelheden ter plaatse van de haven zijn bepaald aan de hand van KNMI gegevens en gegevens ten aanzien van het voorland. De gegevens van het voorland zijn geschat aan de hand van de ACAD-tekening van het gebied en satellietfoto's (bron: Google Earth).

De windsnelheden zijn bepaald met de windgegevens van Volkel (windstation 375). Dit windstation is het dichtstbijzijnde gelokaliseerd en gegeven de terreinruwheid representatief geacht, zie Figuur 3-2. Een tijdreeks van de potentiële wind gemeten op 10m hoogte voor de tijdsperiode 1981-2013 is gedownload van <http://www.knmi.nl/samenw/hydra> en geanalyseerd tot het windklimaat zoals gepresenteerd in Tabel 3-1.



Figuur 3-2 Locatie windstations.

Tabel 3-1 Tabel van voorkomen van windsnelheid tegen windrichting (in percentages) voor meetstation 375 te Volkel, geanalyseerd over de periode 1981-2013 [KNMI]

Wind speed [m/s]	Wind direction [°N]																								total	exc	
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345			360
0	1	0.033	0.115	0.055	0.496	0.278	0.498	0.235	0.306	0.074	0.167	0.085	0.115	0.137	0.460	0.317	0.510	0.020	0.047	0.028	0.065	0.024	0.063	0.032	0.262	4.421	100.000
1	2	0.475	0.786	0.312	0.448	0.440	0.668	0.331	0.345	0.160	0.351	0.197	0.460	0.158	0.728	0.567	0.560	0.294	0.703	0.436	0.898	0.391	0.767	0.385	1.414	12.274	95.579
2	3	0.607	1.159	0.551	1.022	0.573	1.041	0.506	0.987	0.369	0.902	0.420	0.952	0.505	1.422	0.986	1.552	0.623	1.226	0.767	1.121	0.382	0.701	0.468	1.260	20.102	83.305
3	4	0.276	0.770	0.559	1.242	0.498	0.789	0.329	0.801	0.355	0.823	0.396	1.015	0.694	1.379	0.738	2.207	0.735	1.220	0.640	0.968	0.305	0.565	0.321	0.682	18.309	63.203
4	5	0.179	0.494	0.475	0.947	0.357	0.543	0.200	0.498	0.222	0.540	0.276	0.814	0.689	1.630	0.994	2.168	0.748	1.147	0.501	0.829	0.245	0.411	0.242	0.505	15.654	44.895
5	6	0.096	0.273	0.257	0.650	0.247	0.390	0.123	0.330	0.124	0.296	0.174	0.516	0.463	1.304	0.780	1.608	0.537	0.799	0.340	0.520	0.082	0.167	0.112	0.223	10.411	29.241
6	7	0.040	0.157	0.161	0.458	0.204	0.278	0.066	0.188	0.078	0.146	0.090	0.325	0.341	1.217	0.722	1.419	0.427	0.598	0.209	0.115	0.061	0.089	0.027	0.071	7.485	18.830
7	8	0.013	0.064	0.059	0.236	0.135	0.144	0.025	0.093	0.028	0.049	0.026	0.165	0.210	0.876	0.580	1.036	0.342	0.422	0.133	0.172	0.028	0.064	0.026	0.033	4.957	11.345
8	9	0.004	0.031	0.022	0.107	0.066	0.068	0.006	0.034	0.011	0.013	0.010	0.085	0.101	0.510	0.381	0.736	0.234	0.308	0.056	0.083	0.012	0.019	0.011	0.021	2.930	6.388
9	10	0.000	0.008	0.003	0.034	0.022	0.026	0.001	0.014	0.007	0.005	0.004	0.033	0.055	0.340	0.249	0.427	0.125	0.161	0.018	0.038	0.004	0.006	0.005	0.003	1.591	3.458
10	11	-	0.002	0.002	0.011	0.015	0.025	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.013	0.031	0.176	0.170	0.266	0.071	0.095	0.017	0.019	0.001	0.005	0.002	0.001	0.928	1.867
11	12	-	-	0.000	0.004	0.004	0.009	-	0.001	-	-	0.000	0.003	0.012	0.090	0.090	0.138	0.032	0.056	0.014	0.006	0.001	0.001	0.001	0.000	0.465	0.939
12	13	-	-	-	0.001	0.003	0.001	-	-	-	-	-	0.001	0.006	0.046	0.050	0.071	0.016	0.028	0.004	0.004	0.001	0.000	-	-	0.233	0.474
13	14	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	0.001	0.004	0.029	0.019	0.041	0.014	0.017	0.002	0.003	0.000	-	-	-	0.130	0.241
14	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.005	0.013	0.015	0.008	0.010	0.001	0.001	0.000	-	-	-	0.056	0.111
15	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.007	0.011	0.005	0.004	0.000	0.000	-	-	-	-	0.031	0.055
16	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.004	0.004	0.002	0.004	0.000	0.000	-	-	-	-	0.013	0.024
17	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.004	0.000	0.001	-	0.000	-	-	-	-	0.006	0.011
18	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	-	0.001	-	-	-	-	-	-	0.001	0.005
19	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	-	0.001	0.001	-	-	-	-	-	-	0.002	0.003
20	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.001
21	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.001
Total		1.723	3.857	2.455	5.657	2.842	4.481	1.821	3.602	1.428	3.292	1.679	4.499	3.409	10.218	6.666	12.776	4.234	6.848	3.165	4.844	1.537	2.859	1.631	4.476	100.0	100.0

De meest voorkomende windrichting is zuid-zuid-west. Voor de simulaties wordt gekozen voor 225 °N, dit is de meest voorkomende richting, bevat de hoogste windsnelheden en is nautisch ongunstig voor de invaart de haven op. Voor de maatgevende windsnelheid is de 2% overschrijdingswaarde gekozen (deze waarde wordt over het algemeen gebruikt voor het ontwerpen van natte infrastructuur). Op basis van Tabel 3-1 volgt een windsnelheid van 9.9 m/s. De vermelde windsnelheid is de genormaliseerde windsnelheid op 10 m hoogte met een terreinruwheid van 0.03 m.

De tijdsreeks bevat vier gemiddelde data. Voor de simulaties wordt uitgegaan van de 10-minuten gemiddelde windsnelheid. De 10 minuten gemiddelde windsnelheid volgt uit de uurgemiddelde windsnelheid door: $u_{(600s)} = 1.1 * u_{(3600s)}$. De 10 minuten gemiddelde windsnelheid is derhalve 10.9 m/s.

Voor de SHIPMA simulaties wordt gebruikt gemaakt van een constante windsnelheid en windrichting op 4 m hoogte (voor deze hoogte zijn de windcoëfficiënten bepaald). De windsnelheid op 4 m hoogte wordt verkregen middels:

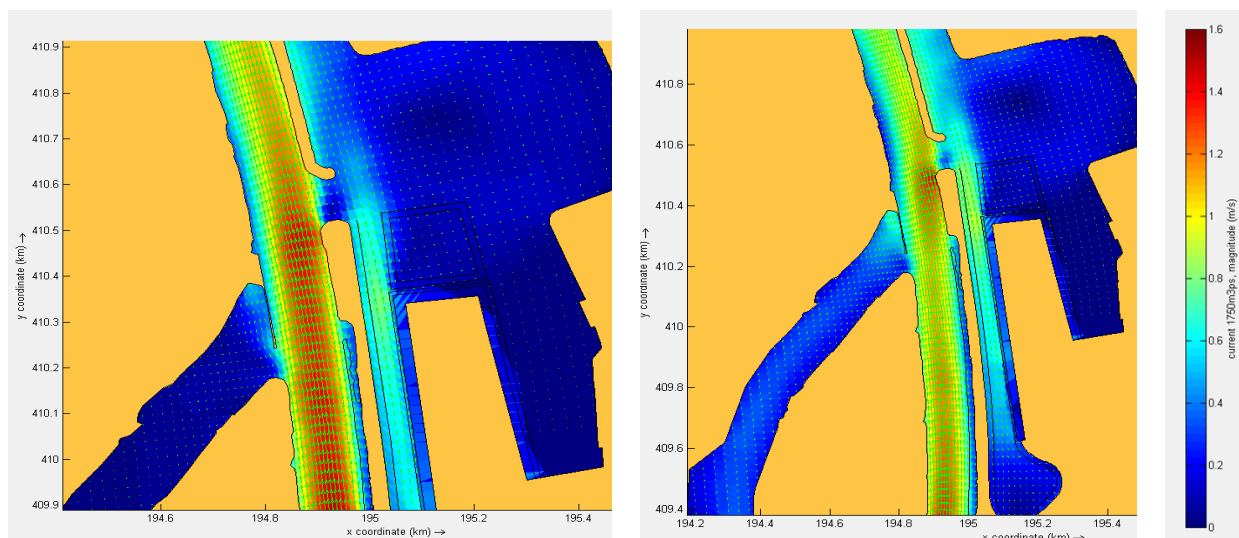
$$u_{(4m)} = \frac{\ln(z_1/z_0)}{\ln(z_2/z_0)} u_{(10m)}$$

Hierbij is $z_{(1)}=4m$, $z_{(2)}=10m$ en $z_{(0)}=0,03m$ (de ruwheidlengte voor open terrein [3]) en volgt een 10 minuten gemiddelde windsnelheid van 9,2 m/s op 4 m. In het vervolg van de rapportage en de appendices zal worden gerefereerd naar de 10 minuten gemiddelde windsnelheid op 4 m hoogte.

Vanwege de hoge waterstand en het open karakter van het terrein in de omgeving wordt in de simulaties geen rekening gehouden met windafscherming.

3.2.3 Strooming

De strooming is bepaald door Riquet voor het voorkeursalternatief. Voor het bepalen van de strooming is uitgegaan van de variant inclusief damwanden. De doorgerekende debieten voor de simulaties zijn $1750m^3/s$ en $2250m^3/s$. Een visualisatie van de strooming rond de haveningang is weergegeven in Figuur 3-3.



Figuur 3-3 Strooming voor een debiet van $1750m^3/s$ (links) en $2250m^3/s$ (rechts)

3.2.4 Scheepsmodellen

De Maasroute wordt geschikt gemaakt als Klasse Vb vaarweg voor schepen met een maximale diepgang tot 3.5 m. Op basis van het toelatingsbeleid volgde de volgende maximale afmetingen:

- Tweebaksduwstellen en/of lange koppilverbanden: maximale breedte van 12 m in combinatie met een maximale lengte van 185 m en een maximale diepgang van 3.5m;
- Overige schepen: maximale breedte van 15 m in combinatie met een maximale lengte van 135 m en een maximale diepgang van 3.5m.

Voor het modelleren van de schepen is gebruik gemaakt van verscaling van bestaande scheepsmodellen die eigendom zijn van RWS en in het verleden door MARIN voor de toenmalige Dienst Verkeers Kunde (DVK) zijn ontwikkeld.

Tabel 3-2 Parameters scheepsmodellen

		Leeg tweebaksduwstel	Geladen tweebaksduwstel	Motorschip
Lengte over alles	[m]	185	185	135
Lengte loodlijnen	[m]	183	183	130
Breedte	[m]	12	12	15
Diepgang (midscheeps)	[m]	1.2	3.5	3.5
Deplacement massa	[tons]	1315	6181	6280
Frontaal windoppervlak	[m ²]	78	43	107
Lateraal windoppervlak	[m ²]	856	326	370
Boegschroef		Ja	Ja	Ja

3.2.5 Vaarbanen en snelheden

De minimaal te hanteren afstand tot de oever is 15 m (hierbij wordt uitgegaan dat het de afstand tussen de scheepshuid en de oever betreft). De snelheden door het water zijn voor geladen schepen circa 12 km/uur en voor lege schepen circa 20 km/uur.

De vaarbanen in SHIPMA zijn zo uitgelegd dat op het initiële stuk aan de minimale afstand wordt voldaan. Voor het opzwaaien van de haven is oplijnen naar midden vaarwater of de verkeerde oever noodzakelijk, hierop is de vaarbaan lokaal aangepast. Het benodigde toerental om de beoogde vaarsnelheid door het water te bereiken is bepaald voor de situatie zonder stroming en wind.

3.3 Simulatieprogramma

3.3.1 Voorbereiding scenario's

De opzet van de scenario's bestaat uit het bepalen van de gewenste baan en de te varen snelheid. Het schroeftoerental wordt zo ingesteld dat de gevraagde snelheid door het water wordt gevaren. Door roergebruik zal de snelheid tijdelijk zakken en weer oplopen als er weinig roer wordt gegeven.

De gewenste baan, afwijkingen van de gewenste baan en afwijkingen van de gewenste koers worden door de baanvolgende stuurautomaat gebruikt om de toe te passen roerhoeken (en eventueel gebruik van de boegschroef) te bepalen (de stuurautomaat 'kijkt' vooruit).

Voor de simulaties is gebruik gemaakt van SHIPMA versie 7.4.2.

3.3.2 Simulatiematrix

De simulatie matrix is gegeven in Tabel 3-4. Tijdens de uitvoering van de simulaties is aan de hand van de in Sectie 3.4 beschreven criteria bepaald of de vaart veilig was. Bij de keuze voor de simulatie matrix zijn de maatgevende wind, stroming, schepen en manoeuvres in beschouwing genomen.

Tabel 3-3 Simulatie matrix

Run	Schip	Baan	Wind	Debiet
A1	Motorschip 135x15x3.5m	Aankomend opvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
A2	Motorschip 135x15x3.5m	Aankomend opvarend	9.2m/s uit 225°N	2250m3/s
A3	Motorschip 135x15x3.5m	Aankomend afvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
A4	Motorschip 135x15x3.5m	Aankomend afvarend	9.2m/s uit 225°N	2250m3/s
A5	Motorschip 135x15x3.5m	Vertrekkend afvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
A6	Motorschip 135x15x3.5m	Vertrekkend opvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
B1	Tweebakduwstel 185x12x3.5m	Aankomend opvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
B2	Tweebakduwstel 185x12x3.5m	Aankomend opvarend	9.2m/s uit 225°N	2250m3/s
B3	Tweebakduwstel 185x12x3.5m	Aankomend afvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
B4	Tweebakduwstel 185x12x3.5m	Aankomend afvarend	9.2m/s uit 225°N	2250m3/s
B5	Tweebakduwstel 185x12x3.5m	Vertrekkend afvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
B6	Tweebakduwstel 185x12x3.5m	Vertrekkend opvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
C1	Tweebakduwstel 185x12x1.2m	Aankomend opvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
C2	Tweebakduwstel 185x12x1.2m	Aankomend opvarend	9.2m/s uit 225°N	2250m3/s
C3	Tweebakduwstel 185x12x1.2m	Aankomend afvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
C4	Tweebakduwstel 185x12x1.2m	Aankomend afvarend	9.2m/s uit 225°N	2250m3/s
C5	Tweebakduwstel 185x12x1.2m	Vertrekkend afvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s
C6	Tweebakduwstel 185x12x1.2m	Vertrekkend opvarend	9.2m/s uit 225°N	1750m3/s

3.4 Analyse en beoordeling van de simulaties

De resultaten van elk scenario worden gepresenteerd in twee typen plots:

- trackplots, die de gevaren baan weergegeven in de vorm van scheepscontouren met een interval van 30 s;
- dataplots, die enkele karakteristieke parameters gedurende de run laten zien.

De trackplots zijn opgenomen in Appendix A. De runs worden gepresenteerd in een overzichtsfiguur en een aantal detail-plots van de manoeuvre. Appendix A wordt gecombineerd met plots van enkele karakteristieke parameters van het schip. De volgende grootheden zijn geplot als functie van de plek langs de baan:

- Snelheid in lengterichting van het schip;
- Snelheid in dwarsrichting van het schip;
- Koers over de grond;
- Giersnelheid;
- Vermogen propellers (positief is vooruit, negatief achteruit);
- Roerhoek (positief is naar bakboord, negatief naar stuurboord);
- Percentage gebruik van de boegschroef (positief is kracht naar bakboord, negatief naar stuurboord).

Vanwege de complexiteit van bepaalde manoeuvres en het gebruik van de stuurautomaat is een aantal simulaties opgesplitst over diverse vaarbanen. Hierbij is de uitvoer en invoer consistent gehouden. De trackplots worden vervolgens gecombineerd, de dataplots worden echter per vaarbaan gepresenteerd. Ten behoeve van de onderlinge vergelijking van de scenario's wordt een numerieke analyse van alle relevante scheepsparameters uitgevoerd. De analyse is uitgevoerd aan de hand van:

- Beheersbaarheid van het schip in de manoeuvre;
- Ruimtegebruik van het schip.

3.4.1 Beheersbaarheid

Voor een veilige manoeuvre is het van belang dat het schip goed onder controle is. Hiervoor is gewenst dat voor het gebruik van motor/roer en boegschroef voldoende veiligheidsmarge beschikbaar is t.o.v. het maximale beschikbare vermogen. Voor de beoordeling van de runs betekent dit dat niet langdurig een grote roerhoek in combinatie met een hoog toerental of maximale boegschroef vermogen nodig moet zijn om het schip te controleren. Een korte toerenstoot in combinatie met een grote roerhoek wordt wel als veilig beschouwd. Op deze wijze wordt een veilige marge gehouden indien in de werkelijke situatie zich iets onverwachts voordoet. In dat geval heeft de schipper nog de mogelijkheid om het roergebruik aan te passen.

Motor en roer

De dwarskracht die door motor en roer geleverd wordt om het schip in dwarsrichting te controleren is evenredig met de roerhoek en het kwadraat van het toerental. Het schip is voldoende onder controle als: $\delta n^2 \leq \delta_{crit} n_{crit}^2$ waarin δ de roerhoek is en n de snelheid van de schroef (omw/min). De index *crit* geeft de waarden voor het gehanteerde criterium aan. Om de beoordeling van de runs op dit criterium eenvoudiger te maken, wordt de 'safety index' gebruikt. Deze is gedefinieerd als:

$$SI_{steering} = \frac{\delta n^2}{\delta_{crit} n_{crit}^2}$$

Een manoeuvre is niet veilig (met onvoldoende marge), als de safety index langer dan 1 minuut groter dan 1 is. Door ook de duur in de beoordeling te betrekken is een korte toerenstoot met maximaal roer mogelijk, terwijl langdurig gebruik van een grote roerhoek met veel vermogen een teken is dat het schip in de geteste condities (wind, stroom) niet goed beheersbaar is. Voor binnenvaartschepen wordt maximale toeren (in dit geval 300 rpm) met een roerhoek van 20 graden als limiet gehanteerd.

Evaluatie:	Criterium:
+	De safety index wordt gedurende de gehele manoeuvre niet overschreden.
+/-	De safety index wordt voor korte duur (< 1 min.) overschreden.
-	De safety index wordt voor lange duur (> 1 min.) overschreden.

Boegschroef

Ook in het gebruik van de boegschroef moet er voldoende marge zijn. Een limiet van 70% van de nominale capaciteit wordt hiervoor als criterium gehanteerd. Op deze manier is 30% reserve capaciteit beschikbaar bijvoorbeeld om stuurcorrecties te kunnen maken indien nodig. Ook hier wordt weer een duur van 1 minuut gehanteerd.

Afhankelijk van het type manoeuvre dat wordt uitgevoerd, wordt de boegschroef soms ook langdurig op hoogvermogen gebruikt, terwijl dit niet noodzakelijk is in verband met de beheersbaarheid. Het wordt dan veelal gedaan om de duur van de manoeuvre te bekorten, bijvoorbeeld bij het draaien van het schip. Dit dient per geval beoordeeld te worden.

Evaluatie:	Criterium:
+	Boegschroef gebruik is <70% van de nominale capaciteit.
+/-	Boegschroef gebruik is >70% van de nominale capaciteit, maar kortstondig (< 1min.).
-	Boegschroef gebruik is >70% van de nominale capaciteit en langdurig (> 1min.).

3.4.2 Ruimtegebruik

Voor het bepalen van veilige marges in het ruimtebeslag worden de gerealiseerde afstanden tot de constructies (in dit geval de hoofden van de dammen) bepaald. De kaderstellende Richtlijnen Vaarwegen (Ref. [1]) geven geen uitsluitel met betrekking tot te hanteren veiligheidsmarges in het ruimtegebruik. De Richtlijnen Vaarwegen zijn echter gebaseerd op de zogenaamde strokentheorie. Deze theorie voor Klasse V-vaarwegen beschreven in een rapport van het Waterloopkundig

Laboratorium (Ref. [2] WL, 1994). De strokentheorie gaat uit van een padbreedte waarbij de volgende aanvullende marges in acht genomen dienen te worden om de totale breedte te bepalen:

Bermstrook: $0.4 \cdot B$

Menselijke besturing: $0.5 \cdot B$

Veiligheidsstrook: $0.2 \cdot B$

Deze marges dienen aan weerskanten genomen te worden. In SHIPMA wordt het schip bestuurd door een stuurautomaat, voor het meenemen van menselijke besturing is een aparte marge van toepassing.

3.4.3 Totale evaluatie

De totale evaluatie van een simulatie is opgesplitst in een aantal delen. Een voorbeeld van een dergelijke evaluatie is hieronder in tabelvorm weergegeven. De tabel geeft het volgende weer:

- Kolom 1: Simulatie nummer;
- Kolom 2 tot en met 4: Uitgevoerde condities;
- Kolom 5: Het ruimtegebruik gedurende de gehele simulatie. In de evaluatie in kolom 9 en 10 wordt het ruimtegebruik per onderdeel van de simulatie (toegang en binnenhaven) beschouwd.
- Kolom 6: Safety index
- Kolom 7: Boegschroef
- Kolom 8: Beheersbaarheid van de manoeuvre op basis van het gebruik van de stuurmiddelen, voor de gehele manoeuvre.
- Kolom 9 en 10: Total evaluatie van de simulatie, opgesplitst in de toegang en de binnenhaven.

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
C5	Vertrek naar noord	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+	+/-	+	-	+

In de evaluatie in kolom 9 en 10 wordt de nuance weergegeven voor de toegang en de binnenhaven. Wanneer bijvoorbeeld het ruimtegebruik in de toegang onvoldoende is, dan wordt het ruimtegebruik en de toegang als over de limiet beoordeeld. De binnenhaven kan dan nog wel als voldoende en veilig worden beschouwd, omdat de marges hier dan wel toereikend zijn.

4 RESULTATEN

De resultaten van de simulaties worden verder besproken in de volgende paragrafen:

- Paragraaf 4.1: simulaties met het motorschip;
- Paragraaf 4.2: simulaties met het geladen tweebaksduwstel;
- Paragraaf 4.3: simulaties met het lege tweebaksduwstel;
- Paragraaf 4.4: overwegingen optimale breedte haventoeegang.

Per paragraaf wordt vervolgens een verdeling gemaakt in op- en afvarende vaarten voor aankomst en vertrek. In een aantal simulaties is de vaarbaan opgesplitst in delen, omdat de complexiteit van de manoeuvres dusdanig is dat het voor de stuurautomaat niet evident is welke vaarbaan er gevolgd dient te worden. De uitvoer (locatie, snelheden, stand van de motor etc.) op de laatste rekenstap van de simulatie dient dan als invoer voor de volgende simulatie. Hierbij blijven de fysische eigenschappen van het schip behouden en worden de mogelijkheden om manoeuvres uit te voeren vergroot. De track-plots van de (deel-)simulaties zijn vervolgens gecombineerd, om een gehele weergave van de manoeuvre te geven. De data-plots worden apart per vaarbaan weergegeven.

4.1 Simulaties voor het 135x15x3.5m motorschip

Aankomend vanuit het noorden (opvarend)

De simulatie start op de Maas, hierbij is het toerental voor de stuurautomaat zo ingesteld dat de maximale toegestane snelheid voor dit schip op de Maas in acht wordt genomen. Vanwege de sterke stroom tegen kan er worden gevaren op circa 90% vermogen, zonder overschrijding van de toegestane snelheid.

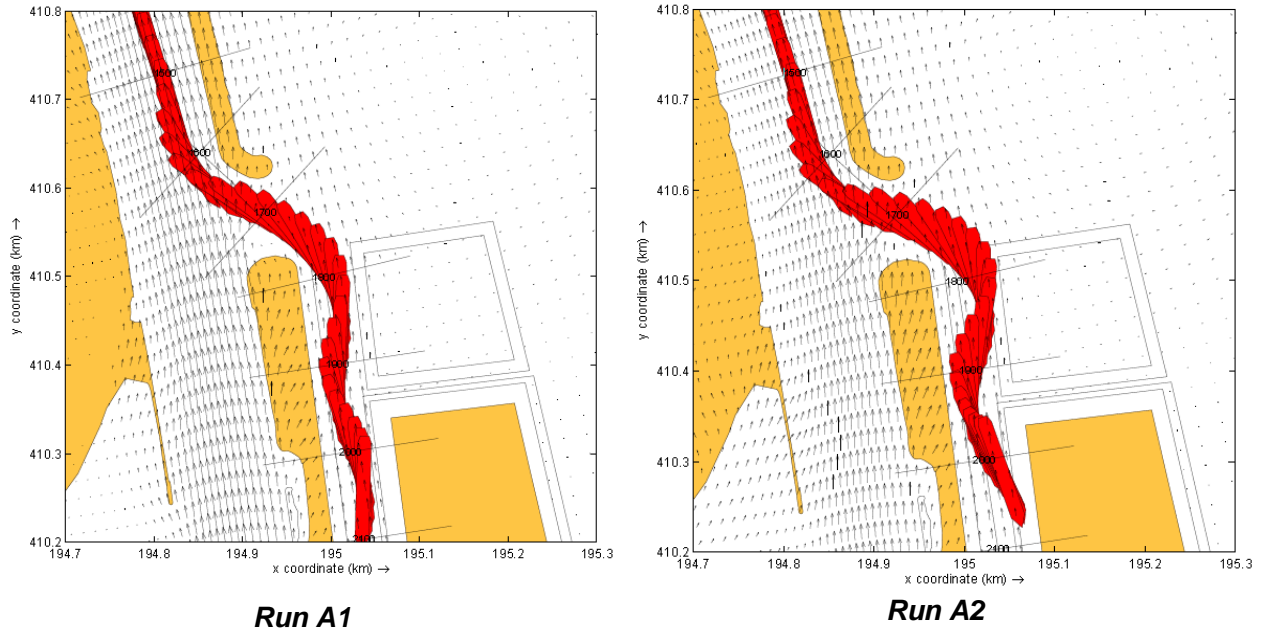
Voor het invaren van de haven wordt het motorschip naar midden vaarwater gestuurd. Komend vanuit het noorden kan het motorschip gecontroleerd tegen de stroming en wind afstoppen door het geven van minder vermogen. Voor de haveningang wordt de snelheid tot bijna 0 km/h over de grond teruggebracht. Door het toepassen van een toerenstoot (naar bijna vol vermogen) en gebruik van het roer (45 graden voor minder dan 1 minuut), wordt de zwaai de haven op geïnitieerd. Dit resulteert in een evaluatie van de Safety Index van op de limiet, doch wordt in dit onderdeel van de manoeuvre als acceptabel geacht. Na het passeren van de haventoeegang wordt vermogen teruggenomen en tegenroer gegeven.

Het motorschip wordt in één keer kop voor het insteekbasin in gestuurd. Hierbij wordt de boegschroef kort bijgezet, maar op minder dan 70% (wat als veilig wordt beoordeeld). In het insteekbasin wordt de vaart er vervolgens helemaal uitgehaald, zonder hierbij maximaal vermogen achteruit te geven. Ook is het gebruik van de boegschroef hier beperkt.

Gedurende de gehele manoeuvre zijn de marges met betrekking tot obstakels toereikend, zie Figuur 4-1. Er wordt minimaal $0.8 \cdot B$ afstand gehouden van zowel de noordelijke als de zuidelijke dam, in zowel Run A1 als A2. De padbreedte in de haventoeegang beslaat circa 48m in Run A1 en 61m in Run A2. Run A1 en A2 worden als veilig beoordeeld, zie Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Evaluatie simulaties A1 en A2

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
A1	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	+/-	+	+	+	+
A2	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	+	+/-	+	+	+	+



Figuur 4-1 Detail haventoeegang aankomst opvarend motorschip bij een debiet van 1750 m³/s (links) en 2250 m³/s (rechts).

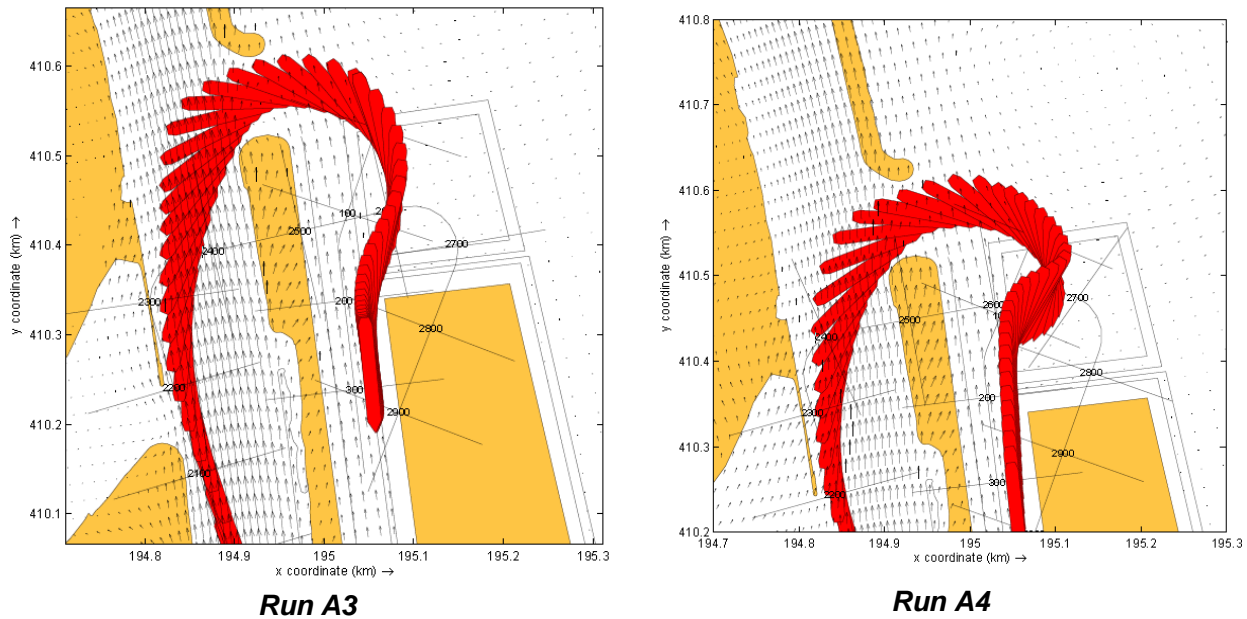
Aankomend vanuit het zuiden (afvarend)

De simulatie start op de Maas, hierbij is het toerental voor de stuurautomaat zo ingesteld dat de maximale toegestane snelheid voor dit schip op de Maas in acht wordt genomen. Komende vanuit het zuiden (in de afvaart) bemoeilijkt de stroming de manoeuvre significant meer dan in de opvaart. Het lagere toerental (benodigd om de gewenste snelheid te varen) zorgt voor minder druk op het roer, waardoor de bochtstraal van de manoeuvre toeneemt.

Om de ruimte optimaal te benutten wordt het schip naar de verkeerde (linker) oever gestuurd. De afstand die wordt gehanteerd tot de oever is minder dan $0.5 \cdot B$.

De zwaai met het motorschip de haven op wordt geïnitieerd met half vermogen en vol roer. Gedurende de zwaai wordt kortstondig een toerenstoot gegeven naar vol vermogen. Omdat er op dat moment ook vol roer wordt gegeven wordt de Safety Index geëvalueerd als zijnde op de limiet. Om meer giersnelheid op te bouwen wordt de boegschroef bijgezet. In Run A3 is het boegschroef gebruik minder dan 70% van het vermogen. In Run A4 wordt voor minder dan 1 minuut de boegschroef voor circa 80% gebruikt. De boegschroef wordt in Run A4 derhalve als zijnde op de limiet beoordeeld. Omdat zowel de Safety Index als de boegschroef op de limiet worden gebruikt zijn de marges klein en derhalve wordt de beheersbaarheid in Run A4 als op de limiet beoordeeld.

Voor het oplijnen richting het insteekbasin wordt in Run A4 de boegschroef langer dan een minuut voor meer dan 70% van de capaciteit bijgezet. Het gebruik van de boegschroef is daarmee over de limiet, doch op dit gedeelte van de manoeuvre is de beheersbaarheid van de manoeuvre niet in geding, omdat het voorschip bijgestuurd kan worden door een kortdurige toerenstoot (op de machines is nog voldoende marge). In Run A3 is er minder gebruik van de boegschroef (de stroming is zwakker) en voldoet het gebruik van de boegschroef aan het criterium.



Figuur 4-2 Detail haventoeegang aankomst afvarend motorschip bij een debiet van 1750 m³/s (links) en 2250 m³/s (rechts).

In Figuur 4-2 zijn detailplots voor Run A3 en A4 weergegeven voor het meest kritische stuk van de manoeuvre. De evaluatie van de simulaties is weergegeven in Tabel 4-2. Het ruimtegebruik is geëvalueerd als over de limiet, omdat het voorschip te dicht bij de zuidelijke dam vaart. Verdere verbreding van de haventoeegang is hierbij noodzakelijk. Door de haventoeegang verder te verbreden is het tevens mogelijk om iets meer afstand tot de westelijke oever te bewaren (vergroting van de bochtstraal). Een alternatieve manoeuvreerstrategie waarbij het schip overstuur (achteruit varend) de haven op zwaait is niet getest.

Het invaren van de toegang vergt (ook na verdere verbreding van de haventoeegang) timing van de schipper. De manoeuvre is beheersbaar met de aanwezige stuurmiddelen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de manoeuvre niet gemaakt kan worden zonder een goed werkende boegschroef. Op het gedeelte van de manoeuvre waar criteria worden overschreven werken de weersomstandigheden tegen en kan men het oplijnen richting het insteekbasin nog tijdig onderbreken. Hierdoor kan de schipper zichzelf meer tijd verschaffen om op te lijnen voor het insteekbasin (en kan mogelijk het gebruik van de boegschroef minder). In de binnenhaven wordt voldoende afstand bewaard tot objecten.

In simulatie A4 (bij een debiet van 2250m³/s) is de beheersbaarheid van de manoeuvre als op de limiet beoordeeld. Dit lijkt gegeven de kans van voorkomen van dit debiet (extreme afvoer) nog acceptabel.

In Run A3 blijft het voorschip $0.5 \cdot B$ vrij van de zuidelijke dam en het achterschip $0.3 \cdot B$ vrij van de noordelijke dam, de beslagen padbreedte in de toegang is 78m. In Run A4 blijft het voorschip $0.25 \cdot B$ vrij van de zuidelijke dam en het achterschip $0.5 \cdot B$ vrij van de noordelijke dam, de beslagen padbreedte in de toegang is 79m.

Tabel 4-2 Evaluatie simulaties A3 en A4

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
A3	Aankomst uit zuid	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	+	+	-	+
A4	Aankomst uit zuid	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+/-	+/-	+/-	-	+

Vertrek naar het noorden (afvarend)

De simulatie start in het nieuwe insteekbasin, waarbij het motorschip met de boeg naar buiten ligt. In het insteekbasin is er voldoende ruimte om stuurcorrecties uit te voeren met alleen machine en roer, de boegschroef wordt minimaal gebruikt.

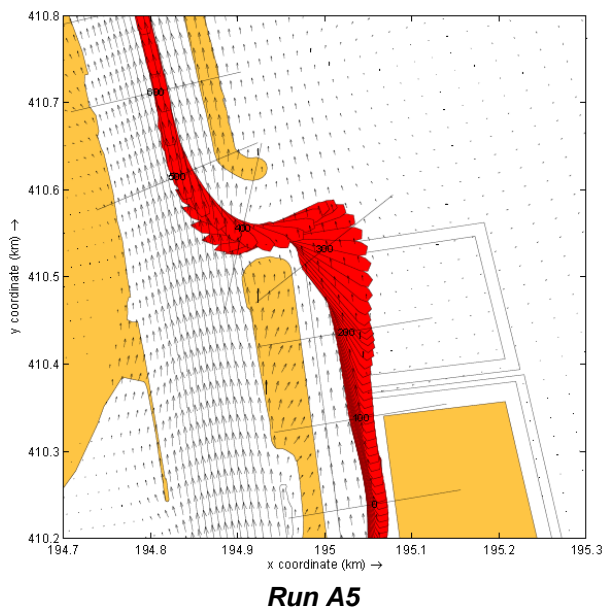
Voor het oplijnen richting de haventoeegang wordt de boegschroef kortstondig maximaal bijgezet (het criterium ten aanzien van de boegschroef is daarom op de limiet). Dit is op dat moment van de manoeuvre acceptabel, omdat het gebruik van de boegschroef dient om eerst een hogere draaisnelheid op te bouwen en later het voorschip te controleren (de richting van de boegschroef is gedurende de manoeuvre wisselend). Er is op dat moment nog marge op de machine en het roer (er wordt ca. 67% vermogen toegepast, waardoor maximale roerhoeken zijn toegestaan). Bij het toepassen van meer machinevermogen neemt ook de voorwaartse snelheid toe, wat op dat moment van de manoeuvre echter niet wenselijk is, omdat dan de marge tot de zuidelijke dam afneemt. Op een later moment een toerenstoot geven is nog wel mogelijk, er is voldoende marge ten opzichte van de noordelijke dam, zie Figuur 4-3.

Na het passeren van de toegang wordt een korte toerenstoot naar vol vermogen gegeven om het achterschip vrij te houden van de zuidelijke dam. De roerhoeken zijn op dat moment minder dan 20 graden (de Safety Index wordt daarom als veilig beoordeeld). Ook het opvangen van de zwaai kan met beperkt tegen roer worden uitgevoerd.

De evaluatie van de manoeuvre is weergegeven in Tabel 4-3. De gehele manoeuvre wordt als veilig beschouwt. De manoeuvre is dicht langs de zuidelijke dam uitgevoerd, omdat de stroming en de wind het schip richting de noordelijke dam zetten. De simulatie toont aan dat er voor deze manoeuvre nog voldoende marge is. De zuidelijke dam wordt met het achterschip gepasseerd op circa $0.5 \cdot B$, de afstand tot de noordelijke dam is meer dan $3.0 \cdot B$. De beslagen padbreedte in de haventoeegang bedroeg 42m.

Tabel 4-3 Evaluatie simulatie A5

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
A5	Vertrek naar noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	+	+/-	+	+	+



Figuur 4-3 Detail haventoeegang vertrek afvarend motorschip bij een debiet van 1750m³/s.

Vertrek naar het zuiden (opvarend)

De simulatie start in het nieuwe insteekbasin, waarbij het motorschip met de boeg naar buiten ligt. In het insteekbasin is er voldoende ruimte om stuurcorrecties uit te voeren met alleen machine en roer, de boegschroef wordt hier minimaal gebruikt.

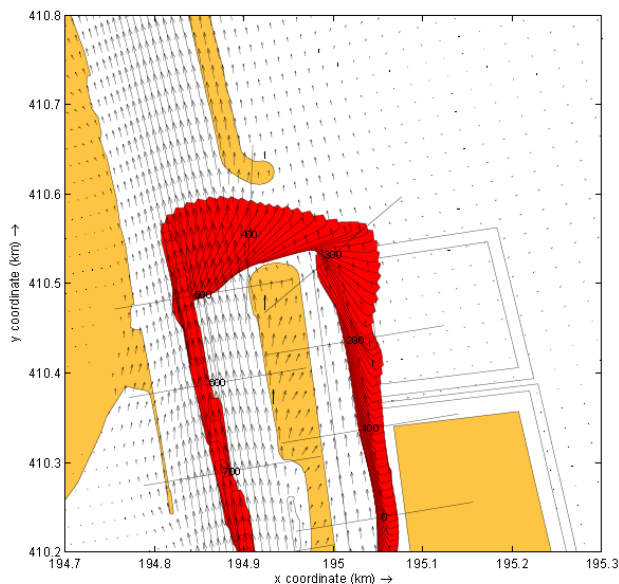
Net als in de afvarende vertrek simulaties (Run A5), wordt ook nu de boegschroef kortstondig maximaal bijgezet (het boegschroef gebruik wordt daarom beoordeeld als op de limiet), voor het oplijnen voor de toegang. Er is op dat moment nog marge op de machine en het roer. Het schip wordt ook nu krap langs de zuidelijke dam gestuurd, hierbij rekening houdend met de stroming en de wind. De afstand tussen het voorschip en de zuidelijke dam is minder dan $0.3 \cdot B$ (en wordt beoordeeld als over de limiet). Het achterschip zwaait slecht $1.0 \cdot B$ vrij van de noordelijke dam.

Na het passeren van de haventoeegang en de zwaai de Maas op wordt het vermogen verhoogd door middel van het geven van een toerenstoot. Dit is benodigd om snelheid op te bouwen en het schip in de stroming te krijgen. Gedurende deze toerenstoot wordt kortstondig gebruik gemaakt van grote roerhoeken, wat resulteert in een Safety Index beoordeling van op de limiet. Op dit gedeelte van de manoeuvre is de beheersbaarheid van de manoeuvre daarmee niet in het geding, er is ruimte op de Maas om deze stuurcorrecties op te vangen (met behulp van langer aanhoudende minder grote roerhoeken).

Het voorschip passeert de zuidelijke dam op een afstand van minder dan $0.25 \cdot B$ (dit wordt als over de limiet beoordeeld), het achterschip blijft circa $1.0 \cdot B$ van de noordelijke dam vrij. De beslagen padbreedte in de haventoeegang bedroeg 77m.

Tabel 4-4 Evaluatie simulatie A6

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
A6	Vertrek naar zuid	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	+/-	+	-	+



Run A6

Figuur 4-4 Detail haventoeegang vertrek opvarend motorschip bij een debiet van 1750m³/s.

4.2 Simulaties voor het geladen 185x12x3.5m tweebakduwstel

Aankomend vanuit het noorden (opvarend).

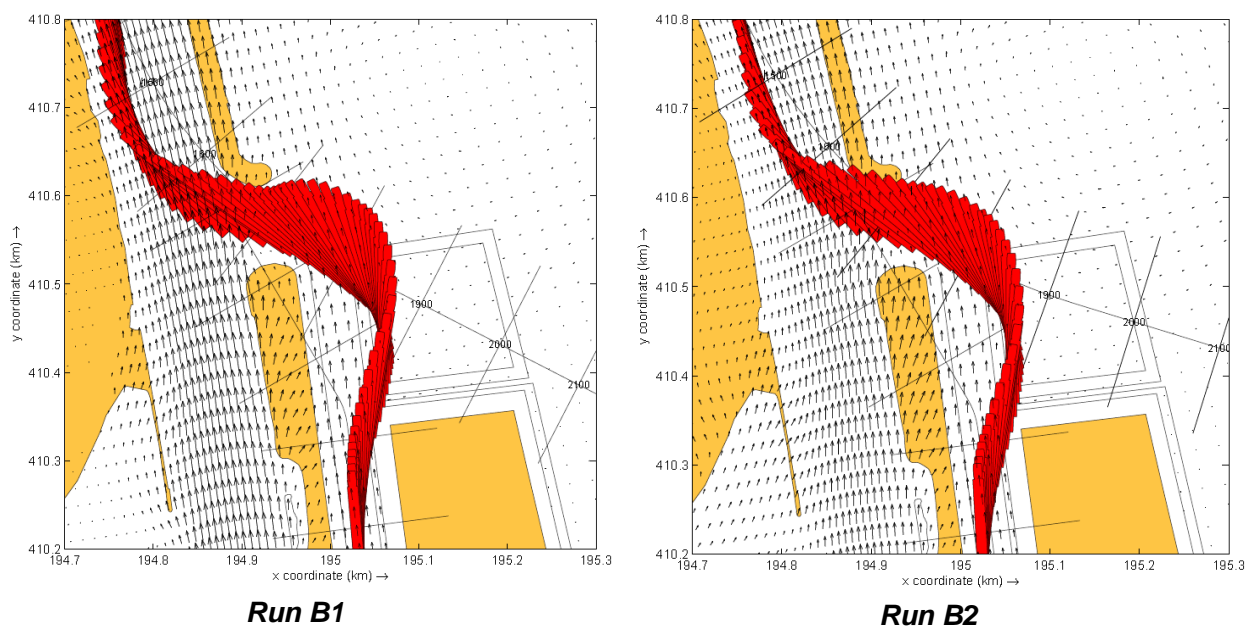
De simulatie start op de Maas, hierbij is het toerental voor de stuurautomaat zo ingesteld dat de maximale toegestane snelheid voor dit schip op de Maas in acht wordt genomen. Komend vanuit het noorden kan het tweebakduwstel gecontroleerd tegen de stroming en wind afstoppen door het geven van minder vermogen. Voor het opzwaaien van de haven wordt het aantal toeren verhoogt naar 280 rpm en maximaal 45 graden roer gegeven voor korte duur (minder dan 1 minuut) om de benodigde draaisnelheid op te bouwen. Dit wordt als veilig beoordeeld (vanwege de korte duur en reserve op de boegschroef die niet meer dan 50% wordt gebruikt).

Het oplijnen om door de haventoeegang te manoeuvreren vergt een nauwkeurige timing van de schipper. In beide simulaties (Run B1 en B2) wordt het achterschip meer dan 10m van de westelijke oever vrijgehouden. Dit ruimtegebruik is nodig, om de bochtstraal zo krap mogelijk te houden. Voor het oplijnen wordt kort de boegschroef bijgezet, maar voor minder dan 50%.

Wanneer het voorschip al door de haveningang steekt, bevindt het achterschip zich nog in de stroming. Het achterschip wordt daardoor meer weggezet. In dit gedeelte van de manoeuvre was een toerenstoot niet mogelijk, omdat de hiermee extra verkregen voorwaartse snelheid er later niet meer op tijd uit te halen is. Om de voorwaartse snelheid te reduceren wordt kortstondig vol achteruit gegeven. Daarna volgt een korte toerenstoot voorwaarts en wordt de boegschroef bijgezet om in een korte tijd zoveel mogelijk giersnelheid op te bouwen. Hierdoor is het mogelijk om de manoeuvre richting het nieuwe insteekbasin in één keer te maken. Het boegschroef gebruik is tijdens het draaien en oplijnen voor de toegang langdurig boven de 70% en derhalve als over de limiet beoordeeld.

Gedurende het laatste gedeelte van de manoeuvre werken zowel de stroming als de wind op de kop van het schip, dit is op te vangen met de aanwezige stuurmiddelen. De manoeuvre vanuit de haventoeegang richting de huidige afmeerplaatsen kan zonder problemen worden gemaakt. Er is in de haven voldoende afstoplengte en ruimte voor manoeuvreren ter beschikking.

Bij binnenkomst is het schip direct stuurboord uit gestuurd. Een alternatieve manoeuvre waarbij de zwaai over bakboord wordt doorgezet en overstuur het insteekbasin in gemanoeuvreerd wordt is niet getest.



Figuur 4-5 Detail haventoeegang aankomst opvarend geladen tweebakduwstel bij een debiet van 1750 m³/s (links) en 2250 m³/s (rechts)

In Figuur 4-5 zijn detailplots voor Run B1 en B2 weergegeven voor het meest kritische stuk van de manoeuvre. De evaluatie van de simulaties is weergegeven in Tabel 4-5. Het ruimtegebruik is geëvalueerd als over de limiet, vanwege de afstand tot de noordelijke dam. In de binnenhaven wordt voldoende afstand bewaard tot objecten. Het invaren van de toegang vergt (ook na verdere verbreding van de haventoeegang) timing van de schipper. De manoeuvre is beheersbaar met de aanwezige stuurmiddelen. Op het gedeelte van de manoeuvre waar criteria worden overschreven werken de weersomstandigheden tegen en kan men het oplijnen richting het insteekbasin nog tijdig onderbreken. De gevaren padbreedte in de haveningang is 106m in Run B1 en 112m in Run B2.

Tabel 4-5 Evaluatie simulaties B1 en B2

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
B1	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	-	+	-	+
B2	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+/-	-	+	-	+

Aankomend vanuit het zuiden (afvarend).

Komende vanuit het zuiden (in de afvaart) bemoeilijkt de stroming de manoeuvre significant meer dan in de opvaart. De manoeuvre kan bij het toepassen van een krappe haventoeegang niet vooruit varend (kop voor) gemaakt worden. De stroming zorgt voor minder druk op het roer, waardoor de bochtstraal van de manoeuvre toeneemt. In de afvaart is het daarom adviesbaar de manoeuvre door de haventoeegang en de insteek naar het basin overstuur (achteruit varend) te maken. Op deze manier is de toename in ruimtegebruik minder en kunnen krappere manoeuvres worden gemaakt (verkleining van bochtstraal). Deze manoeuvre duurt iets langer.

In vergelijking met de opvaart wordt in de afvaart minder vermogen toegepast om dezelfde (gewenste) vaarsnelheid door het water in de aanloop te behalen. Circa 1 km voor de haveningang wordt al met het oplijnen begonnen door het schip naar de “verkeerde” oever te sturen. Voor het afstoppen wordt met 200 rpm achteruitgeslagen. In de simulatie wordt het schip net iets voorbij de kop van de noordelijke dam gestopt, met een marge van circa 1.4*B (in Run B3) respectievelijk 0.7*B (in Run B4) gehouden tot de teen van de westelijke oever (dit wordt veilig geacht). Om de zwaai met het achterschip te initiëren wordt kortstondig een toerenstoot vol achteruit en vooruit gegeven. Het achterschip zwaait met circa 0.5*B vrij van de zuidelijke dam. Dit laatste wordt als onveilig beschouwd.

Om door de haventoeegang (en de stroomgradiënt) te komen wordt één machine achteruitslaand gebruikt om met behulp van toerenstoten te sturen en de andere machine de voorwaartse snelheid te reguleren. Door het tegengesteld gebruik van de machines kan koppel worden gegenereerd, om het achterschip te controleren. Het voorschip wordt gecontroleerd door de boegschroef.

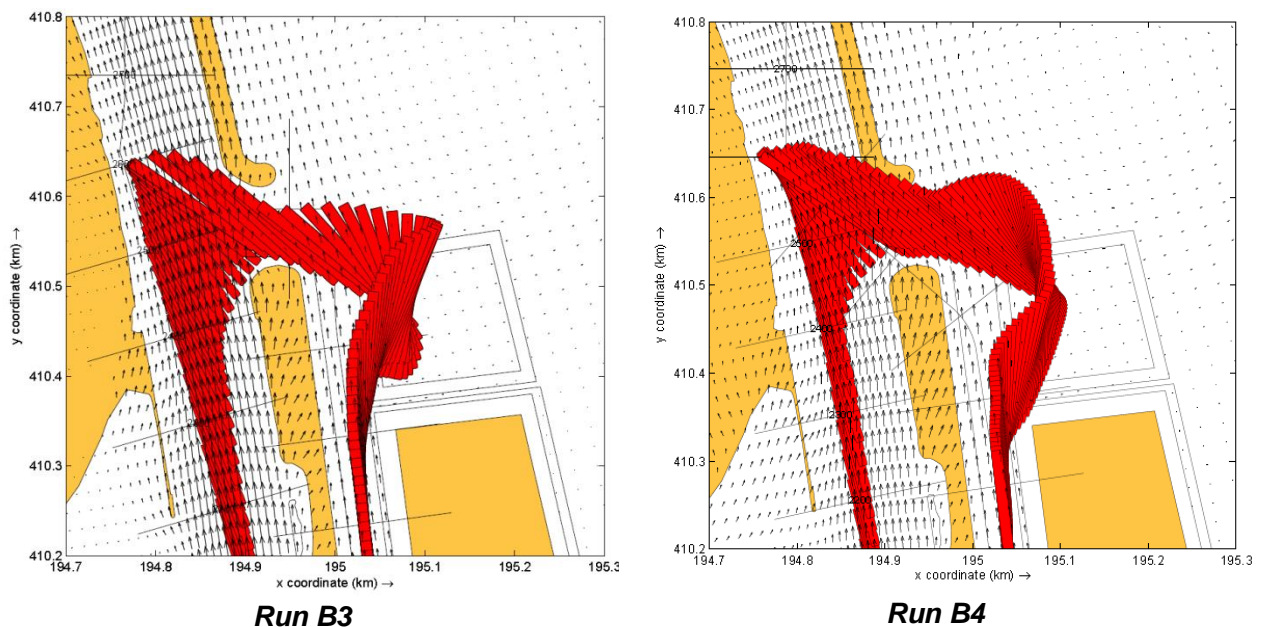
In Run B4 wordt in vergelijking met Run B3 meer vermogen toegepast van de boegschroef. In Run B3 is de tijdsduur waarover meer dan 70% vermogen wordt toegepast kortstondig, in Run B4 is het langer dan één minuut. Het gebruik van de boegschroef wordt op dat moment van de manoeuvre als over de limiet beoordeeld. De boegschroef wordt vol gebruikt om snel voldoende giersnelheid op te bouwen en het voorschip te controleren. Er is op dat moment geen reservecapaciteit op de besturingsmiddelen, omdat er maximaal koppel wordt gegenereerd met de machines. Naast meer gebruik van de besturingsmiddelen is in Run B4 ook meer ruimte nodig.

Na het passeren van de haventoeegang wordt de manoeuvre overstuur richting de nieuwe insteekhaven verder voorgezet. De zwaai voor het oplijnen naar het insteekbasin wordt bereikt door kortstondig maximaal gebruik van machinekoppel en boegschroef. Dit maximaal gebruik van de stuurmiddelen wordt op dat moment van de manoeuvre veilig geacht, omdat met machine vooruit en de externe omstandigheden (wind en stroming) het schip in geval van nood tijdig gestopt kan worden.

De beheersbaarheid wordt in Run B3 en B4 als zijnde op de limiet beoordeeld. Verdere verbreding van de haventoeegang is noodzakelijk om een beter uitgangspunt te creëren om de haven op te zwaaien.

Het schip blijft vanaf het passeren van de haventoeegang in zowel Run B3 als B4 met voldoende marges vrij van obstakels en randen van het insteekbasin. Het schip wordt achterwaarts het insteekbasin in gemanoeuvreed. Zwaaien om het insteekbasin vooruit in te varen bemoeilijkt de manoeuvre onnodig. Het manoeuvreren door het nieuwe insteekbasin vormt in zowel Run B3 als B4 geen noemenswaardige bezwaarlijkheden. In dit gedeelte van de manoeuvre kan het voorschip gecontroleerd worden door de boegschroef, terwijl het achterschip wordt gecontroleerd door de machines. Na het passeren van de haventoeegang zijn de marges ten aanzien van mogelijke obstakels toereikend en is de manoeuvre goed beheersbaar.

De gevaren padbreedte in de haveningang is 100m in Run B3 (bij een debiet van 1750 m³/s) en 118m in Run B4 (bij een debiet van 2250 m³/s). Hierbij dient opgemerkt te worden dat in Run B3 het achterschip te dicht op de zuidelijke dam zat en daardoor vlotter door de haventoeegang getrokken kon worden.



Figuur 4-6 Detail haventoeegang aankomst afvarend geladen tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m³/s (links) en 2250 m³/s (rechts)

In Figuur 4-6 zijn detailplots voor Run B3 en B4 weergegeven voor het meest kritische stuk van de manoeuvre. De evaluatie van de simulaties is weergegeven in Tabel 4-6 Het ruimtegebruik is geëvalueerd als over de limiet, omdat het voorschip te dicht of over de kop van de noordelijke dam gaat. Verdere verbreding van de haventoeegang is hierbij noodzakelijk.

In de binnenhaven wordt voldoende afstand bewaard tot objecten. Het invaren van de toegang vergt (ook na verdere verbreding van de haventoeegang) timing van de schipper. De manoeuvre is beheersbaar met de aanwezige stuurmiddelen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de manoeuvre niet gemaakt kan worden zonder een goed werkende boegschroef. Op het gedeelte van de manoeuvre waar criteria worden overschreven werken de weersomstandigheden tegen en kan men het oplijnen richting het insteekbasin nog tijdig onderbreken. Hierdoor kan de schipper zichzelf meer tijd verschaffen om op te lijnen voor het insteekbasin (en kan mogelijk het gebruik van de boegschroef minder).

Tabel 4-6 Evaluatie simulaties B3 en B4

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
B3	Aankomst uit zuid	Overstuur (achterruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	+/-	+/-	-	+
B4	Aankomst uit zuid	Overstuur (achterruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+/-	-	+/-	-	+

Vertrek naar het noorden (afvarend)

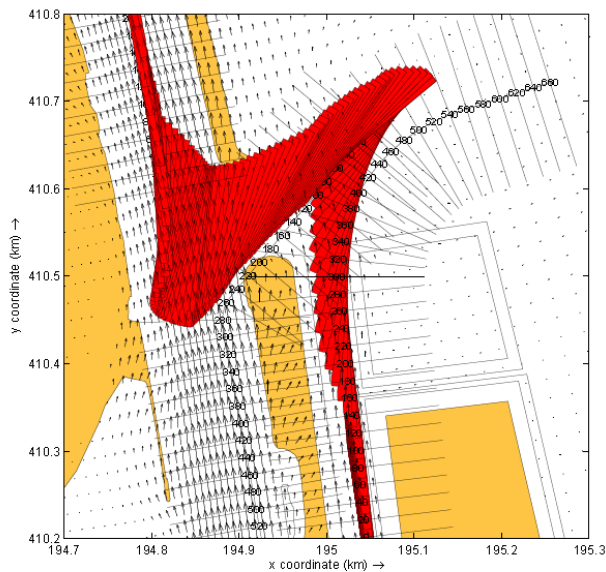
Het geladen tweebaksduwstel start stilliggend in het insteekbasin met de boeg naar buiten. Een voorwaartse manoeuvre is vanwege de beperkte breedte op de Maas niet mogelijk. Om het ruimtegebruik te beperken wordt een overstuurse manoeuvre ingezet. In het insteekbasin kan het schip met inzet van machine en boegschroef op koers worden gehouden. Wanneer het schip volledig uit het insteekbasin is, wordt opgelijnd om de haventoeegang te passeren. Tijdens het oplijnen wordt de boegschroef langdurig maximaal gebruikt, waardoor het criterium als over de limiet wordt beoordeeld. De beheersbaarheid is niet in het geding, omdat er ruimte zat is voor correctie en de boegschroef maximaal wordt bijgezet om de manoeuvre sneller te laten verlopen.

Tijdens het passeren van de haventoeegang blijft het achterschip $0.5 \cdot B$ vrij van de zuidelijke dam, zie Figuur 4-7. Het voorschip heeft meer ruimte nodig. Gedurende dit gedeelte van de manoeuvre wordt gebruik gemaakt van maximaal koppel op de machine en inzet van boegschroef. Hierdoor kan het achterschip uiteindelijk $2 \cdot B$ van de kant vrij zwaaien. Na de zwaai kan de manoeuvre worden voorgezet door een korte toerenstoot (zonder significante roerhoeken).

De beheersbaarheid wordt over de limiet geëvalueerd, vanwege langdurige inzet van de boegschroef en maximaal koppel, zie Tabel 4-7. Het wordt wenselijk geacht de manoeuvre uit te voeren met een verbrede ingang en indien mogelijk bij minder stroming.

Tabel 4-7 Evaluatie simulaties B5

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
B5	Vertrek naar noord	Overstuur (achterruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	-	-	-	-	+



Run B5

Figuur 4-7 Detail haventoeegang vertrekkend afvarend geladen tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m³/s.

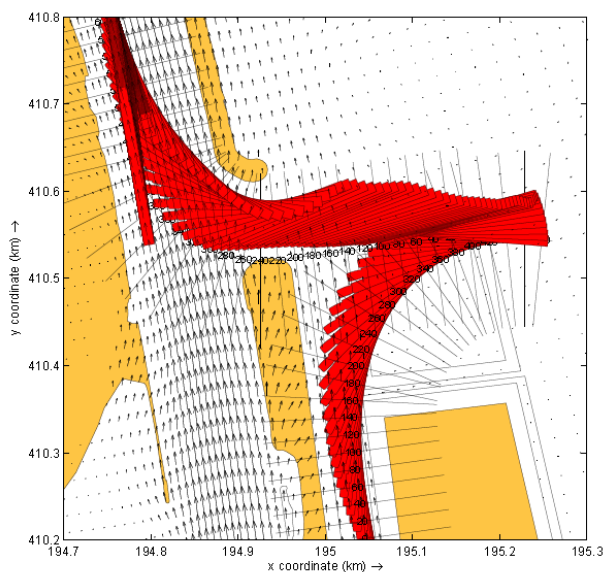
Vertrek naar het zuiden (opvarend)

Voor een vertrek naar het zuiden wordt ook een overstuurse manoeuvre ingezet. Het oplijnen voor de haventoeegang is vergelijkbaar met een vertrek in de afvaart. Tijdens het oplijnen is de inzet van de boegschroef langdurig maximaal, waardoor het criterium als over de limiet wordt beoordeeld. Omdat dit alleen dient om een hogere snelheid op te bouwen en er ruimte zat is, is de beheersbaarheid van de manoeuvre dan niet in het geding. De snelheid waarmee de haventoeegang wordt gepasseerd is circa 4 km/uur. De dwarsnelheid op het schip ten gevolge van de stroming loopt op tot circa 0.5 m/s. In dit gedeelte van de manoeuvre wordt de boegschroef langdurig maximaal gebruikt. Ook de machines staan langdurig tegen in elkaar in te werken om de manoeuvre te beheersen. De beheersbaarheid van de manoeuvre wordt als over de limiet beoordeeld.

Het voor- en achterschip wordt met 1*B vrij gehouden van zowel de noordelijke als de zuidelijke dam, zie Figuur 4-8. Het ruimtegebruik in de binnenhaven en de haventoeegang wordt derhalve positief beoordeeld, zie Tabel 4-8. Opgemerkt dient te worden dat bij verdere verbreding van de haventoeegang het gebruik van de besturingsmiddel minder kan zijn en derhalve de marges toenemen.

Tabel 4-8 Evaluatie simulaties B6

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
B6	Vertrek naar zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	-	-	-	+	+



Run B6

Figuur 4-8 Detail haventoeegang vertrekkend opvarend geladen tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m³/s.

4.3 Simulaties voor het lege 185x12x1.2m tweebaksduwstel

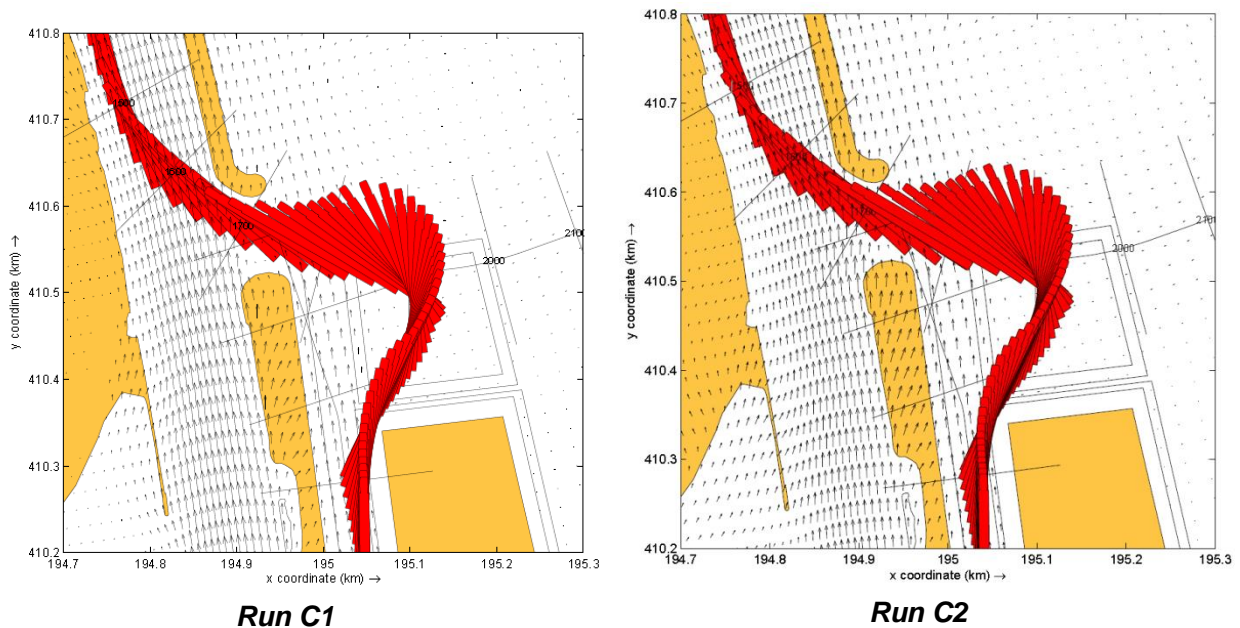
Aankomend vanuit het noorden (opvarend).

Net als het geladen tweebaksduwstel wordt ook het opvarende lege tweebaksduwstel kop voor (vooruit varend) door de haventoeegang gemaneuvreerd. In de aanloop over de Maas wordt het schip onder een drifthoek opgestuurd (vanwege de wind), waarbij maximaal toeren wordt gegeven. De maximale toegestane vaarsnelheid wordt onder deze omstandigheden met de stroming en wind tegen niet behaald. Tijdens het oplijnen wordt iets minder vermogen gegeven en kortstondig (voor 15 seconden) meer dan 20 graden roer gegeven om de zwaai te initiëren. Dit wordt als veilig beoordeeld (de boegschroef wordt in dit gedeelte van de manoeuvre niet gebruikt).

Na het passeren van de haventoeegang wordt er met de machines achteruitgeslagen om de vaart eruit te halen. Voor het oplijnen naar het insteekbasin wordt beperkt vermogen op de machine gegeven en ook de boegschroef wordt beperkt aangesproken.

In het insteekbasin werkt de stroming remmend op het schip. Het lege schip kan in dit gedeelte van de manoeuvre op koers worden gehouden door de boegschroef (werkend op 50% vermogen) en de machines. Het gebruik van de boegschroef is in dit gedeelte van de manoeuvre benodigd om de winddruk te compenseren. Er is nog voldoende reserve marge op de besturingsmiddelen om het schip naar de kant te meren.

In beide simulaties wordt een afstand van circa $0.5B$ ten opzichte van de teen van de zuidelijke dam bewaard, dit wordt als over de limiet beoordeeld.



Figuur 4-9 Detail haventoeegang aankomst opvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m³/s (links) en 2250 m³/s (rechts)

In Figuur 4-9 zijn detailplots voor Run C1 en C2 weergegeven voor het meest kritische stuk van de manoeuvre. De evaluatie van de simulaties is weergegeven in Tabel 4-9. Het ruimtegebruik is geëvalueerd als over de limiet, omdat het achterschip te dicht of over de kop van de noordelijke dam gaat. Verdere verbreding van de haventoeegang is voor het toestaan van deze manoeuvres wenselijk geacht.

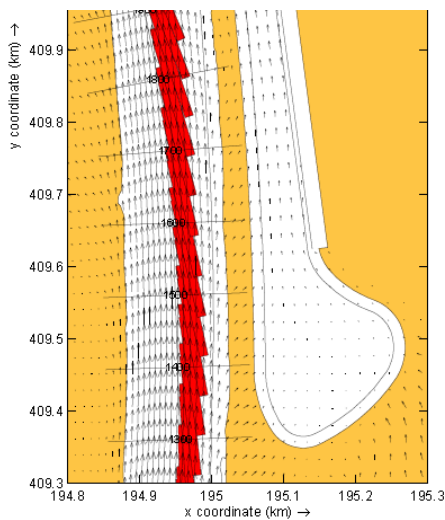
In de binnenhaven wordt voldoende afstand bewaard tot objecten. Het invaren van de toegang vergt (ook na verdere verbreding van de haventoeegang) timing van de schipper. De manoeuvre is beheersbaar met de aanwezige stuurmiddelen. De aankomsten met het ledige tweebaksduwstel zijn in vergelijking met het geladen tweebaksduwstel eenvoudiger. Door de lichtere massa is het schip beter beheersbaar. De windgevoeligheid resulteert in het insteekbasin tot meer ruimtegebruik, maar daar is voldoende marges voor stuur correcties (en het kost minder vermogen om de correcties uit te voeren, waardoor sneller gereageerd kan worden). In Run C1 en C2 was de padbreedte respectievelijk 86-88 m.

Tabel 4-9 Evaluatie simulaties C1 en C2

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
C1	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+	+	+	-	+
C2	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+	+	+	-	+

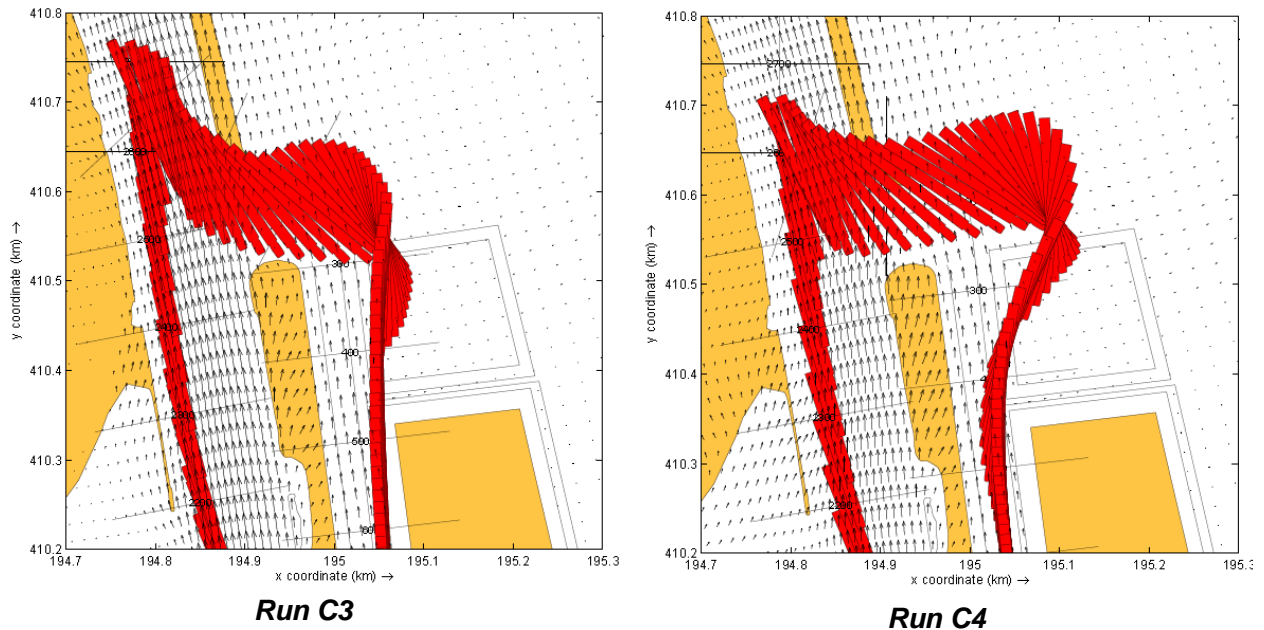
Aankomend vanuit het zuiden (afvarend)

Net als het geladen tweebaksduwstel wordt ook het lege tweebaksduwstel in de afvaart overstuur (achteruit varende) de haven op gemanoeuvreed. In de aanloop wordt het schip onder een drifhoek opgestuurd, zie Figuur 4-10 Deze drifhoek is nodig om de winddruk op te vangen. De roerhoeken blijven op het traject beperkt tot een graad of 10. Voor het opzwaaien van de haven wordt het schip naar de verkeerde (linker)oever gestuurd, om zo een gunstige uitgangspositie te verschaffen om de haven op te zwaaien.



Figuur 4-10 Aanvangsstuk in de Maas gedurende run C3

Het lege twee baksduwstel kan gecontroleerd op de Maas afstoppen. Hierbij wordt een kort maximaal toeren achteruit gegeven en de boegschroef bijgezet om de zwaai te initiëren. In Run C4 wordt kortstondig meer dan 70% van de boegschroef gebruikt om de zwaai te maken (dit is op dat moment nog veilig). In Run C3 is dit gebruik minder. Na het passeren van de haventoeegang wordt met behulp van de besturingsmiddelen het schip opgelijnd om achterwaarts het insteekbasin in te manoeuvreren. In Run C4 wordt hierbij de boegschroef op meer dan 70% voor langer dan 1 minuut bijgezet (In Run C3 is dit minder dan 1 minuut). De evaluatie van de boegschroef is in Run C4 dan over de limiet, maar de manoeuvre is nog beheersbaar (doch vergt meer alertheid en inspanning). Er is namelijk tijd en ruimte om de zwaai met minder boegschroef vermogen te maken, waarbij de marges niet kleiner worden. Verder is er op dat moment nog voldoende vermogen over op de machines om met een tik vooruit en roergebruik het voorschip te controleren. Het manoeuvreren in het insteekbasin verloopt zonder significante problemen. Hier is voldoende marge om de benodigde correcties uit te voeren (en zijn de besturingsmiddelen sterk genoeg).



Figuur 4-11 Detail haventoeegang aankomst afvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m³/s (links) en 2250 m³/s (rechts)

In Figuur 4-11 zijn de detailplots van het kritische gedeelte van de manoeuvre weergegeven. De evaluatie van de simulaties is opgenomen in Tabel 4-10 Het ruimtegebruik is in beide simulaties als over de limiet beoordeeld. Verdere verbreding van de haventoeegang is noodzakelijk om de simulatie ook hier als veilig te beoordelen.

Het invaren van de toegang vergt (ook na verdere verbreding van de haventoeegang) timing van de schipper. De manoeuvre is beheersbaar met de aanwezige stuurmiddelen. Wel vergt het opvaren van de haven significant gebruik van de boegschroef, om het voorschip in deze wind te controleren.

De windgevoeligheid resulteert in het insteekbasin tot meer ruimtegebruik, maar daar is voldoende marges voor stuur correcties (en het kost minder vermogen om de correcties uit te voeren, waardoor sneller gereageerd kan worden).

De padbreedte in de haventoeegang was in Run C3 en C4 respectievelijk 160-162 m.

Tabel 4-10 Evaluatie simulaties C3 en C4

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
C3	Aankomst uit zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+	+/-	+	-	+
C4	Aankomst uit zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+	-	+/-	-	+

Vertrek naar het noorden (afvarend)

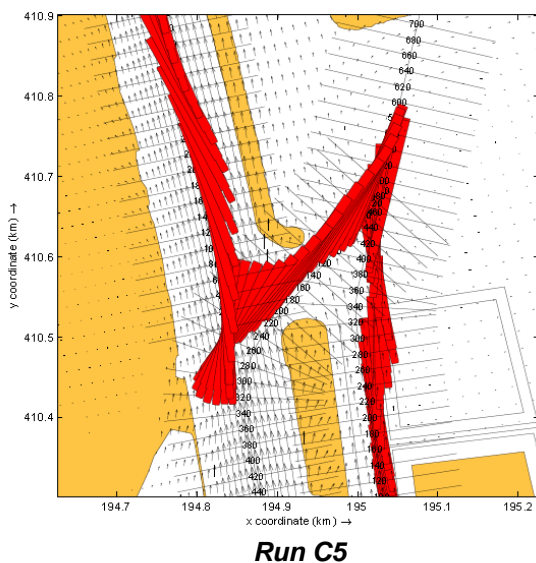
De simulatie start met het schip stil en de boeg naar het noorden in het insteekbasin. Het lege tweebaksduwstel is gevoeliger voor de wind in vergelijking met het geladen tweebaksduwstel, maar vanwege de lichtere massa makkelijker te besturen. Ook met het lege tweebaksduwstel wordt een overstuurse manoeuvre gemaakt bij vertrek in de afvaart.

In het insteekbasin blijft het gebruik van de boegschroef beperkt tot maximaal 50%. Tijdens het oplijnen wordt de boegschroef kort maximaal bijgezet, maar dit doet niets af aan de beheersbaarheid van de manoeuvre. De afstand tot de zuidelijke dam is $1*B$ (en voldoende), de afstand tot de noordelijke dam is minder dan $0.5*B$ (zie Figuur 4-12) en derhalve wordt het ruimtegebruik als over de limiet beoordeeld. Het gebruik van de machines en de boegschroef is in dit gedeelte van de manoeuvre toereikend. Na het passeren van de toegang wordt er gezwaaid op de Maas (hierbij wordt de zwaai al ingezet in de toegang). Het achterschip zwaait $1*B$ vrij van de oever, wat krap is maar als voldoende wordt beoordeeld.

De manoeuvre is beheersbaar, zie Tabel 4-11, maar verdere verbreding van de haventoeegang is nodig, omdat het voorschip te dicht op de noordelijke dam zat. De padbreedte in de haventoeegang was 46 m.

Tabel 4-11 Evaluatie simulatie C5

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
C5	Vertrek naar noord	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+	+/-	+	-	+



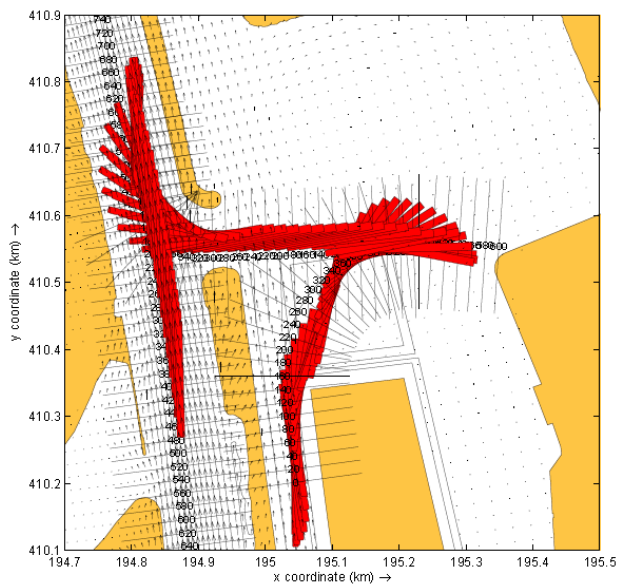
Figuur 4-12 Detail haventoeegang vertrekkend afvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m³/s

Vertrek naar het zuiden (opvarend)

De manoeuvre in het insteekbasin wijkt niet af van de vertrek manoeuvre in de afvaart. Gedurende het oplijnen wordt de boegschroef kort maximaal bijgezet, wat op dat moment van de manoeuvre als veilig wordt beoordeeld. Gedurende het passeren van de haventoeegang en het oplijnen in de Maas is de boegschroef langdurig nodig. Dit is om het voorschip te controleren, omdat hierbij zowel de wind als de stroming dwars op staan. Harder achteruitvaren dan ca 7 km/uur kan in deze omstandigheden niet, omdat er beperkt ruimte op de Maas is om te zwaaien. Het achterschip zwaait 1*B vrij van de oever, dit wordt als veilig beoordeeld. De dammen worden op veilige afstanden gepasseerd, het schip blijft 1.5*B vrij van de noordelijke dam en 1.0*B vrij van de zuidelijke dam. De beheersbaarheid van de manoeuvre wordt als op de limiet beoordeeld vanwege het langdurig gebruik van de boegschroef op vol vermogen. Gegeven de omstandigheden, 2% overschrijdingswaarde van de wind in combinatie met een kleine kans van voorkomen van de stroming, lijkt dit nog acceptabel. De padbreedte in de haventoeegang was 36 m.

Tabel 4-12 Evaluatie simulatie C6

Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
	Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
C6	Vertrek naar zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	+/-	-	+/-	+	+



Run C6

Figuur 4-13 Detail haventoeegang vertrekkend opvarend leeg tweebaksduwstel bij een debiet van 1750 m³/s

4.4 Overwegingen optimale breedte haventoeegang

In totaal zijn er voor de studie 24 simulaties uitgevoerd met het fast-time manoeuvreer programma SHIPMA. Een overzicht van de evaluaties van de individuele simulaties is weergegeven in Tabel 4-13. De beheersbaarheid van de manoeuvre is in de meeste gevallen als veilig beoordeeld, onder de kanttekening dat verdere verbreding van de haventoeegang noodzakelijk is. Het ruimtegebruik is in de meeste simulaties als ontoereikend beoordeeld, zie Tabel 4-13.

Tabel 4-13 Overzicht uitgevoerde simulaties

	Sim:	Simulatie condities:				Ruimtegebruik:	Stuurmiddelen:			Evaluatie:	
		Vaart:	Strategie:	Wind:	Debiet:		Safety Index	Boegschroef	Beheersbaarheid	Toegang	Binnenhaven
motorschip	A1	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	+/-	+	+	+	+
	A2	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	+	+/-	+	+	+	+
	A3	Aankomst uit zuid	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	+	+	-	+
	A4	Aankomst uit zuid	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+/-	+/-	+/-	-	+
	A5	Vertrek naar noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	+	+/-	+	+	+
	A6	Vertrek naar zuid	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	+/-	+	-	+
geladen tweebaksduwstel	B1	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	-	+	-	+
	B2	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+/-	-	+	-	+
	B3	Aankomst uit zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+/-	+/-	+/-	-	+
	B4	Aankomst uit zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+/-	-	+/-	-	+
	B5	Vertrek naar noord	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	-	-	-	-	+
	B6	Vertrek naar zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	-	-	-	+	+
leeg tweebaksduwstel	C1	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+	+	+	-	+
	C2	Aankomst uit noord	Kop voor (vooruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+	+	+	-	+
	C3	Aankomst uit zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+	+/-	+	-	+
	C4	Aankomst uit zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	2250 m ³ /s	-	+	-	+/-	-	+
	C5	Vertrek naar noord	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	-	+	+/-	+	-	+
	C6	Vertrek naar zuid	Overstuur (achteruit)	9.2 m/s uit 225°N	1750 m ³ /s	+	+	-	+/-	+	+

De huidige Richtlijnen Vaarwegen (2017), Ref. [1], schrijven een minimale breedte van de haventoeegang van 4*B (scheepsbreedte) voor, maar zijn niet toepasbaar bij een stroming van meer dan 0.5 m/s. Wanneer de stroming groter is dan 0.5 m/s (zoals voor Heijen) wordt aanvullend onderzoek aanbevolen. Nog niet gepubliceerde richtlijnen voor stromend water adviseren bij 1.0 m/s stroming een minimale breedte van 6*B aan. Hierop zijn extra toeslagen noodzakelijk voor onder andere krap vaarwater en loodrecht georiënteerde ingangen. Het ruimtegebruik is tevens afhankelijk van de gehanteerde manoeuvreerstrategie.

Voor haventoeegangen waarbij schepen vooruit varend voor- en tegenstrooms varen is een extra toeslag van 1*B van toepassing. Voor een loodrechte oriëntatie van de haventoeegang ten opzichte van de vaaras wordt een extra toeslagen van 1.2*B aanbevolen.

Breedte voor het klasse VA-motorschip.

De simulaties met het motorschip onderschrijven het voorgaande. In een voorstroomse situatie (aankomst uit het zuiden) is meer ruimte nodig en is het ruimtegebruik ontoereikend. In Run A3, A4 en A6 blijkt de padbreedte in de haventoeegang 77-79m te zijn. Bij toepassing van de benodigde veiligheidsmarges (zie Paragraaf 3.4.2) van 1.1*B aan weerskanten volgt een te adviseren breedte van de haventoeegang van circa 112m (ca. 7.5*B of 0.83*L). Deze breedte dient op de bodem aanwezig te zijn.

Breedte voor het klasse VB-tweebaksduwstel

In de simulaties is het ruimtegebruik van het motorschip in de haventoeegang minder in vergelijking met het ruimtegebruik van het tweebaksduwstel. Dit komt met name door de relatief kortere lengte van het motorschip (135m) ten opzichte van het tweebaksduwstel (met een lengte van 185m). De Maas heeft lokaal een breedte van 120-125m. De haventoeegang heeft een oriëntatie van 90 graden (loodrecht) ten opzichte van de Maas. De relatieve breedte van de Maas voor het motorschip is derhalve 0.9*L (L=scheepslengte) en voor het tweebaksduwstel circa 0.65*L. De relatieve breedte van de Maas is voor het tweebaksduwstel kleiner dan 0.8*L. Literatuuronderzoek toont aan dat bij dergelijke verhoudingen de breedte van de toegang ongeveer gelijk is aan een scheepslengte.

Bij aankomst zijn de manoeuvres tegenstrooms kopvoor gemaakt. De manoeuvres met het geladen tweebaksduwstel vergen meer ruimte in vergelijking met het lege tweebaksduwstel (grotere stroomkrachten en traagheid van massa). De padbreedte is respectievelijk 90-110m voor het lege en het geladen tweebaksduwstel. Bij toepassing van de benodigde marges volgt een adviseerbare bodembreedte van de haventoeegang van 115-140m.

De voorstroomse manoeuvres zijn overstuurd gemaakt om het ruimtegebruik te beperken. Het ruimtegebruik voor het lege tweebaksduwstel is hierbij significant meer dan voor het geladen tweebaksduwstel. De padbreedte is respectievelijk 120-162m voor het geladen en lege tweebaksduwstel (corresponderend met ca. $13.5*B$ of $0.88*L$). Bij toepassing van de benodigde marges volgt een adviseerbare breedte op de waterlijn van de haventoeegang van 147-189m (corresponderend met ca. $15.75*B$ of $1.02*L$).

Overzicht breedtes

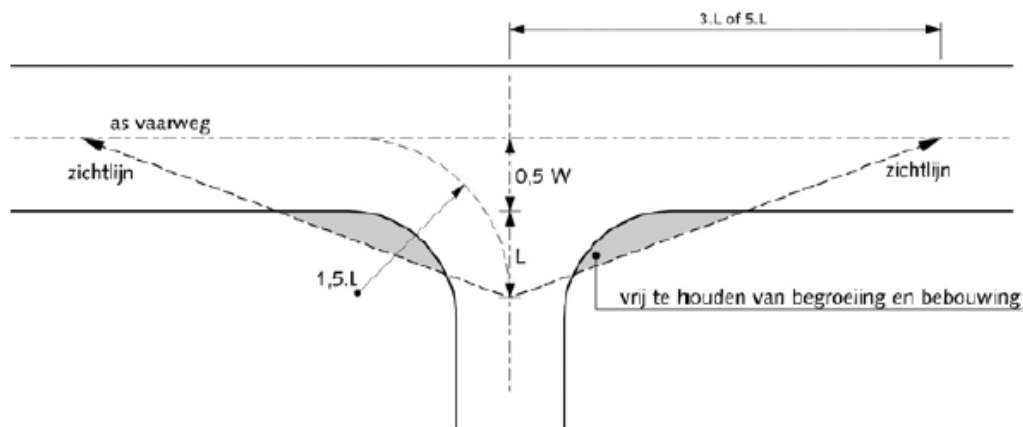
In Tabel 4-14 is een overzicht opgenomen van de padbreedte per simulatie. In dezelfde tabel is de minimale benodigde breedte van de haventoeegang opgenomen na toepassing van de veiligheidsmarges en de relatieve breedte (in scheepsbreedte en scheeps lengte).

Tabel 4-14 Overzicht padbreedte, benodigde breedte en relatieve breedte haventoeegang

	Sim:	Padbreedte	Pad+2.2*B	Relatieve	Relatieve
		[m]	[m]	breedte [B]	breedte [L]
motorschip	A1	48	78	5.2	0.58
	A2	61	91	6.1	0.67
	A3	78	111	7.4	0.82
	A4	79	112	7.5	0.83
	A5	42	72	4.8	0.53
	A6	77	110	7.3	0.81
geladen tweebaksduwstel	B1	106	132.5	11.0	0.72
	B2	112	138.5	11.5	0.75
	B3	100	126.5	10.5	0.68
	B4	118	144.5	12.0	0.78
	B5	120	146.5	12.2	0.79
	B6	83	109.5	9.1	0.59
leeg tweebaksduwstel	C1	86	112.5	9.4	0.61
	C2	88	114.5	9.5	0.62
	C3	160	186.5	15.5	1.01
	C4	162	188.5	15.7	1.02
	C5	46	72.7	6.1	0.39
	C6	36	62.2	5.2	0.34

Zichtlijnen

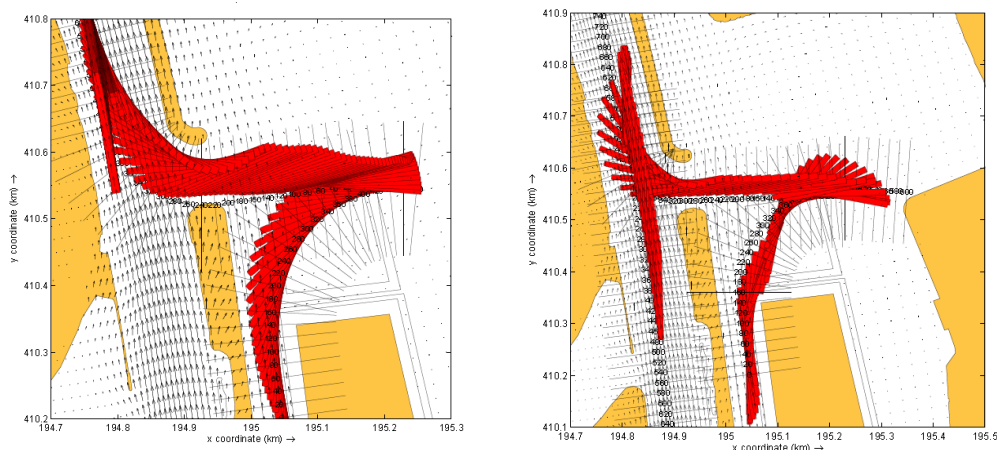
Bij de verdere detaillering en/of uitwerking van de haventoeegang dient er voldoende uitzicht te worden gecreëerd voor uitvarende schepen. De vrije zichtlengte is volgens de Richtlijnen Vaarwegen, Ref. [1], gelijk aan: $5 \cdot L$ klasse Va motorschip, $3 \cdot L$ klasse Vb tweebaksduwstel, met een maximum van 600m. Voor de ontwerpschepen dient de vrije zichtlijn derhalve 600m te zijn. Aan weerszijden van de zichtlijn mag geen bebouwing of uitzicht belemmerende begroeiing aanwezig zijn, zie Figuur 4-14 Het vrij te houden vlak mag niet hoger liggen dan 2,5m boven de gemiddelde waterstand (gebaseerd op de ooghoogte van de geladen beroepsvaart).



Figuur 4-14 Vrije zichtlijnen op een splitsingspunt

Dam onderwaterdepot

In simulatie B6 en C6 wordt het tweebaksduwstel opgelijnd om de haven te verlaten, zie Figuur 4-15. Het voorschip heeft hierbij ruimte nodig om een goede uitgangspunt te verkrijgen. Hierbij is het tevens van belang dat de schipper vrij zicht blijft behouden. Het behouden van een dam aan de oostelijke zijde van het onderwaterdepot is niet wenselijk. Enerzijds wordt deze ruimte gebruikt om op te lijnen vanuit het nieuwe insteekbasin en anderzijds zal de ruimte worden benut door de grotere schepen om vanuit het bestaande havenbekken eerder te kunnen oplijnen voor het passeren van de toegang.



Figuur 4-15 Track plot run B6 (links) en C6 (rechts)

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In deze studie is onderzoek gedaan of de voorgestelde maatvoering van de natte infrastructuur voor de uitbreiding van de haven van Heijen toereikend is in relatie tot de manoeuvres die de maatgevende schepen onder de lokale omgevingscondities (wind en stroming) moeten uitvoeren.

Hiervoor zijn 18 simulaties uitgevoerd met het fast-time manoeuvreerprogramma SHIPMA. De simulaties zijn uitgevoerd met een motorschip (135x15x3.5m) en tweebaksduwstel in geladen en lege conditie (185x12x3.5m). Gedurende alle simulaties was de wind 9.2 m/s uit 225°N (2% overschrijdingswaarde). Manoeuvres zijn gemaakt voor op- en afvaart gedurende aankomst en vertrek. De stroming en waterstand in de Maas behoorden bij een debiet van 1750 of 2250 m³/s. De simulaties zijn uitgevoerd met een verbrede haventoeegang van 90m op de bodem.

De volgende conclusies vatten de bevindingen samen:

- Manoeuvres bij aankomst voorstrooms situaties vergen meer ruimtegebruik dan tegenstrooms.
- Het motorschip kan kopvoor (vooruit varend) de haven van Heijen in- en uitvaren indien de haventoeegang wordt verbreed naar circa 115m op de bodem (onder de omstandigheden zoals eerder beschreven).
- De binnenhaven behoeft voor het motorschip geen aanpassingen, hiervoor is de voorgestelde maatvoering van de natte infrastructuur toereikend.
- Het geladen en lege tweebaksduwstel kan tegenstrooms kopvoor (vooruit varend) de haven van Heijen invaren indien de bodembreedte van de haventoeegang wordt verbreed naar 139 m.
- Het geladen tweebaksduwstel kan voorstrooms overstuur (achteruit varend) de haven van Heijen invaren indien de bodembreedte van de haventoeegang wordt verbreed naar 145 m.
- Het lege tweebaksduwstel kan voorstrooms overstuur (achteruit varend) de haven van Heijen invaren indien de breedte van de haventoeegang op de waterlijn wordt verbreed naar 189 m.
- Het geladen tweebaksduwstel kan veilig de haven van Heijen uitvaren indien de bodembreedte van de haventoeegang wordt verbreed naar 147 m. Het geladen tweebaksduwstel dient overstuur de haven uit te varen en te zwaaien op de Maas. Bij toepassing van deze breedte kan ook het lege tweebaksduwstel veilig overstuur de haven van Heijen uitvaren.
- De binnenhaven behoeft voor het zowel het lege als het geladen tweebaksduwstel geen aanpassingen, hiervoor is de voorgestelde maatvoering van de natte infrastructuur toereikend.
- De geselecteerde weersomstandigheden worden slechts een aantal dagen per jaar overschreden. De simulaties zijn hierbij uitgevoerd met de beoogde grotere schepen. Onder de geteste omstandigheden is de maatvoering van de nieuwe door de initiatiefnemers beoogde natte infrastructuur toereikend, maar dient de haventoeegang verbreed te worden. Wanneer de haventoeegang niet verder verbreed wordt dan kan de nieuwe infrastructuur ook worden gebruikt door kleinere schepen.
- Binnen de kaders van het onderzoek is niet beoordeeld of het mogelijk is om met de beoogde schepen onder mildere omstandigheden en met een krappere toegang de manoeuvres te maken. Er is gekozen voor omstandigheden met een kleine overschrijdingskans, omdat de haven tevens als Rijksvluchthaven dient.
- Het is aan de initiatiefnemers om te bepalen of mildere omstandigheden acceptabel zijn (de operaties moeten dan mogelijk meer uitgesteld worden) en in welke mate. Hierbij dienen de operaties uitgevoerd te worden binnen het toelatingsbeleid van de Rijksvluchthaven.
- Voor de schipper is een goede oriëntatie van belang om de manoeuvres door een krappe haventoeegang beheersbaar te maken. Indien de oevers overstromen wordt het helemaal lastig voor de schippers om het ruimtegebruik in te schatten en zijn mogelijk extra marges tot de oevers nodig. Daarnaast zijn er fysieke maatregelen nodig. De haventoeegang dient overzichtelijk en goed herkenbaar bebakend te worden (zeker wanneer wordt gewerkt met taluds). Het verdient aanbeveling deze aspecten verder te onderzoeken, bijvoorbeeld door middel van additionele real-time manoeuvreer simulaties.

Naar aanleiding van de studie worden de volgende aanbevelingen gedaan:

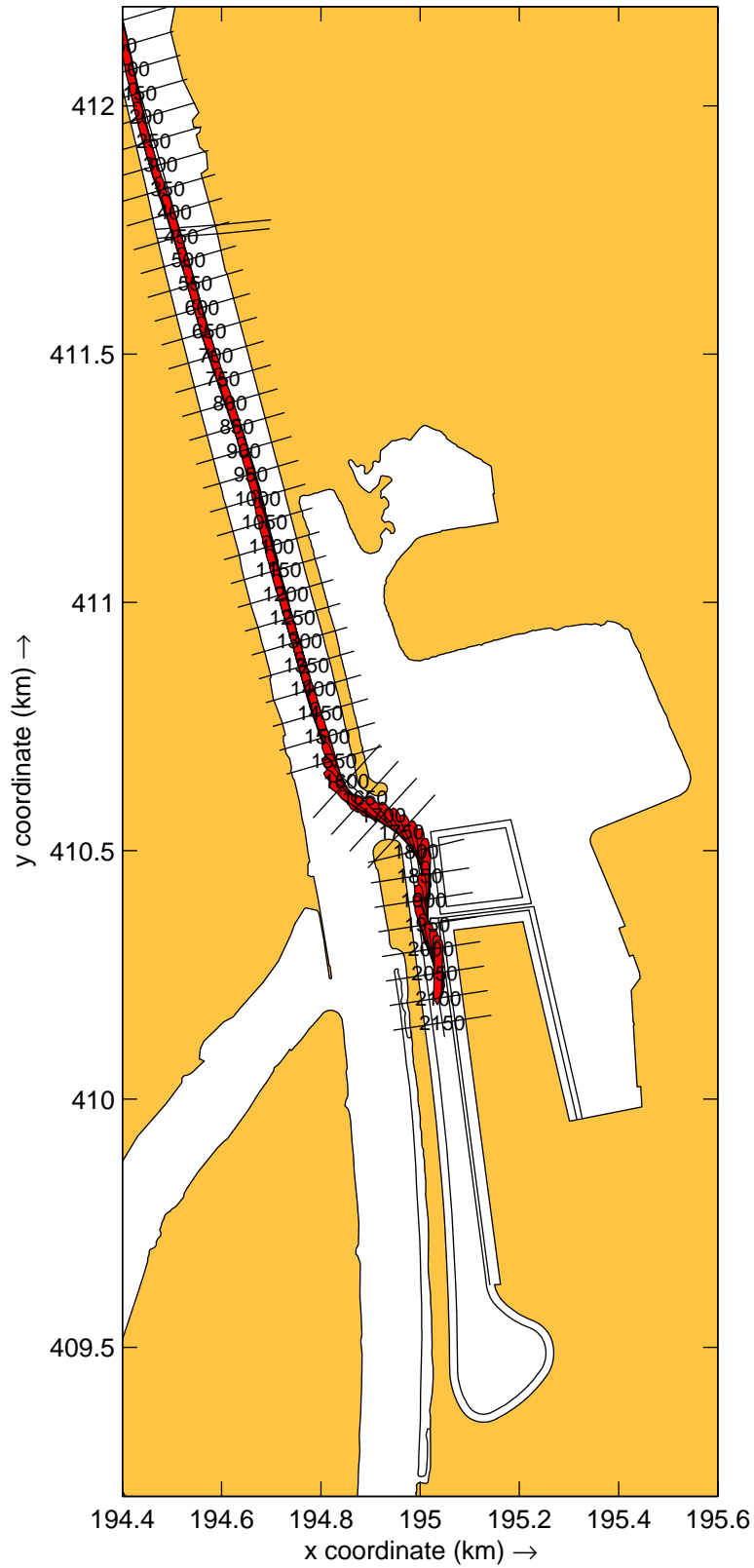
- De haventoeegang tot de haven van Heijen dient tot minimaal 115m op de bodem verbreed te worden om het klasse Va motorschip in de haven te ontvangen (debiet van 1750m³/s of hoger). De verbreding wordt bij voorkeur in noordelijke richting toegepast.
- Extra verbreding van de haventoeegang maakt het mogelijk om ook de gewenste tweebaksduwstellen in de haven te ontvangen. In overleg met Rijkswaterstaat dient bepaald te worden in welke mate verdere verbreding wenselijk en noodzakelijk is. De aanbevolen extra breedte (zie conclusies) is afhankelijk van de beoogde manoeuvres.
- Voor een besloten breedte van de haventoeegang wordt het uitvoeren van real-time manoeuvreer simulaties aanbevolen. Onder dergelijke omstandigheden wordt de besturing van het schip door een schipper gedaan en kan terugkoppeling op de gedetailleerde vormgeving worden meegenomen.
- Voor een besloten breedte van de haventoeegang dienen stromingsberekeningen te worden uitgevoerd, omdat het verder verbreden van de haventoeegang resulteert in andere stroomgradiënten. Het verdient hierbij aanbeveling om een debiet van 1750m³/s als bovenlimiet te hanteren.
- Het behouden van een dam aan de oostzijde van het onderwaterdepot is niet wenselijk. Deze ruimte is benodigd om veilig manoeuvres met het tweebaksduwstel uit te kunnen voeren (met name het oplijnen bij vertrek vanuit het nieuwe insteekbasin of het reeds bestaande havenbekken).

REFERENTIES

- [Ref 1.] Richtlijnen Vaarwegen 2017. Kader verkeerskundig vaarwegontwerp, Rijkswaterstaat, 2017.
- [Ref 2.] Klasse V-vaarwegen, dwarsprofielen, richtlijnen voor afmetingen en vormgeving, deel VI, Eindrapport, Waterloopkundig Laboratorium, 1994.

APPENDICES

APPENDIX 1 TRACK EN DATAPLOTS



Overzicht baan klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

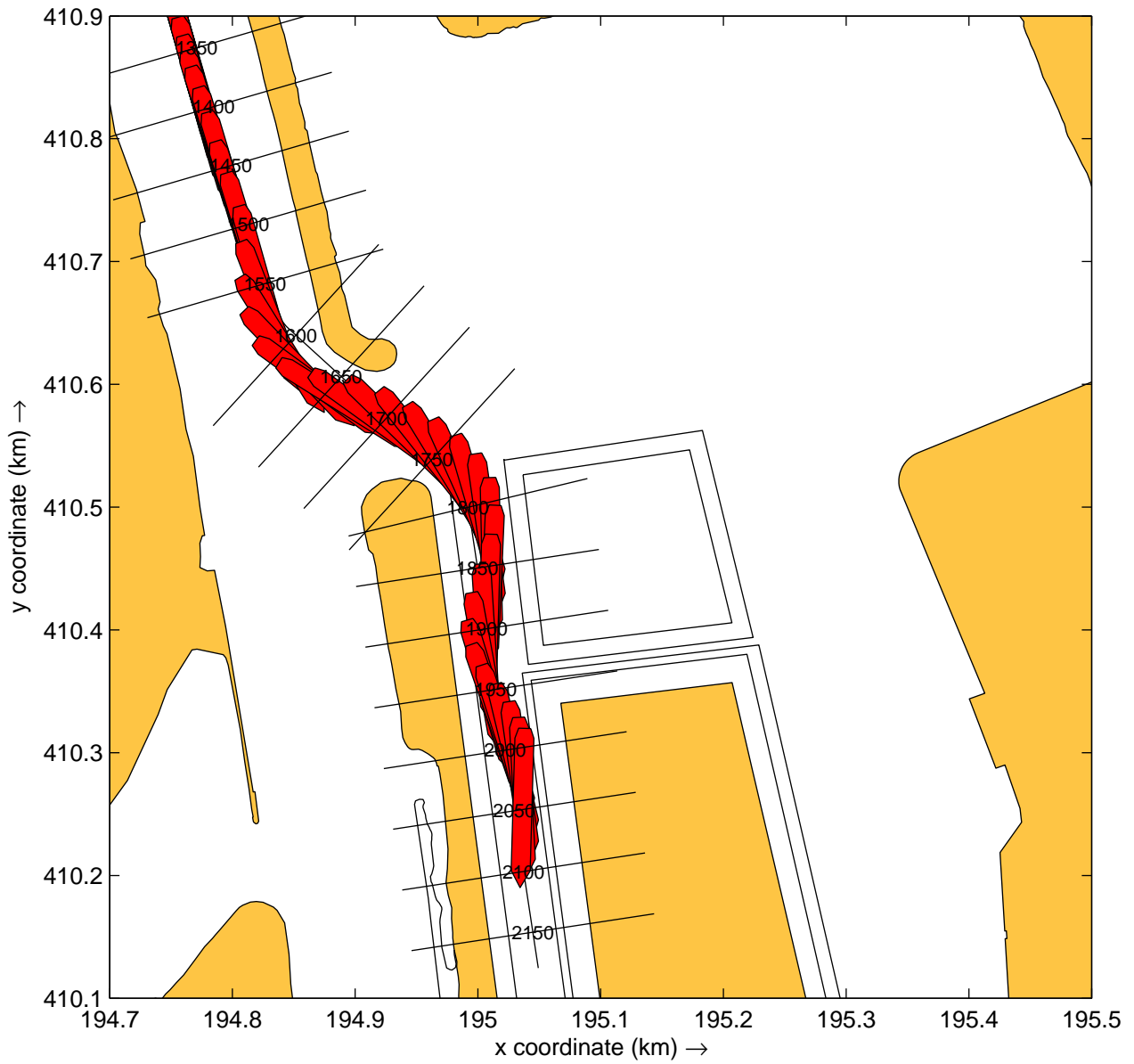
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A1

Fig.A1 -1



Detail haventogang klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

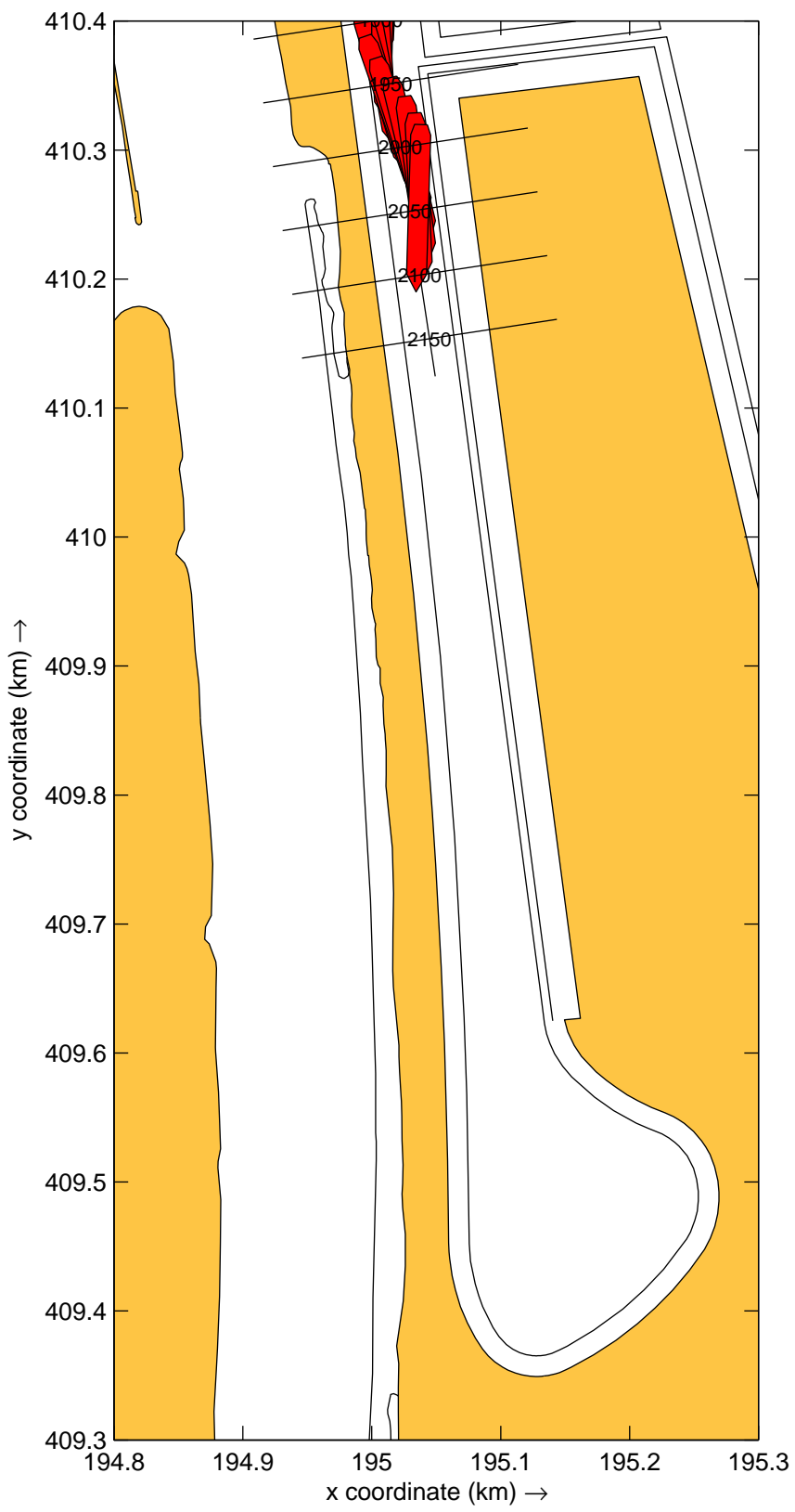
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A1

Fig.A1 -2



Detail binnenhaven klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

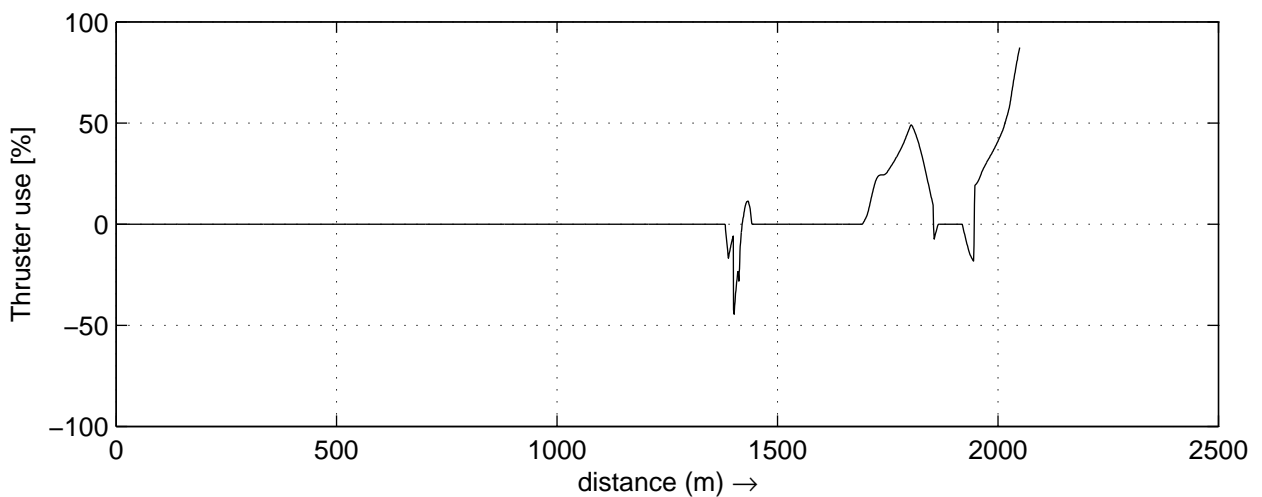
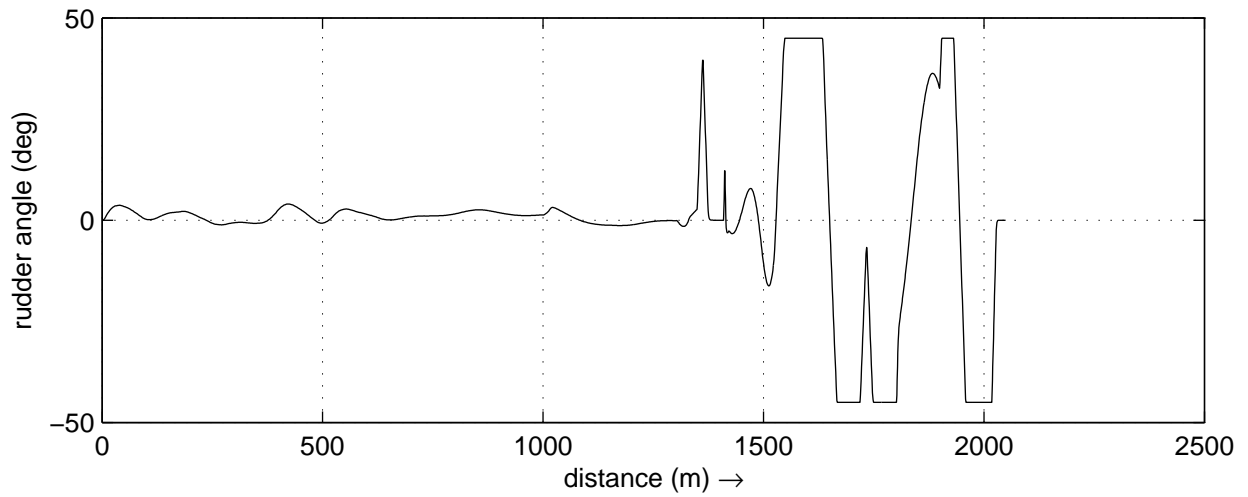
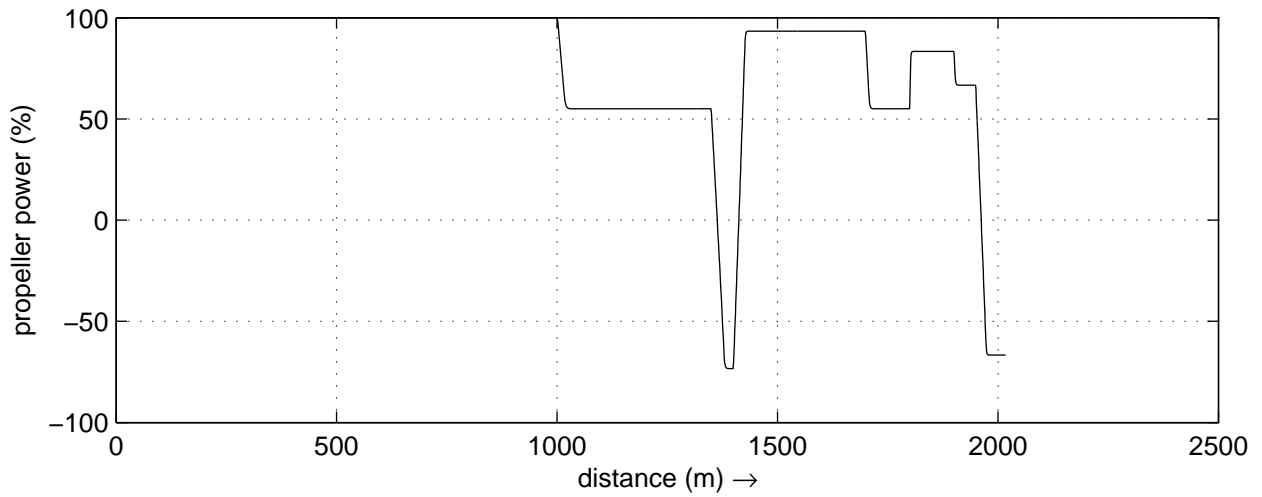
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A1

Fig.A1 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

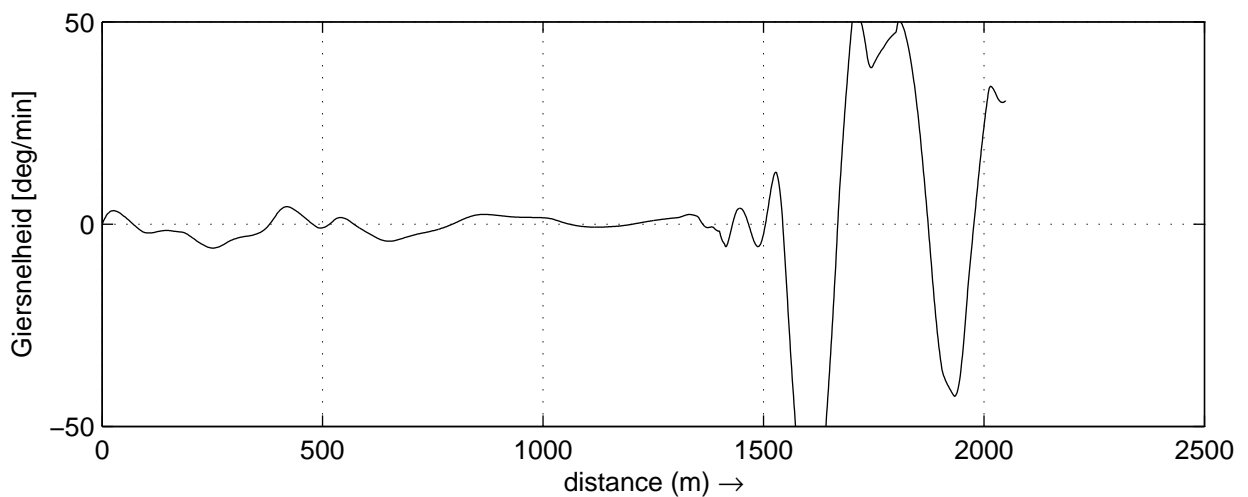
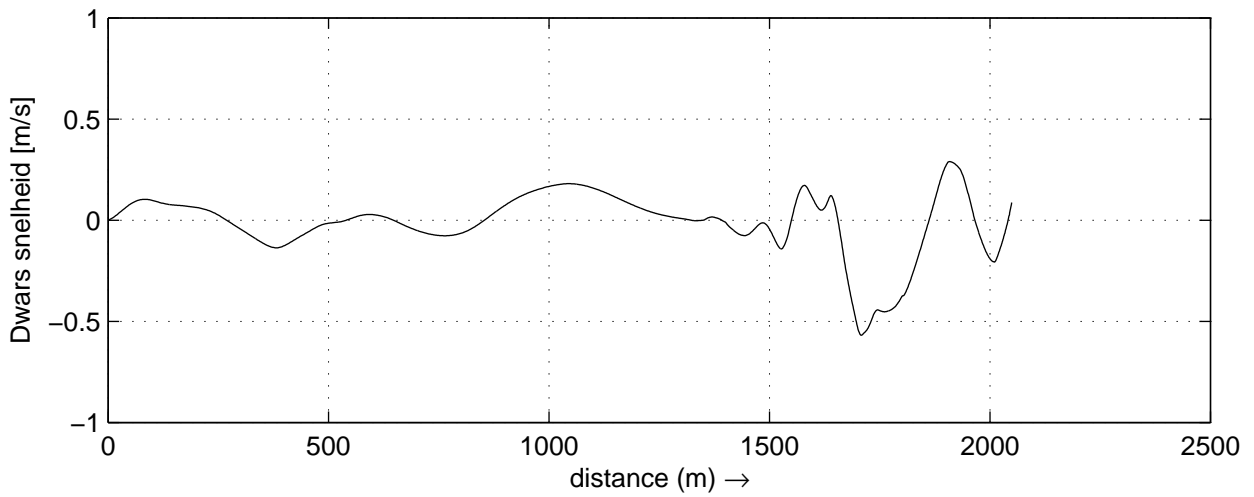
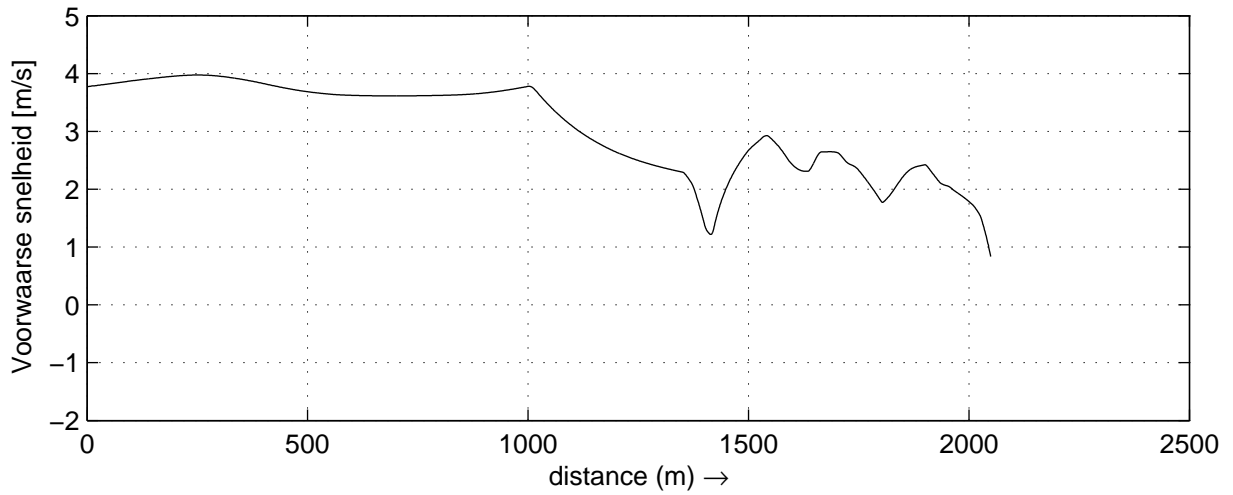
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A1

Fig.A1 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

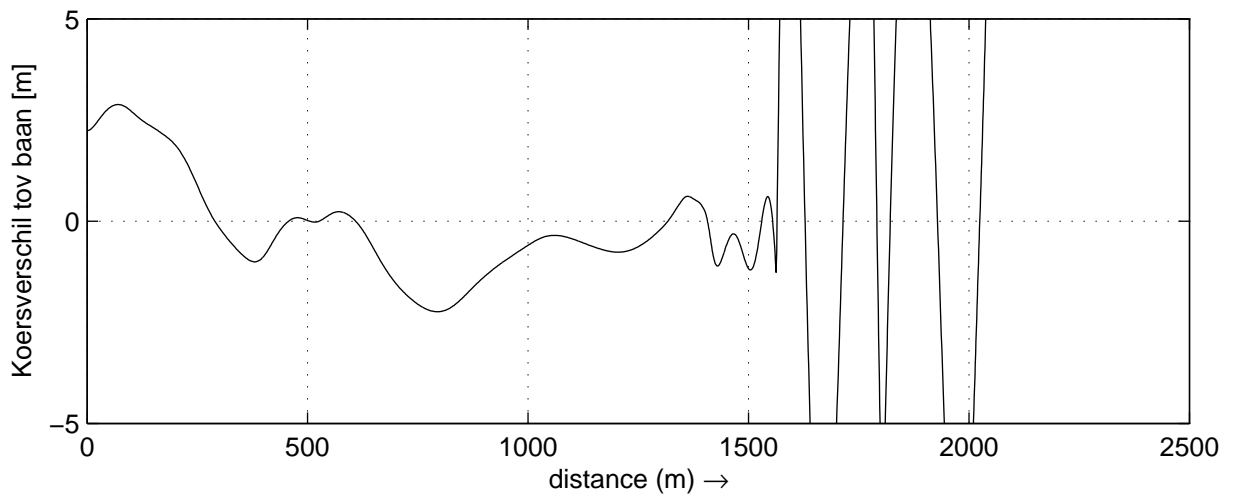
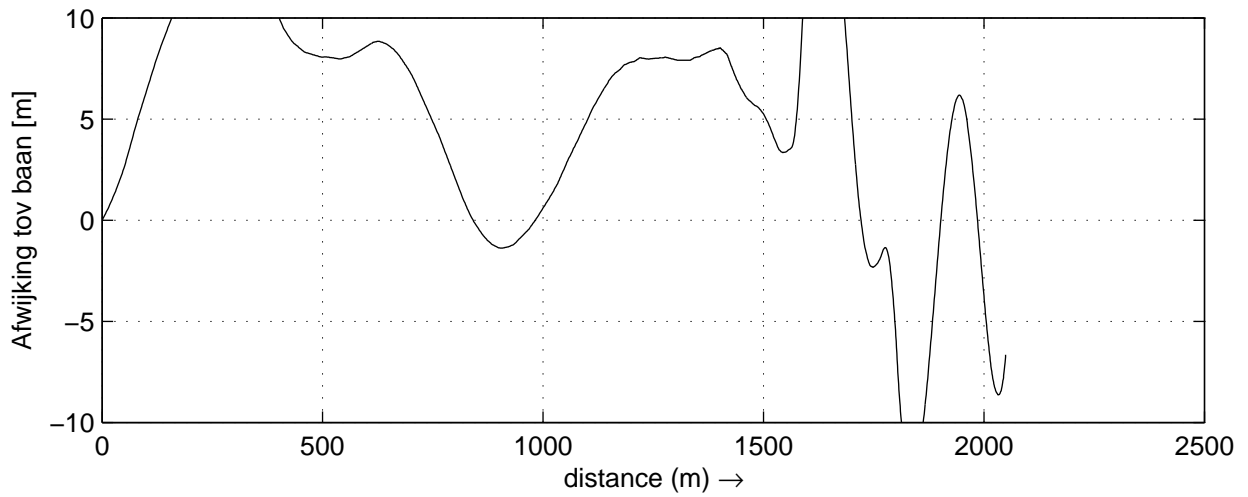
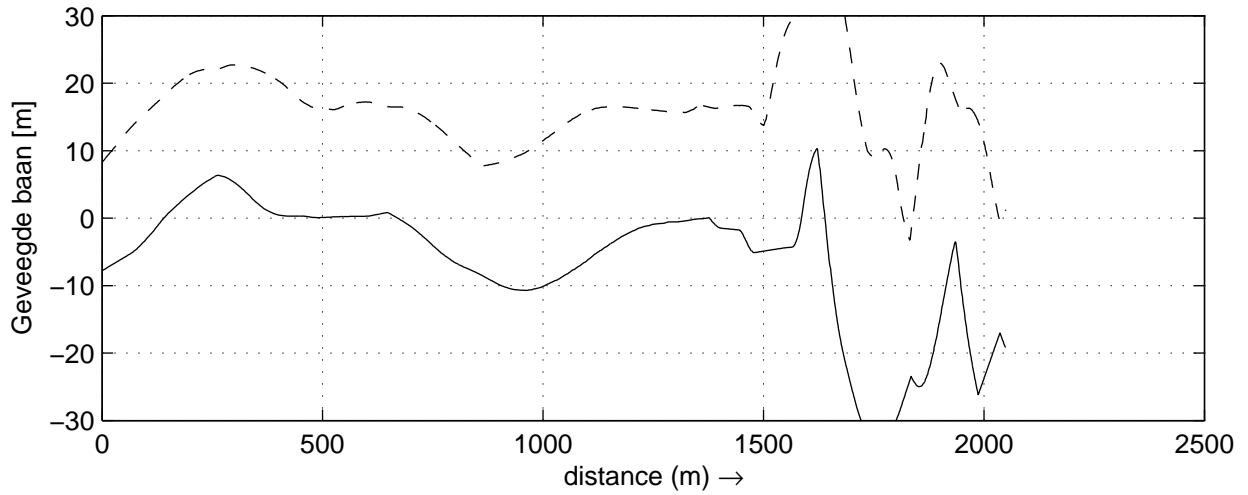
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A1

Fig.A1 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

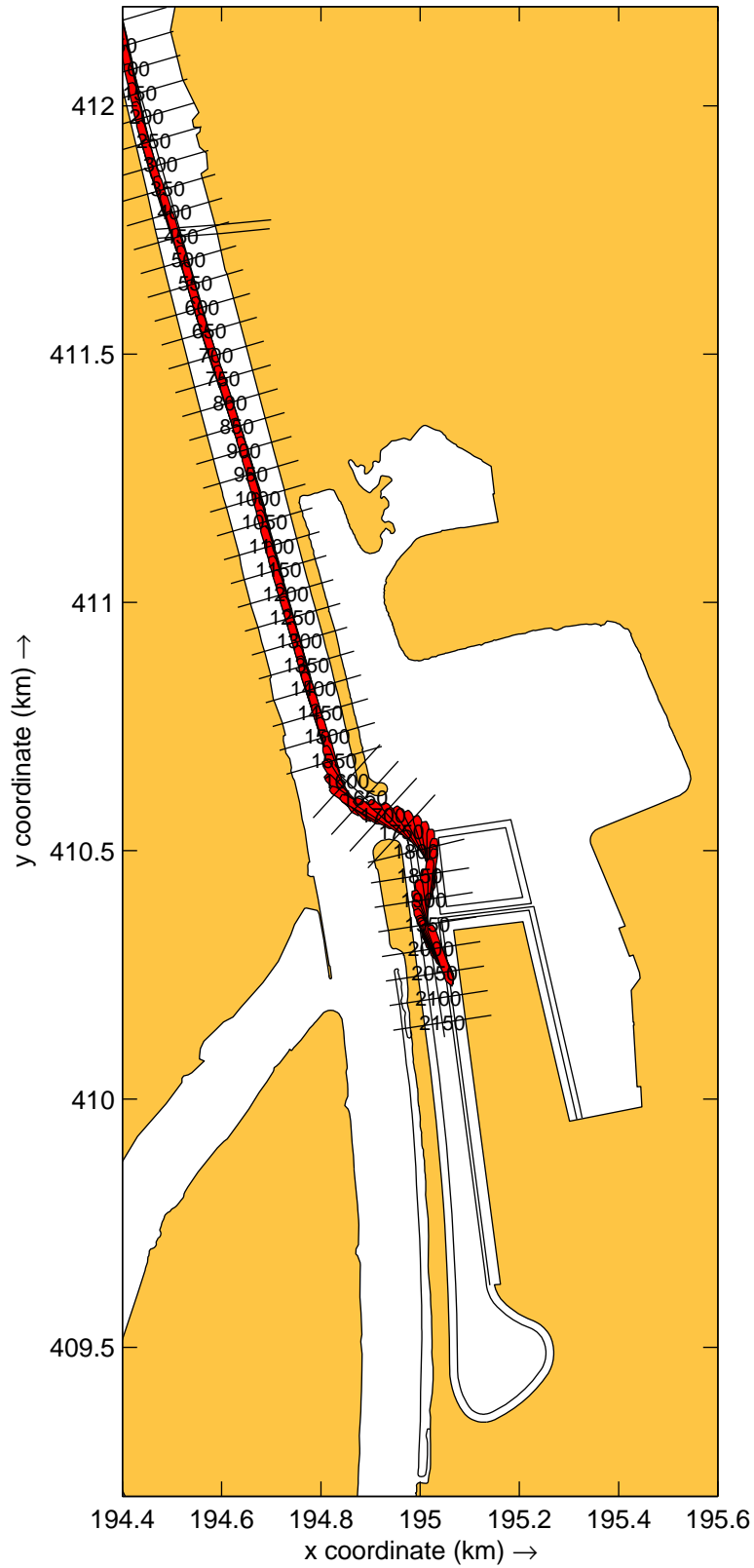
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A1

Fig.A1 -6



Overzicht baan klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

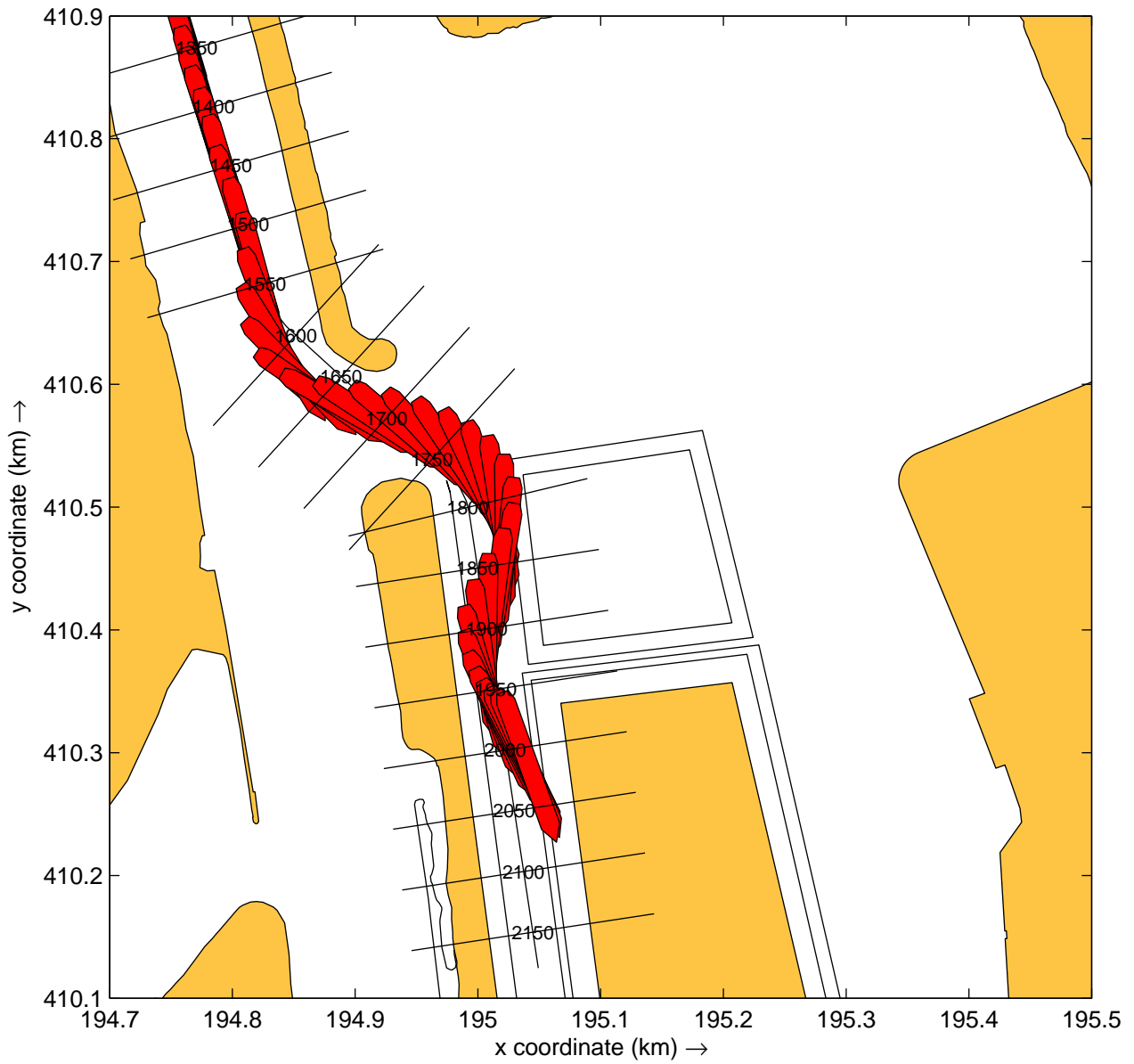
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A2

Fig.A2 -1



Detail haventoeegang klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

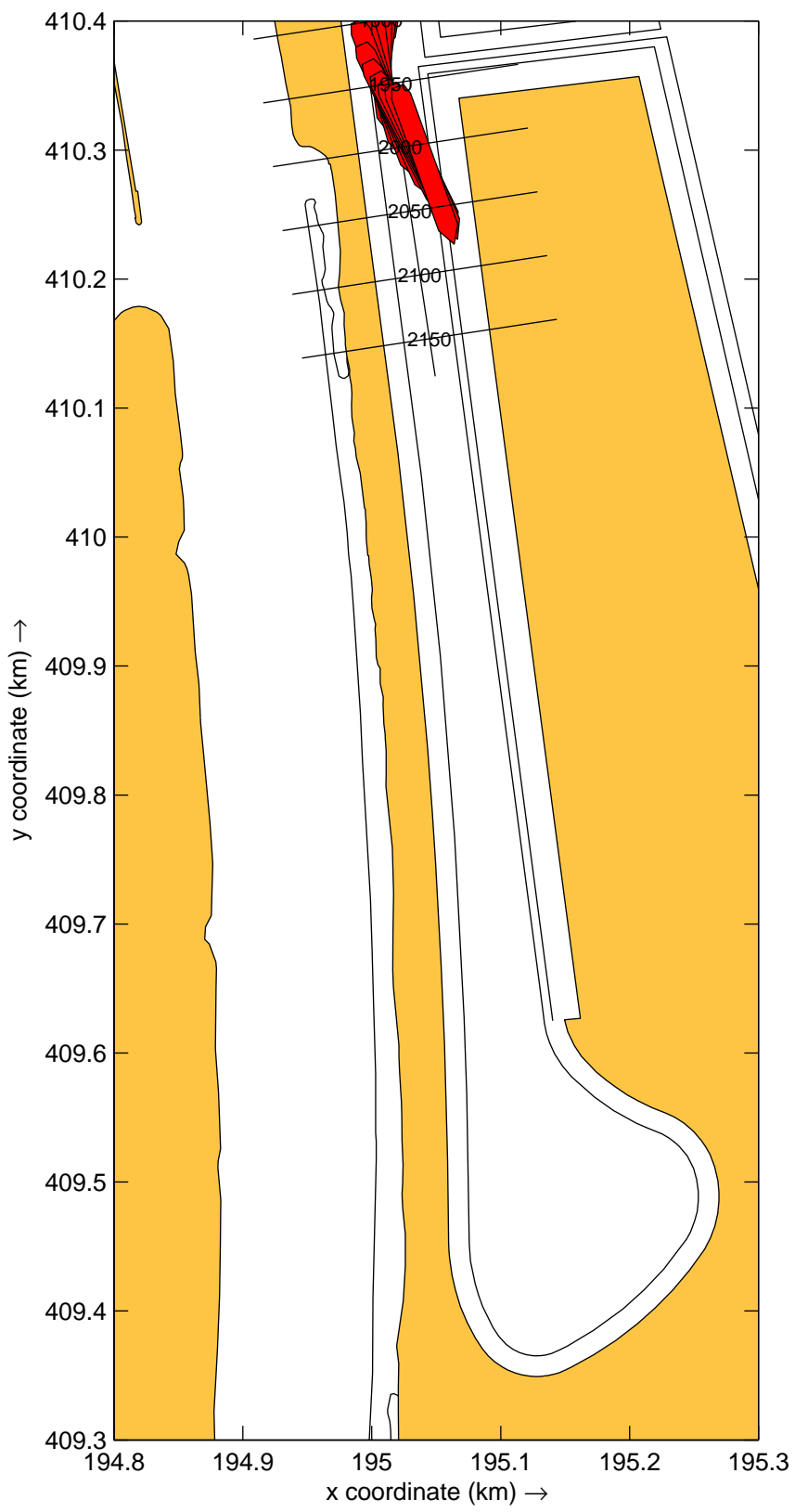
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A2

Fig.A2 -2



Detail binnenhaven klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

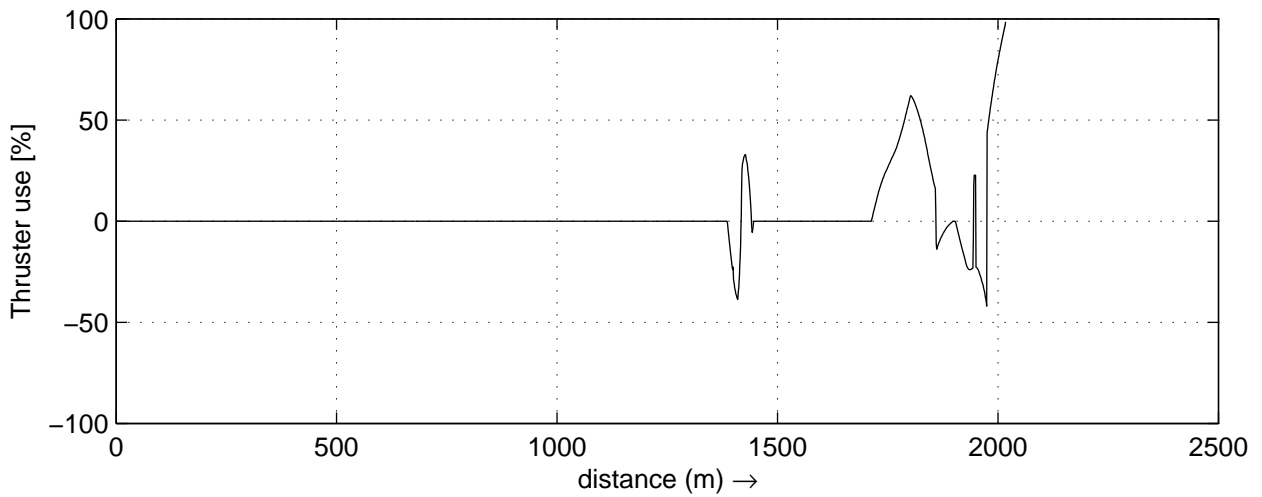
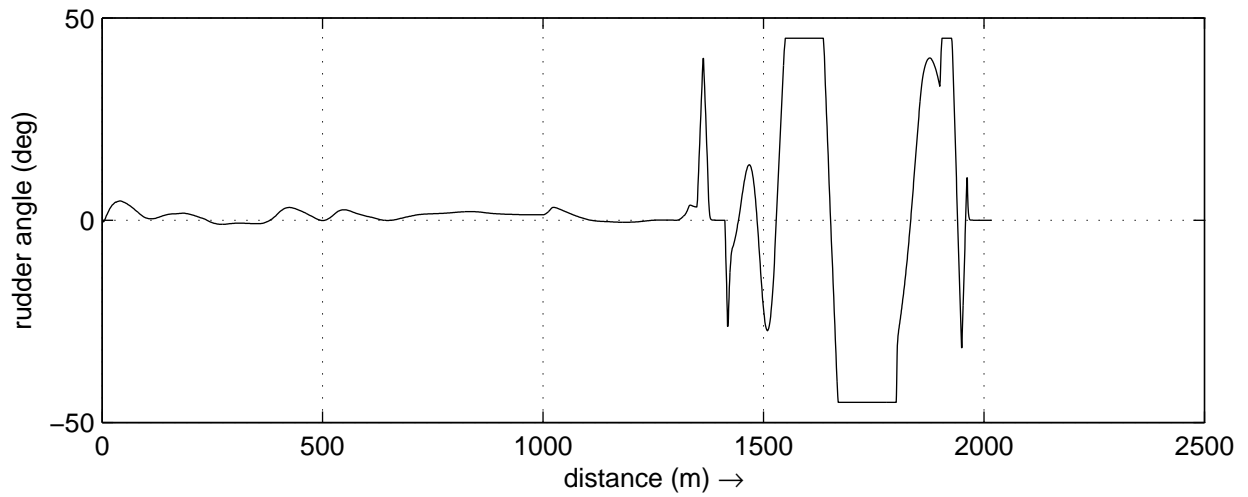
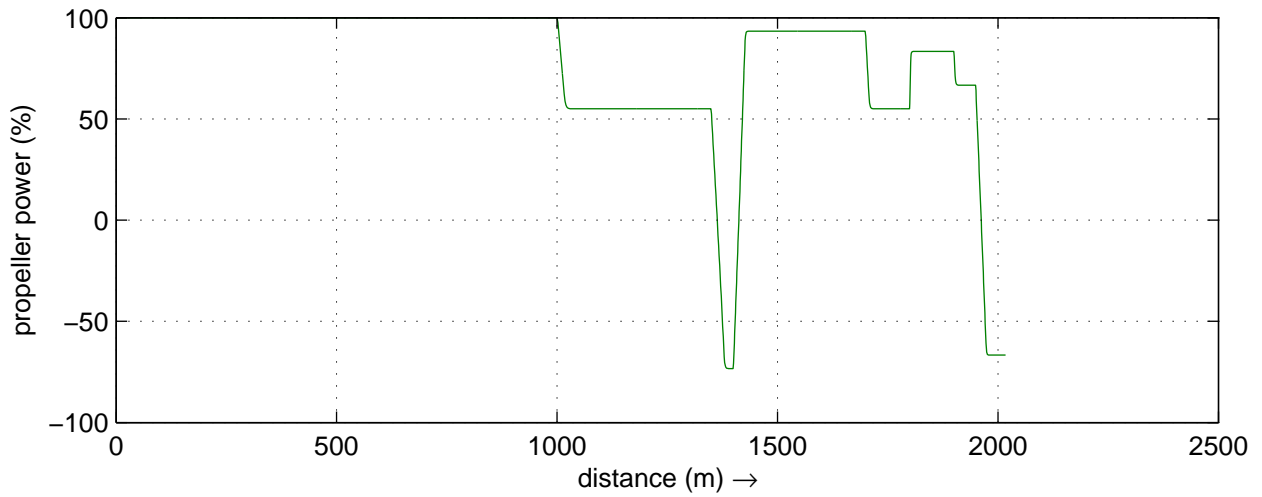
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A2

Fig.A2 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

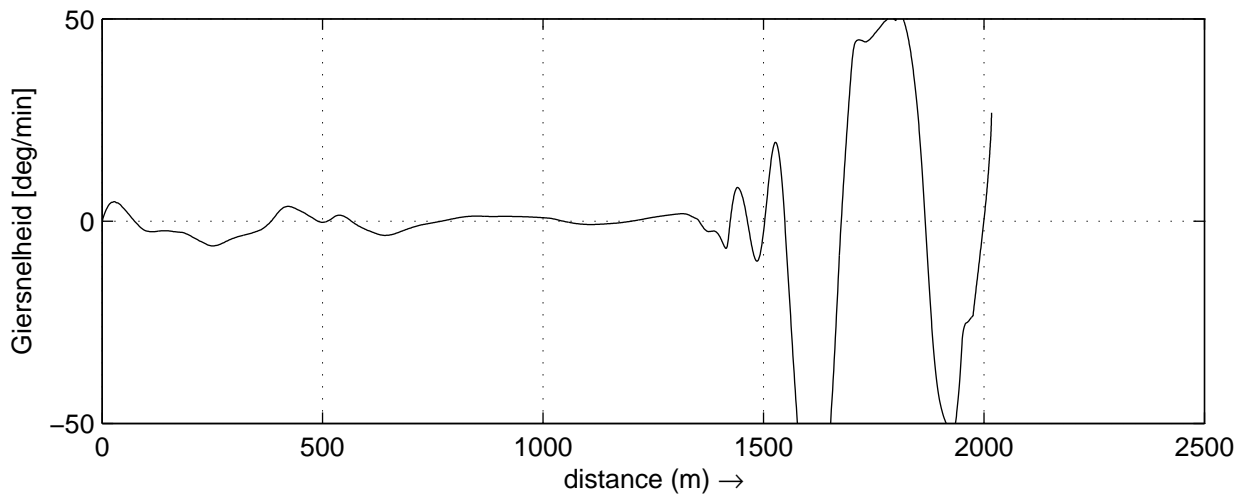
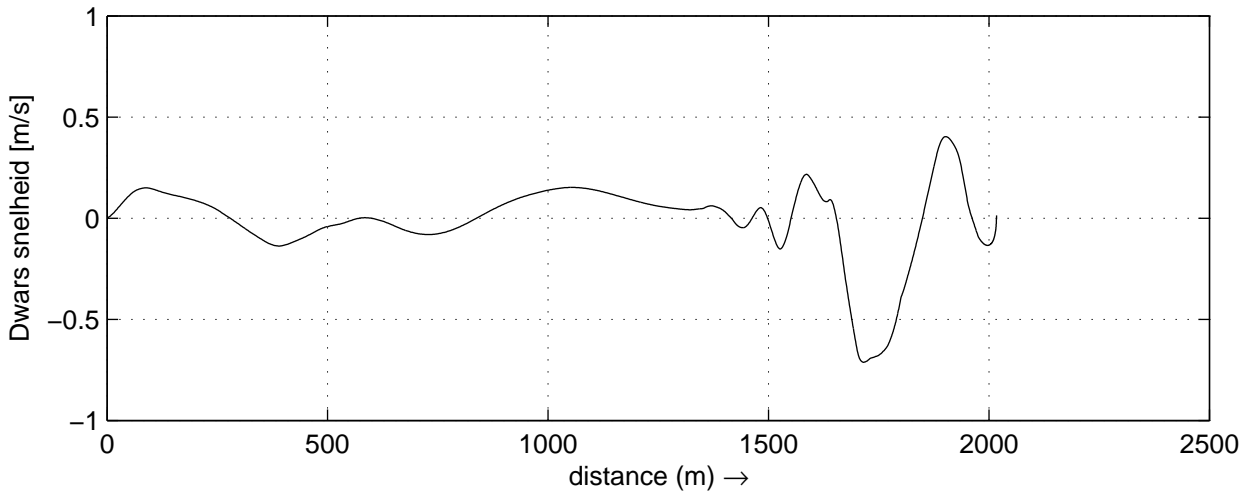
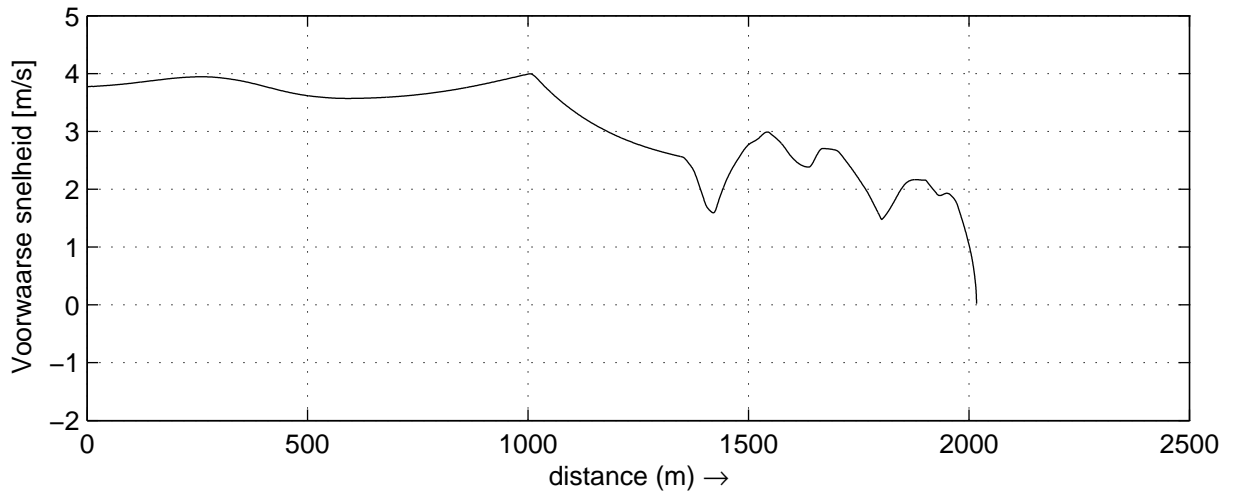
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A2

Fig.A2 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

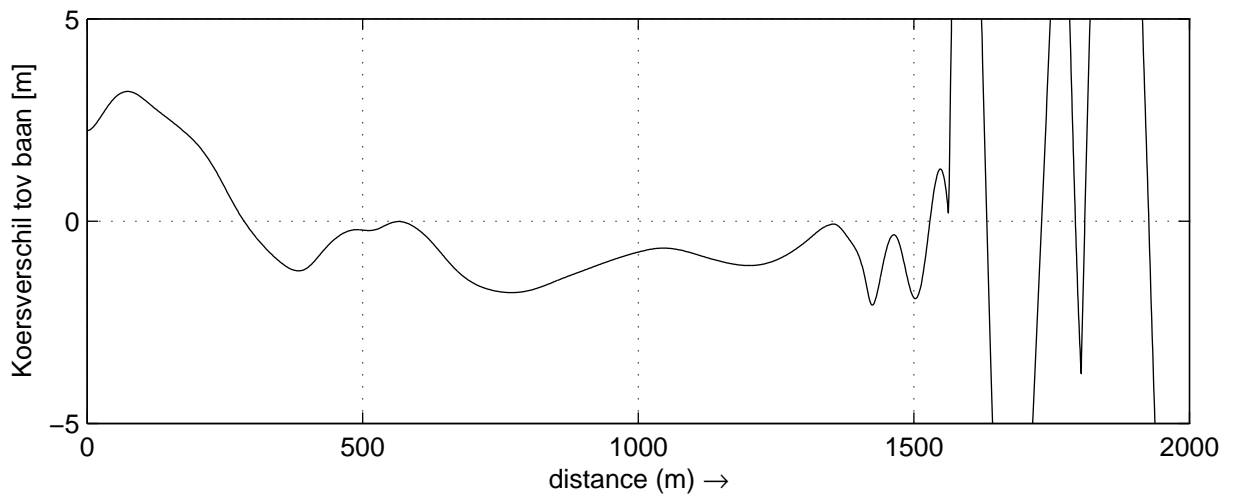
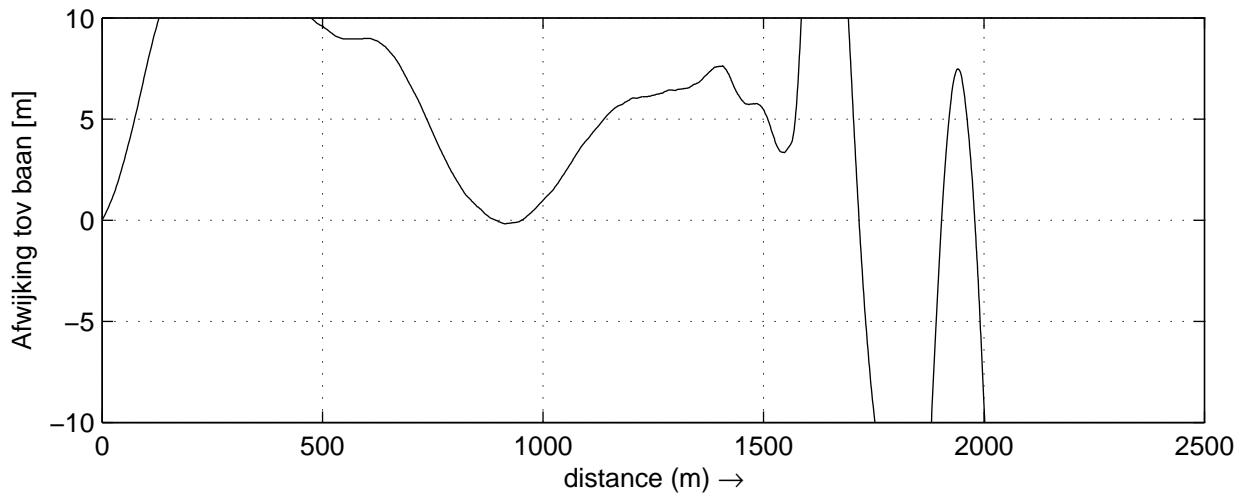
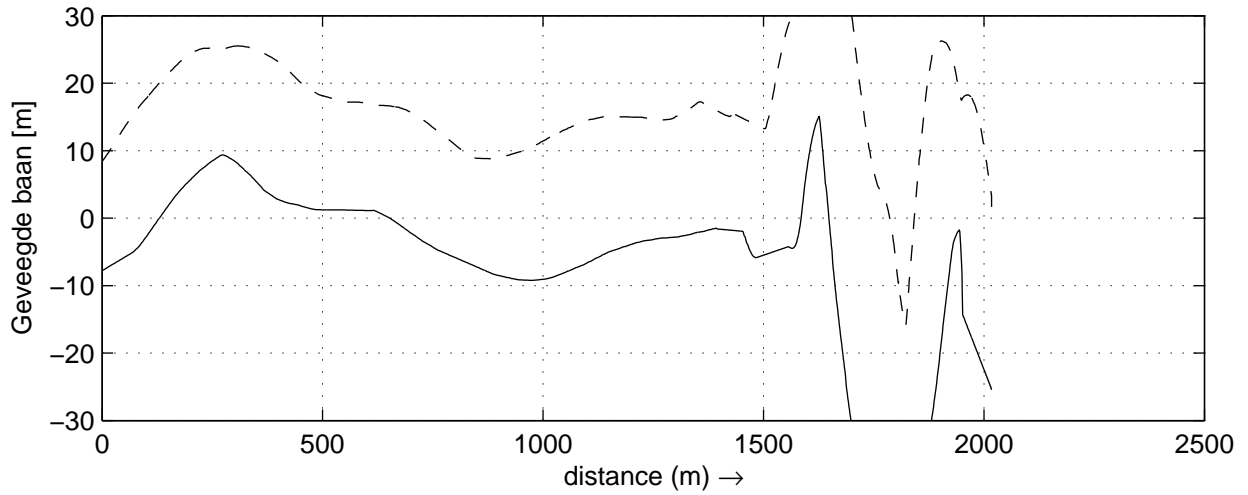
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A2

Fig.A2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

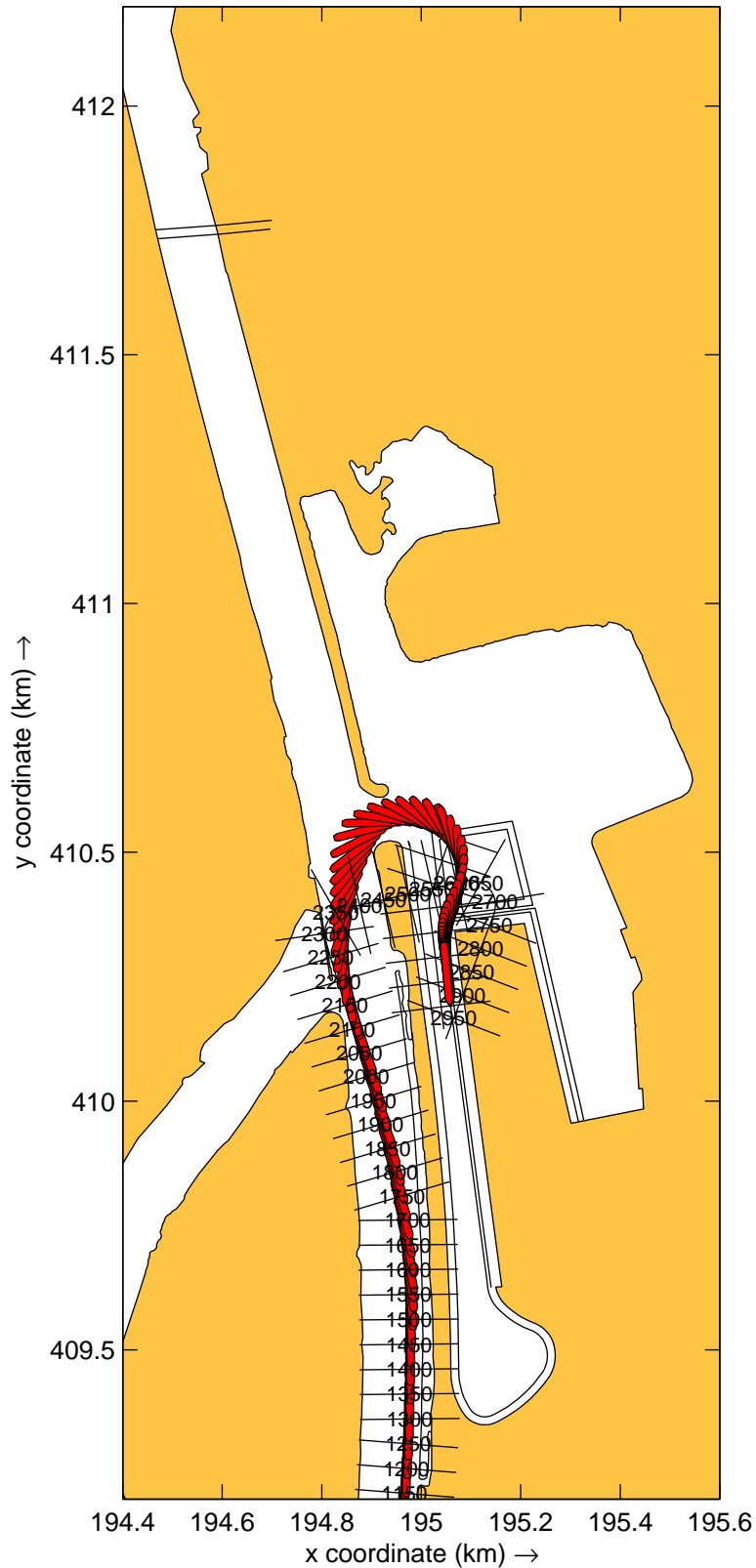
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A2

Fig.A2 -6



Overzicht baan klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

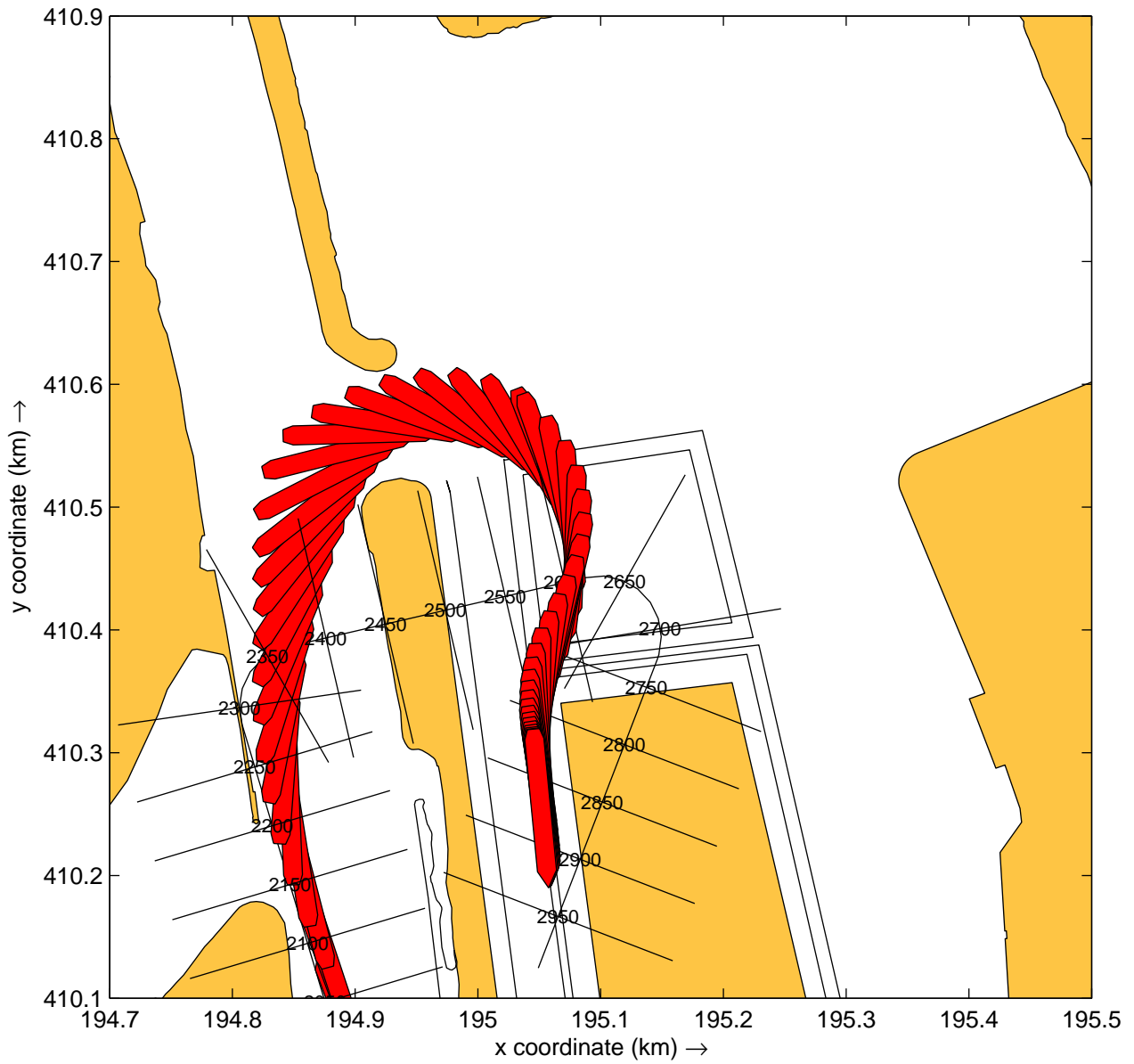
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3

Fig.A3 -1



Detail haventoeegang klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

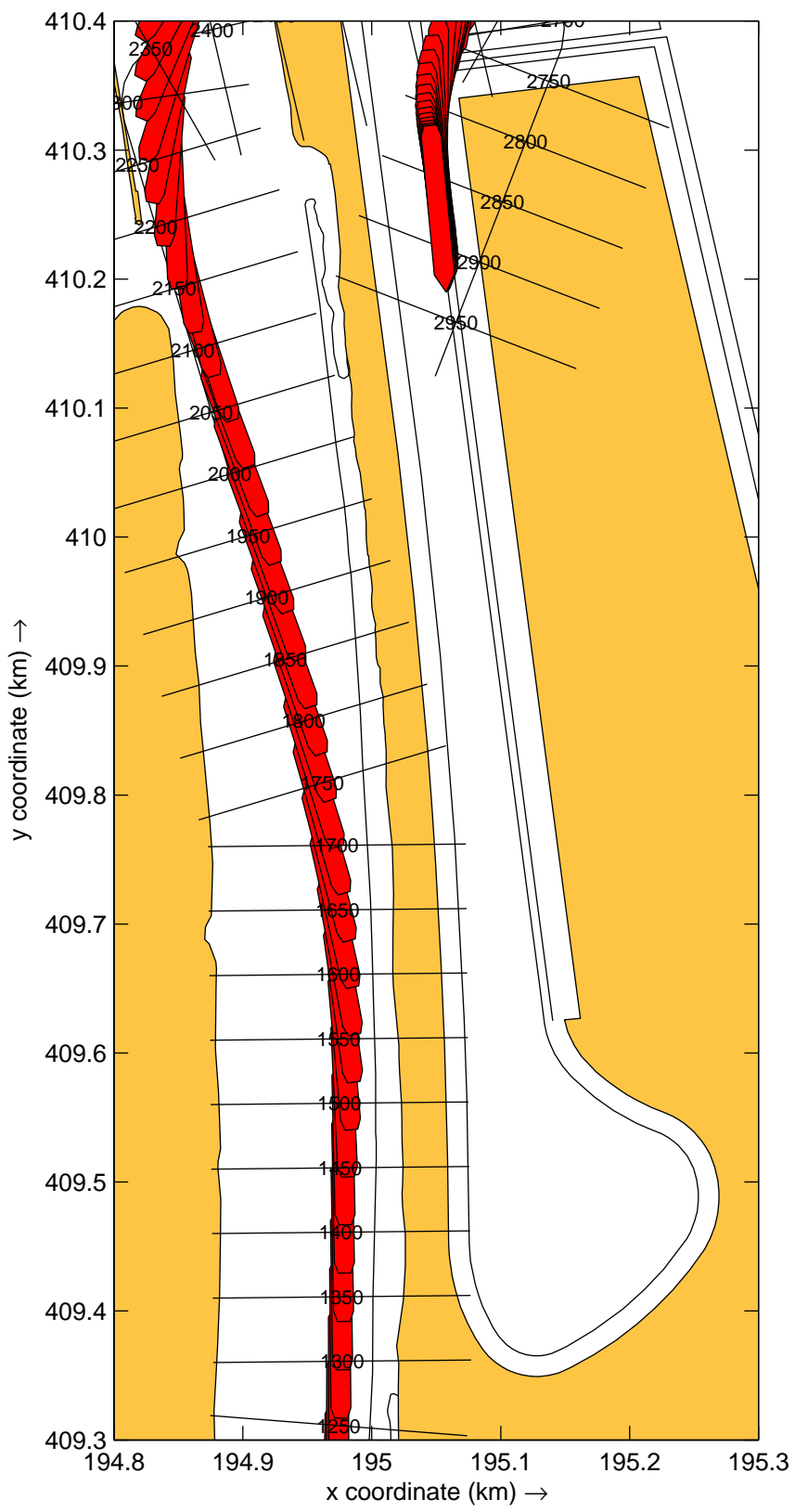
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3

Fig.A3 -2



Detail binnenhaven klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

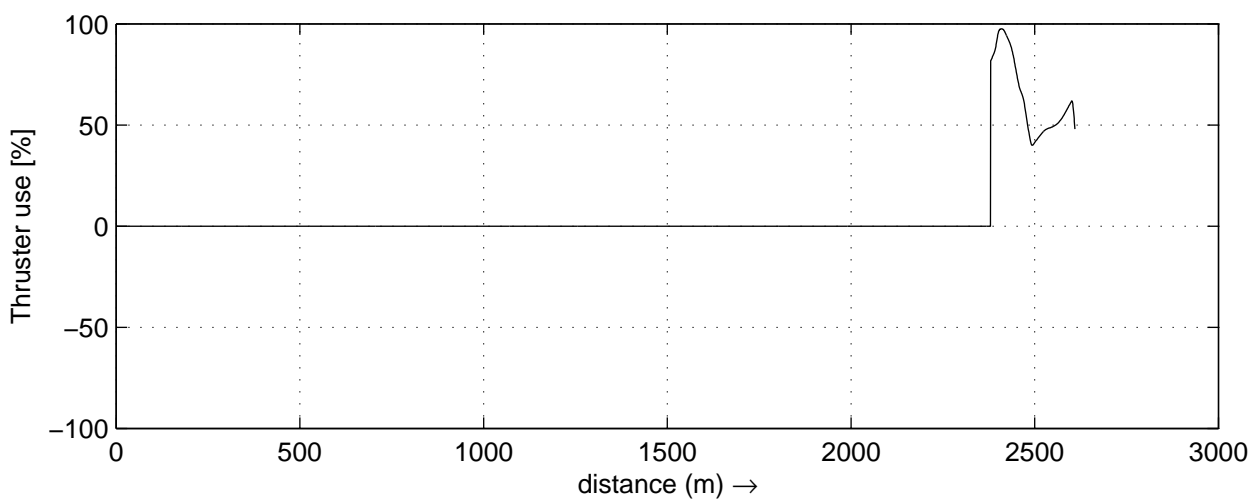
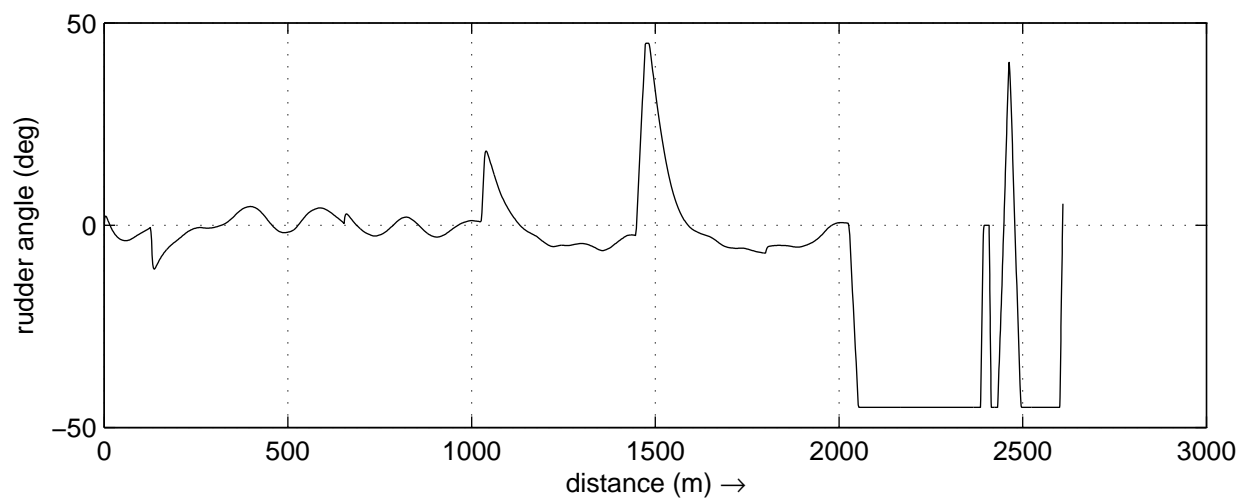
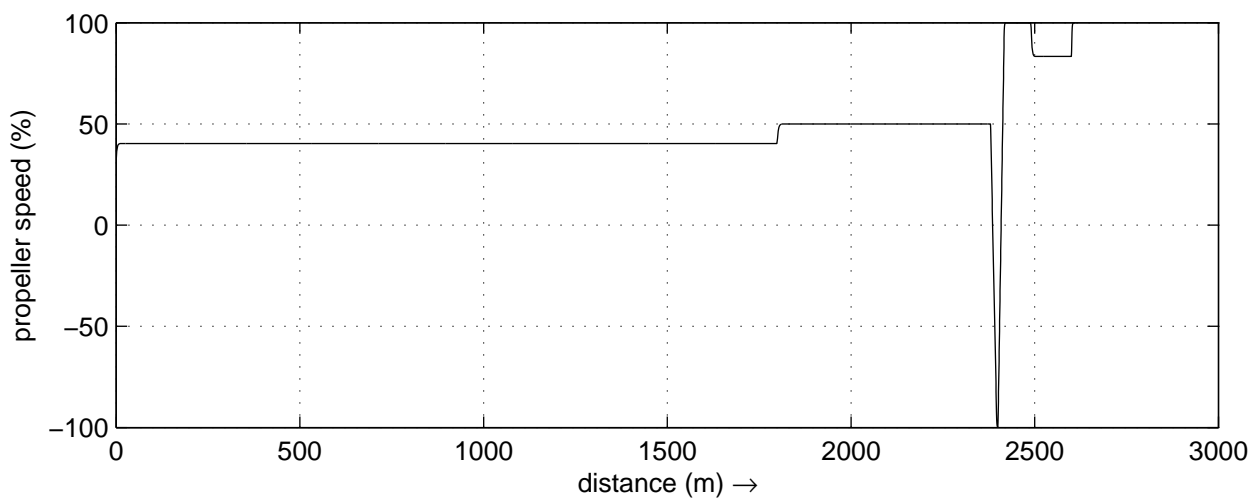
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3

Fig.A3 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

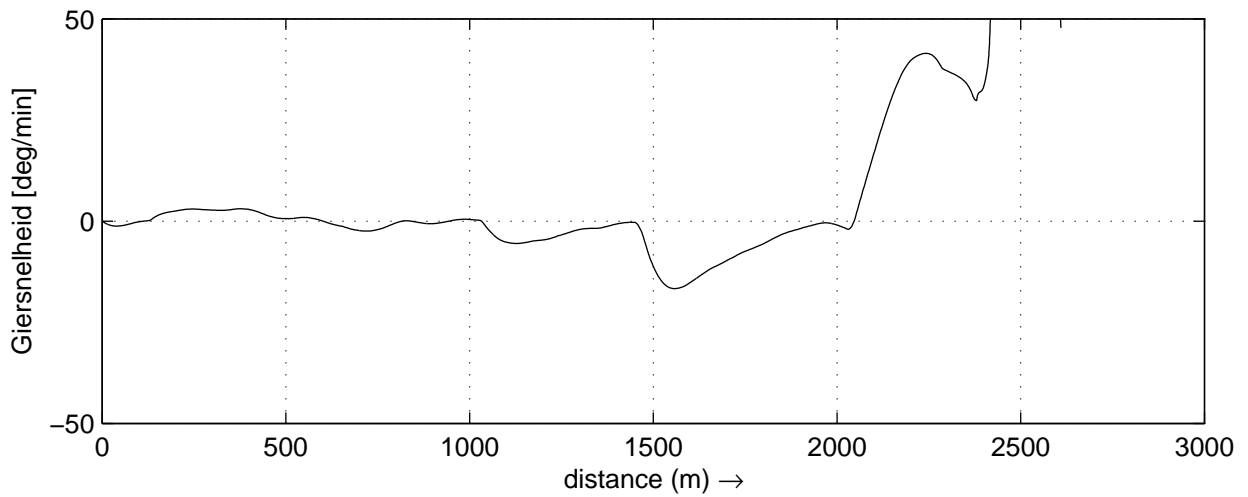
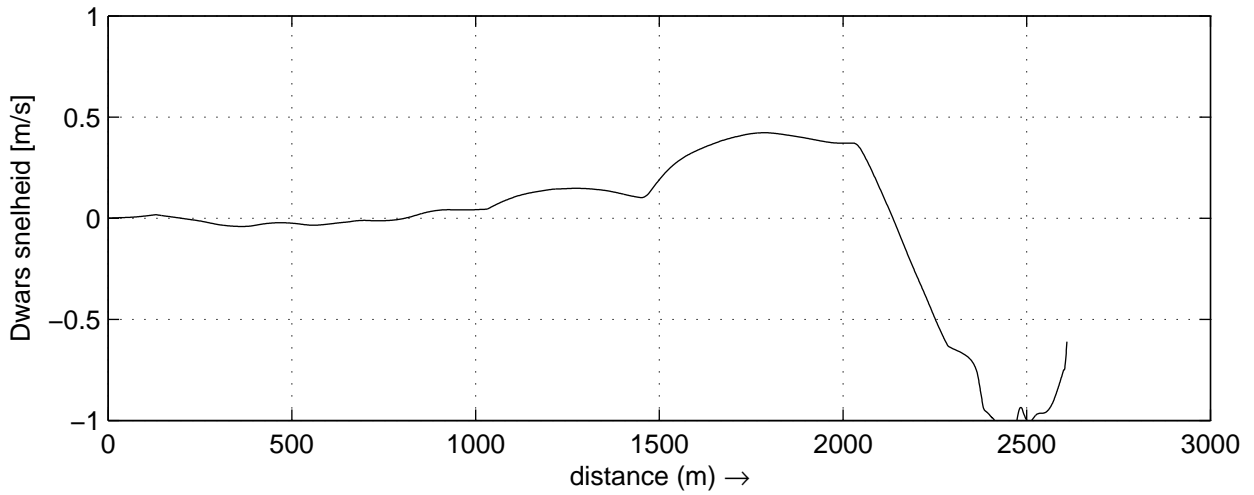
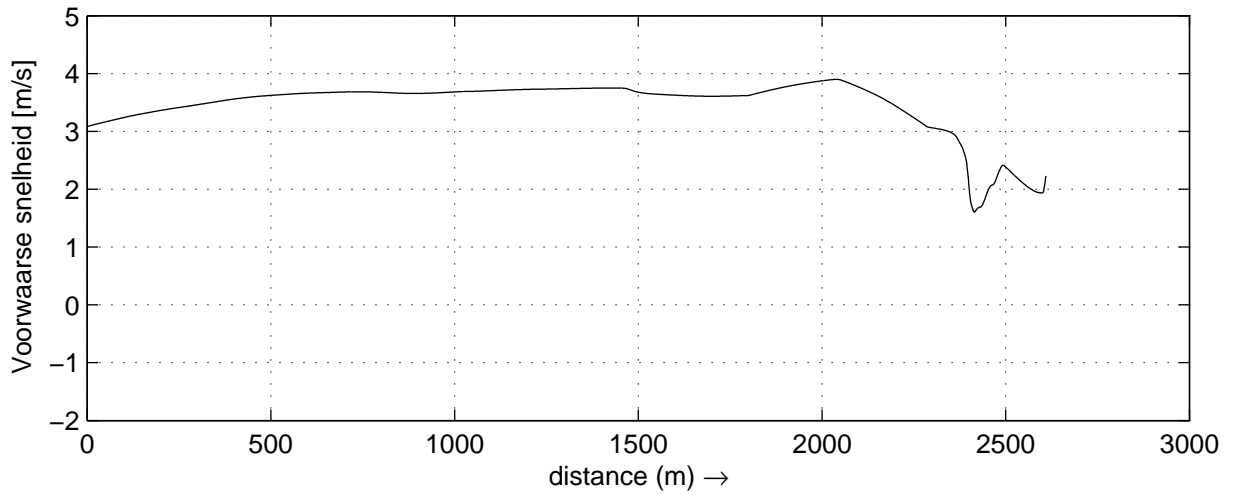
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3

Fig.A3 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

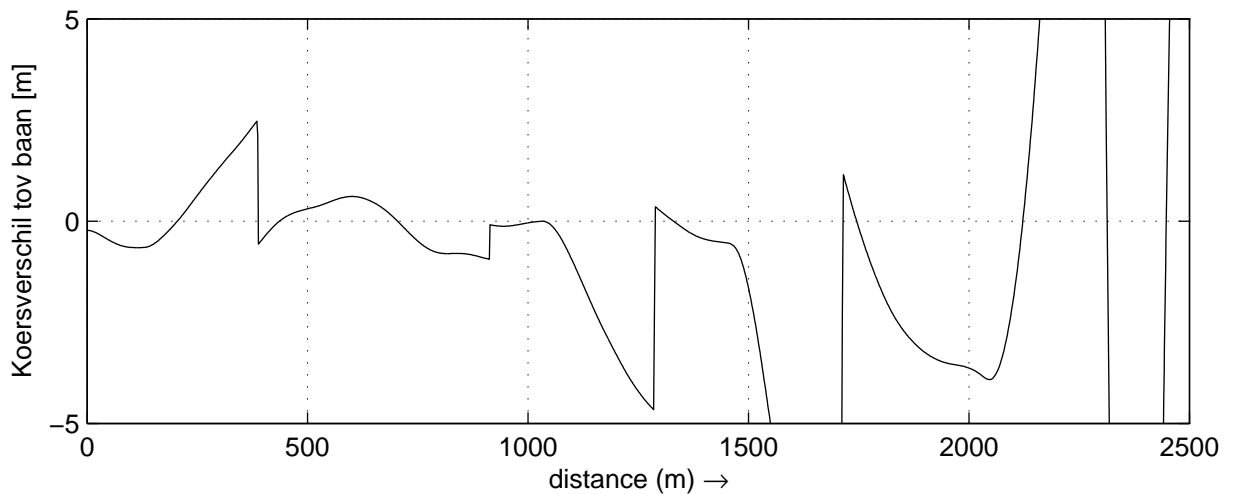
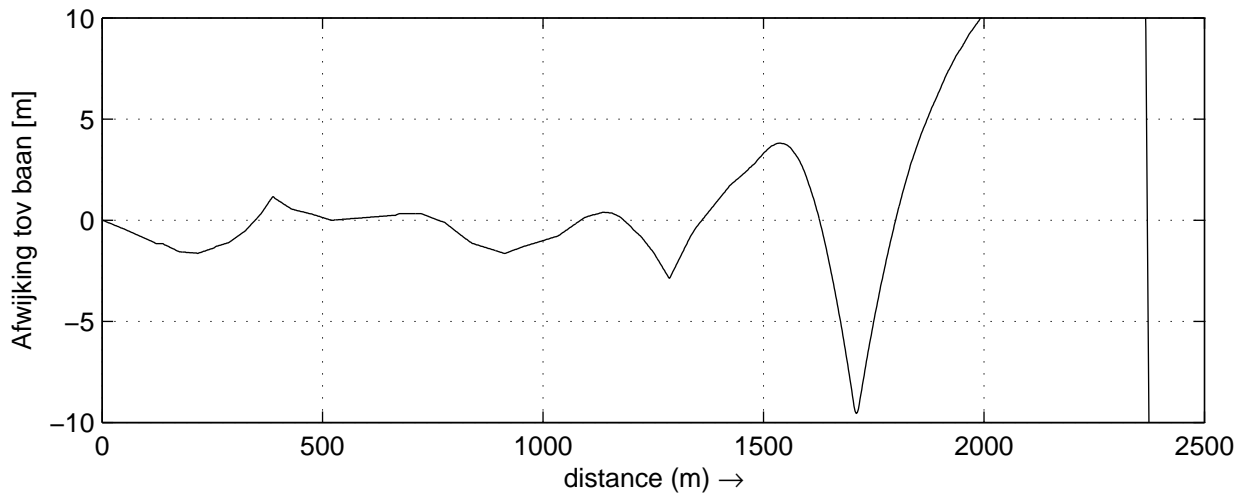
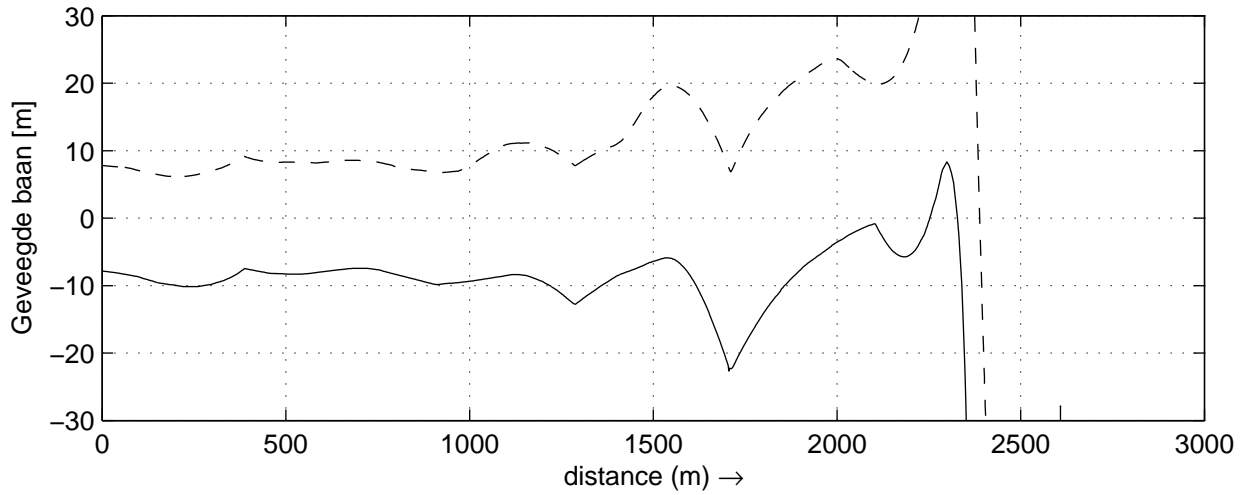
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3

Fig.A3 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreep) Bakboord (doorgetrokken)

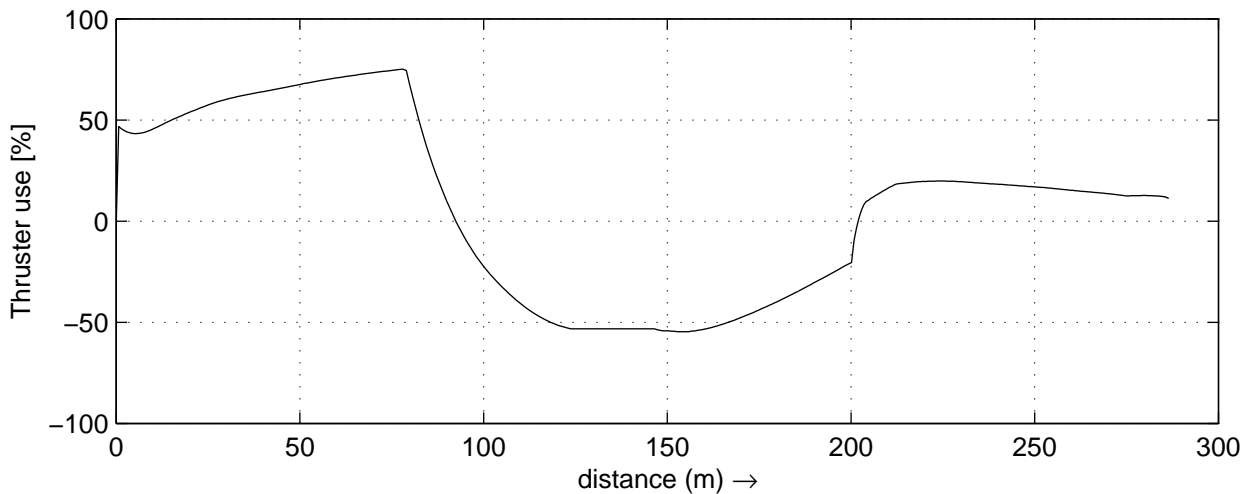
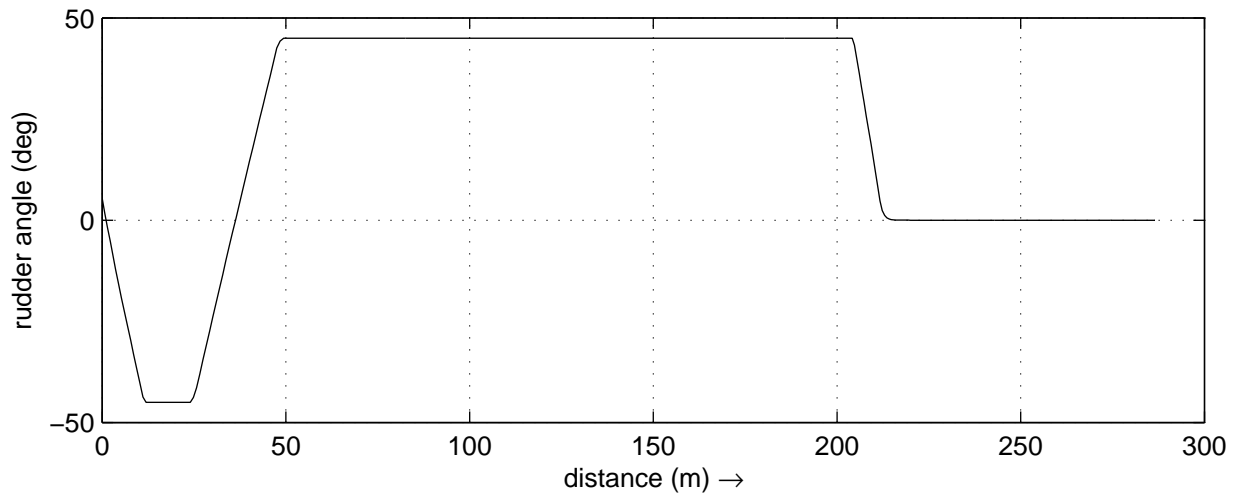
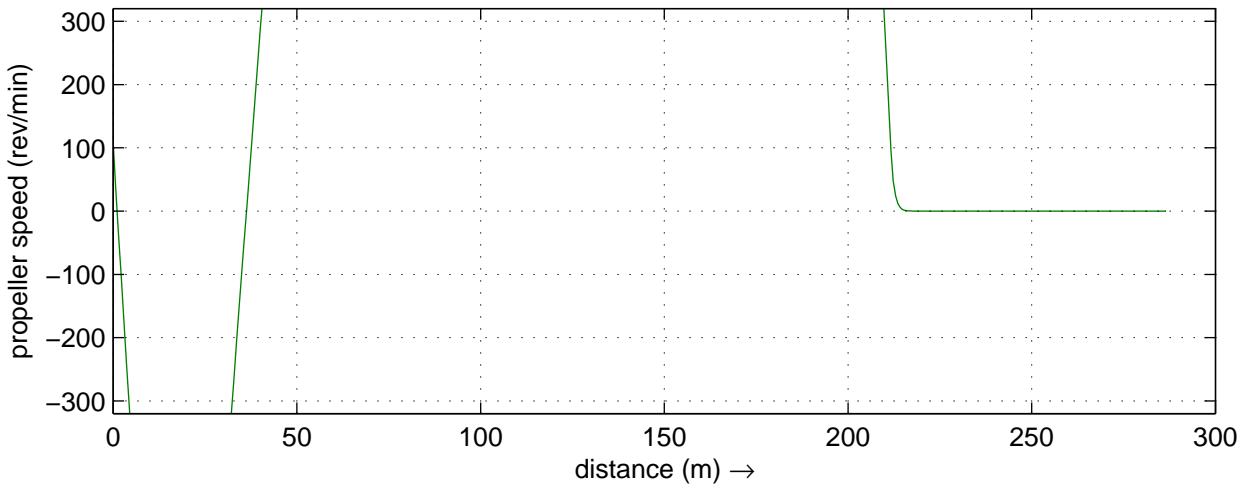
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3

Fig.A3 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

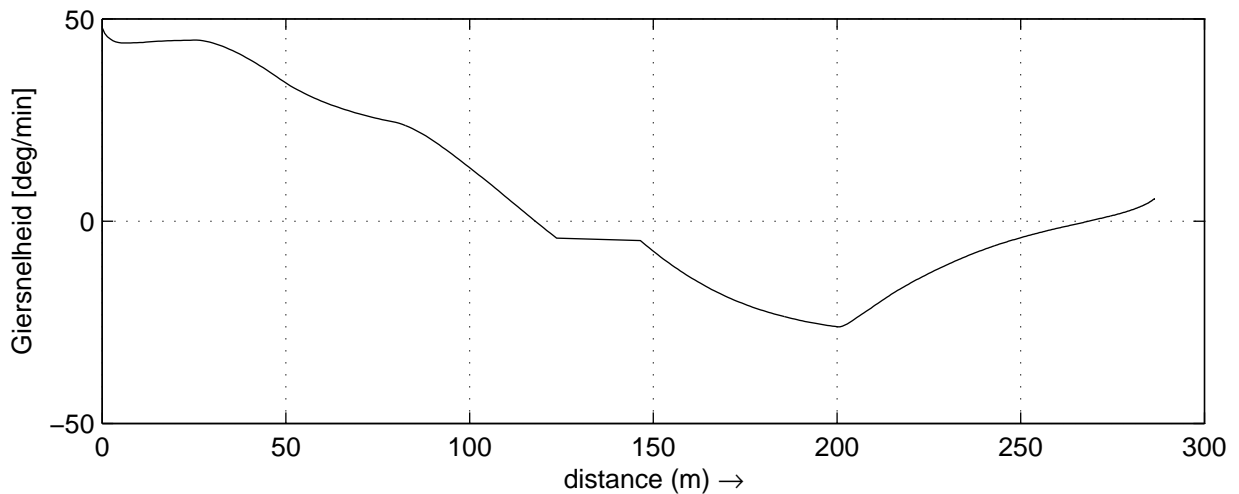
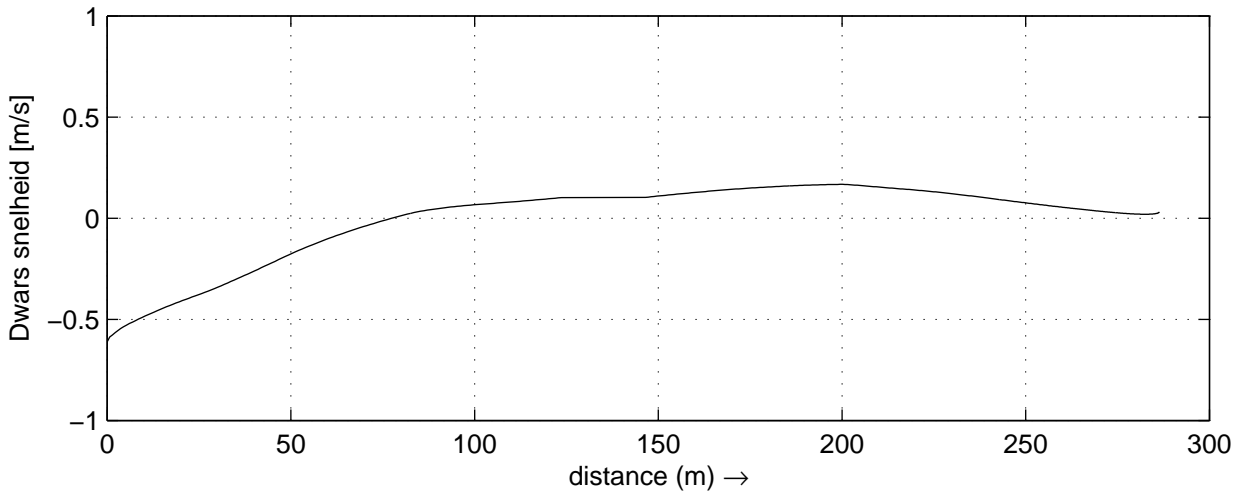
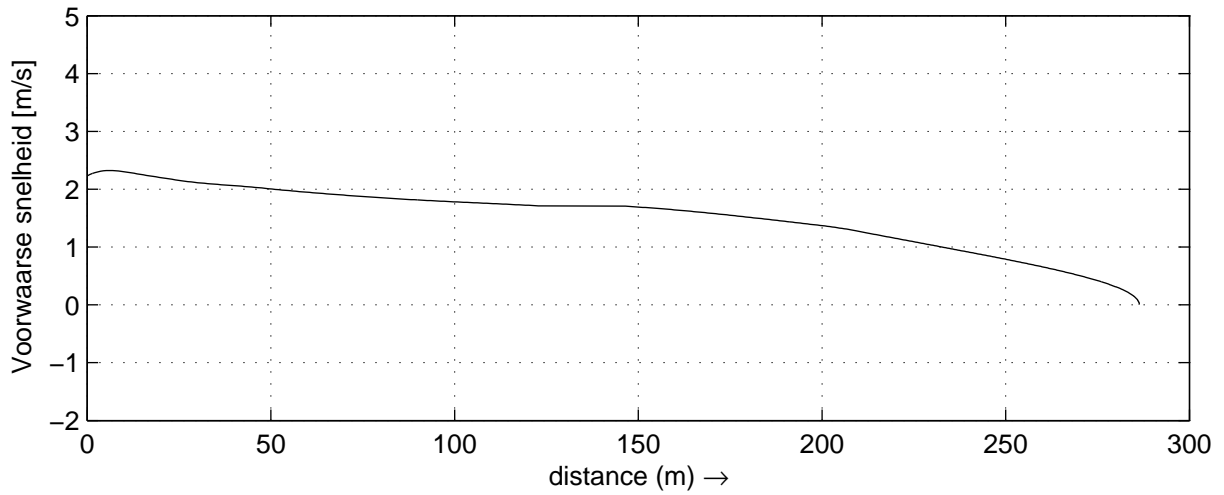
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3_2

Fig.A3_2 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

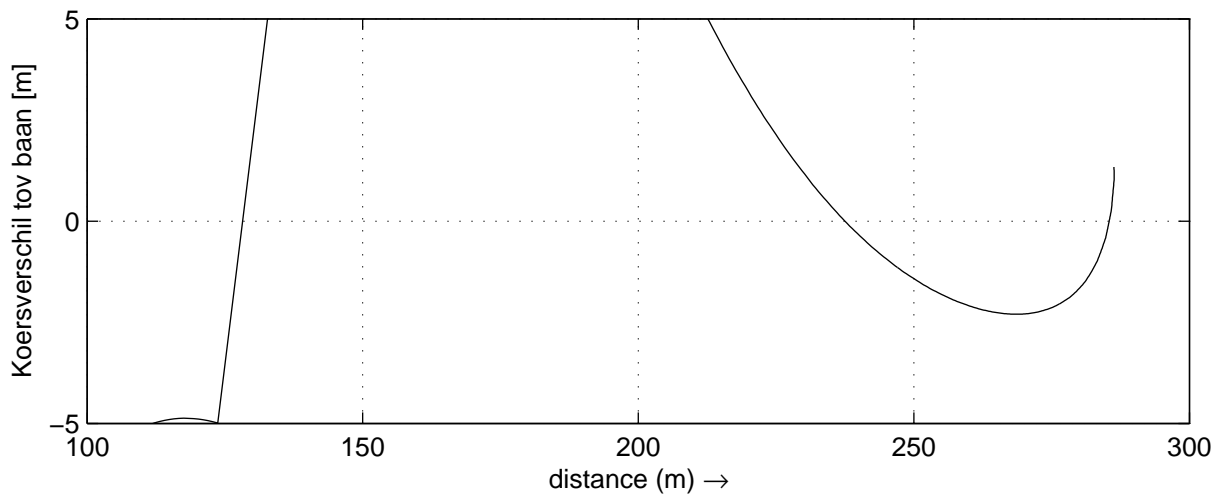
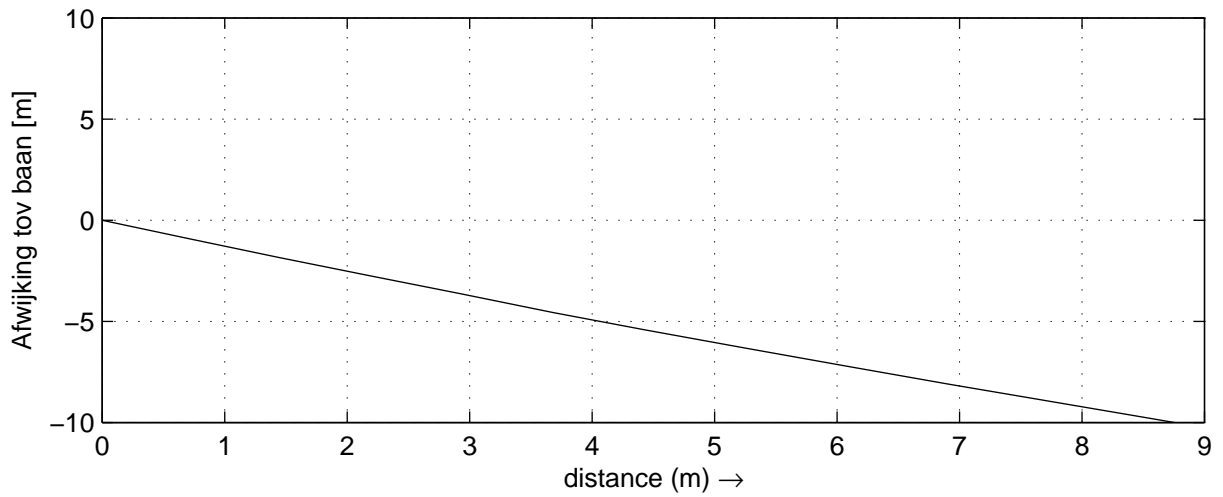
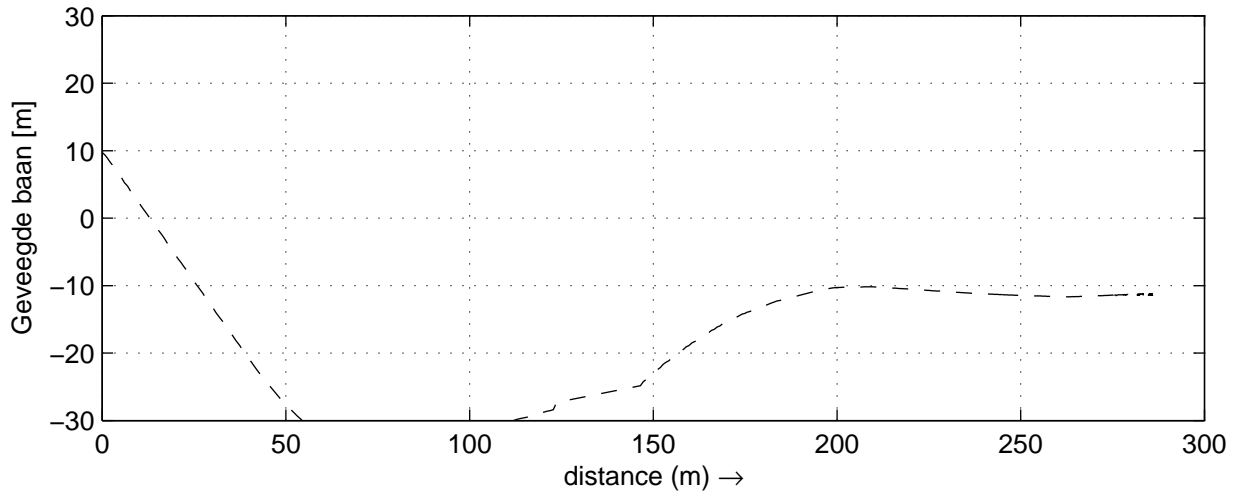
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3_2

Fig.A3_2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

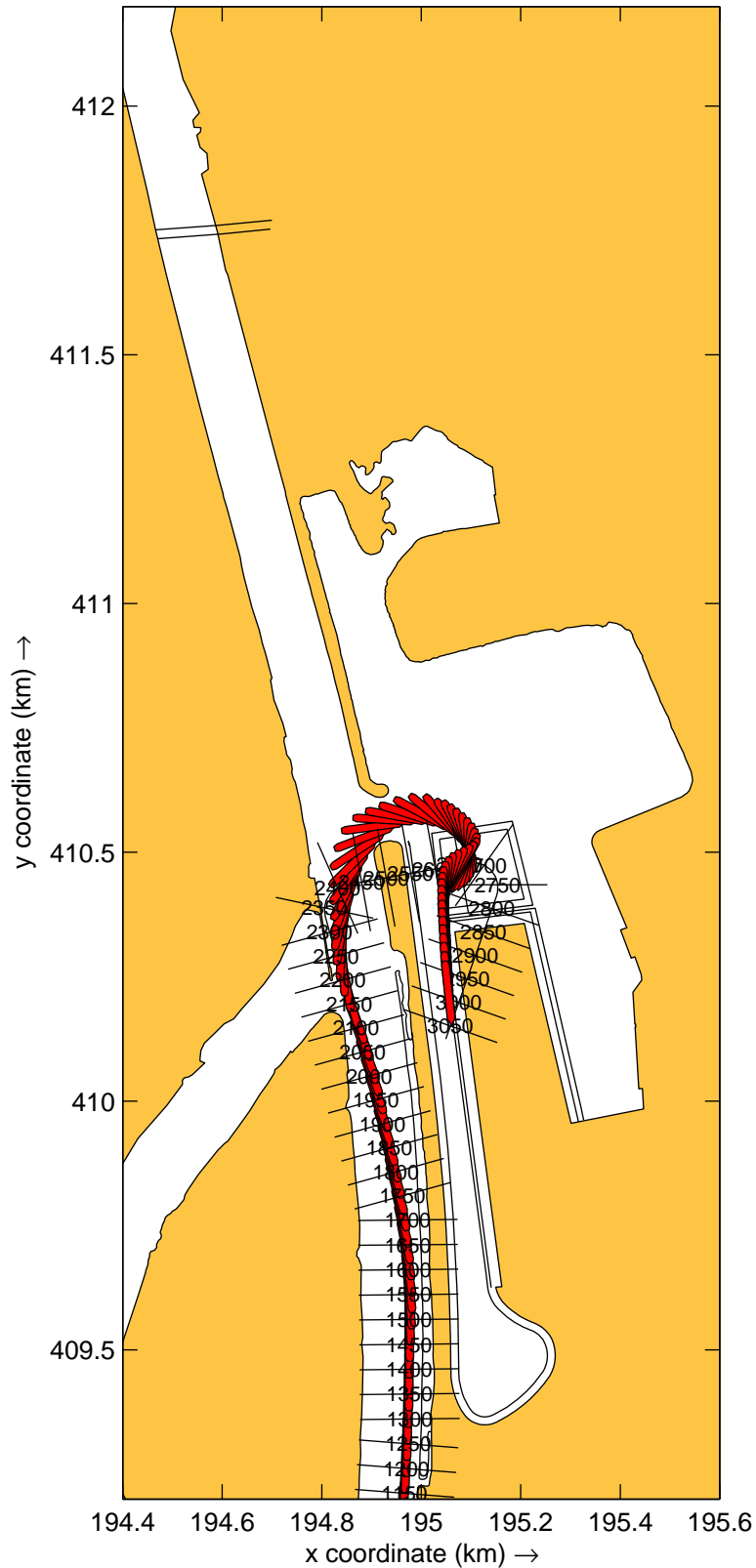
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A3_2

Fig.A3_2 -6



Overzicht baan klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

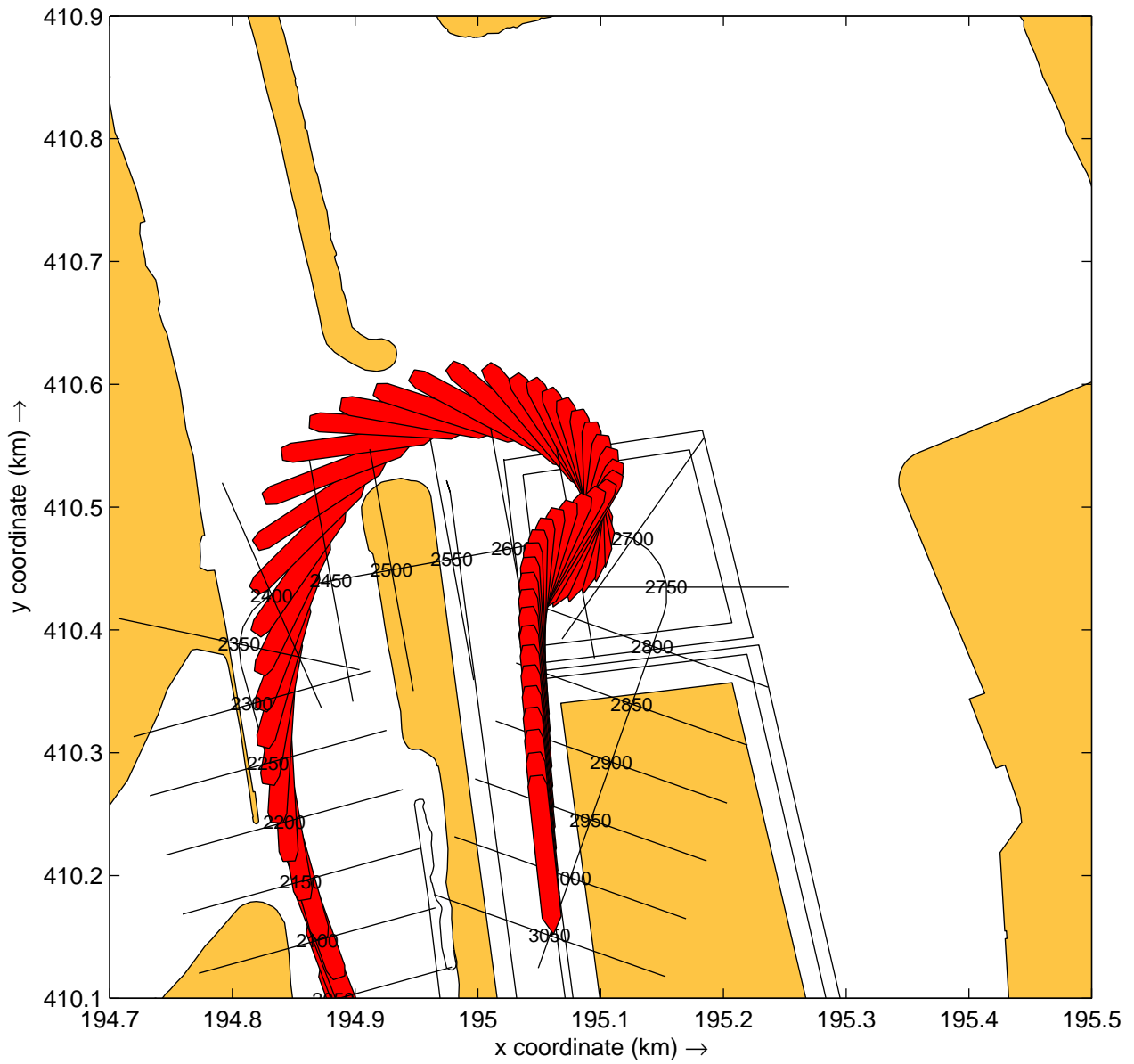
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4

Fig.A4 -1



Detail haventoeegang klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

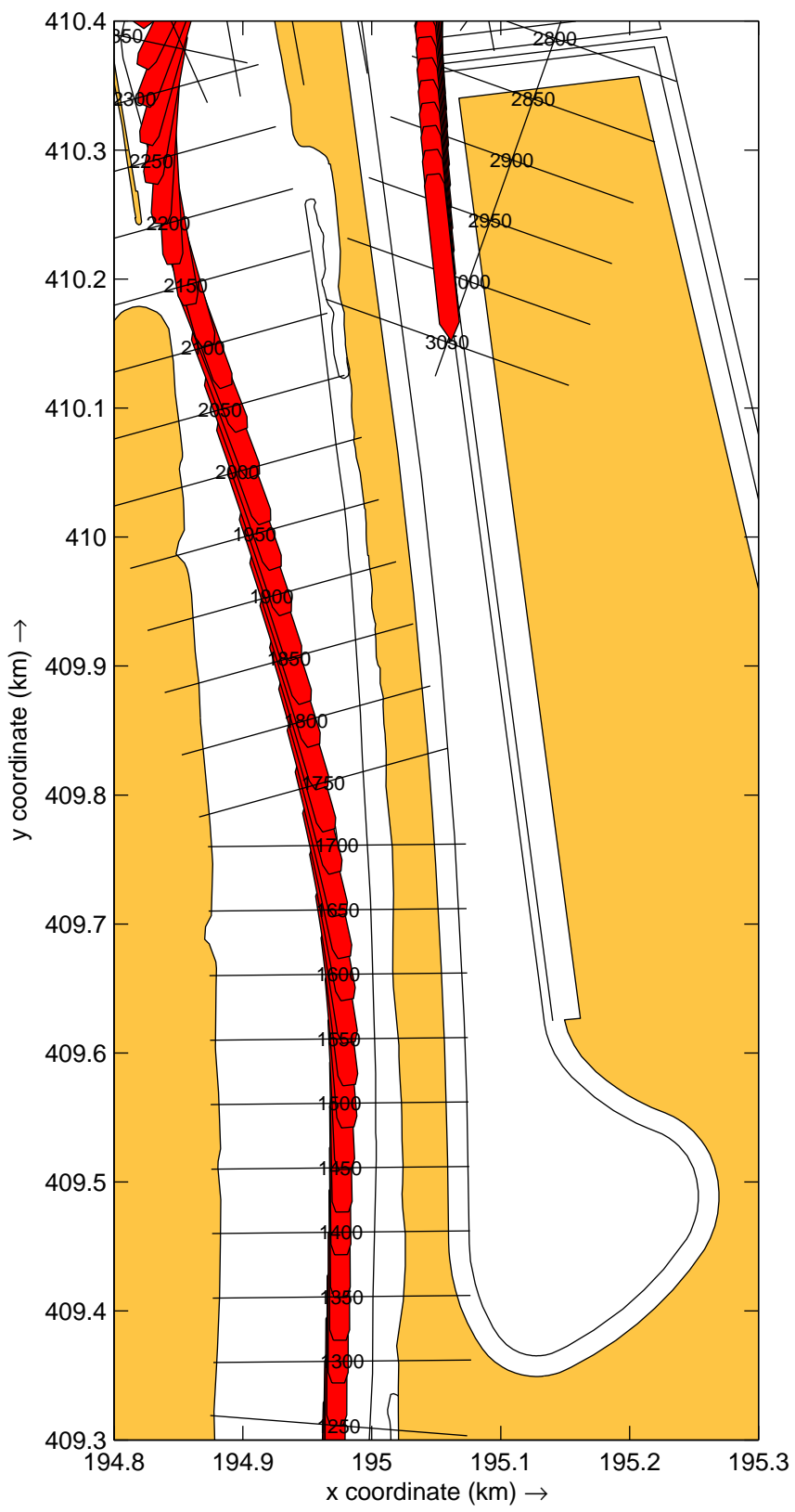
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4

Fig.A4 -2



Detail binnenhaven klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

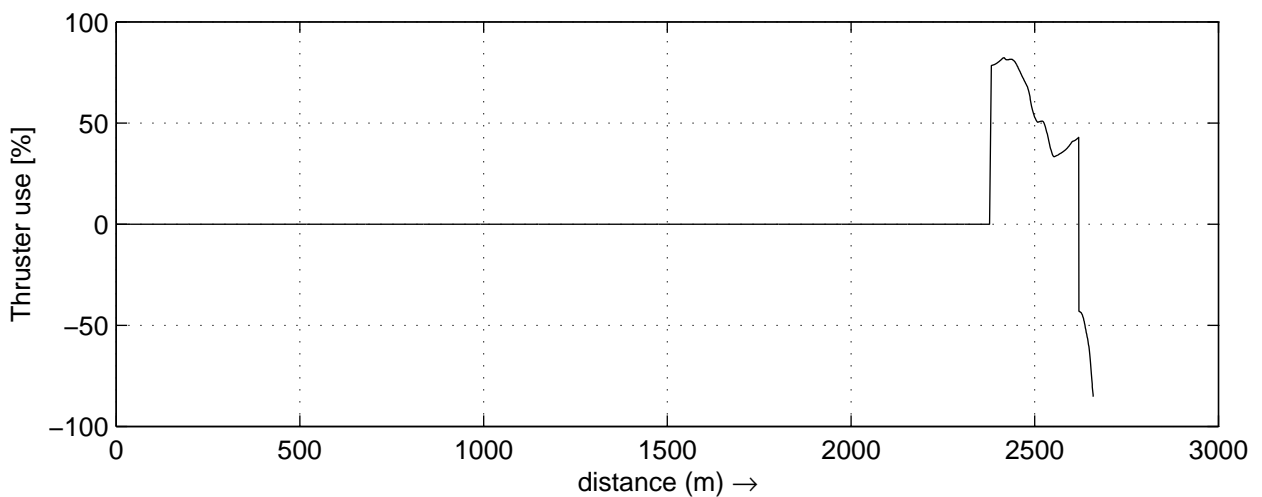
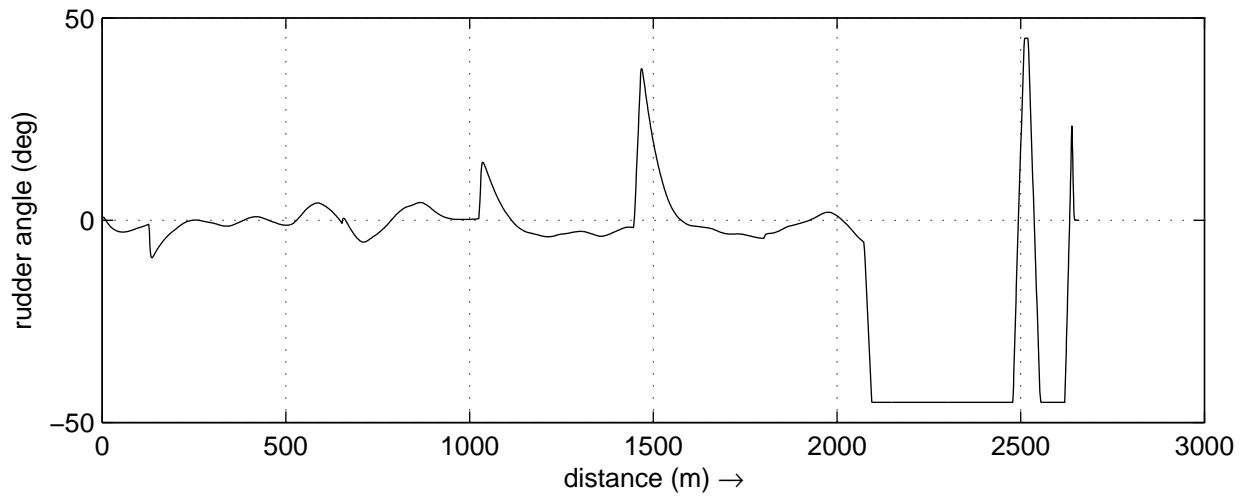
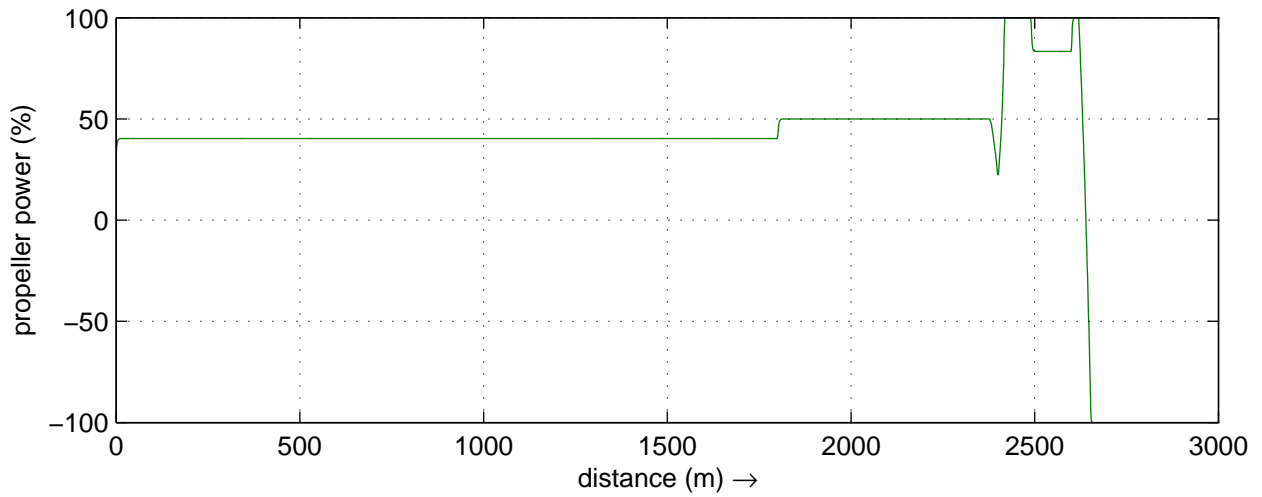
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4

Fig.A4 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

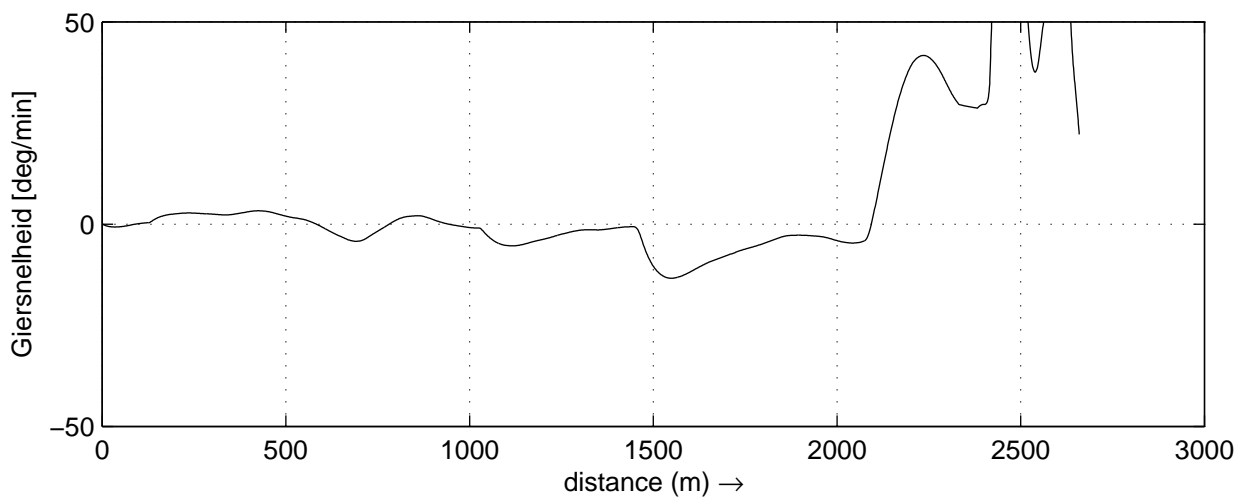
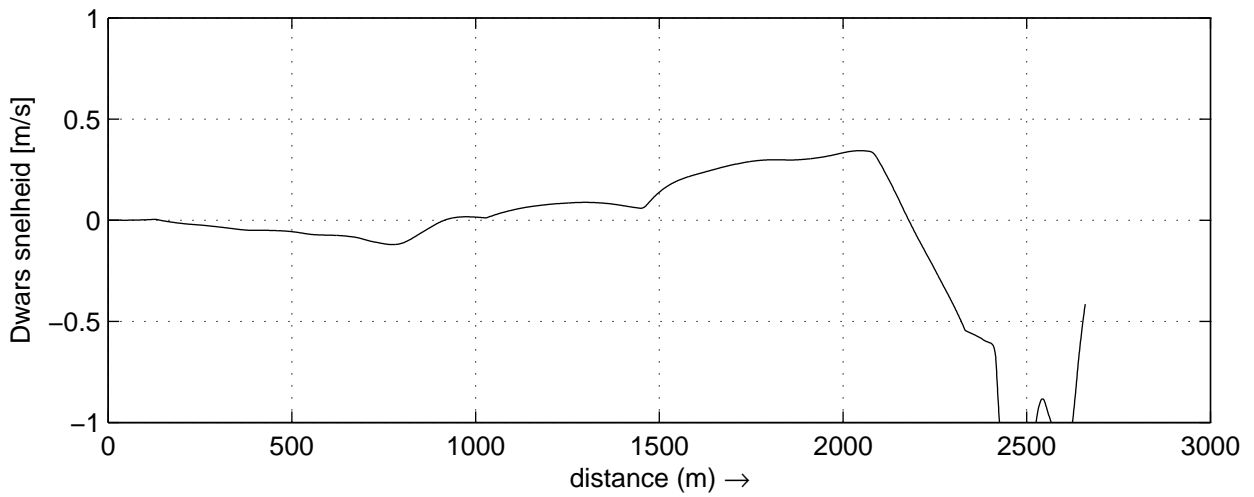
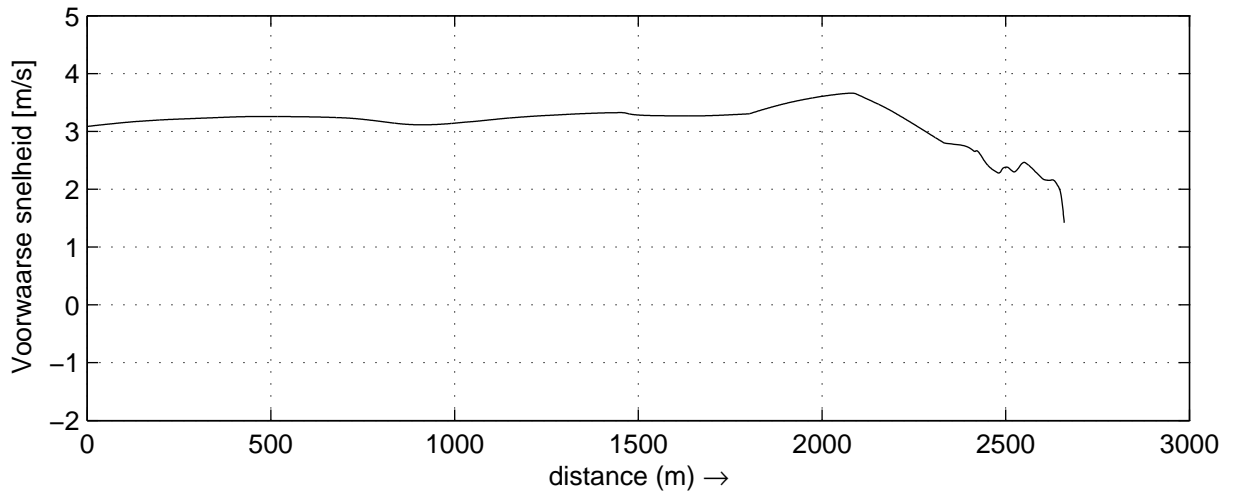
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4

Fig.A4 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

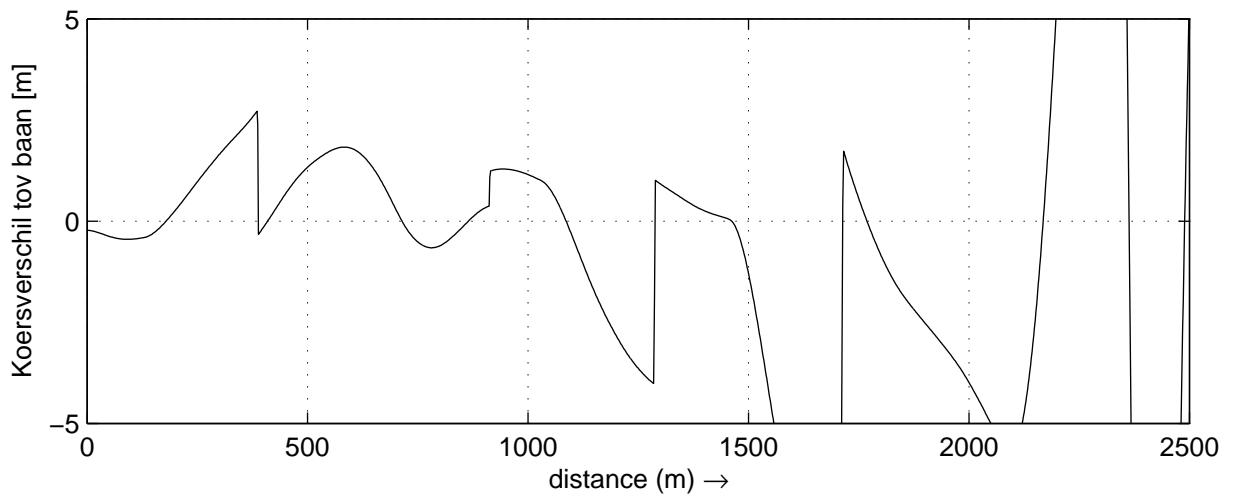
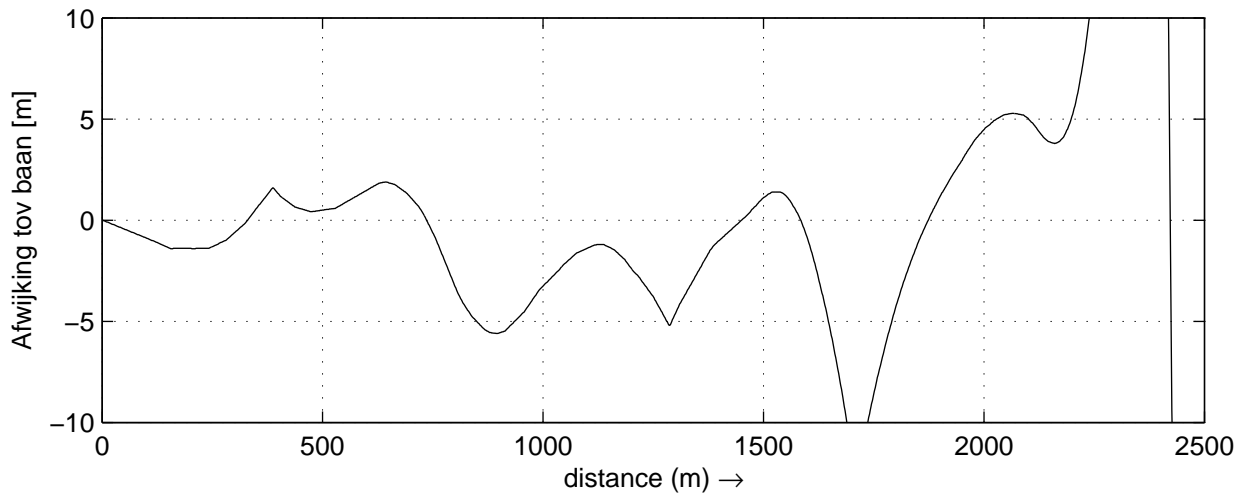
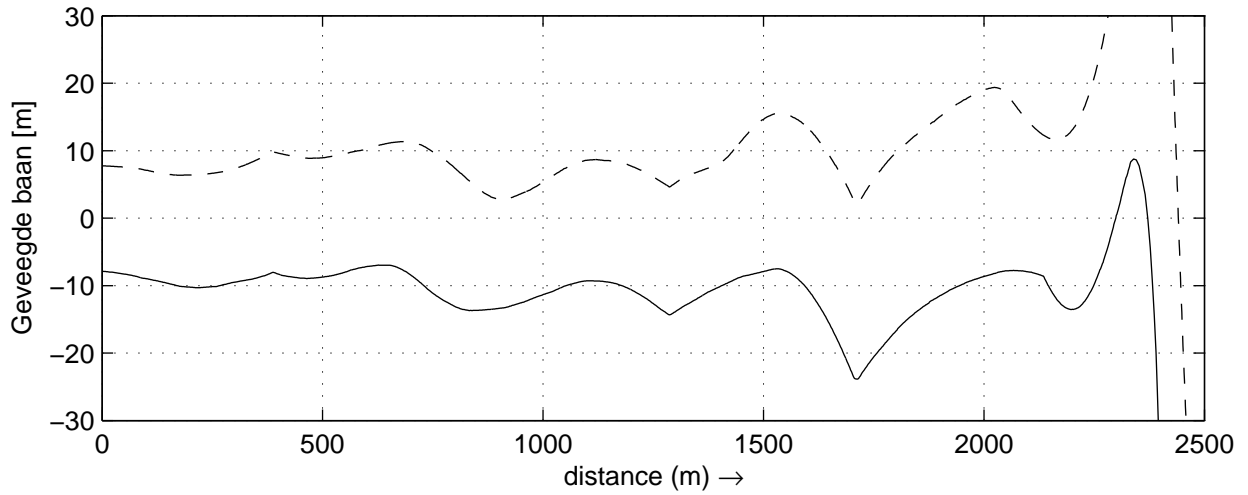
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4

Fig.A4 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

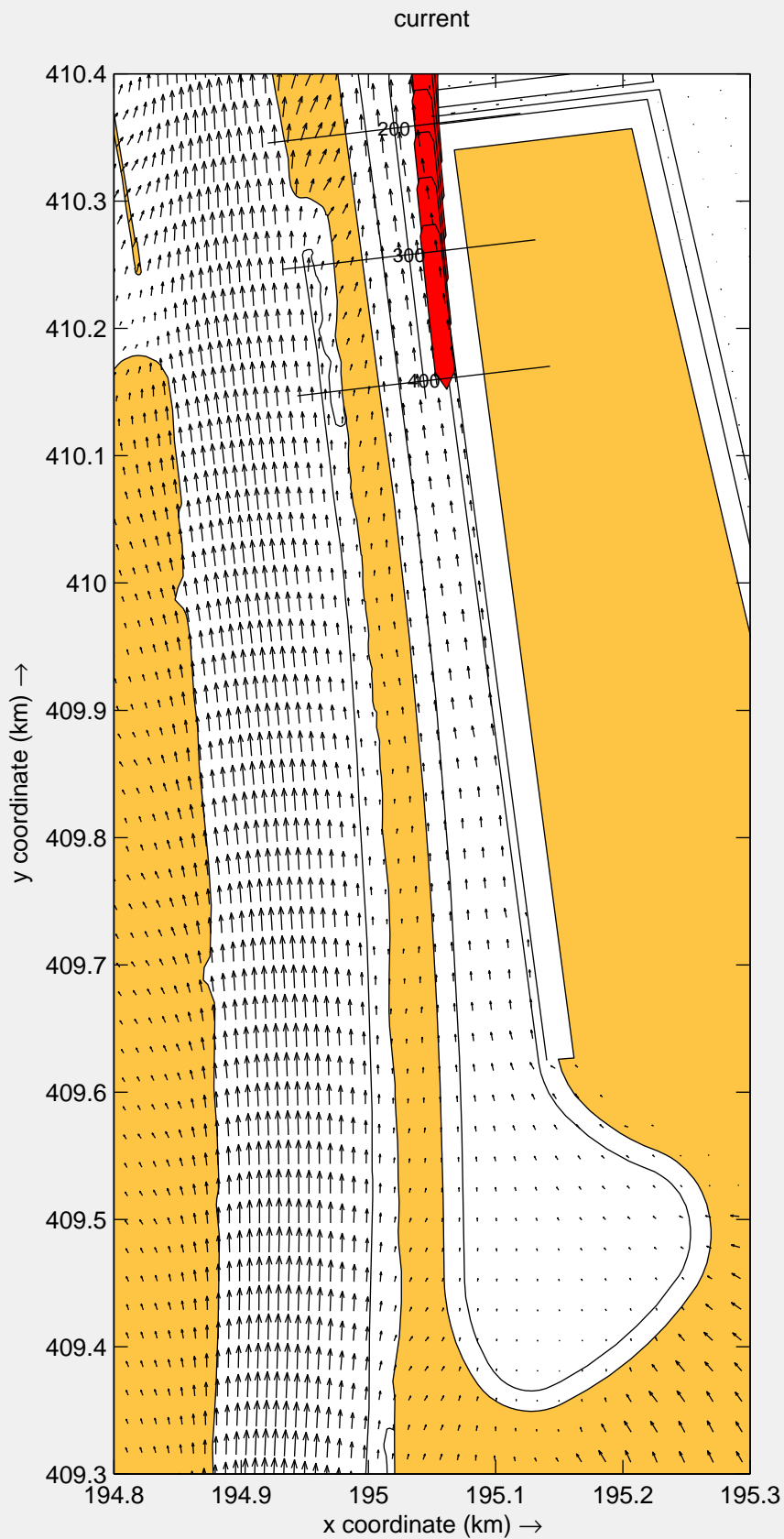
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4

Fig.A4 -6



Detail binnenhaven klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

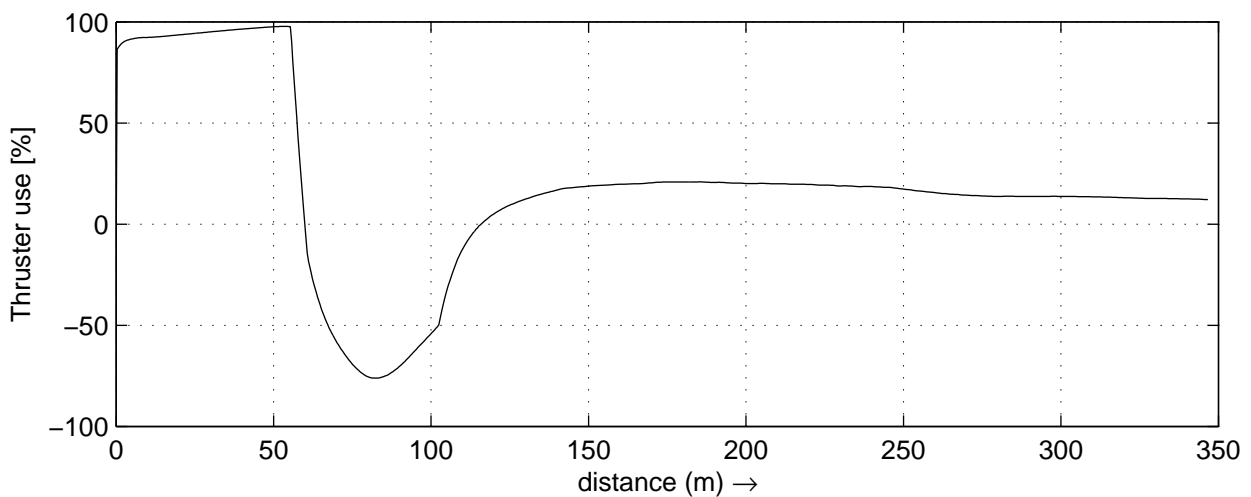
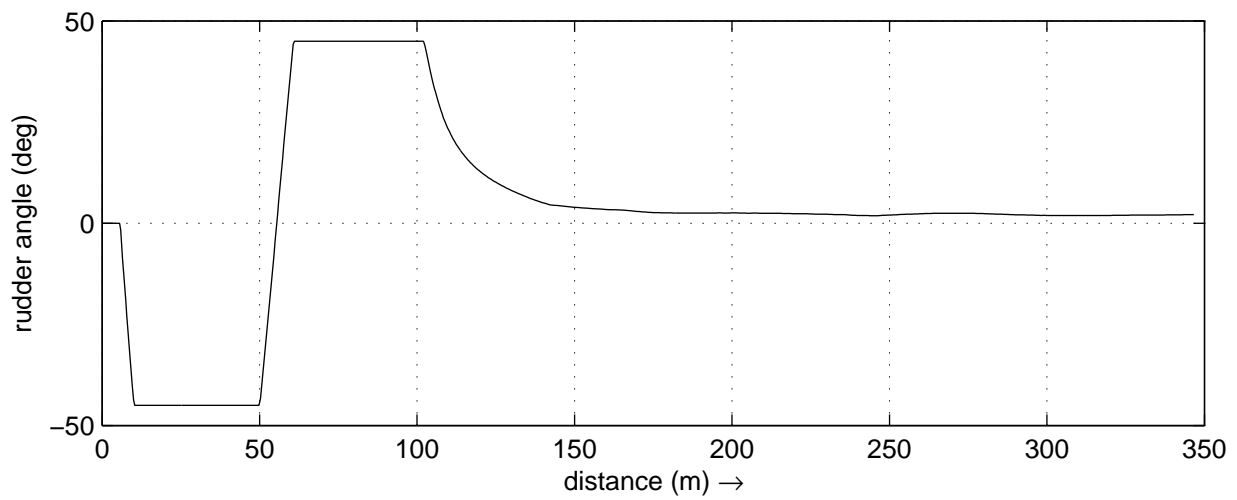
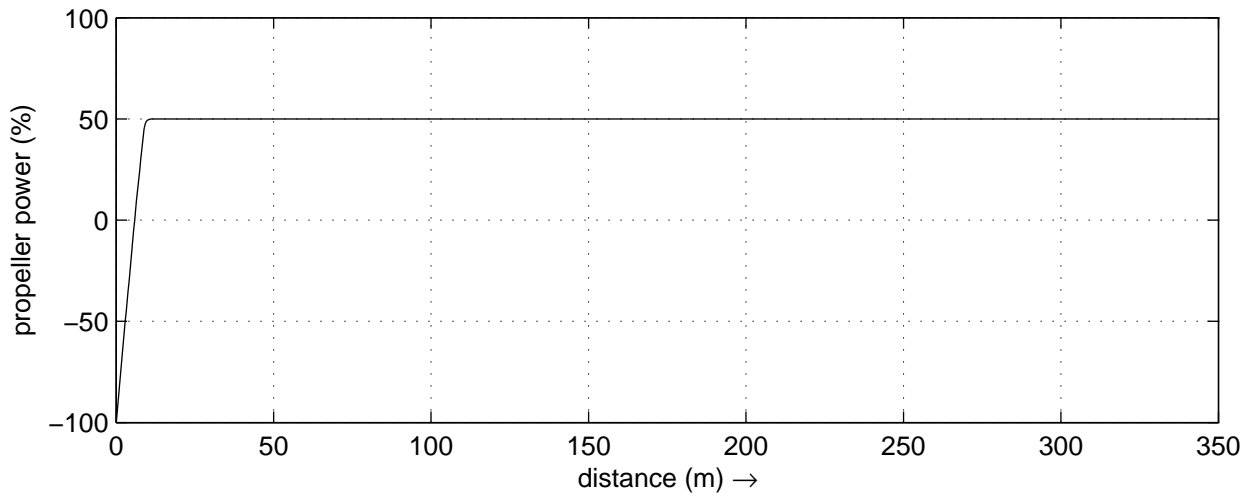
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4_2

Fig.A4_2 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

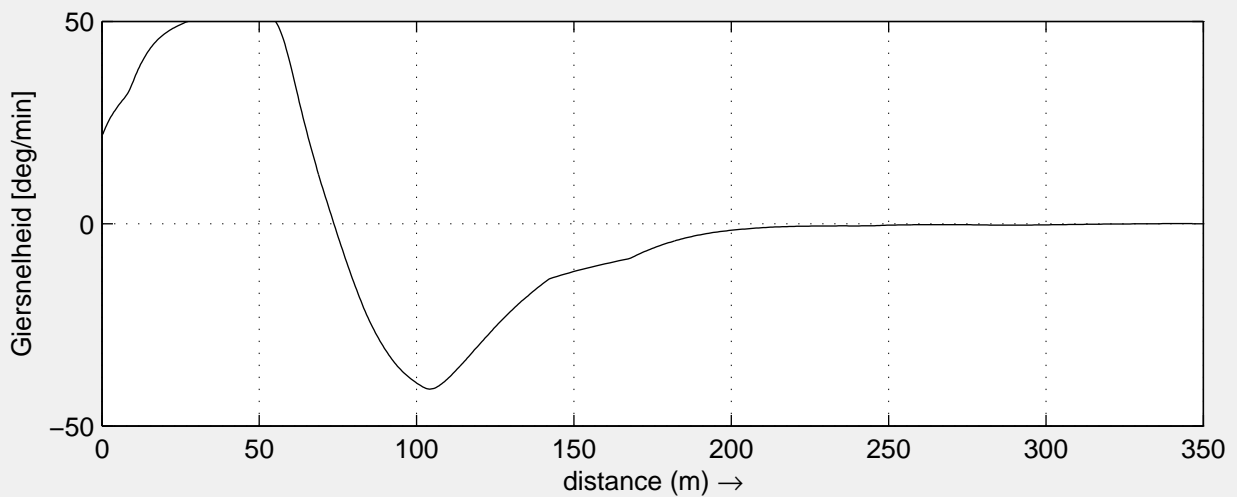
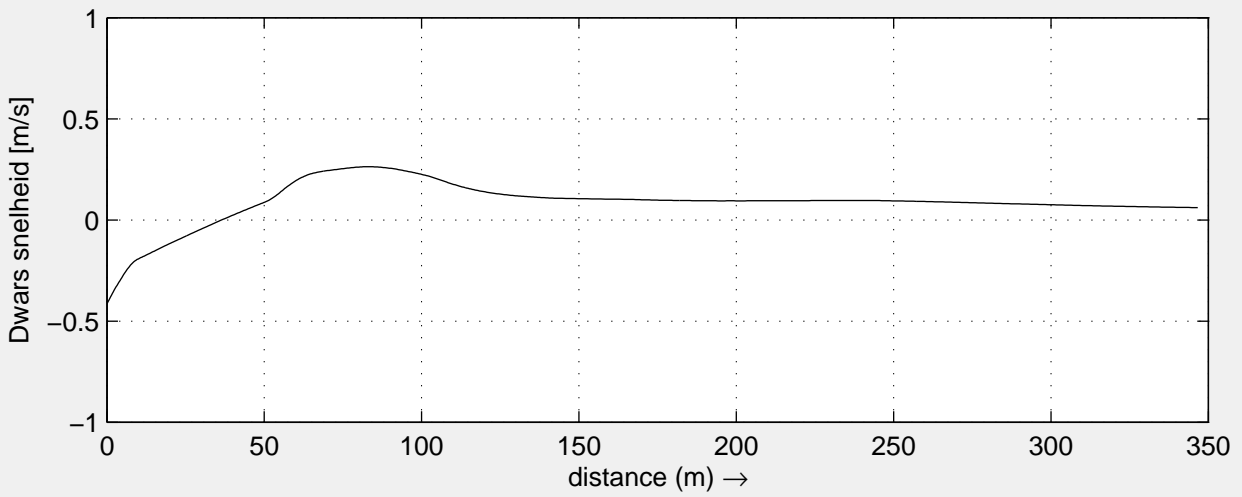
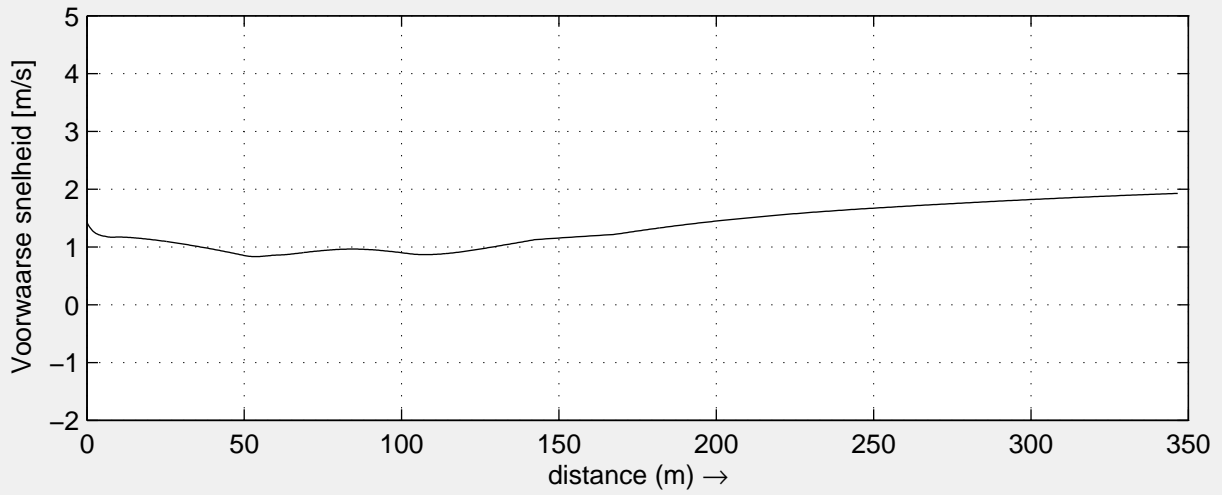
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4_2

Fig.A4_2 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

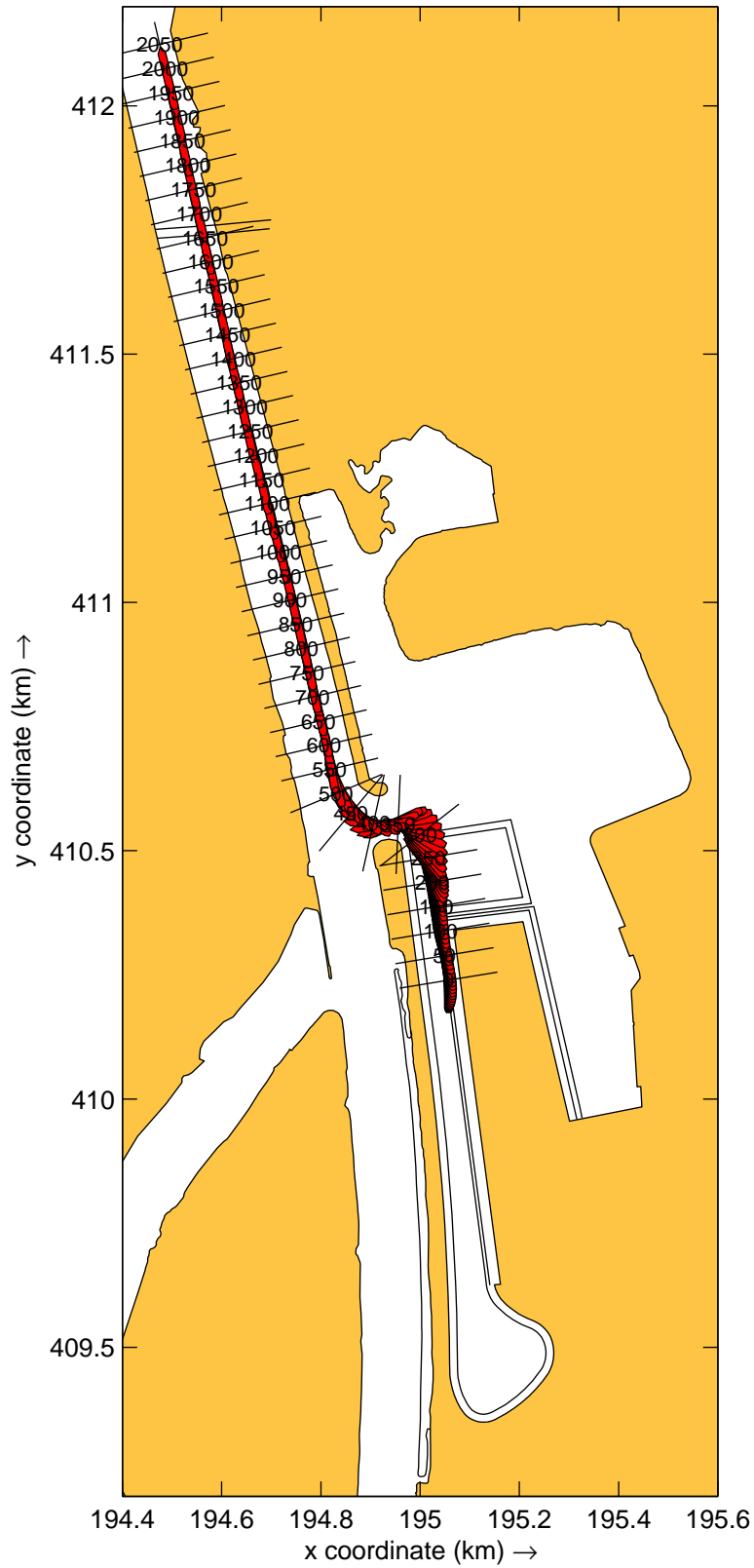
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A4_2

Fig.A4_2 -5



Overzicht baan klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

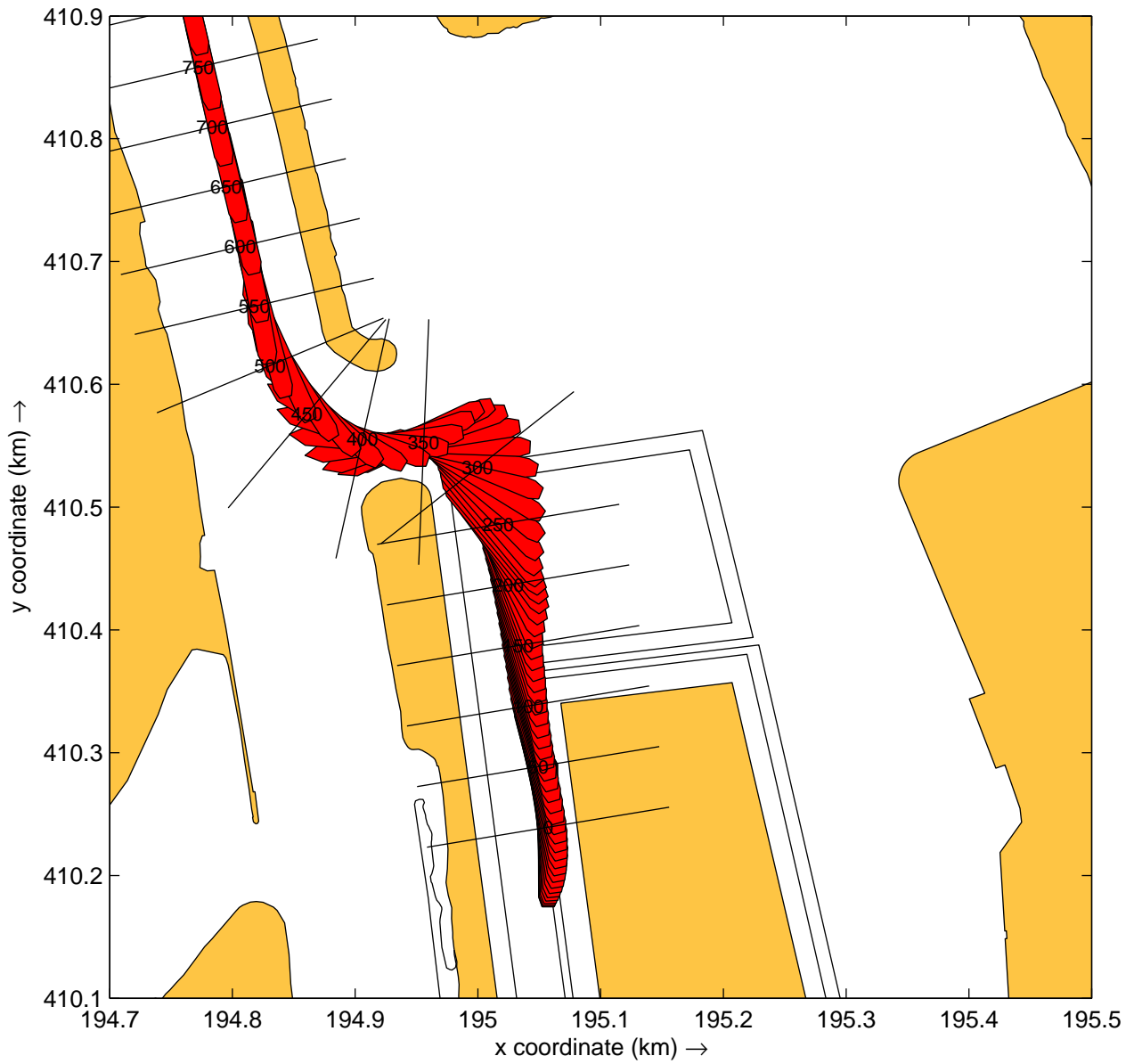
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A5

Fig.A5 -1



Detail haventoeegang klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

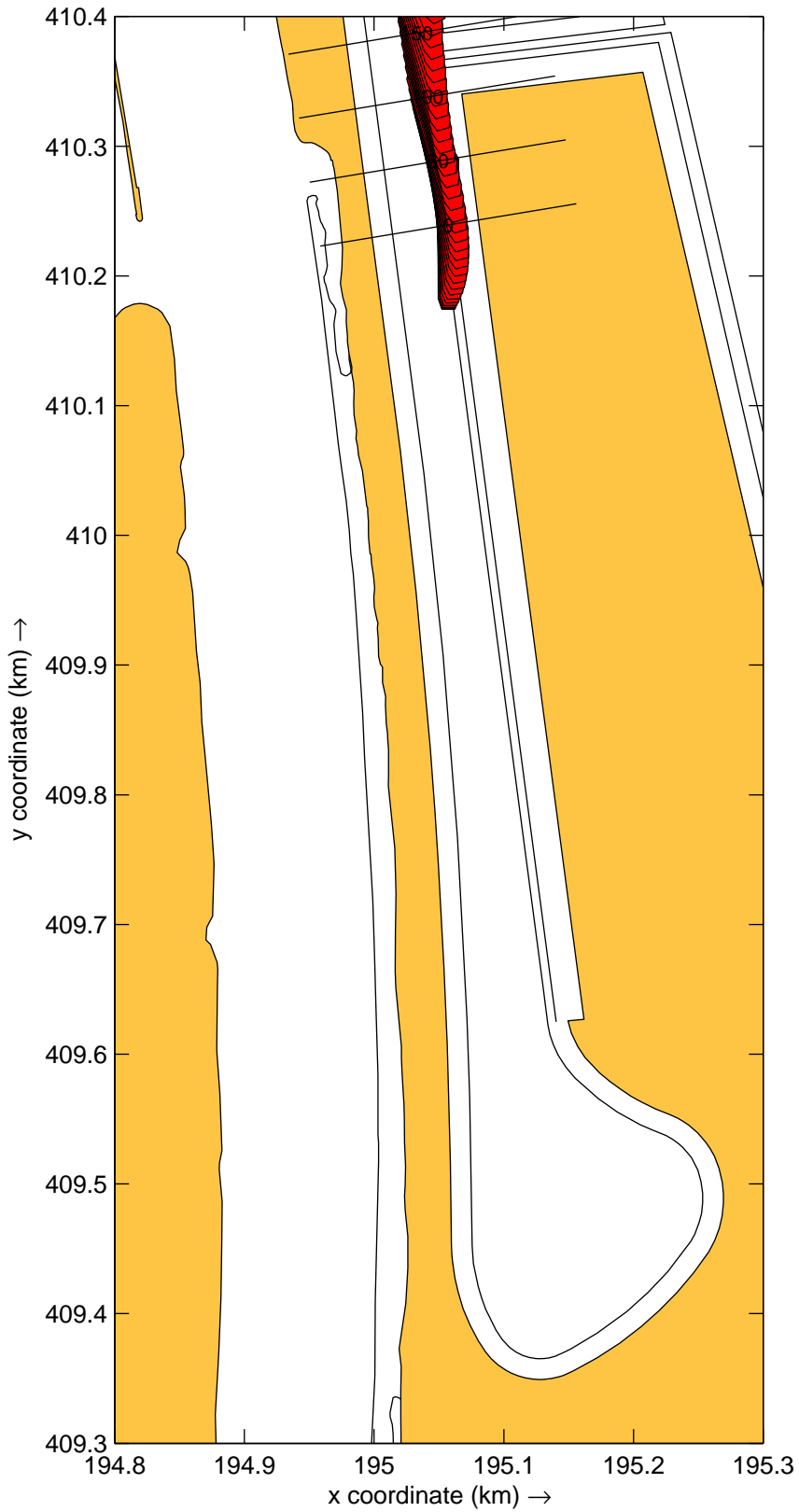
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A5

Fig.A5 -2



Detail binnenhaven klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

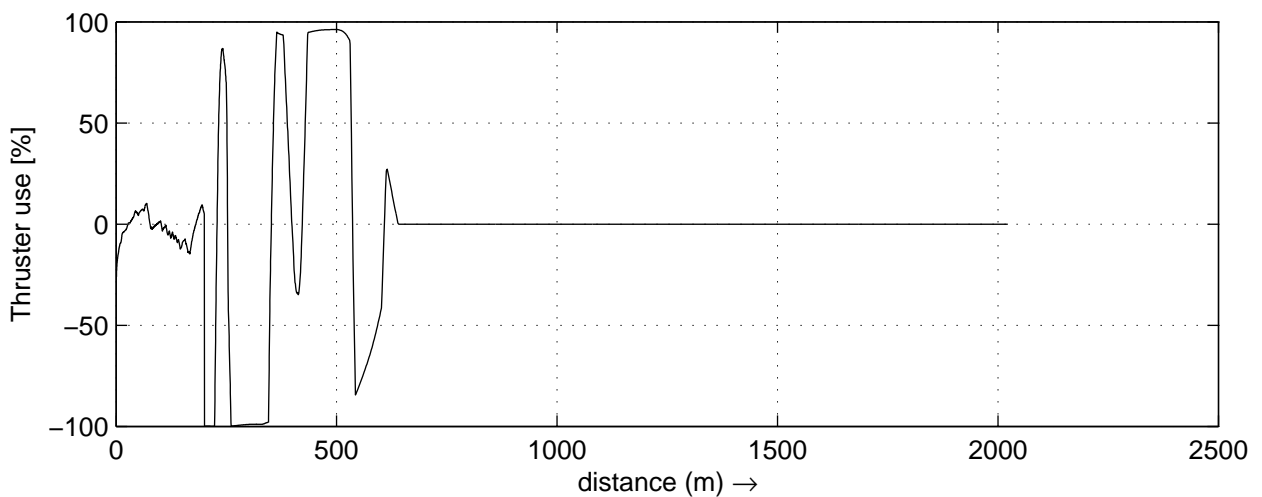
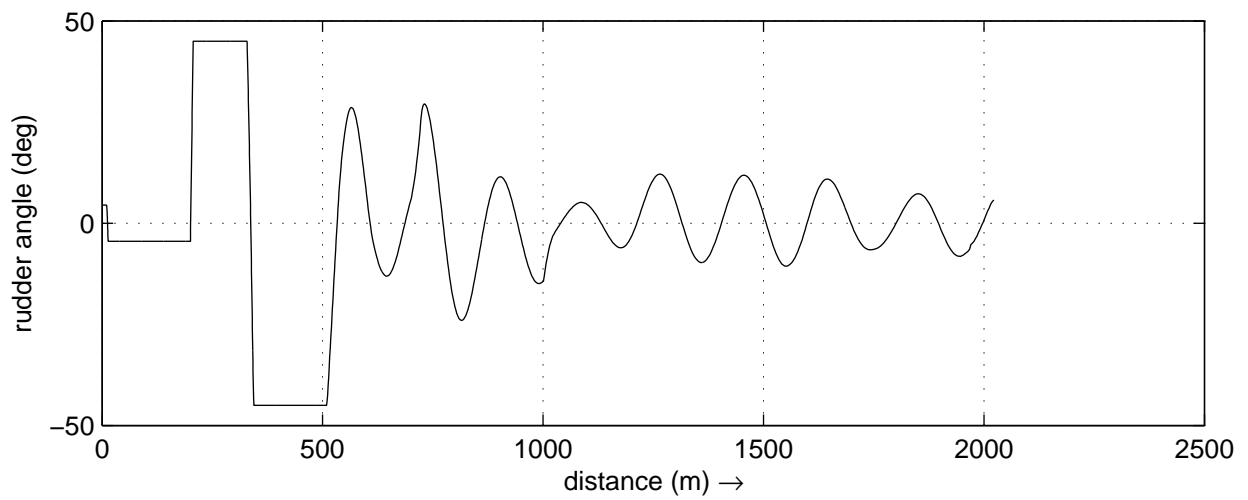
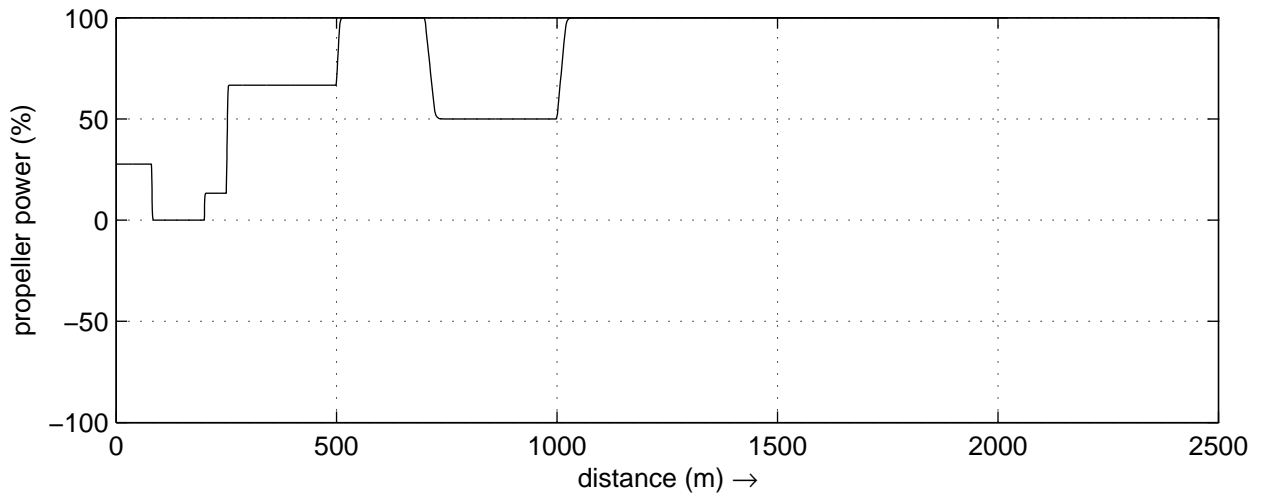
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A5

Fig.A5 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

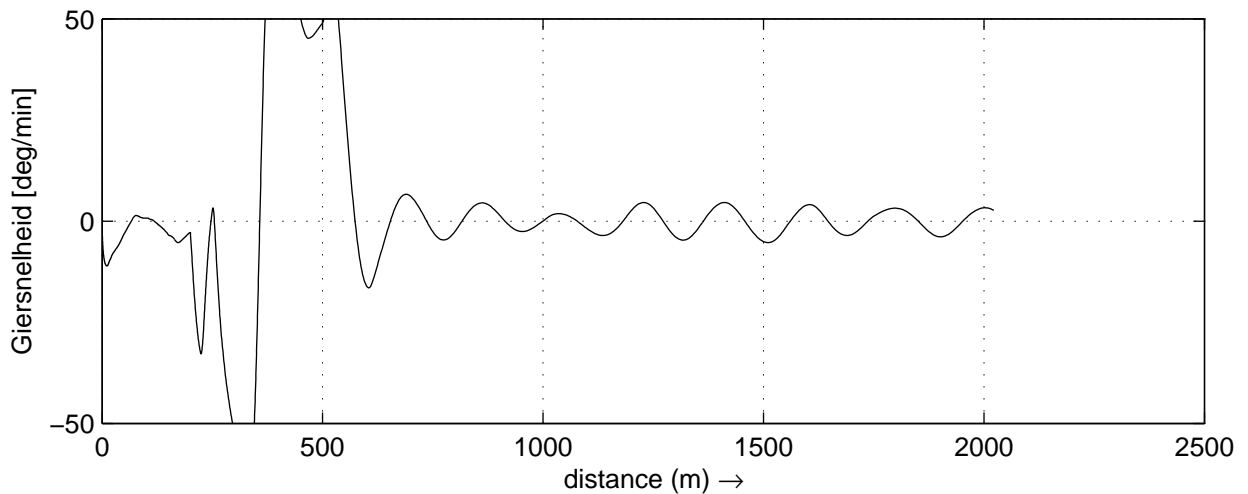
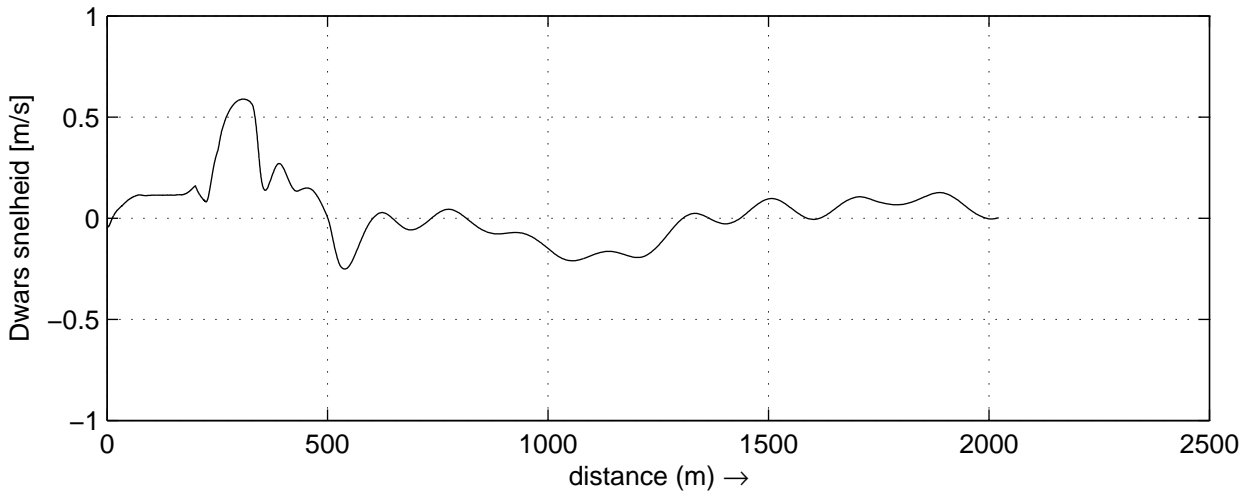
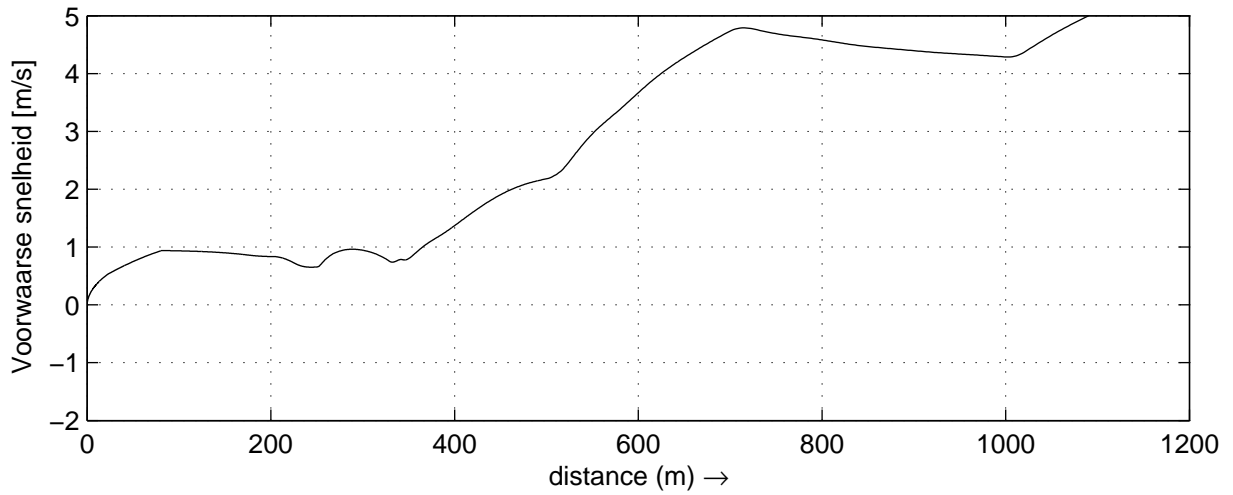
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A5

Fig.A5 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

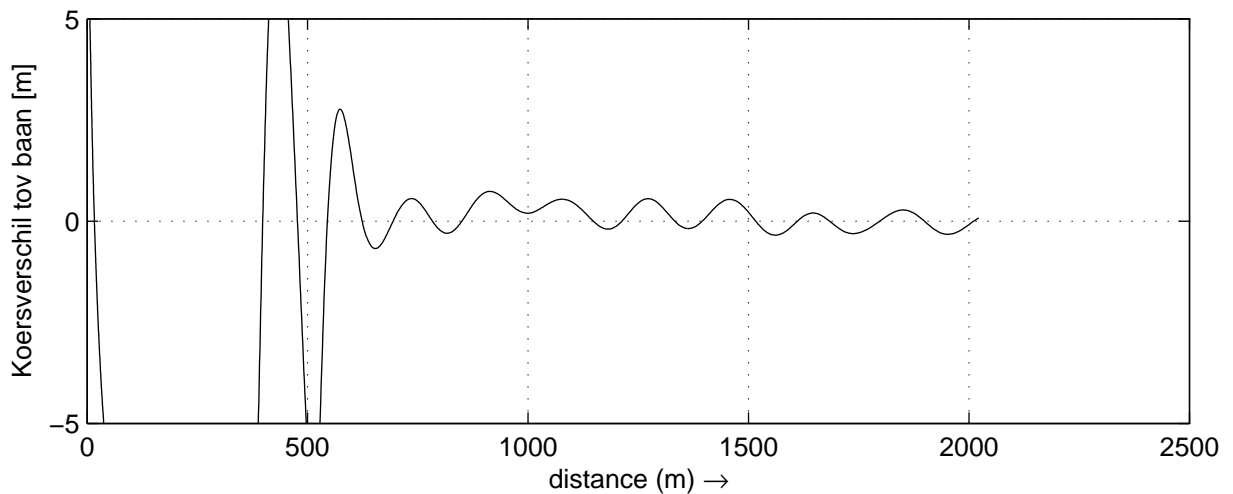
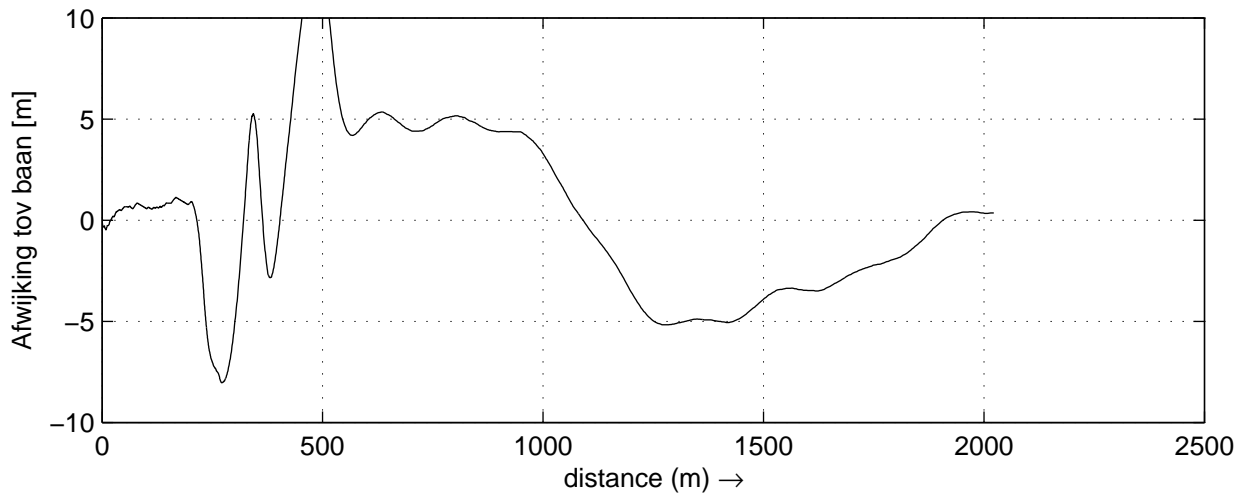
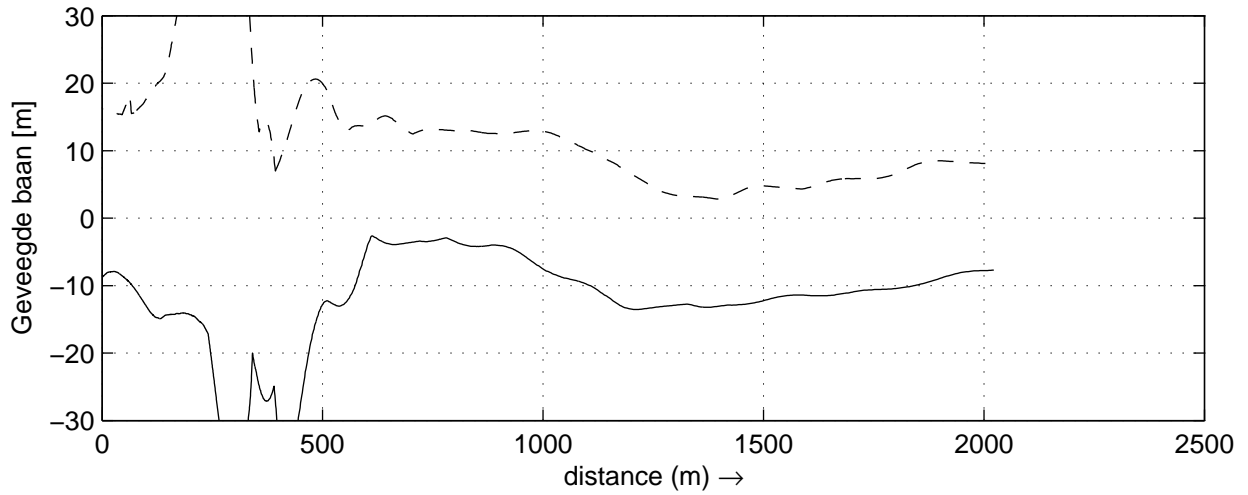
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A5

Fig.A5 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

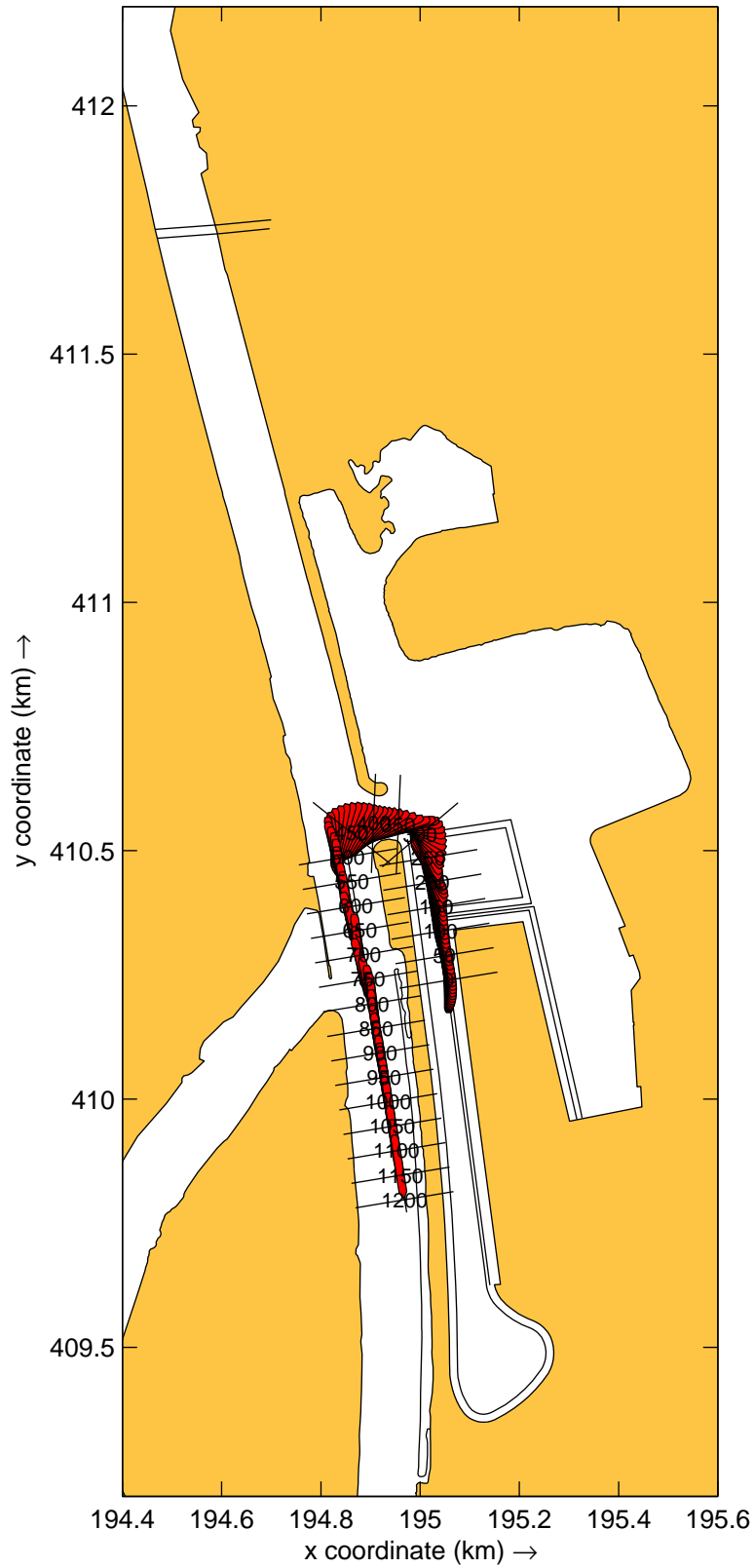
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A5

Fig.A5 -6



Overzicht baan klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

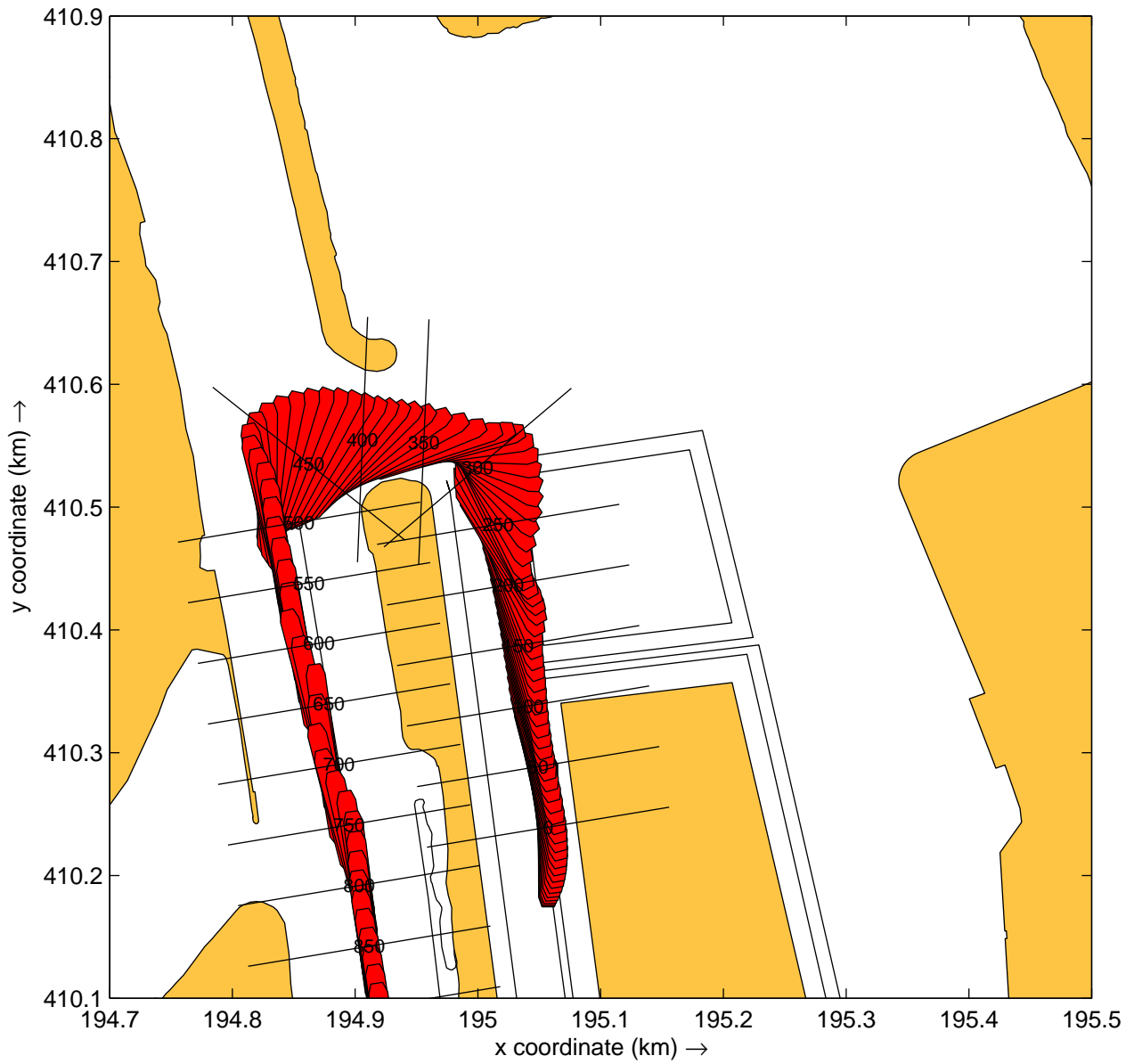
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A6

Fig.A6 -1



Detail haventoeegang klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

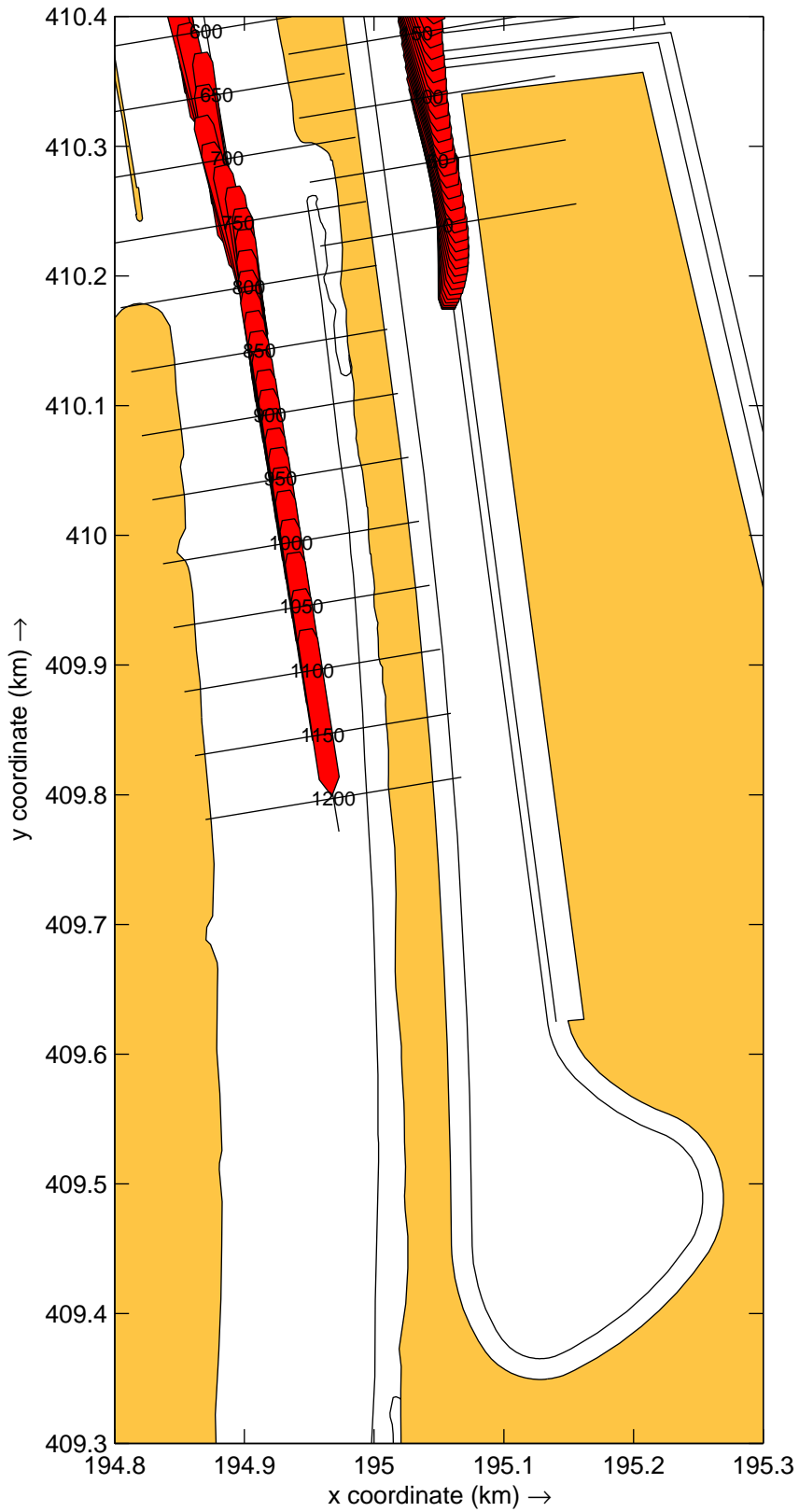
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A6

Fig.A6 -2



Detail binnenhaven klasse5a_derived_gel_135_B_15_5m
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

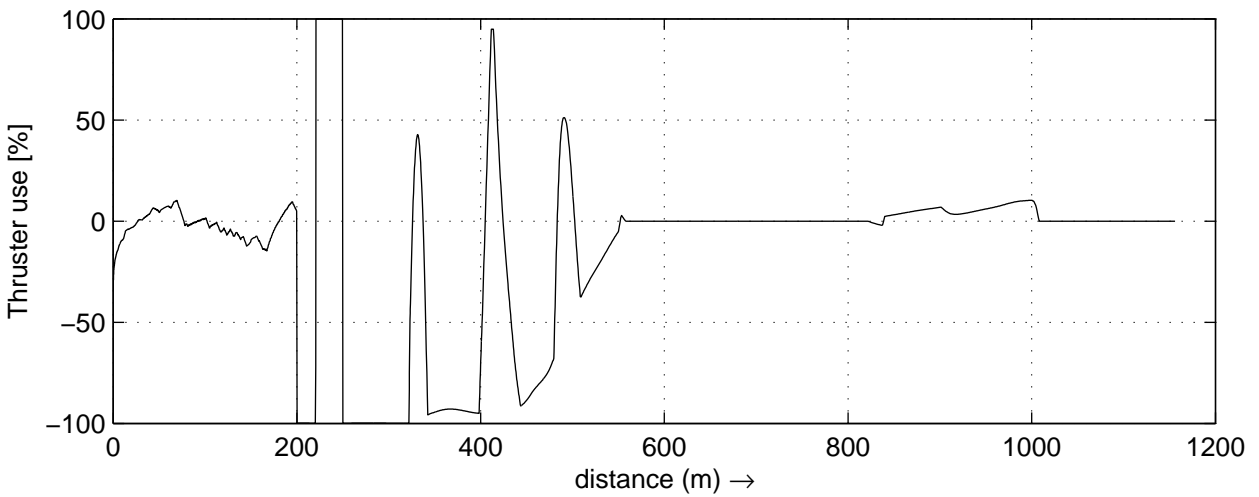
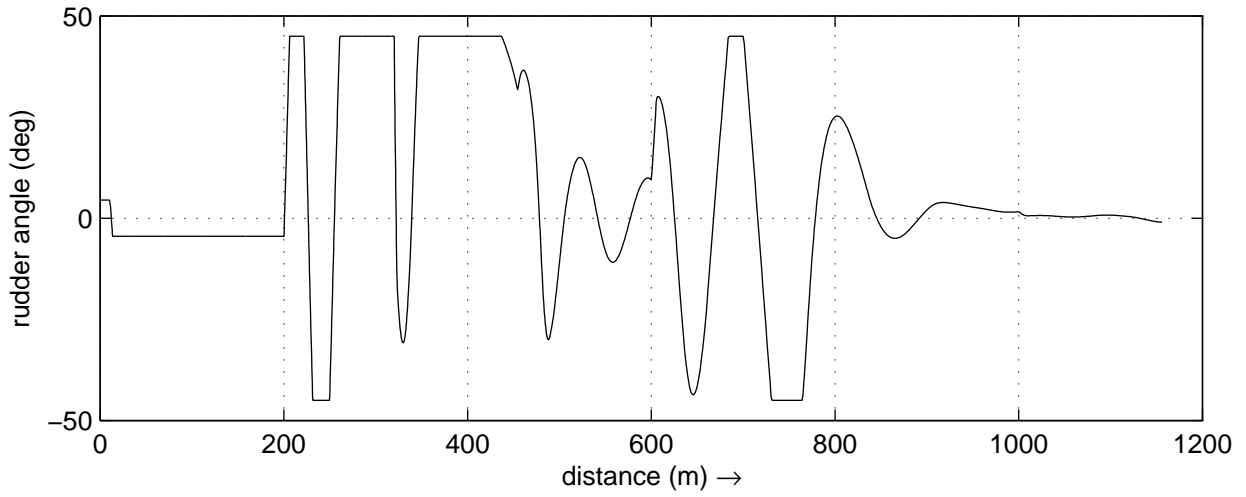
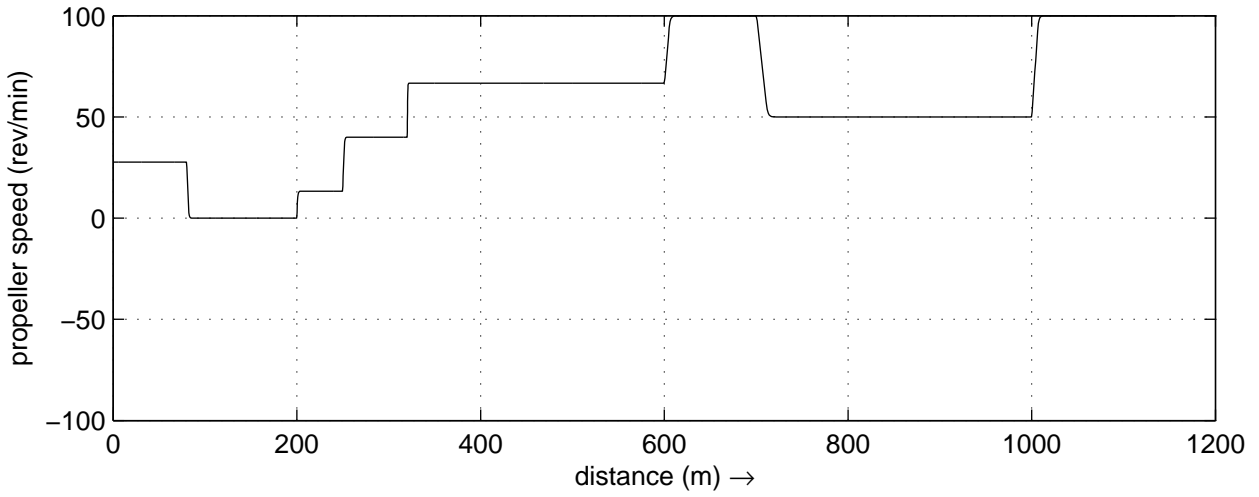
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A6

Fig.A6 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

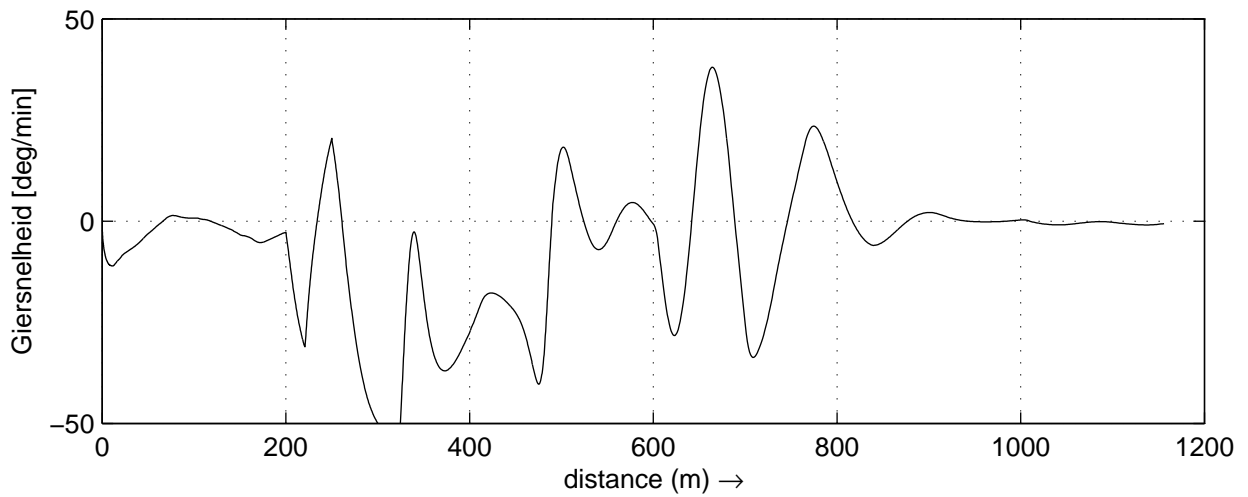
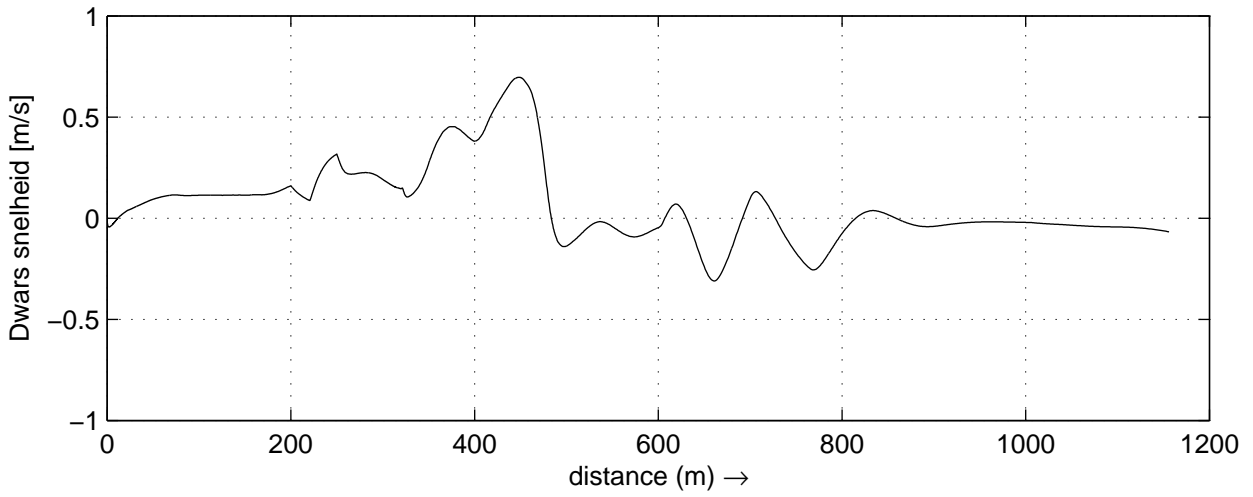
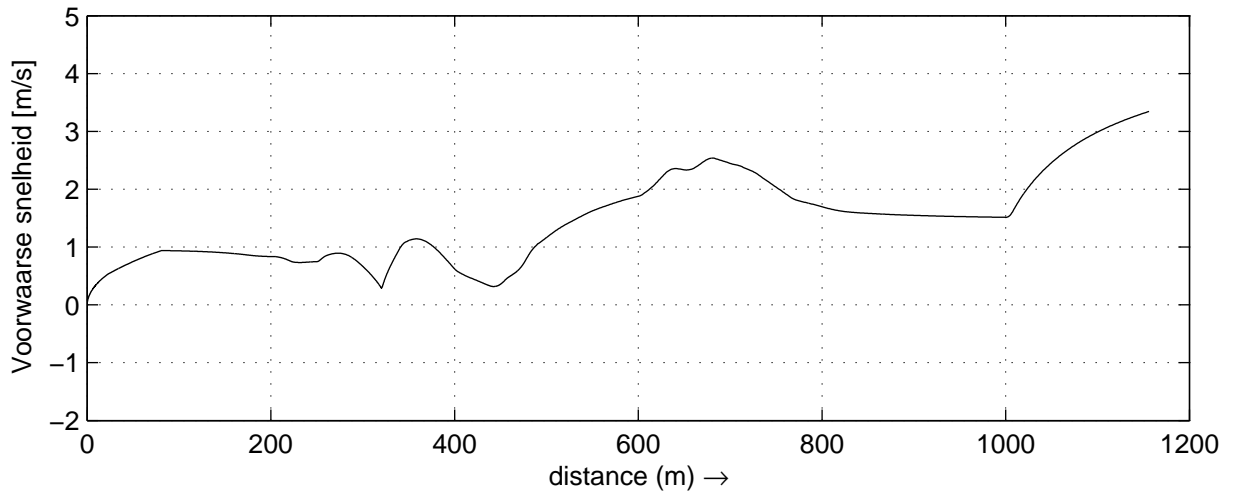
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A6

Fig.A6 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

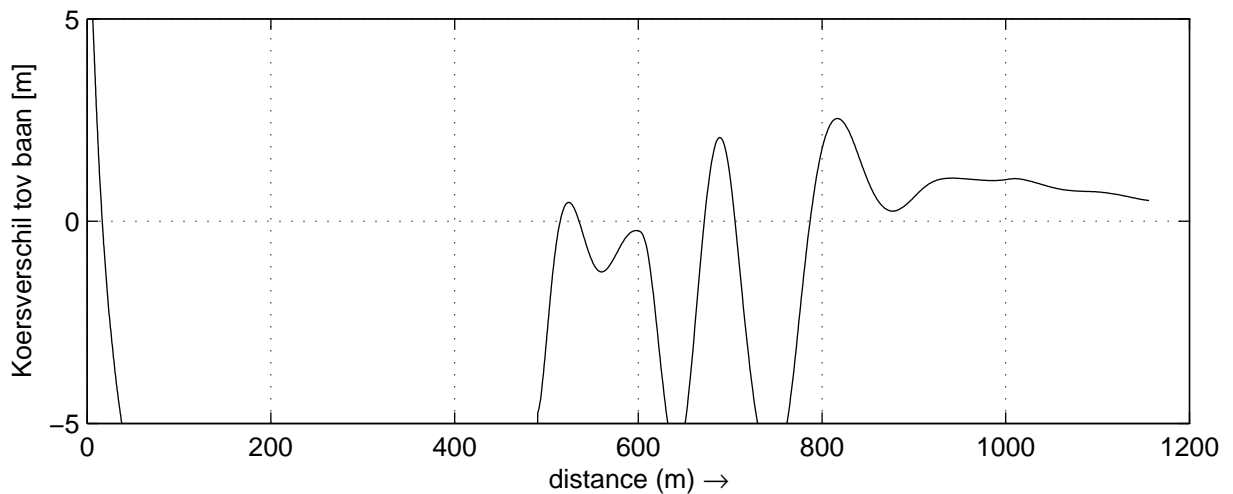
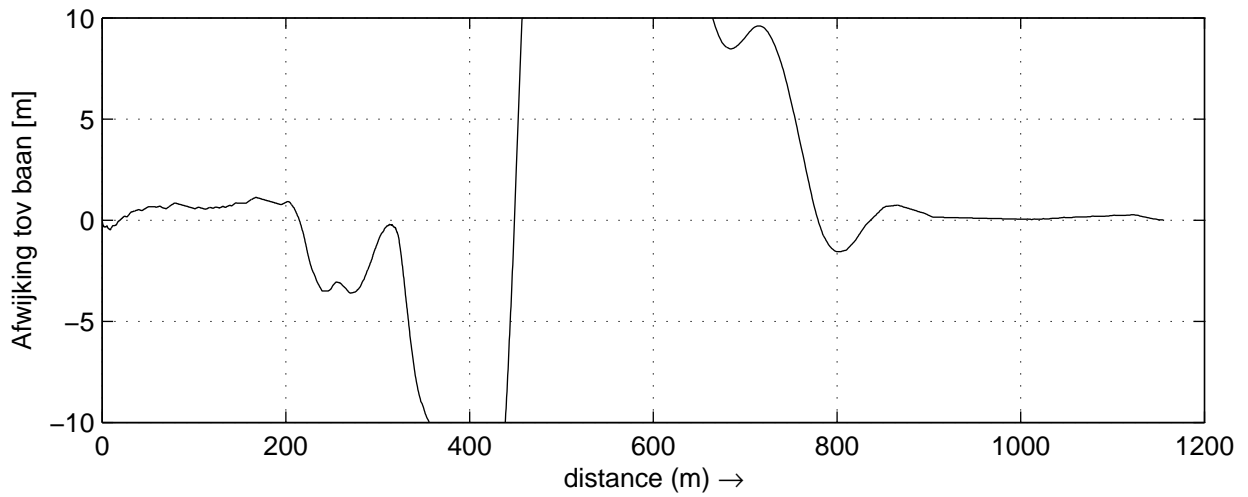
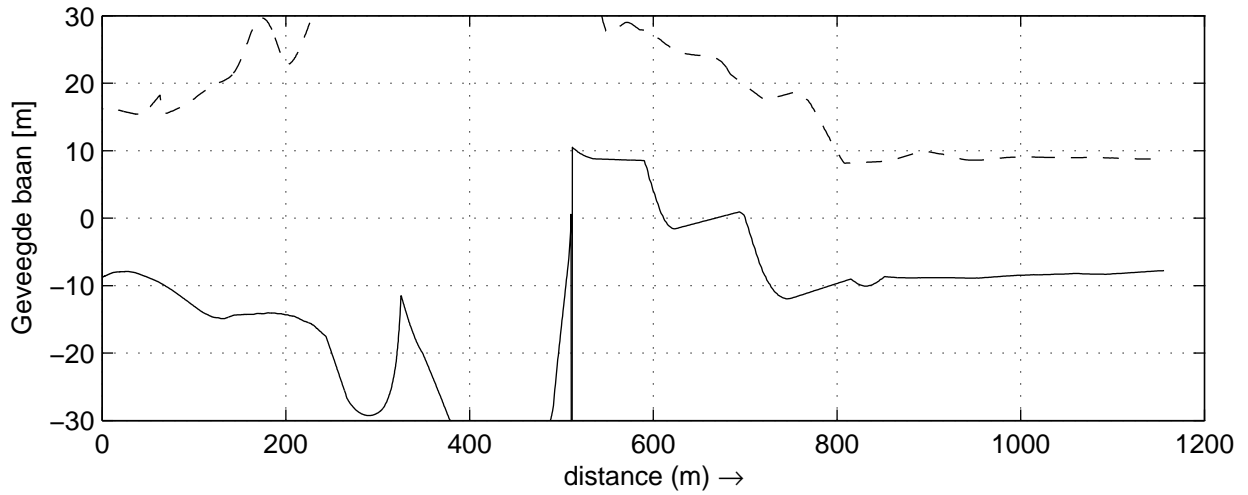
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A6

Fig.A6 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

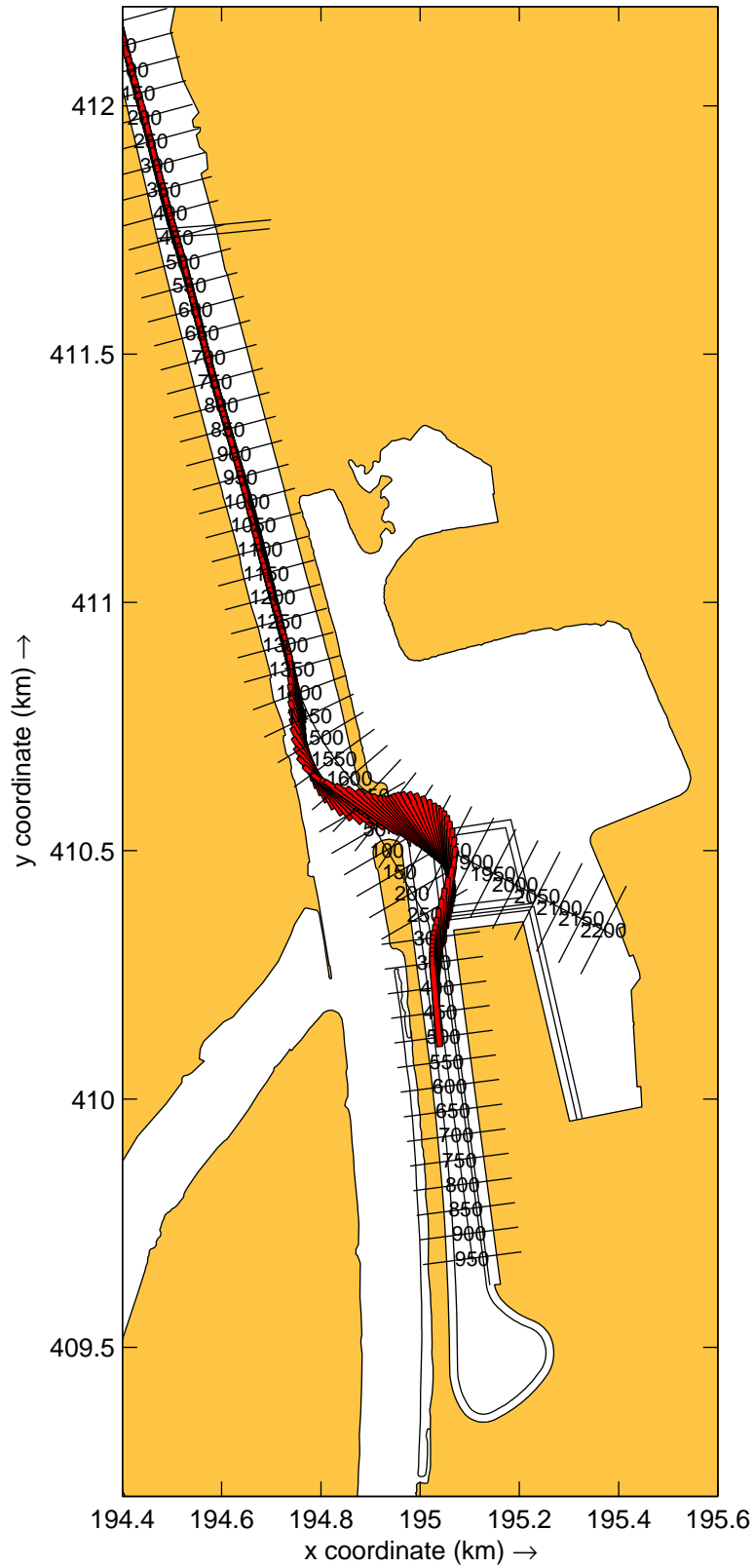
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run A6

Fig.A6 -6



Overzicht baan KlasseVb_geladen
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

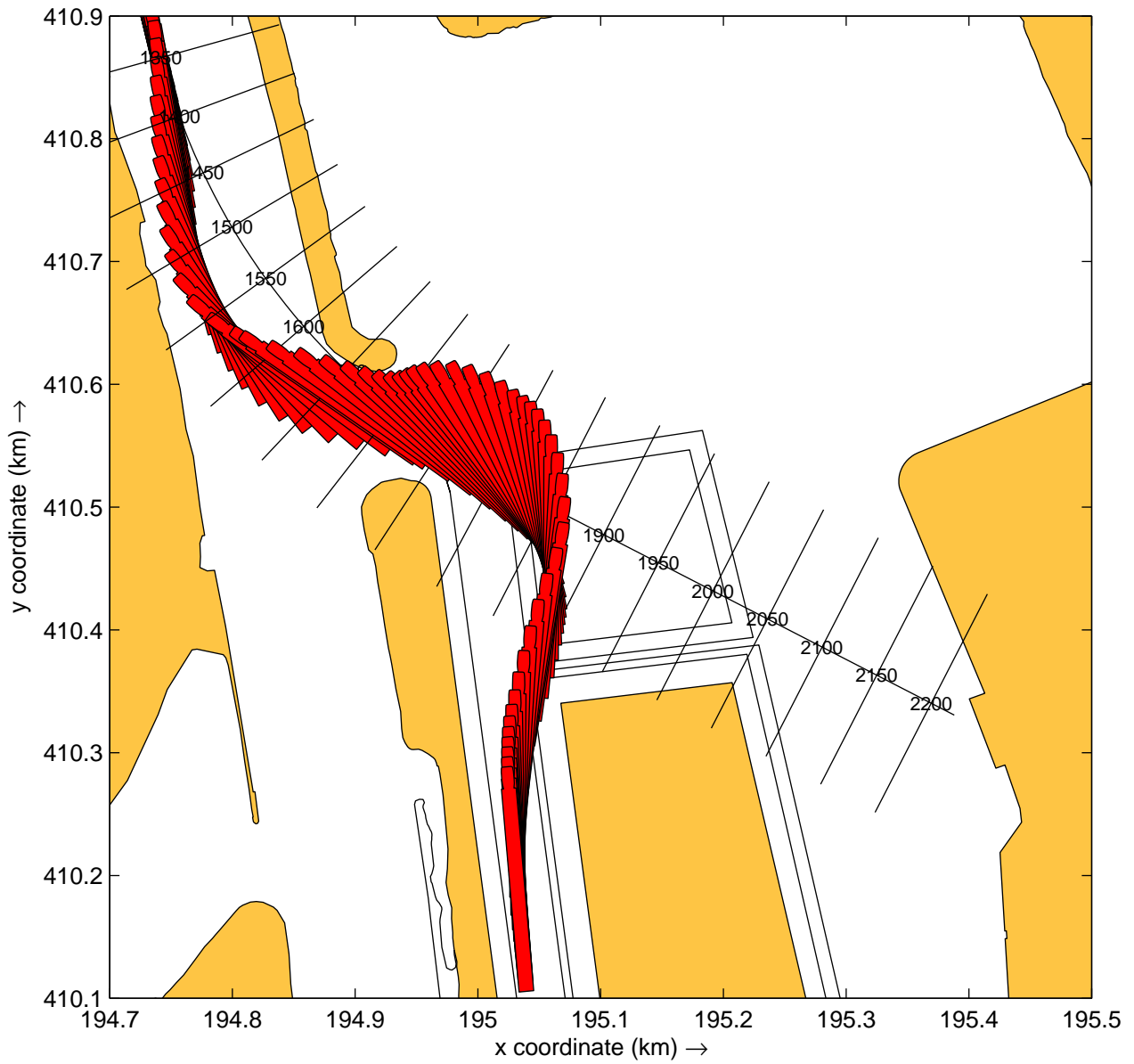
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1

Fig.B1 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_geladen
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

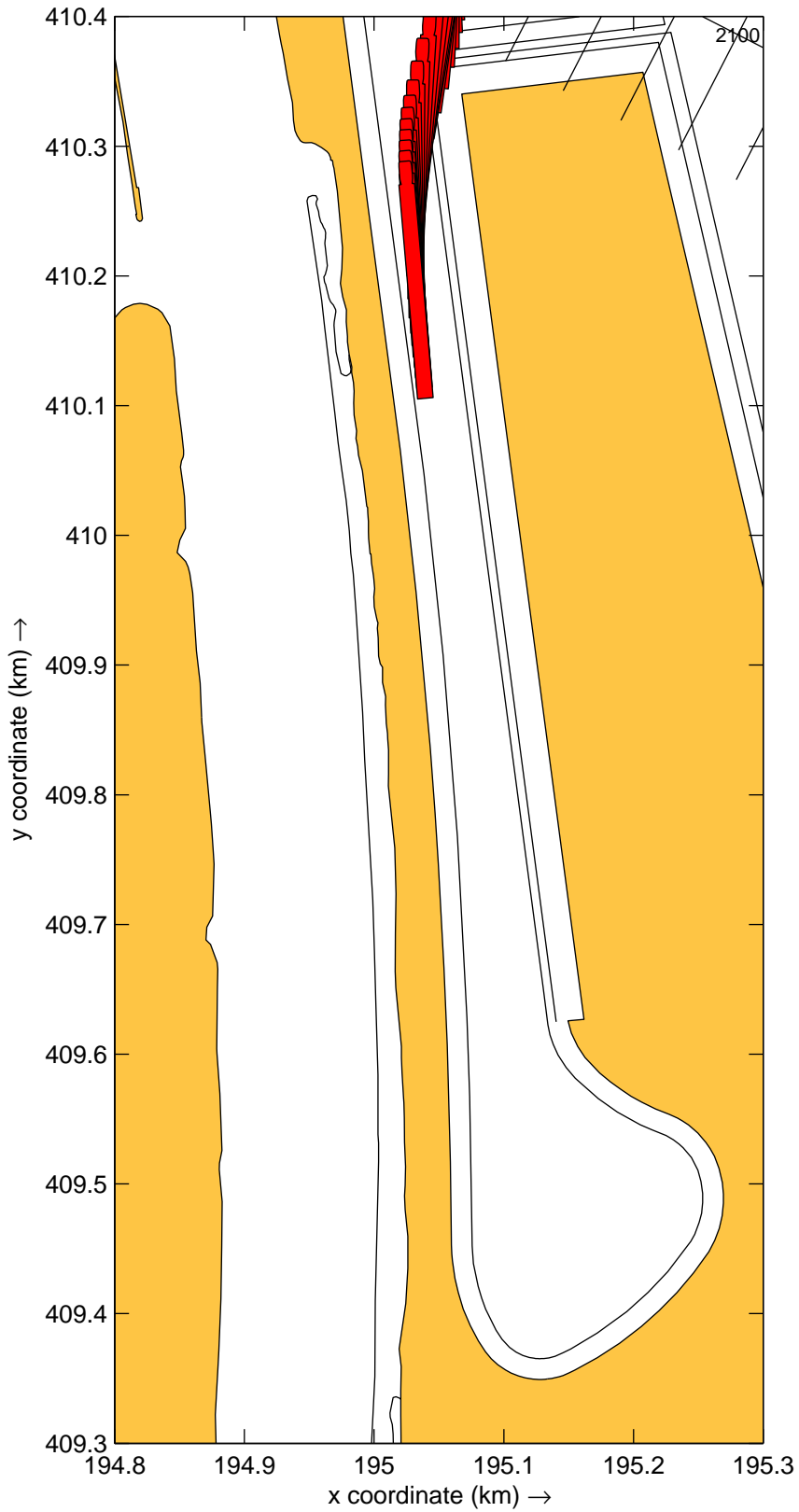
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1

Fig.B1 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_geladen
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

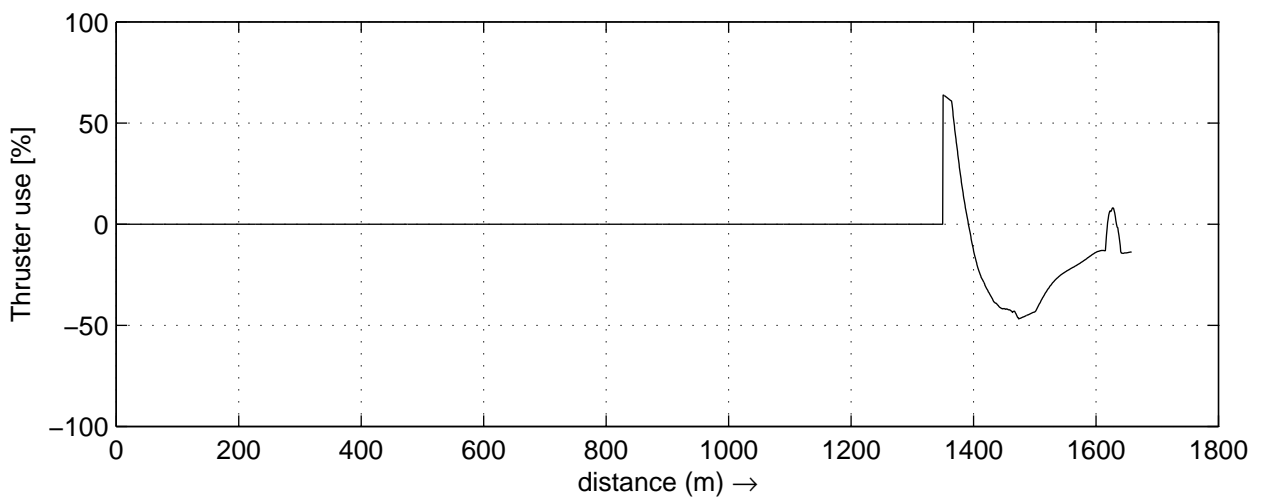
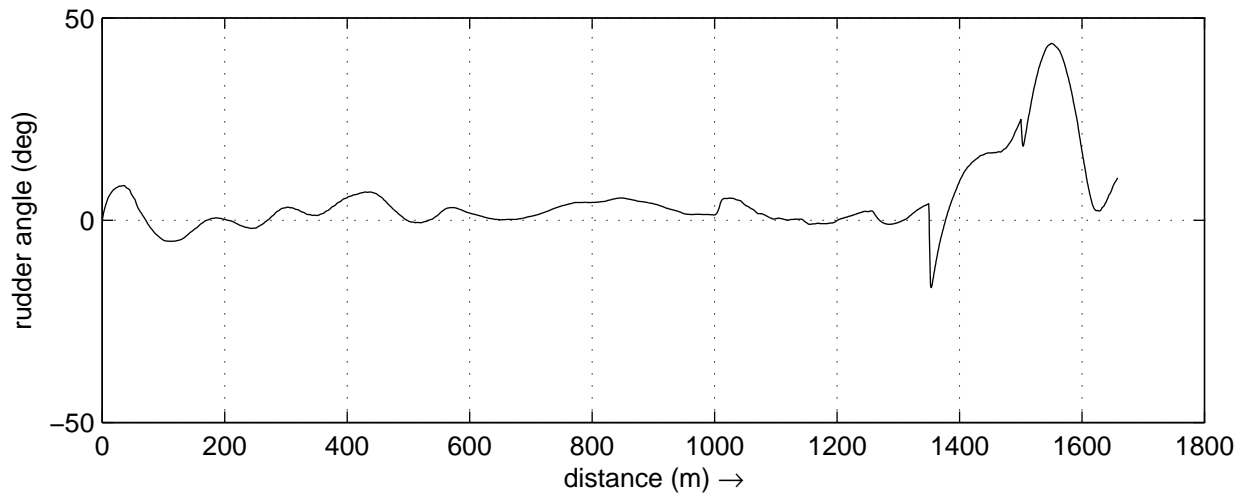
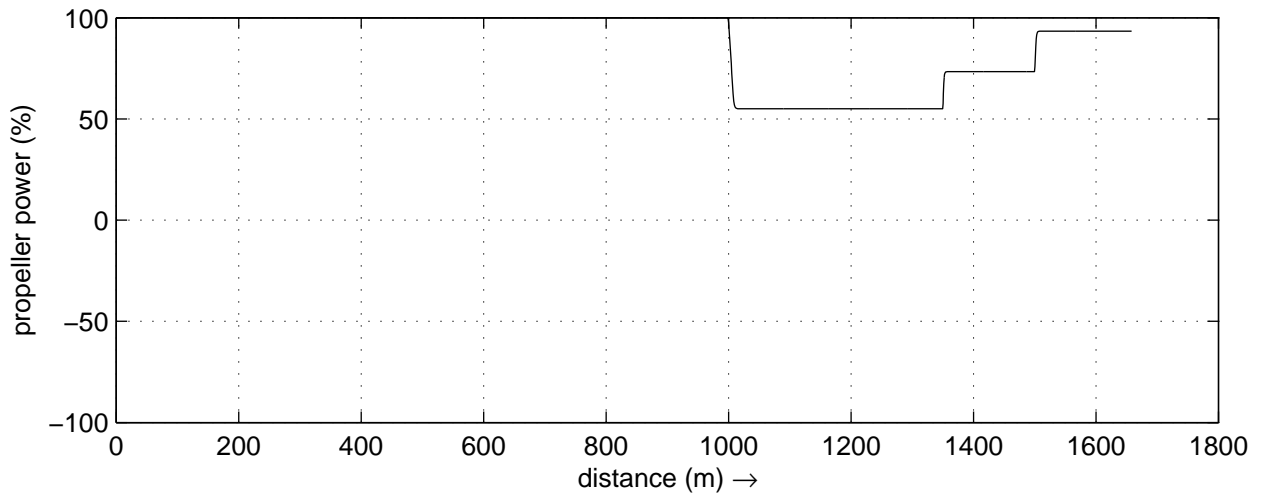
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1

Fig.B1 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

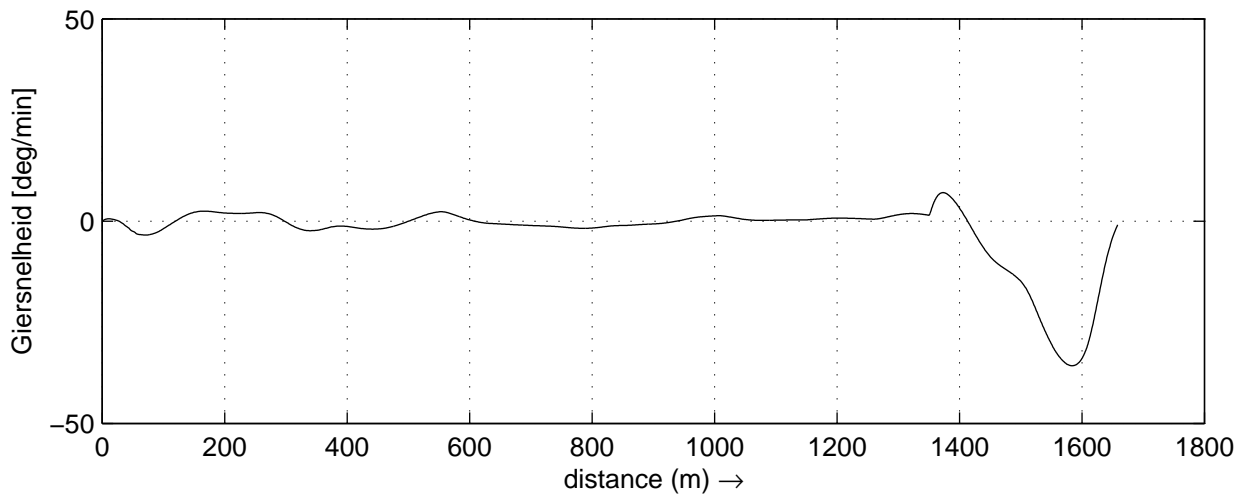
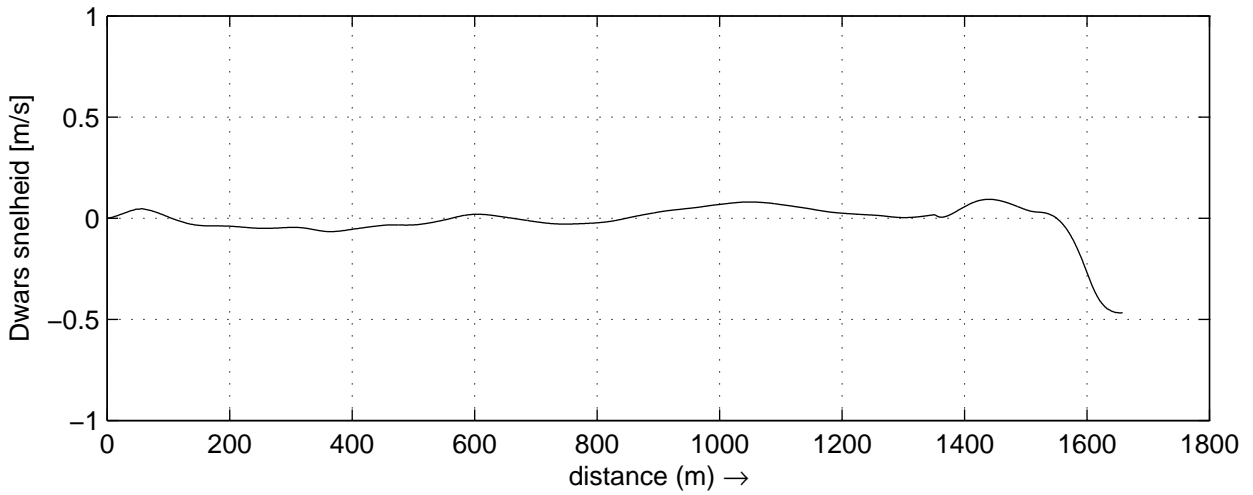
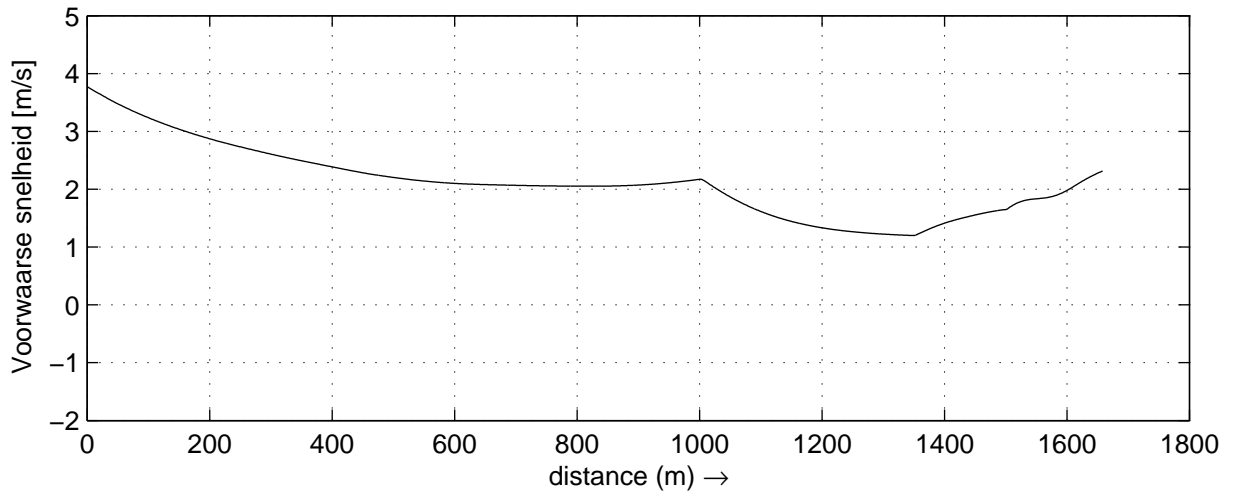
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1

Fig.B1 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

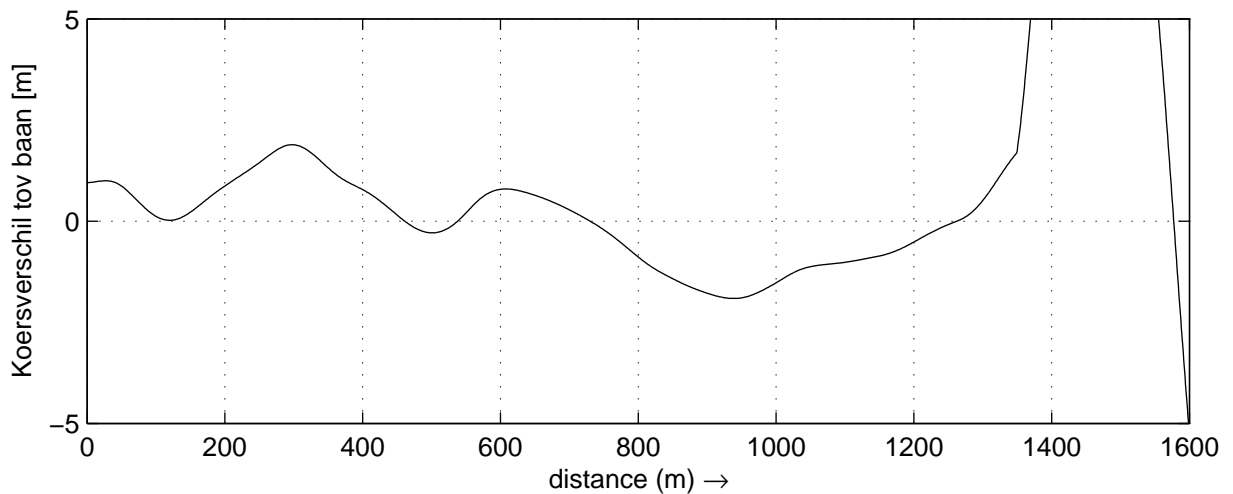
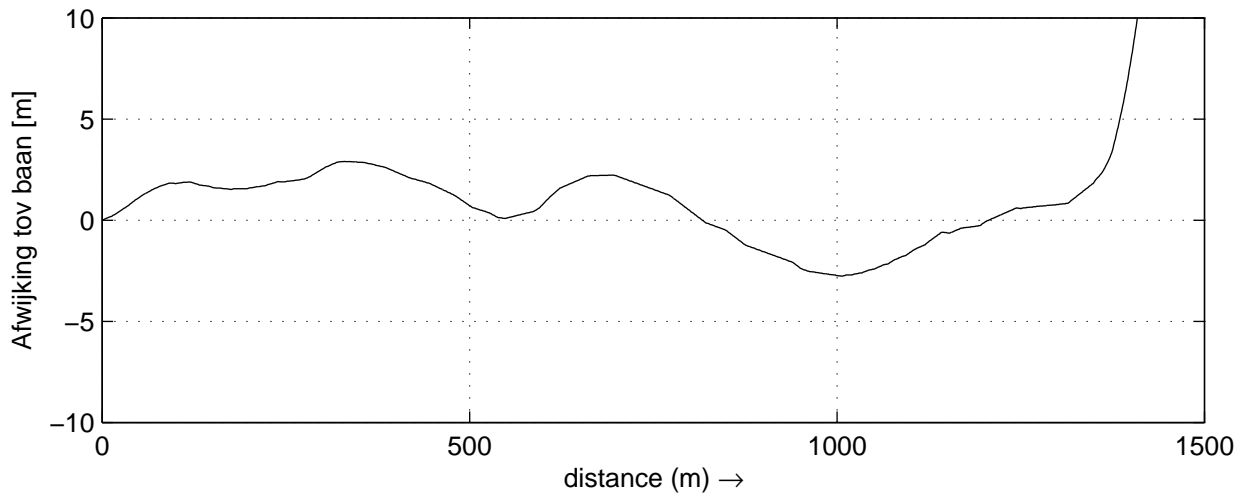
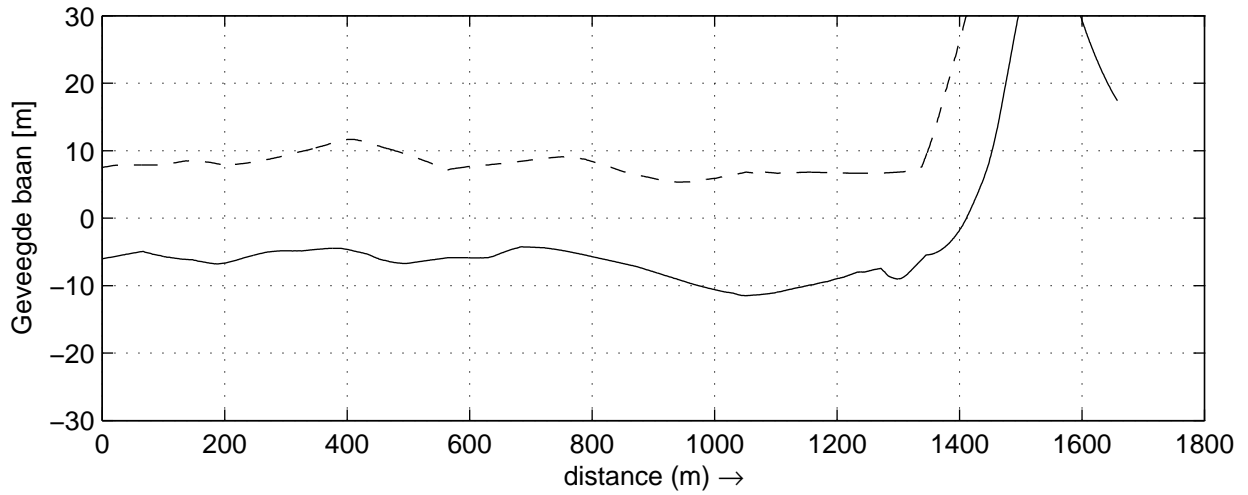
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1

Fig.B1 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

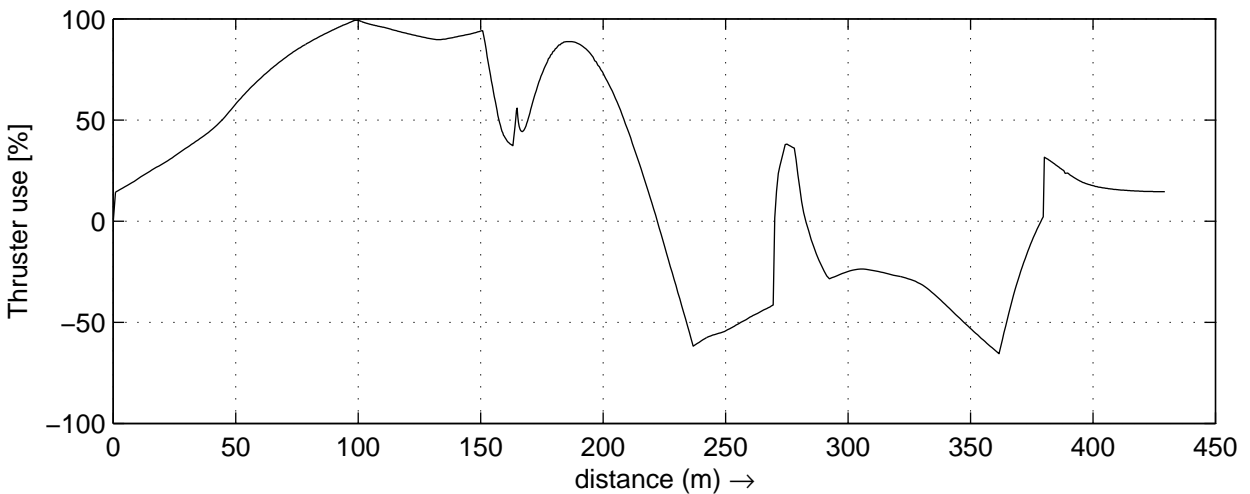
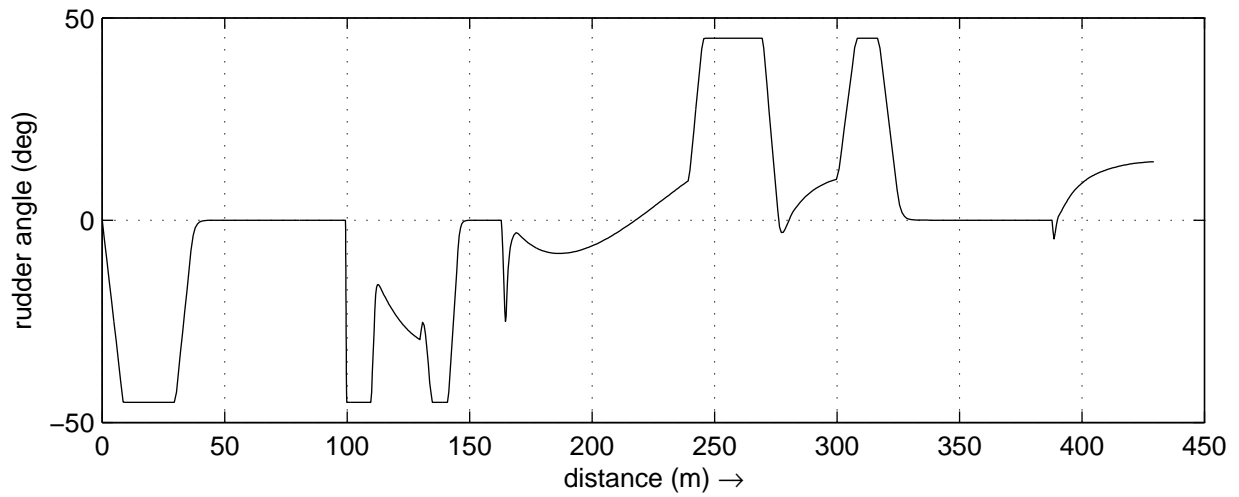
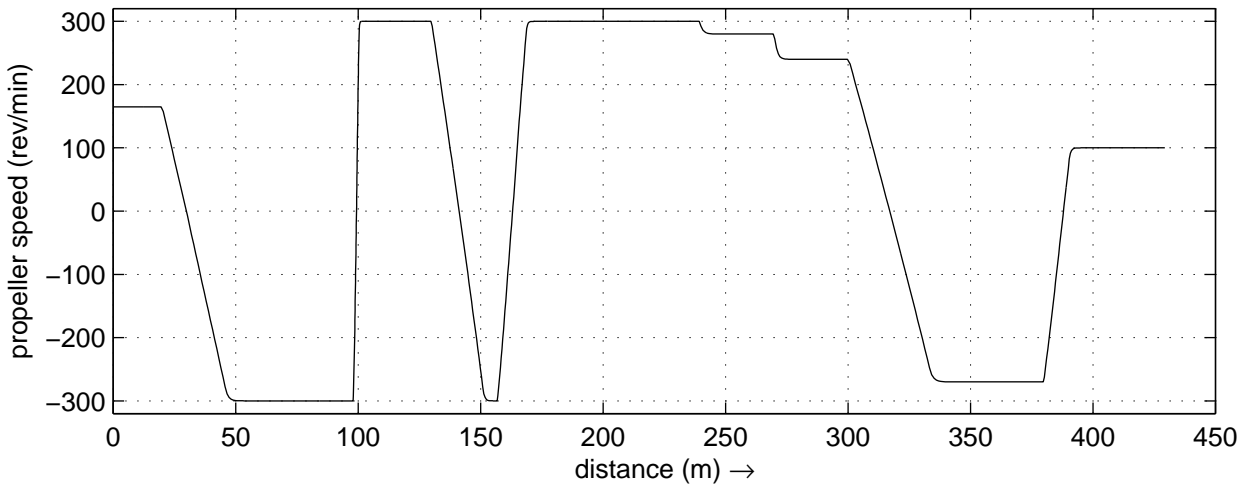
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1

Fig.B1 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

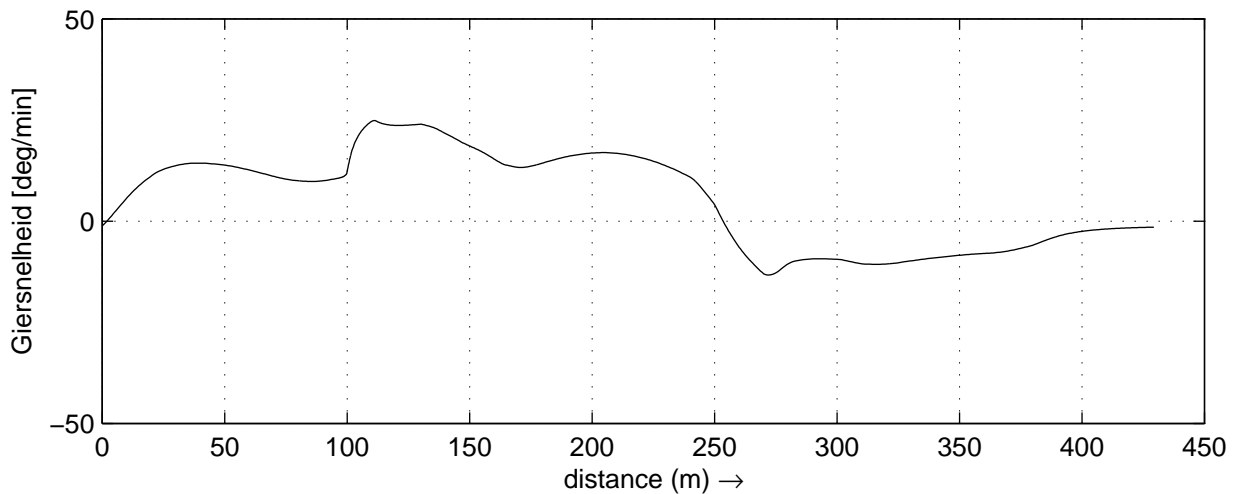
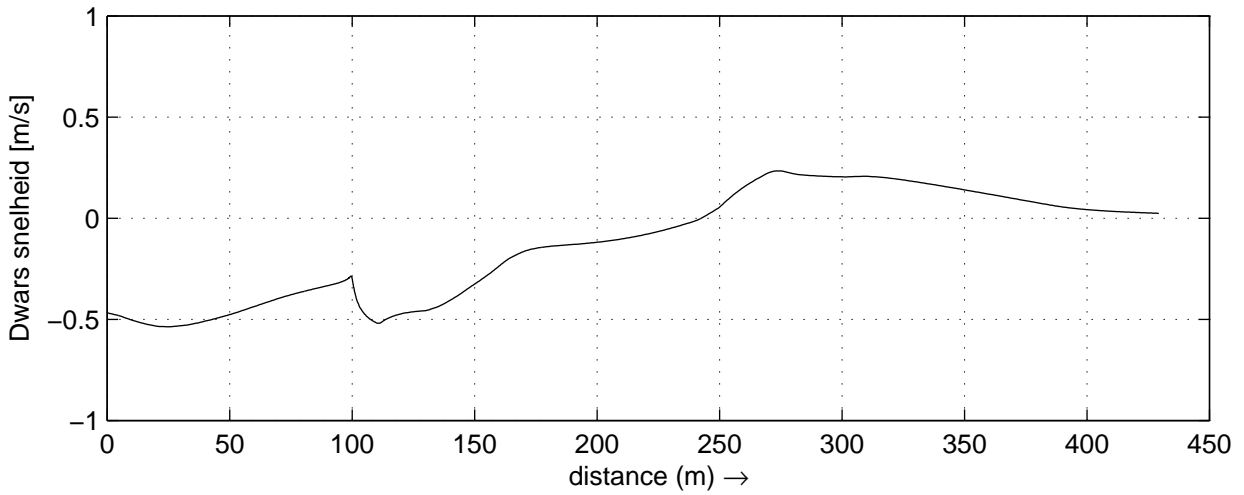
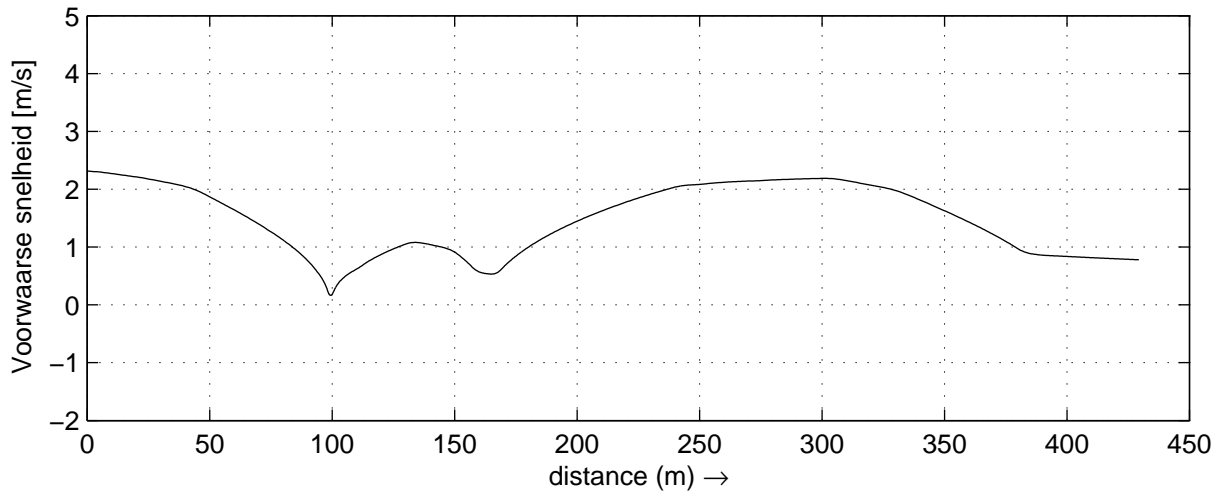
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1_d2

Fig.B1_d2 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

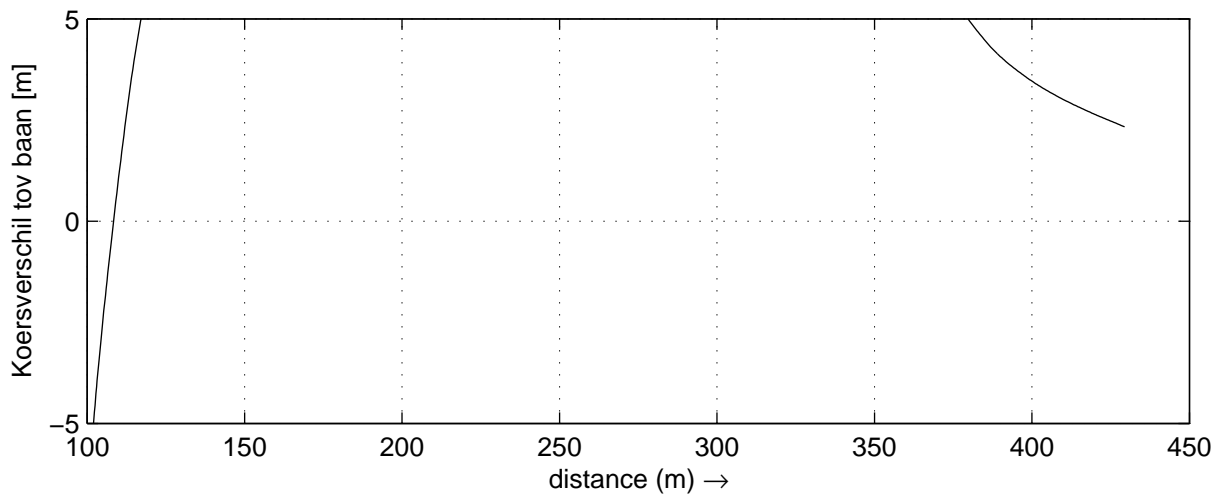
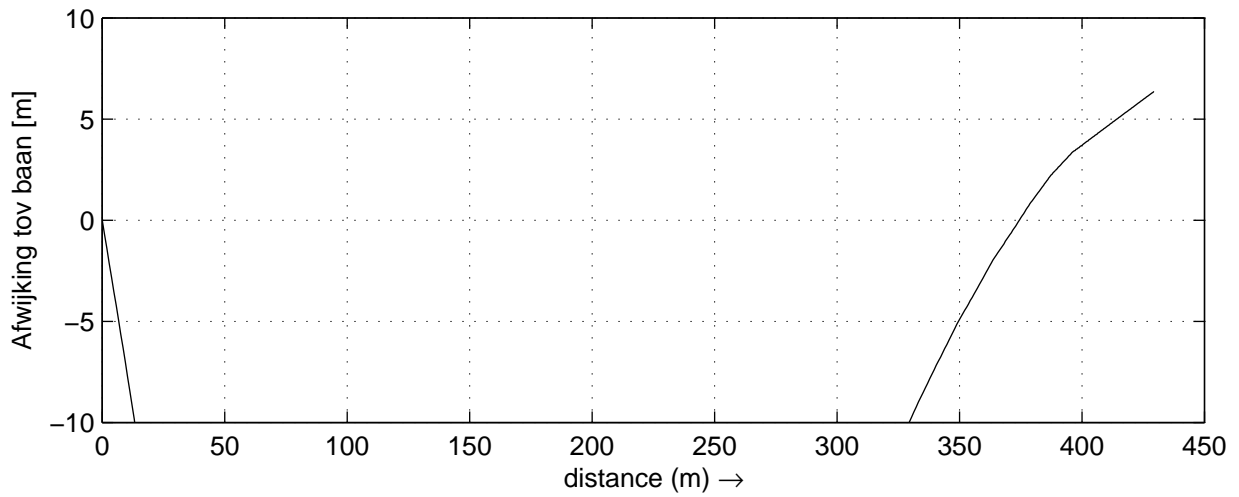
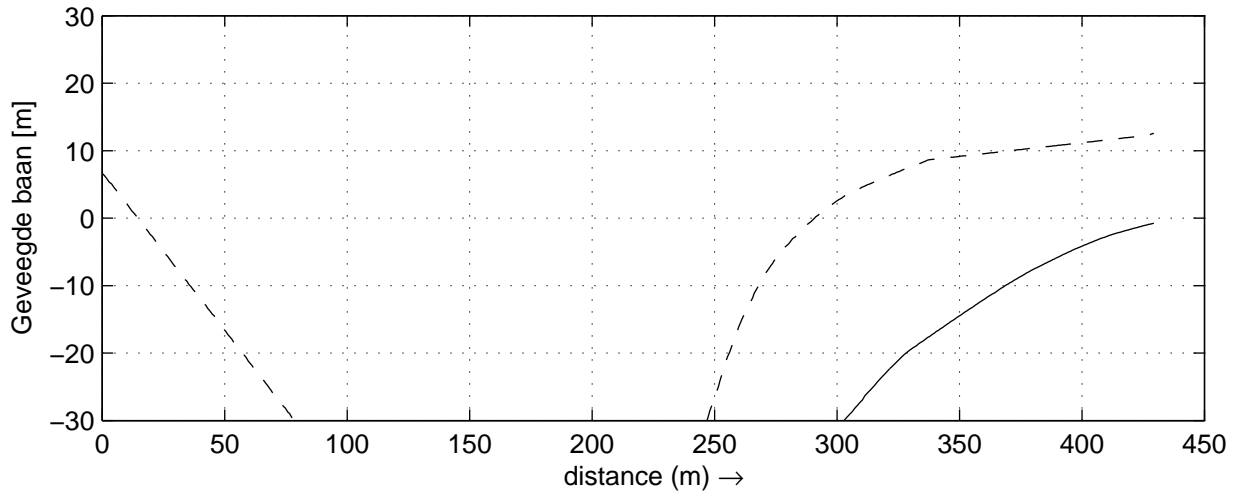
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1_d2

Fig.B1_d2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

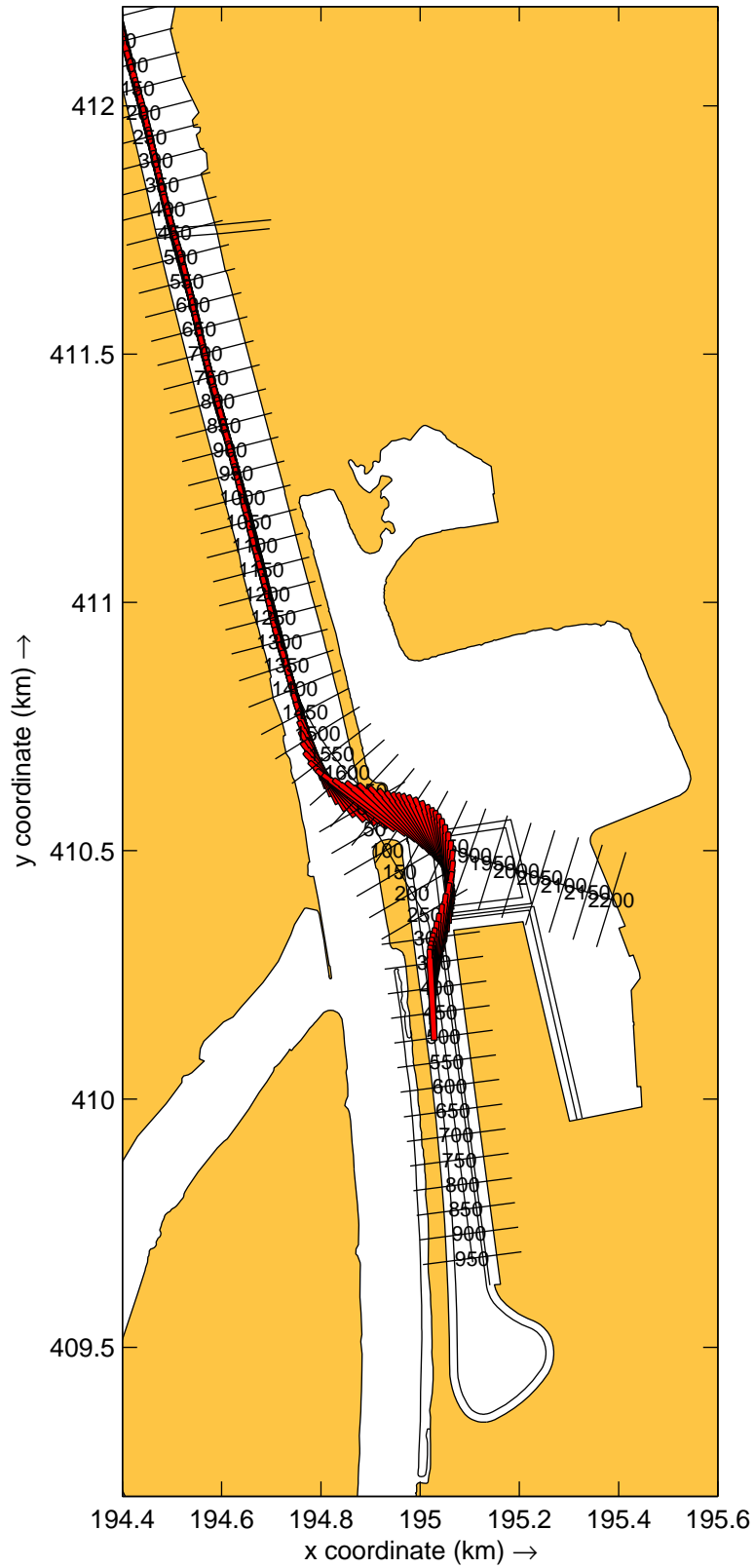
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B1_d2

Fig.B1_d2 -6



Overzicht baan KlasseVb_geladen
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

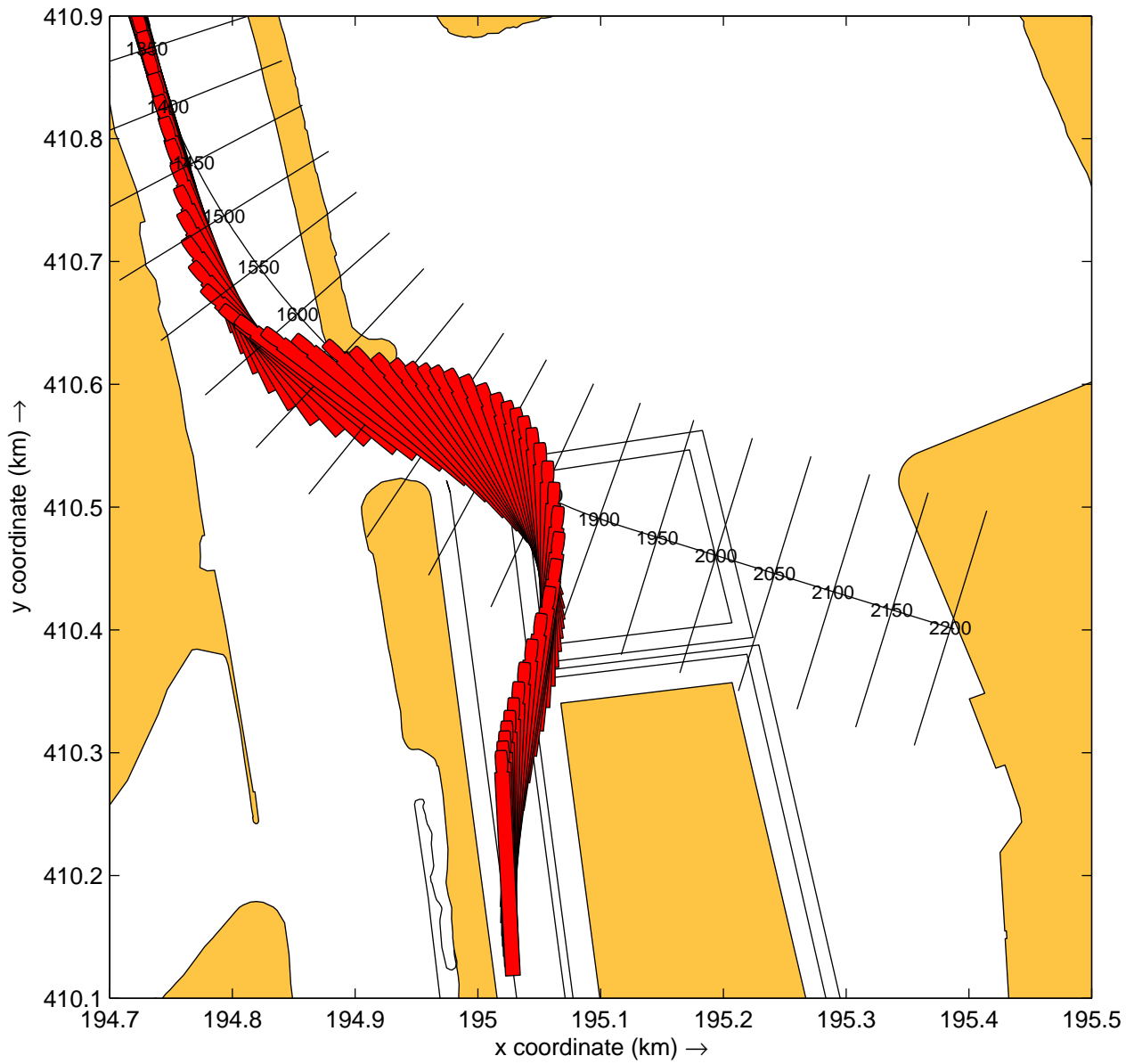
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2

Fig.B2 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_geladen
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

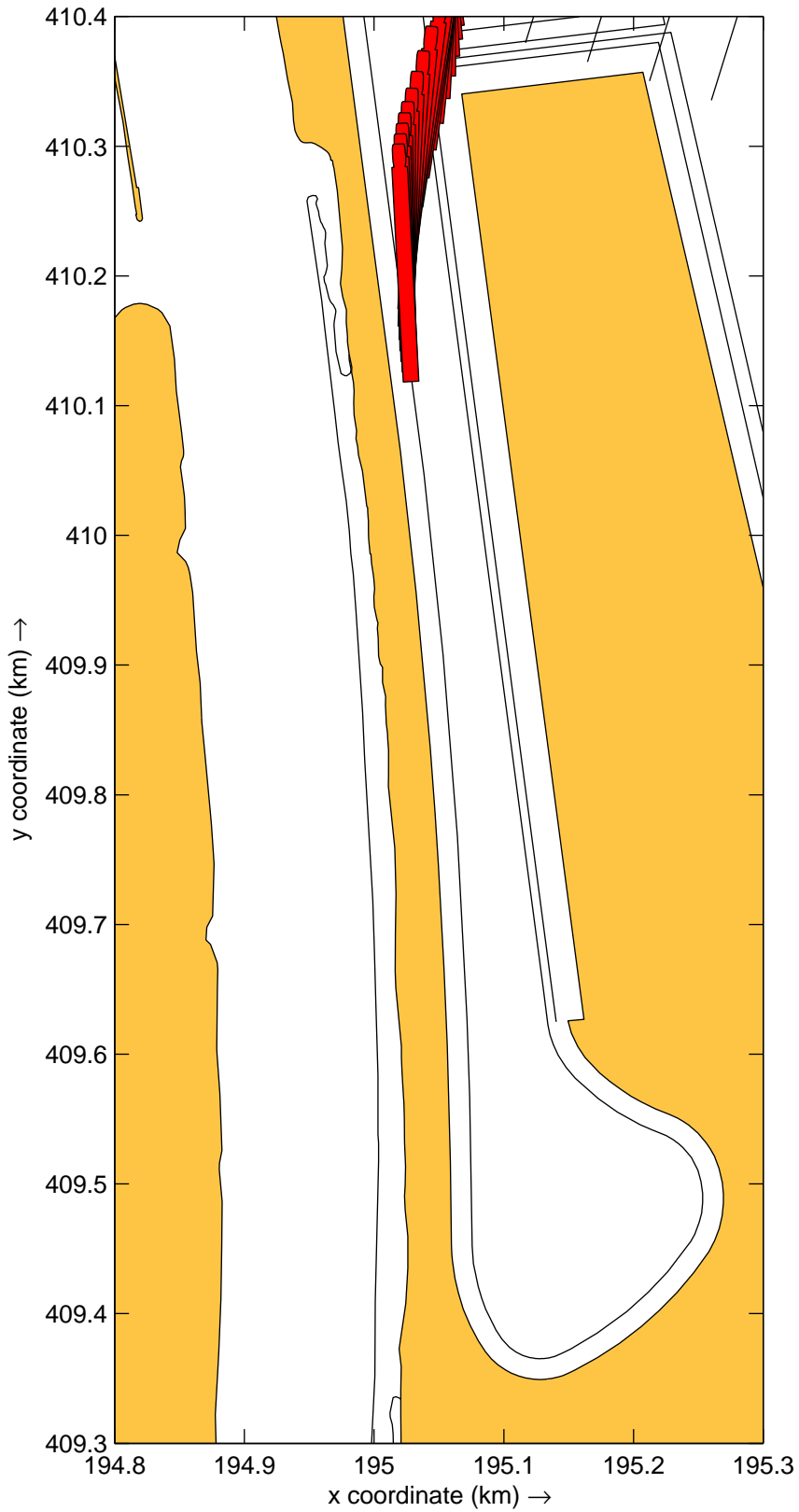
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2

Fig.B2 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_geladen
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

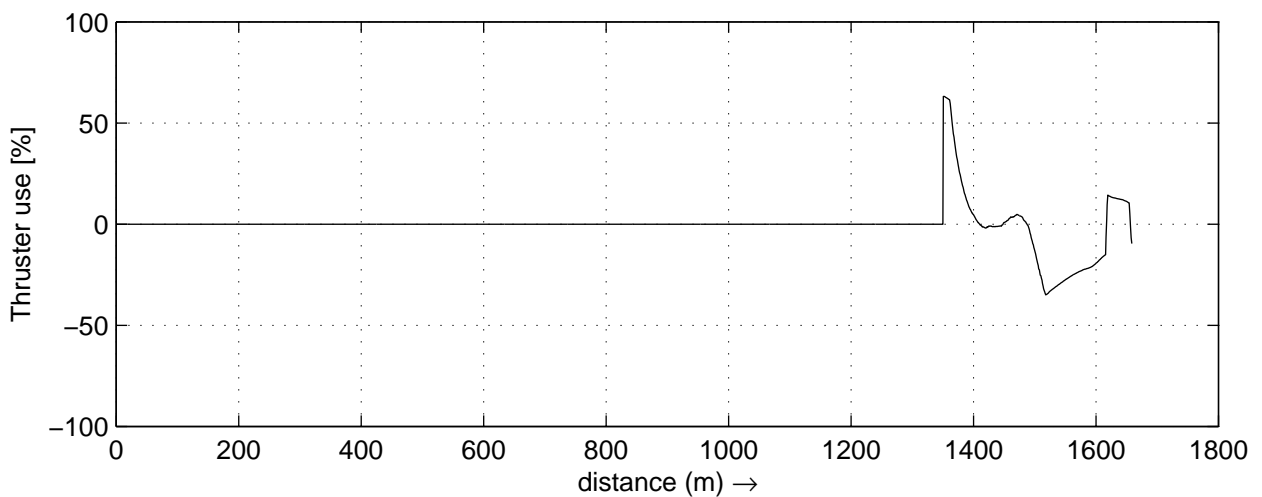
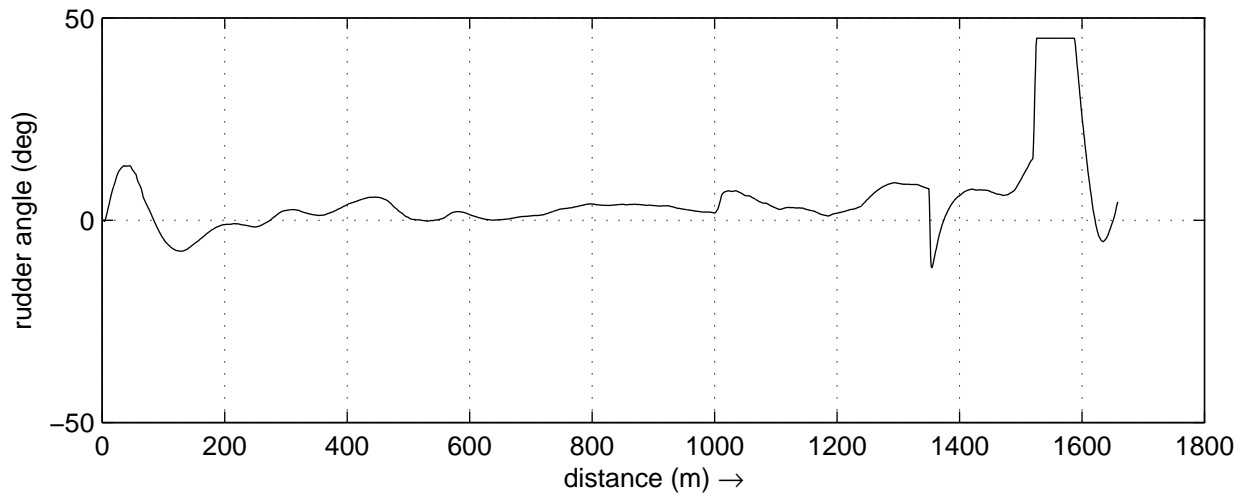
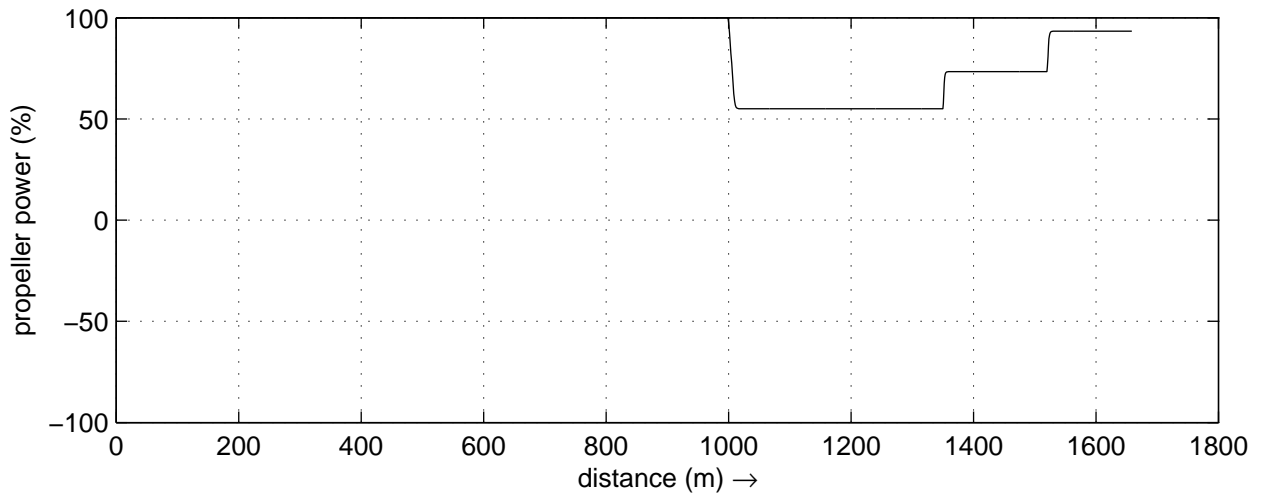
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2

Fig.B2 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

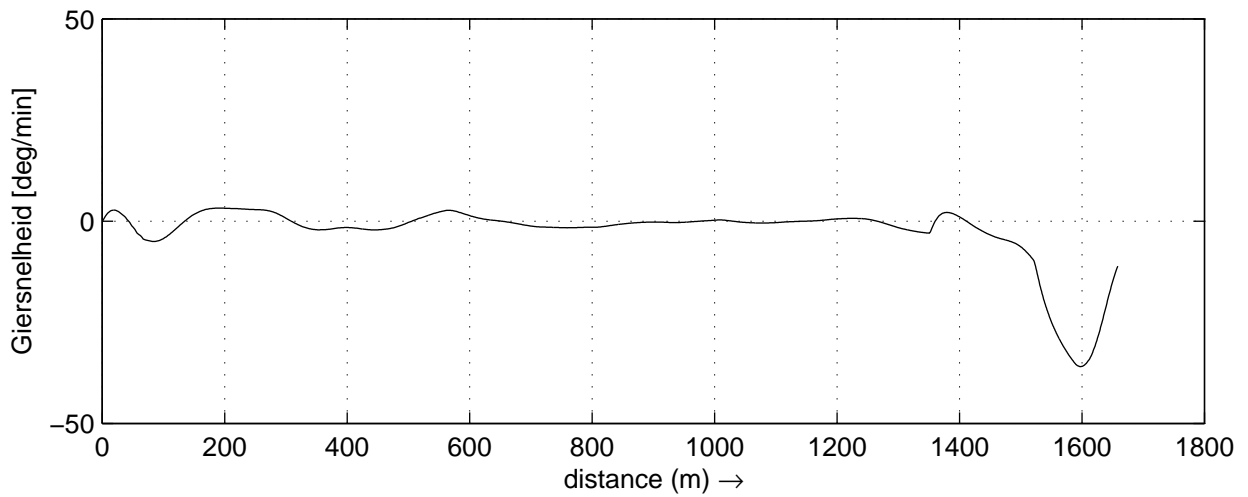
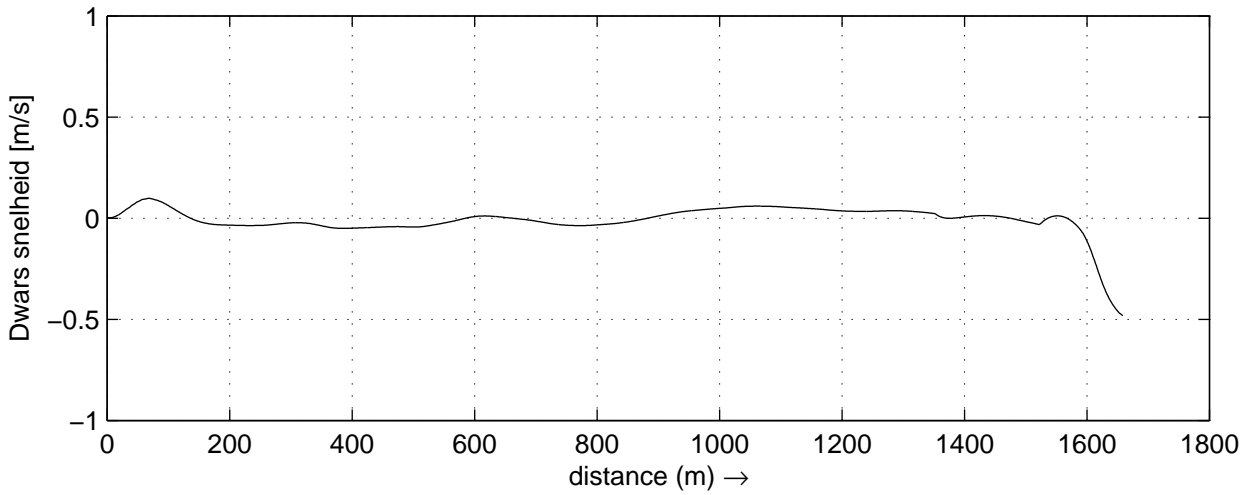
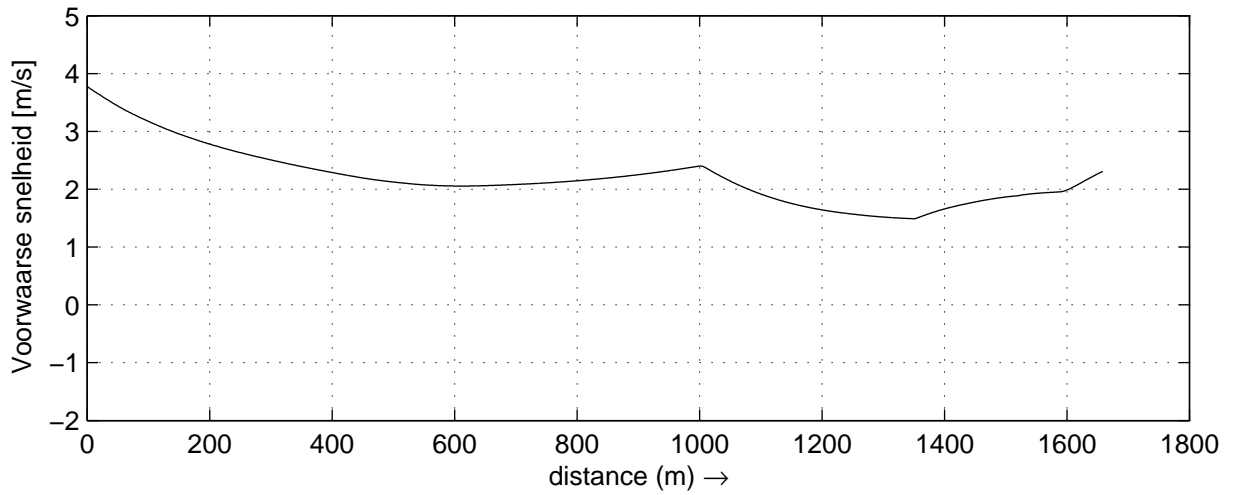
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2

Fig.B2 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

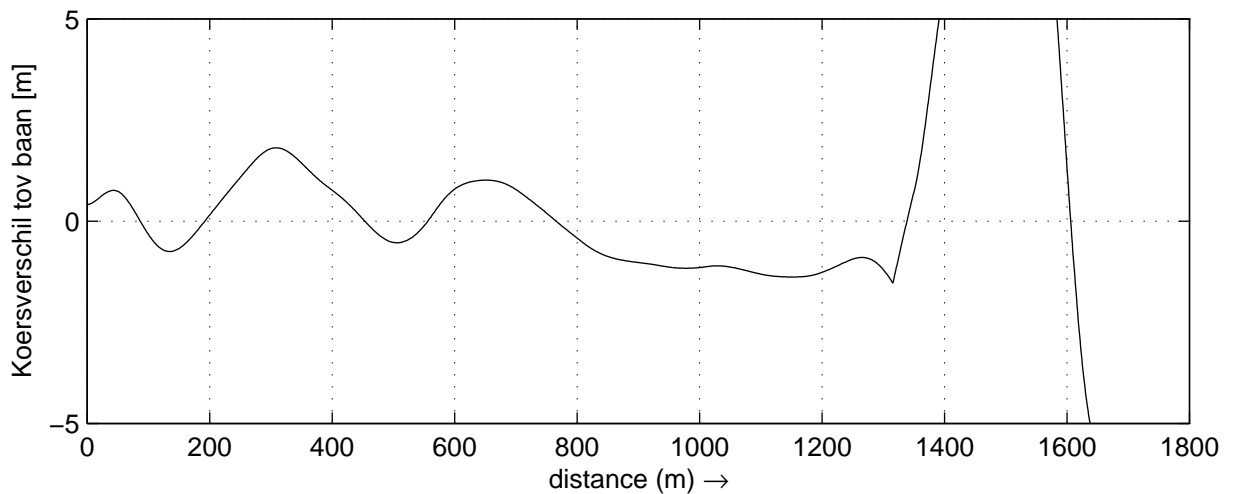
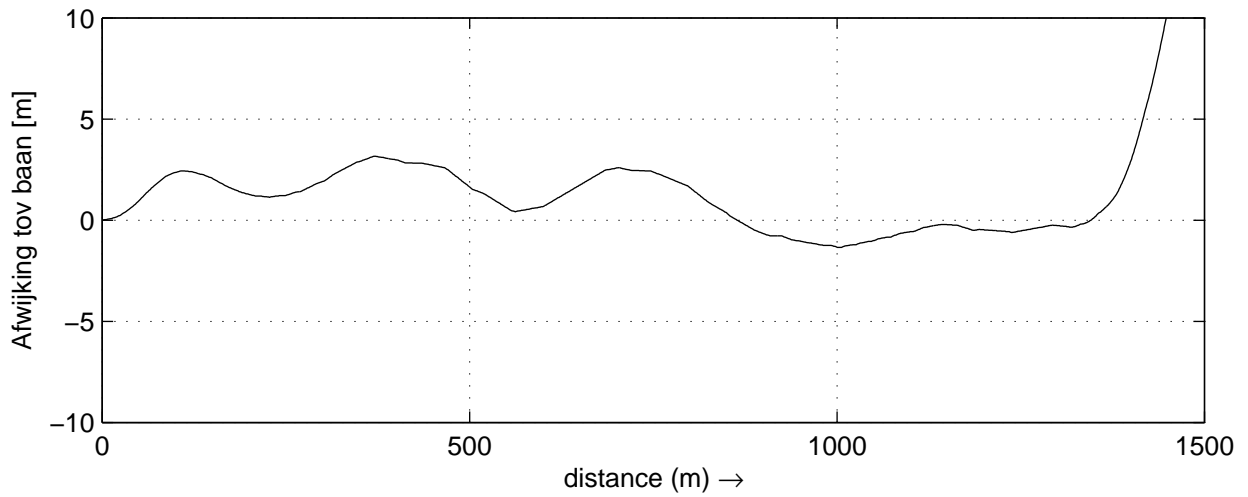
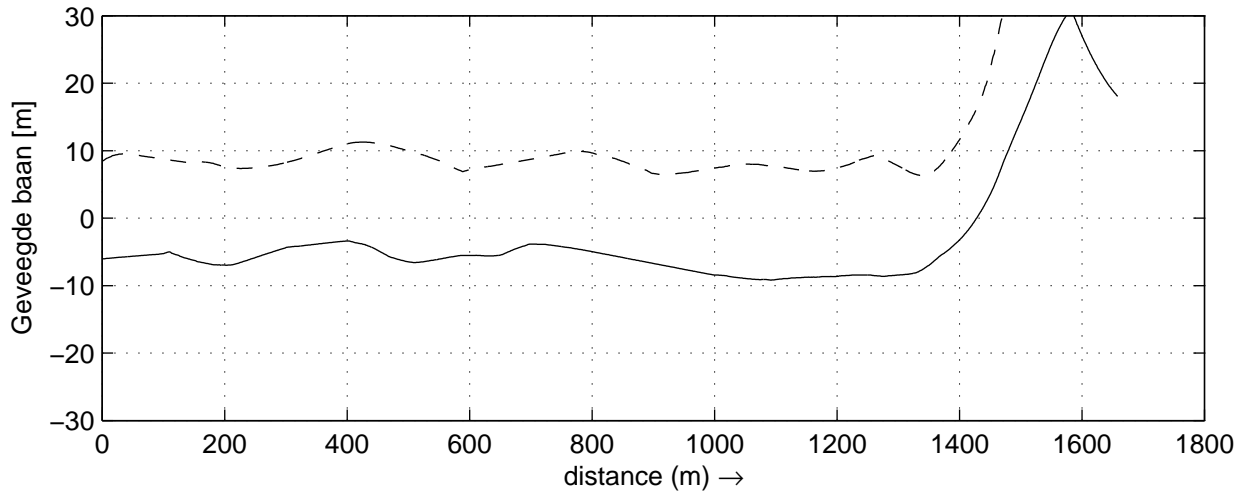
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2

Fig.B2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

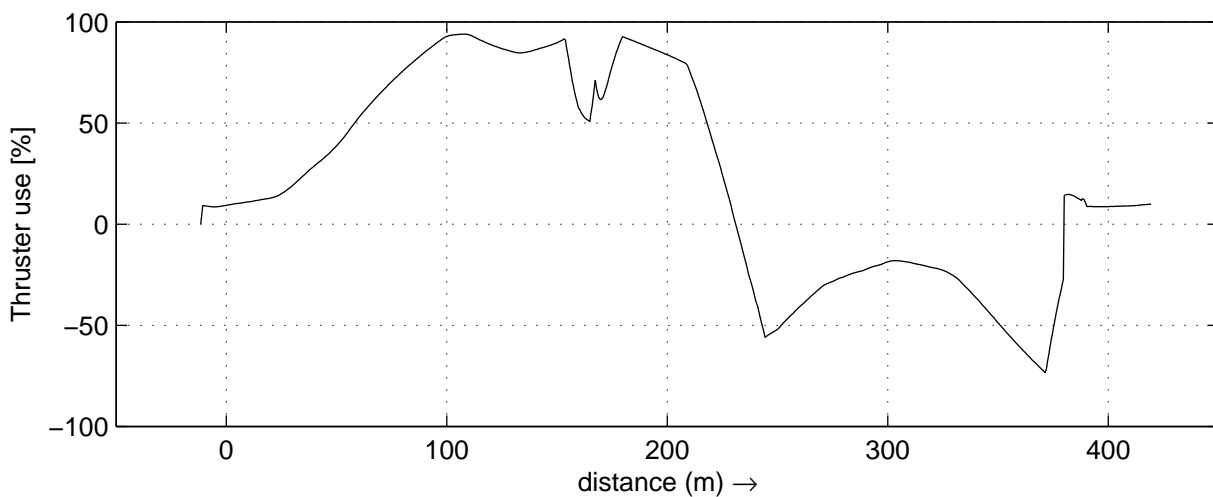
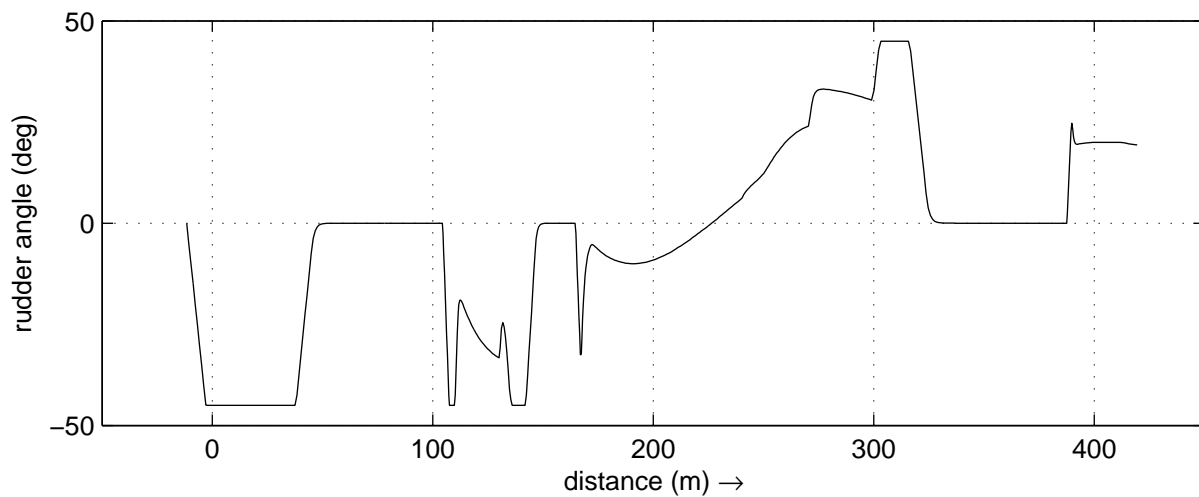
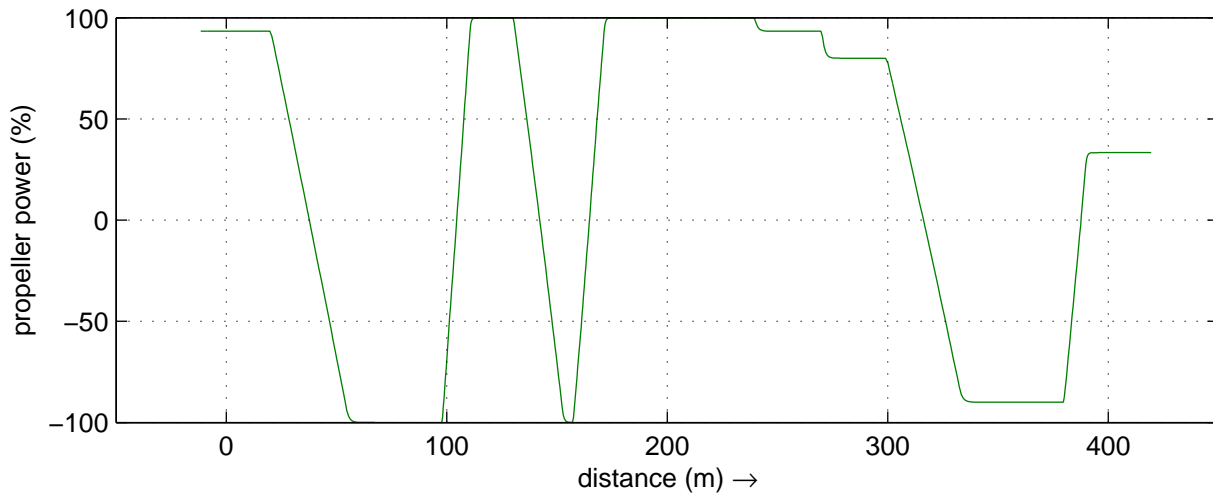
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2

Fig.B2 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

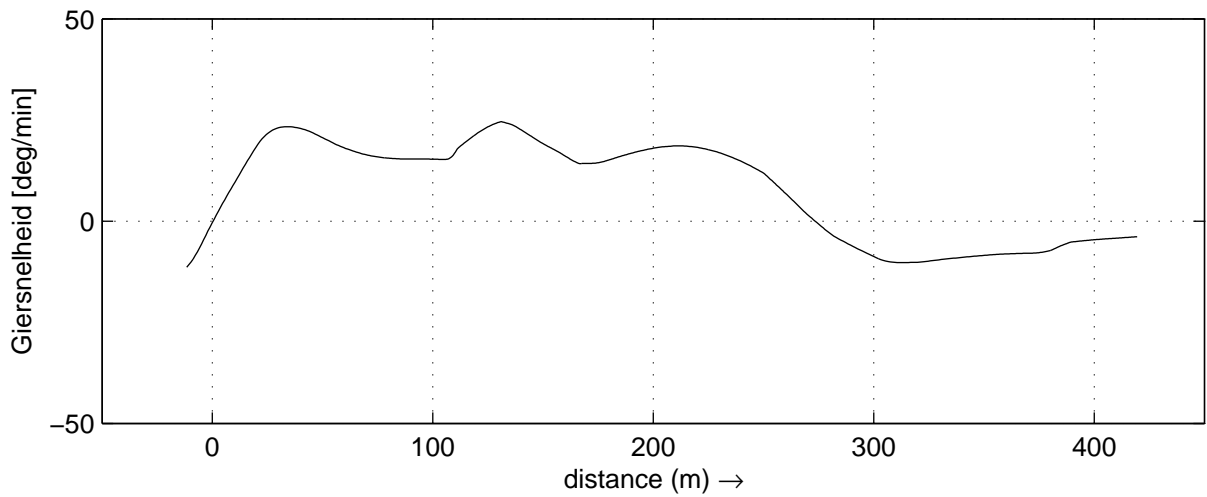
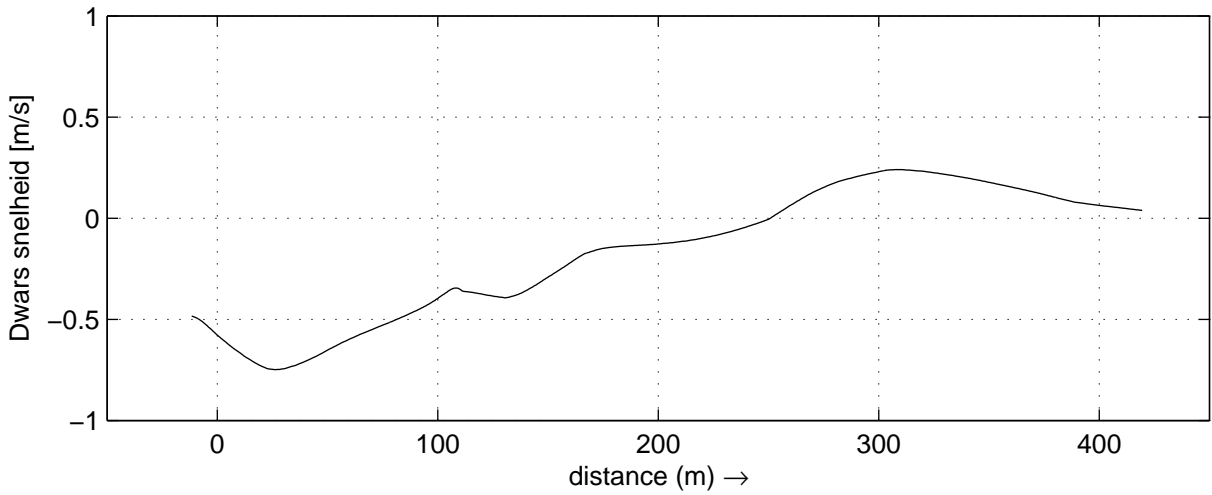
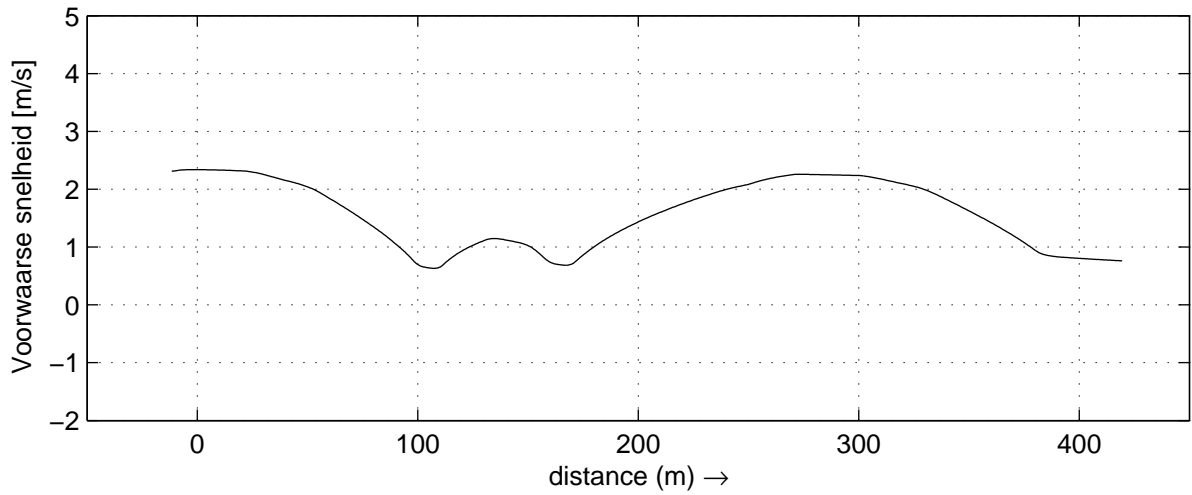
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2_d2

Fig.B2_d2 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

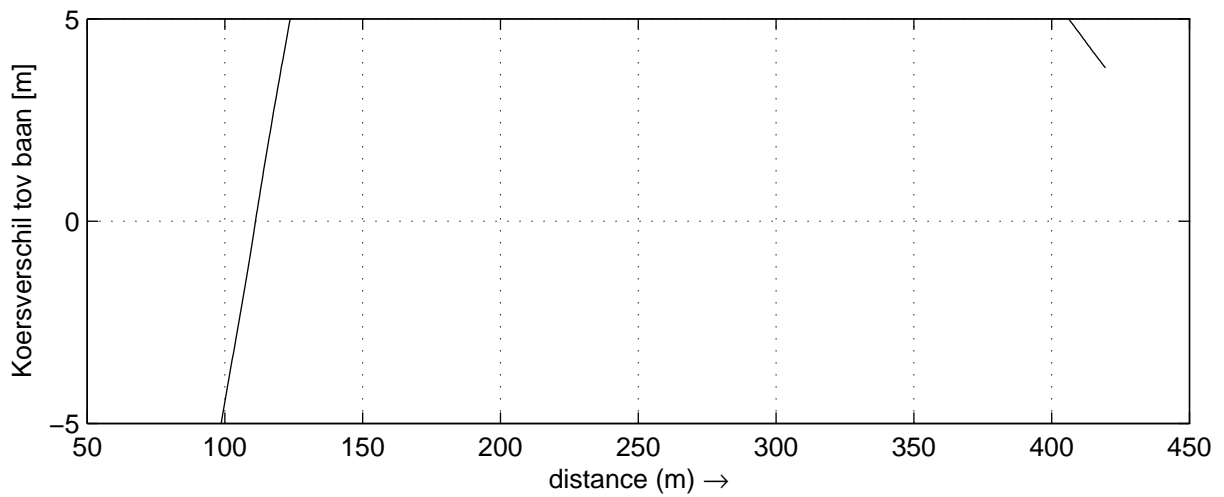
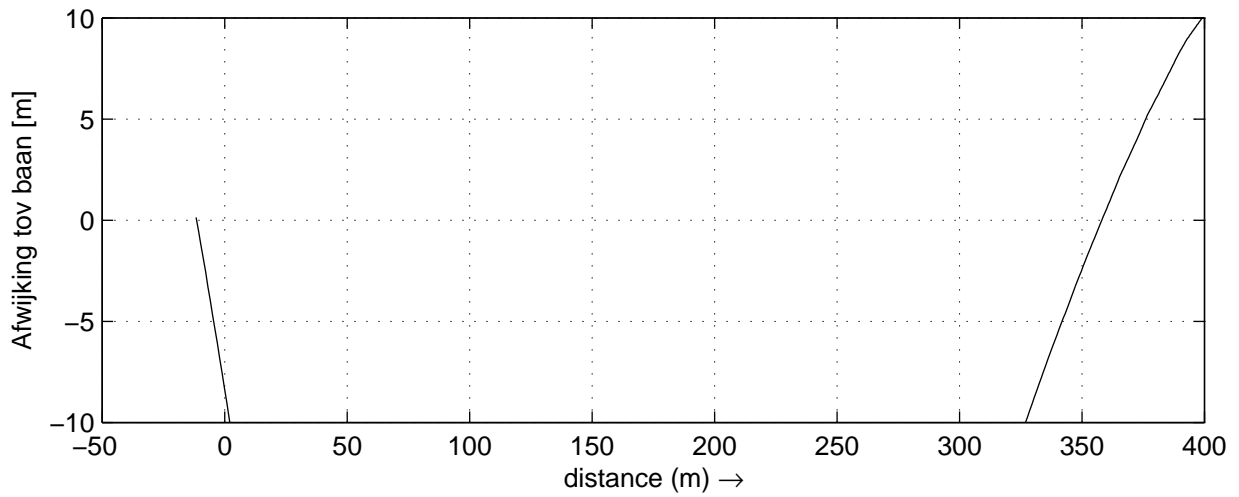
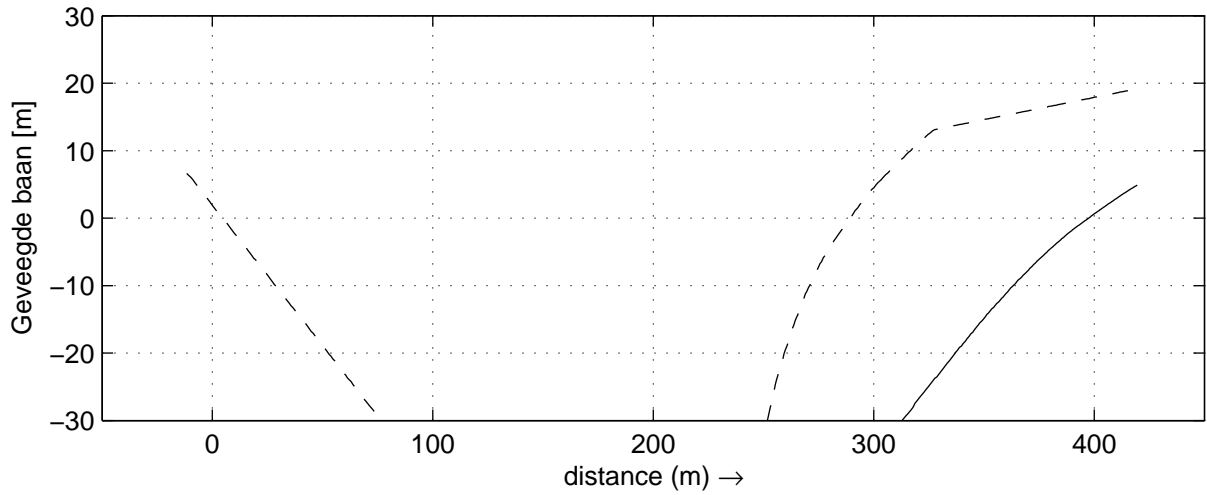
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2_d2

Fig.B2_d2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

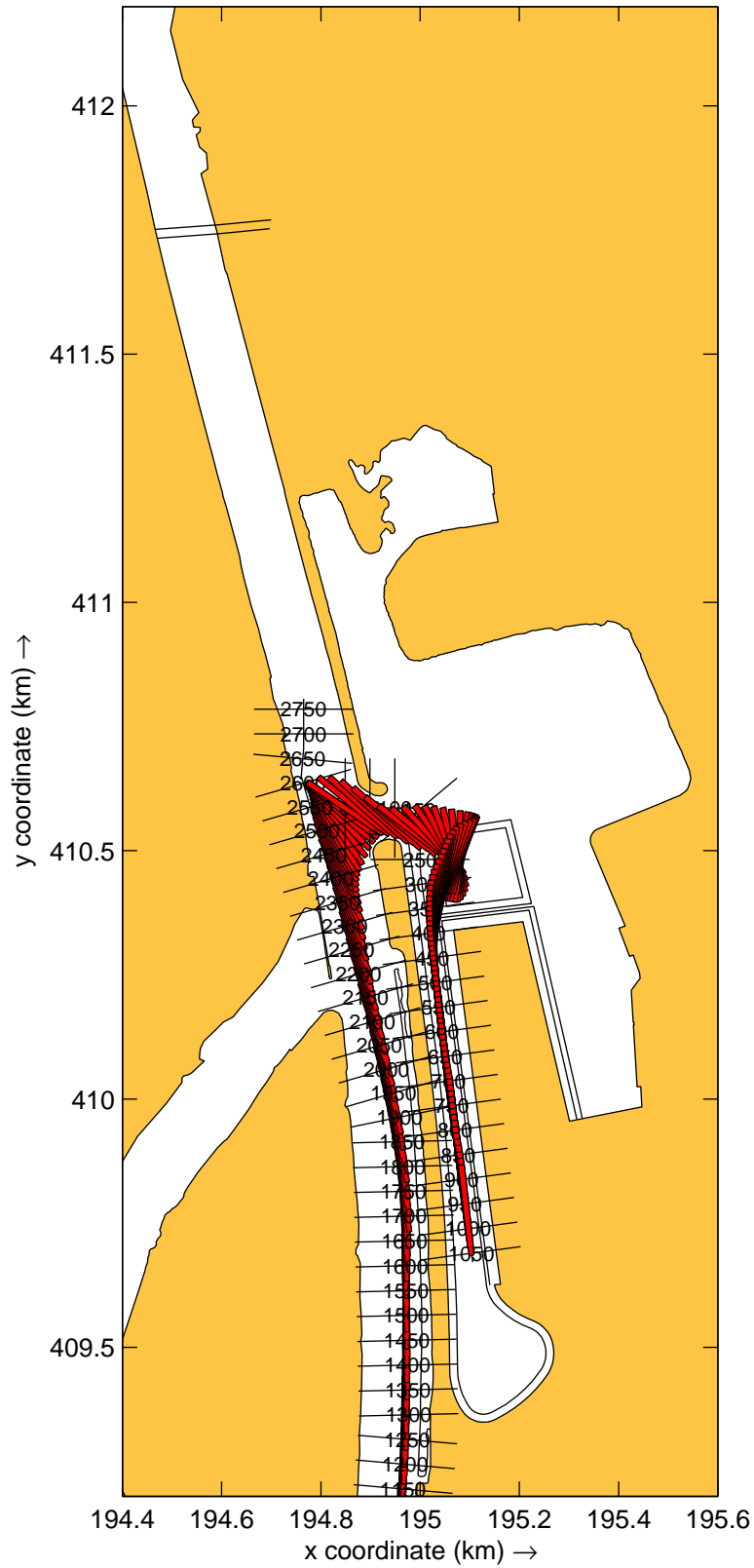
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B2_d2

Fig.B2_d2 -6



Overzicht baan KlasseVb_geladen_30815
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

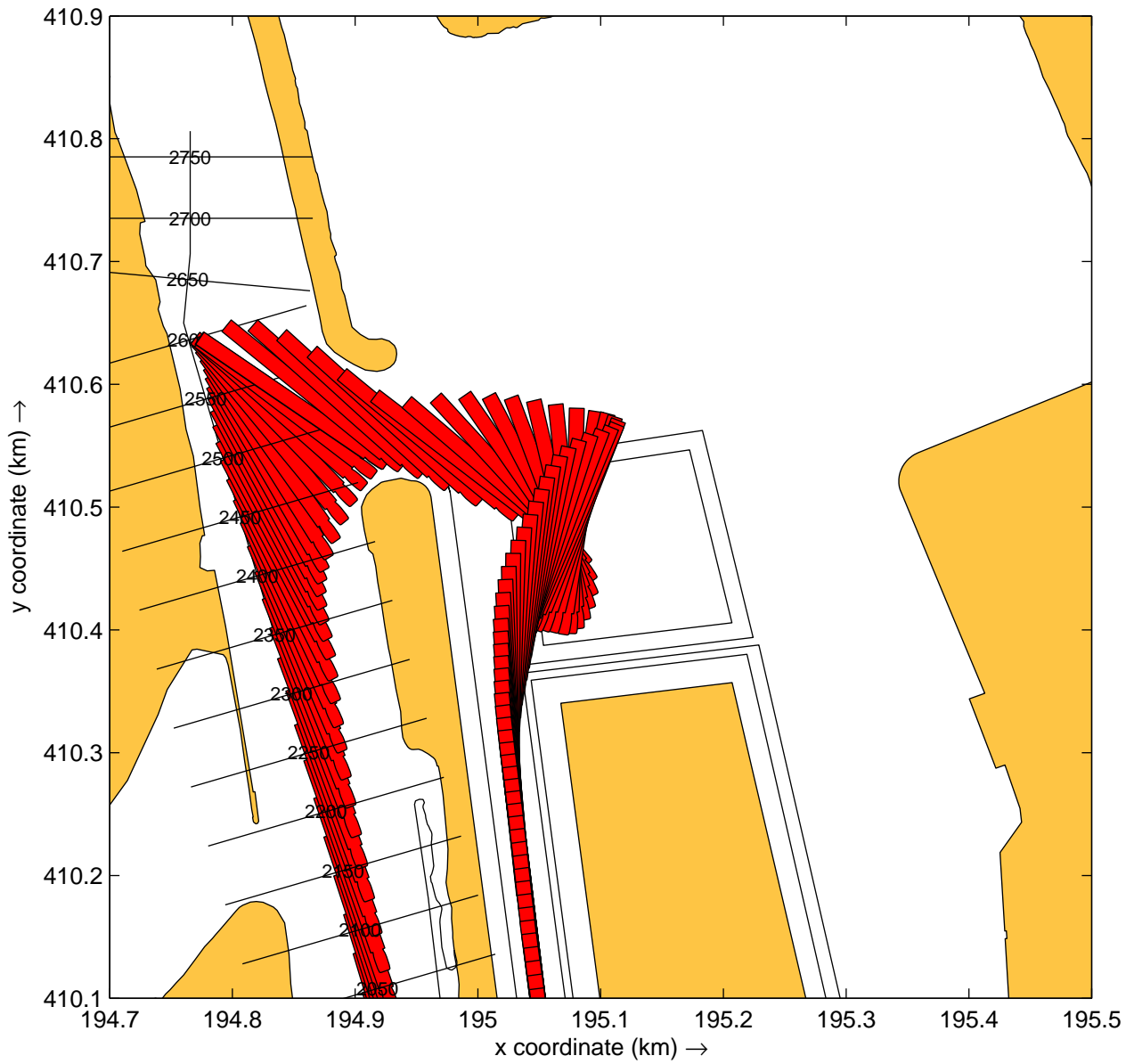
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3

Fig.B3 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_geladen_30815
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

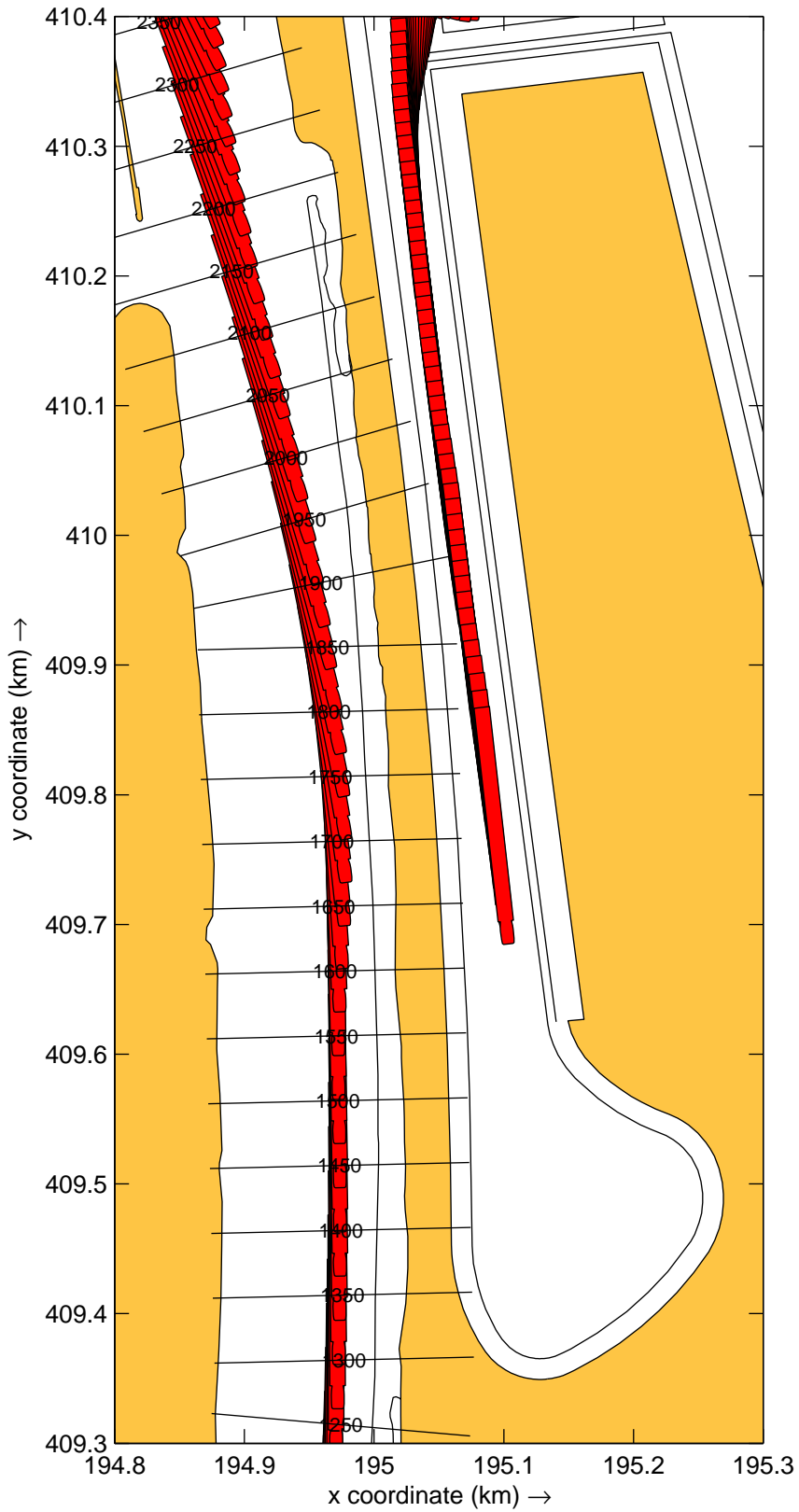
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3

Fig.B3 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_geladen_30815
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

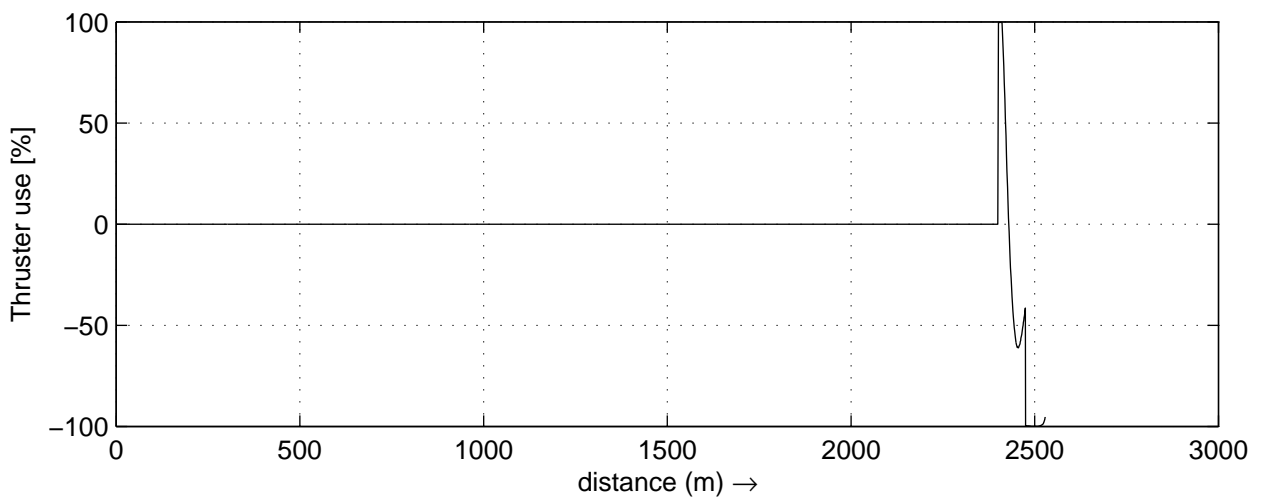
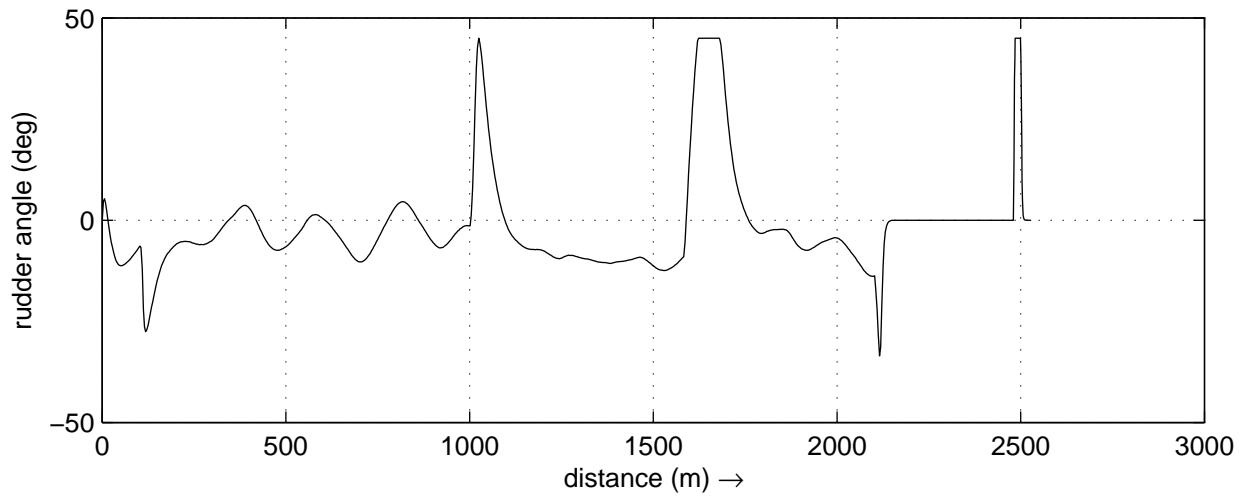
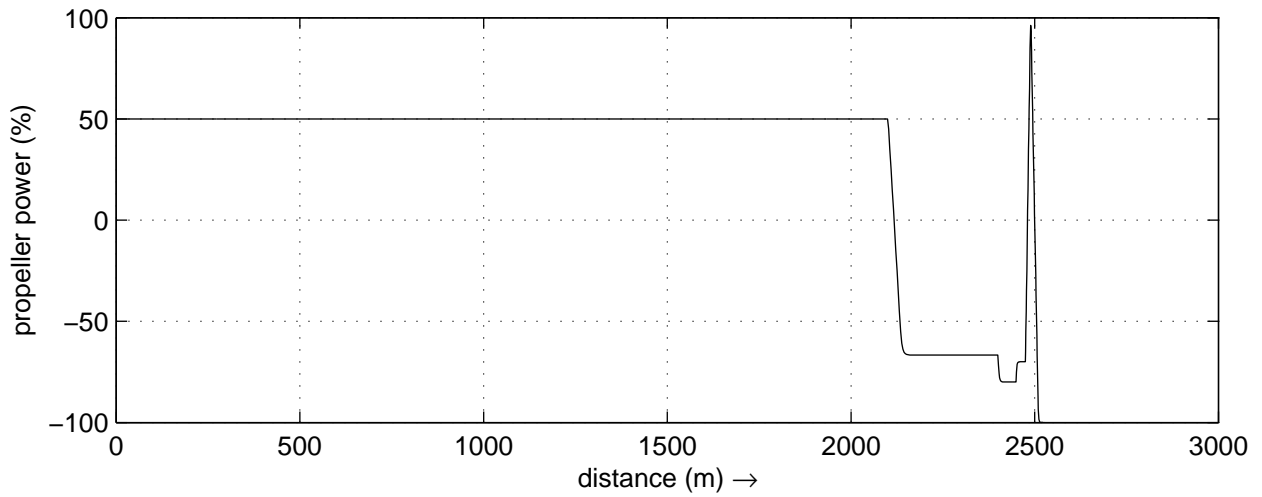
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3

Fig.B3 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

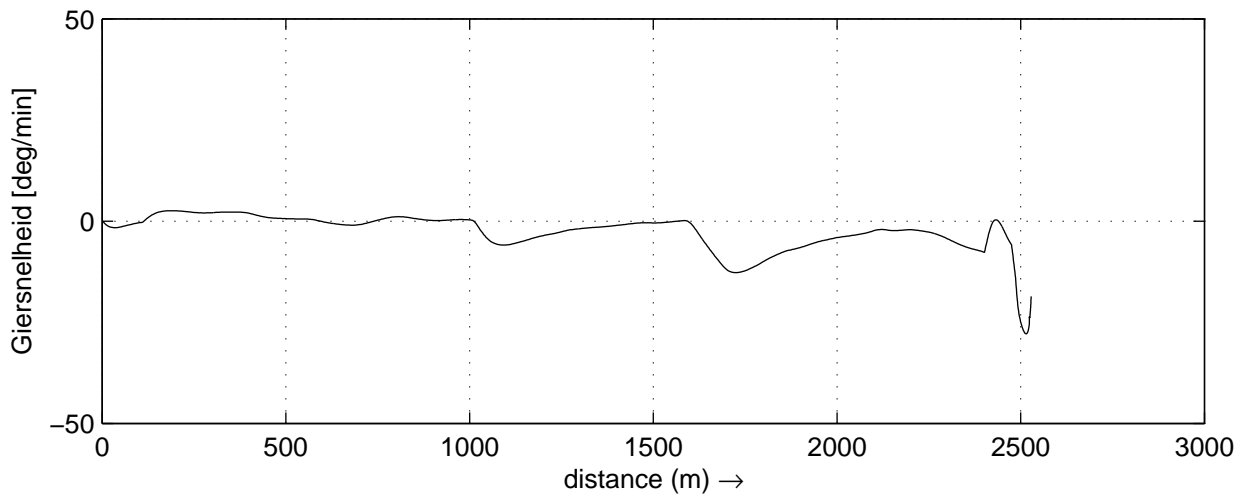
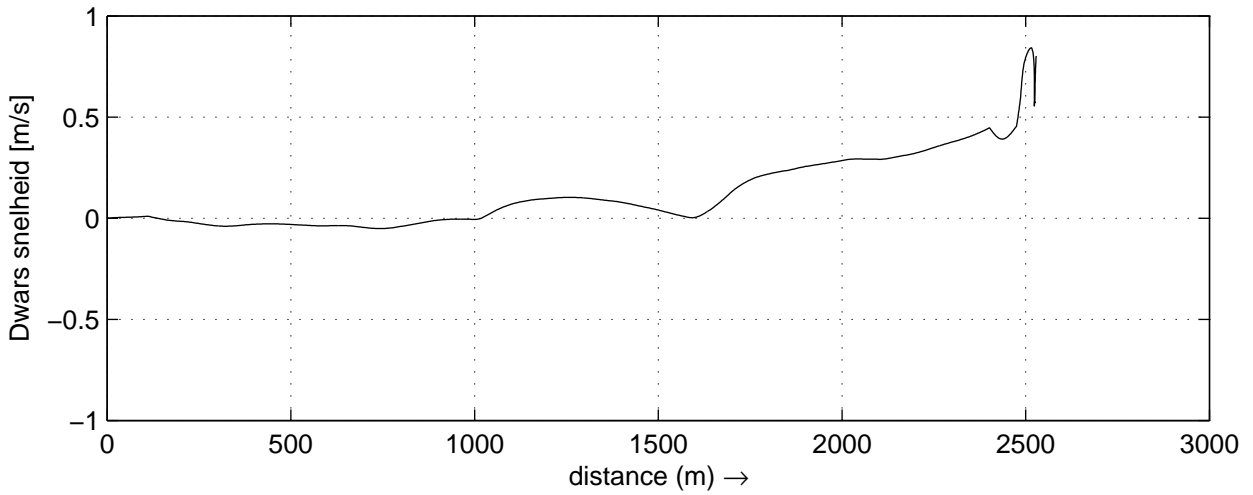
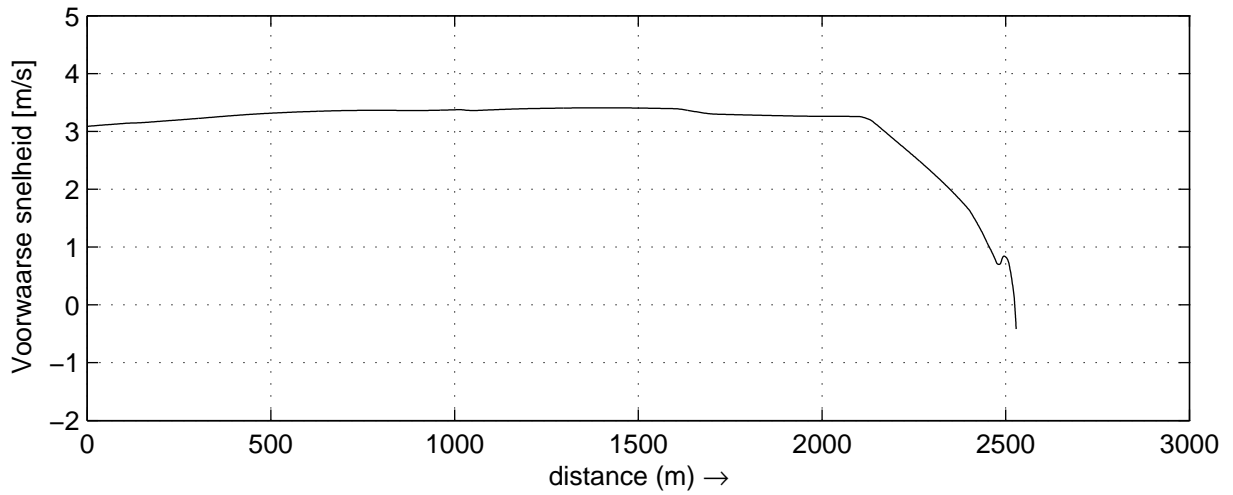
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3

Fig.B3 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

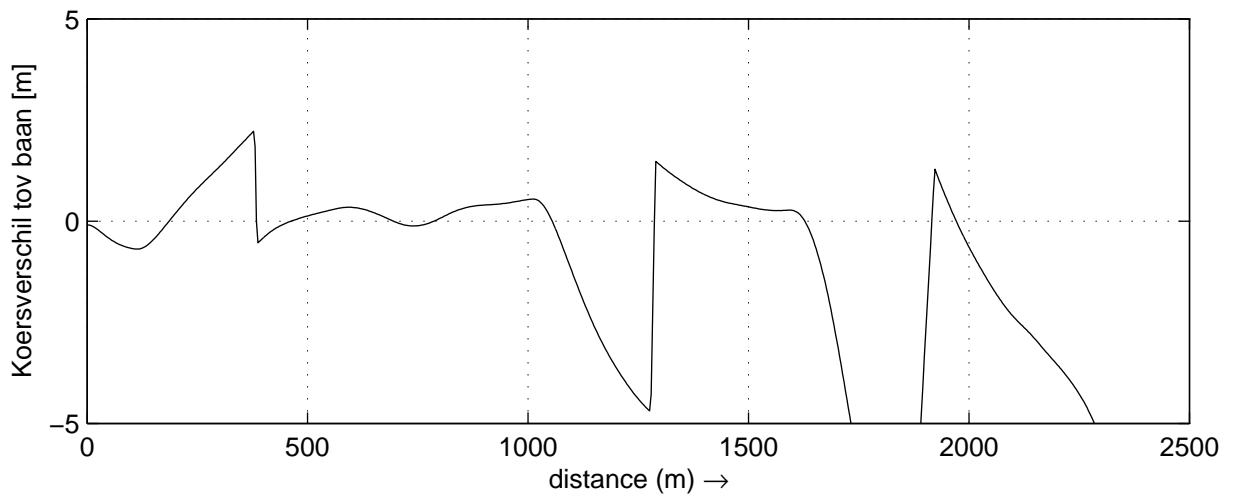
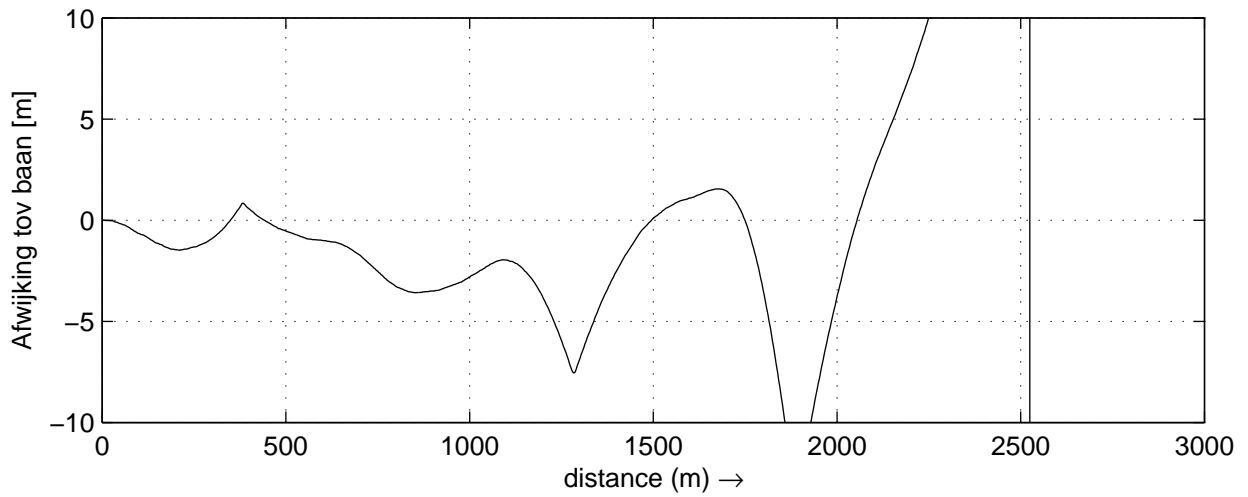
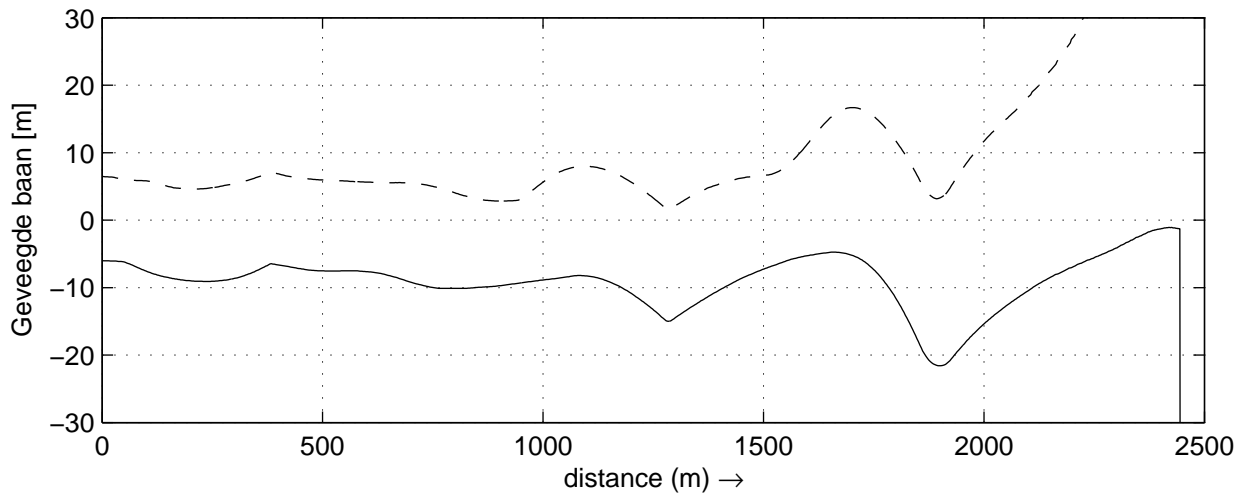
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3

Fig.B3 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

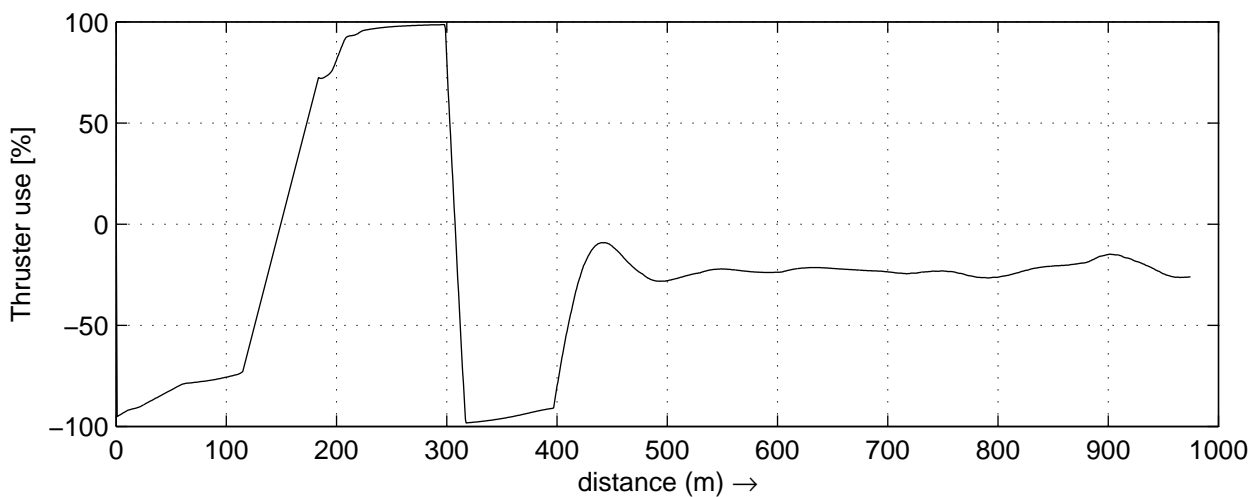
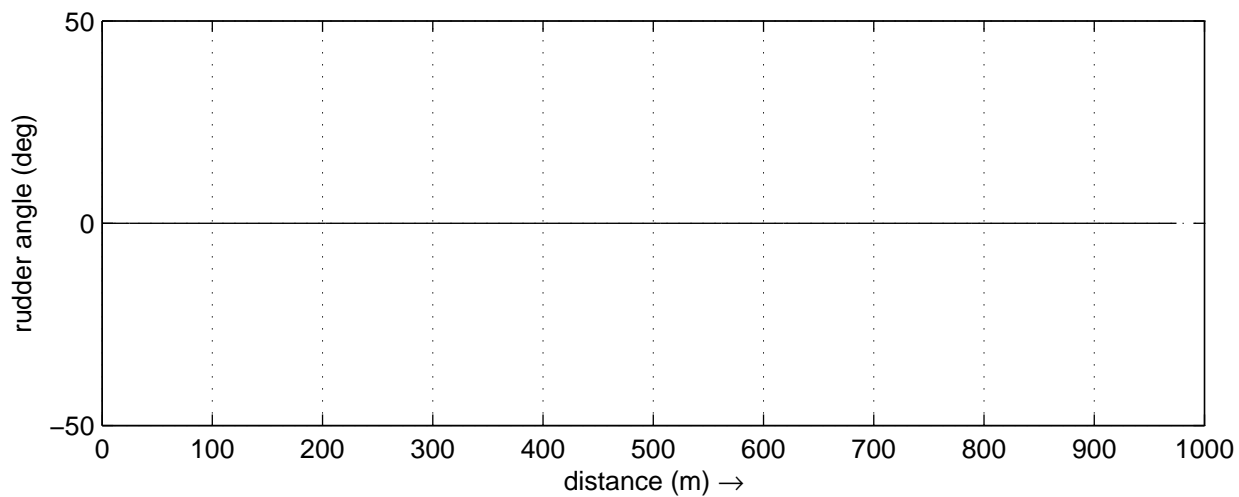
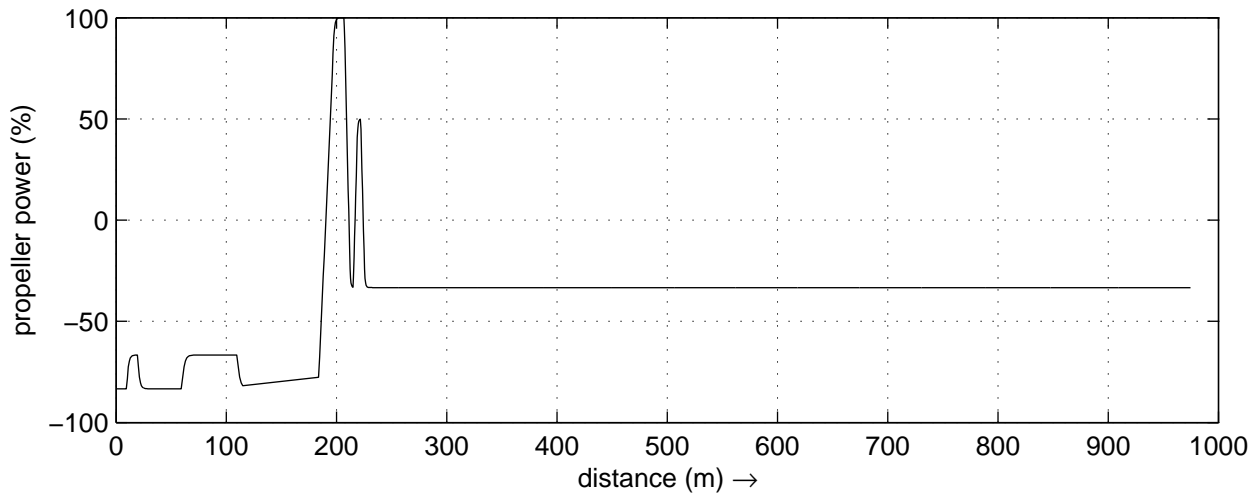
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3

Fig.B3 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

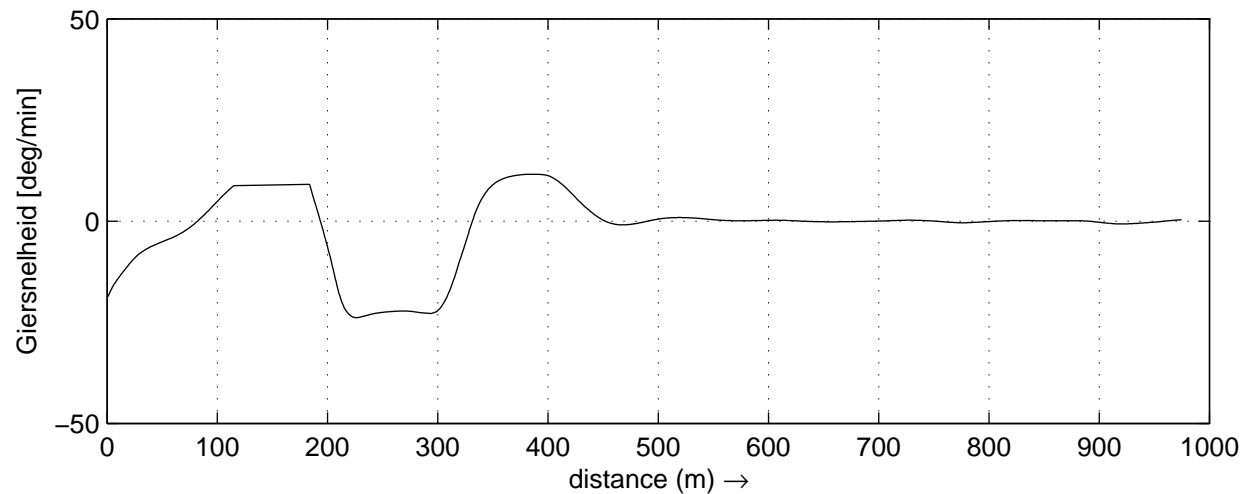
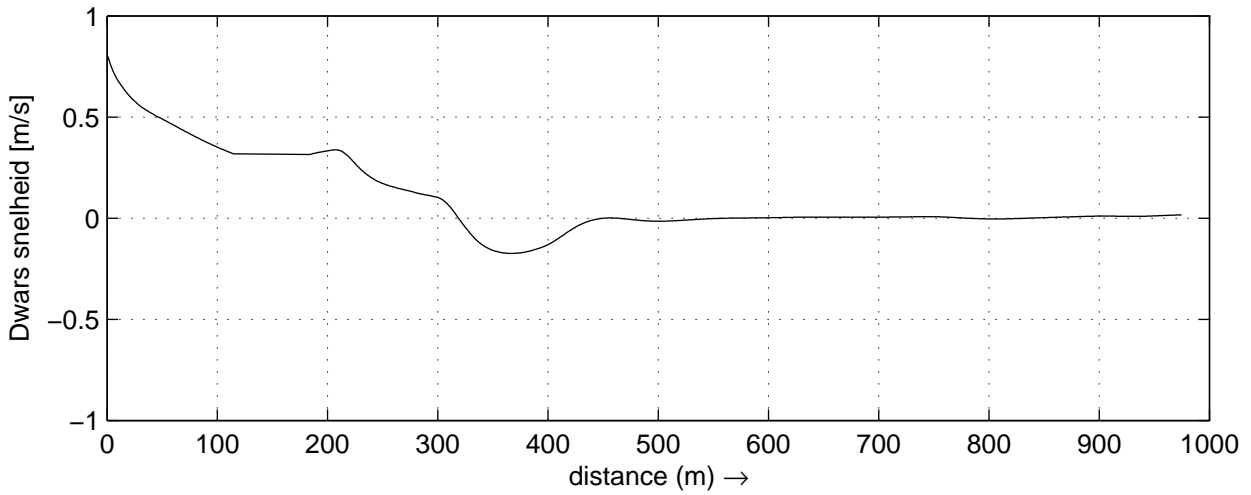
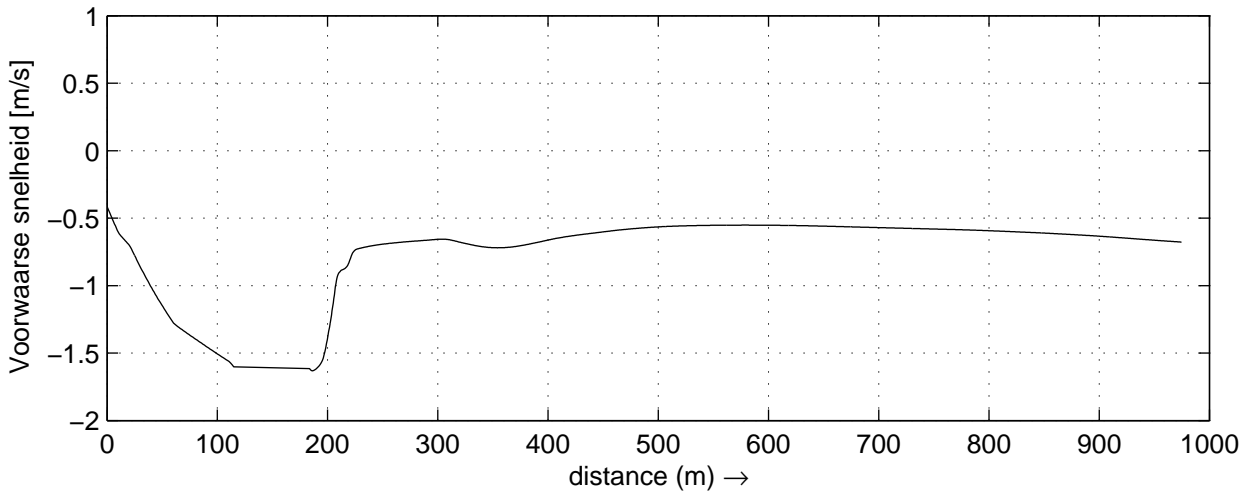
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3_2_c

Fig.B3_2_c -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

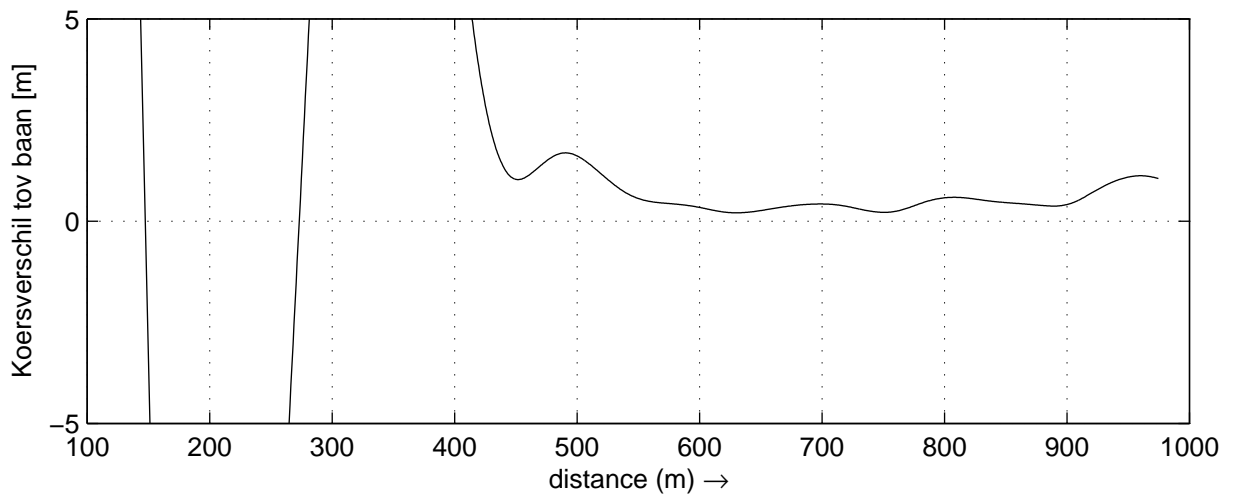
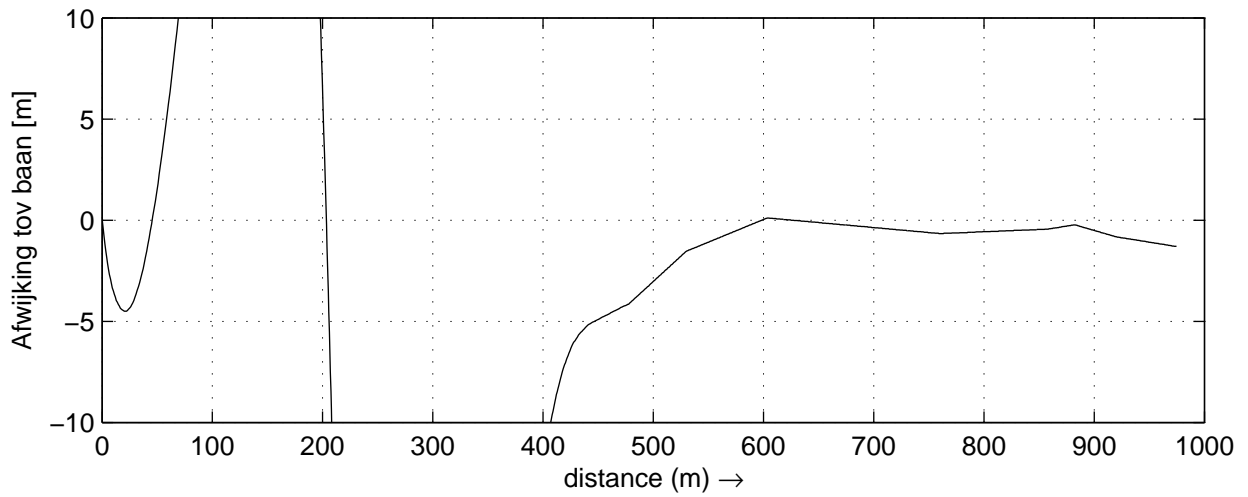
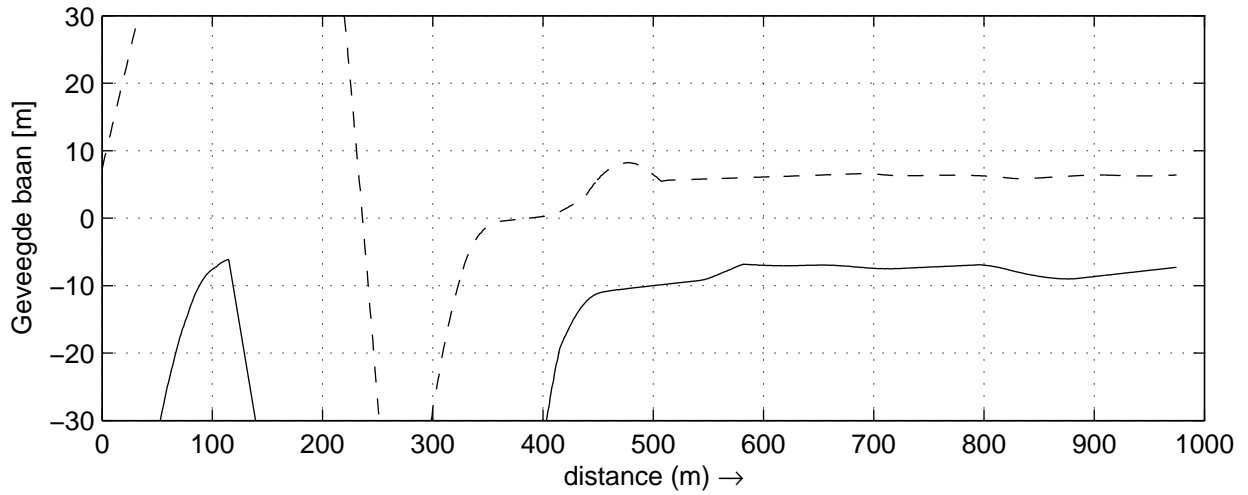
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3_2_c

Fig.B3_2_c -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

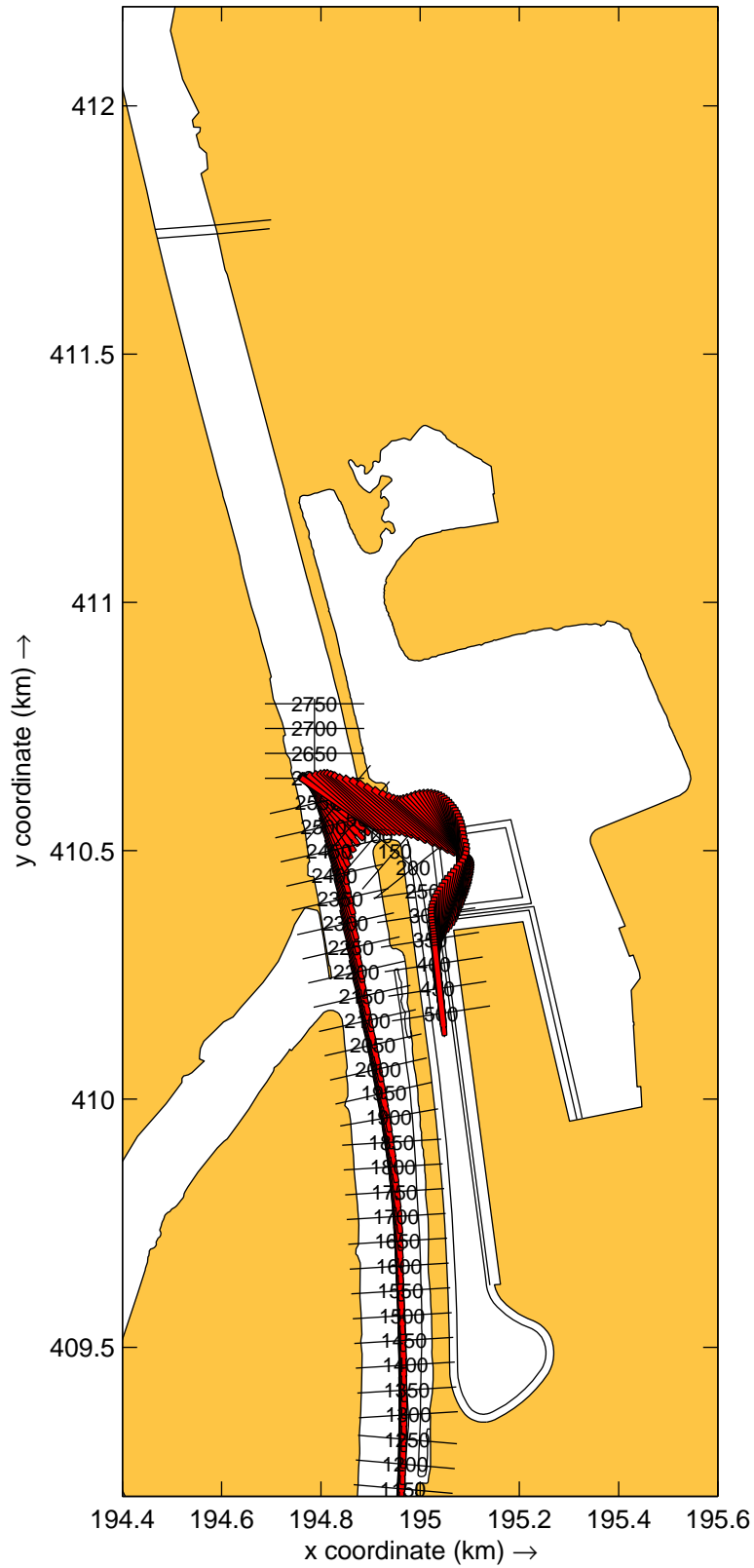
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B3_2_c

Fig.B3_2_c -6



Overzicht baan KlasseVb_geladen_30815
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

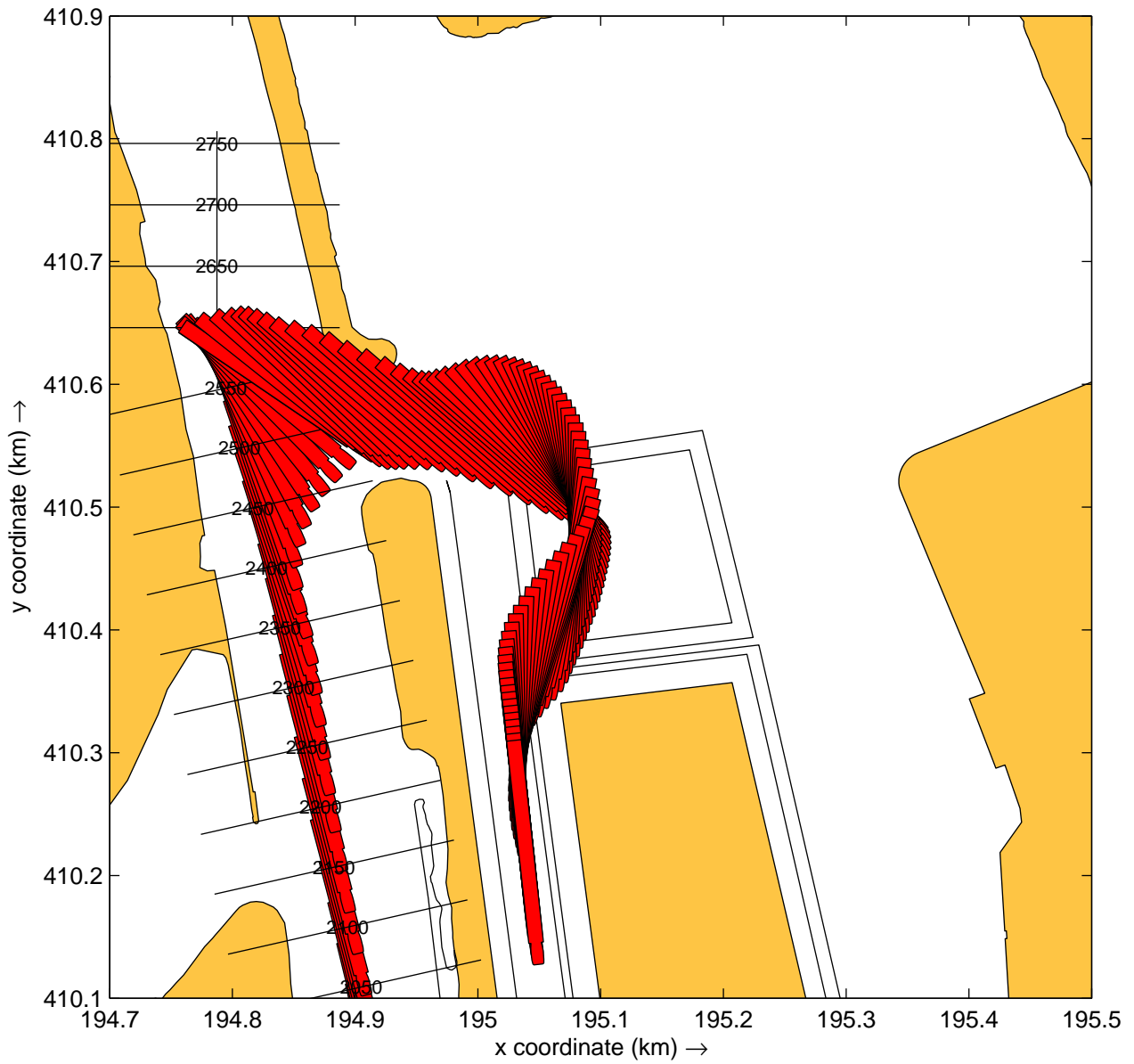
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B4

Fig.B4 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_geladen_30815
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

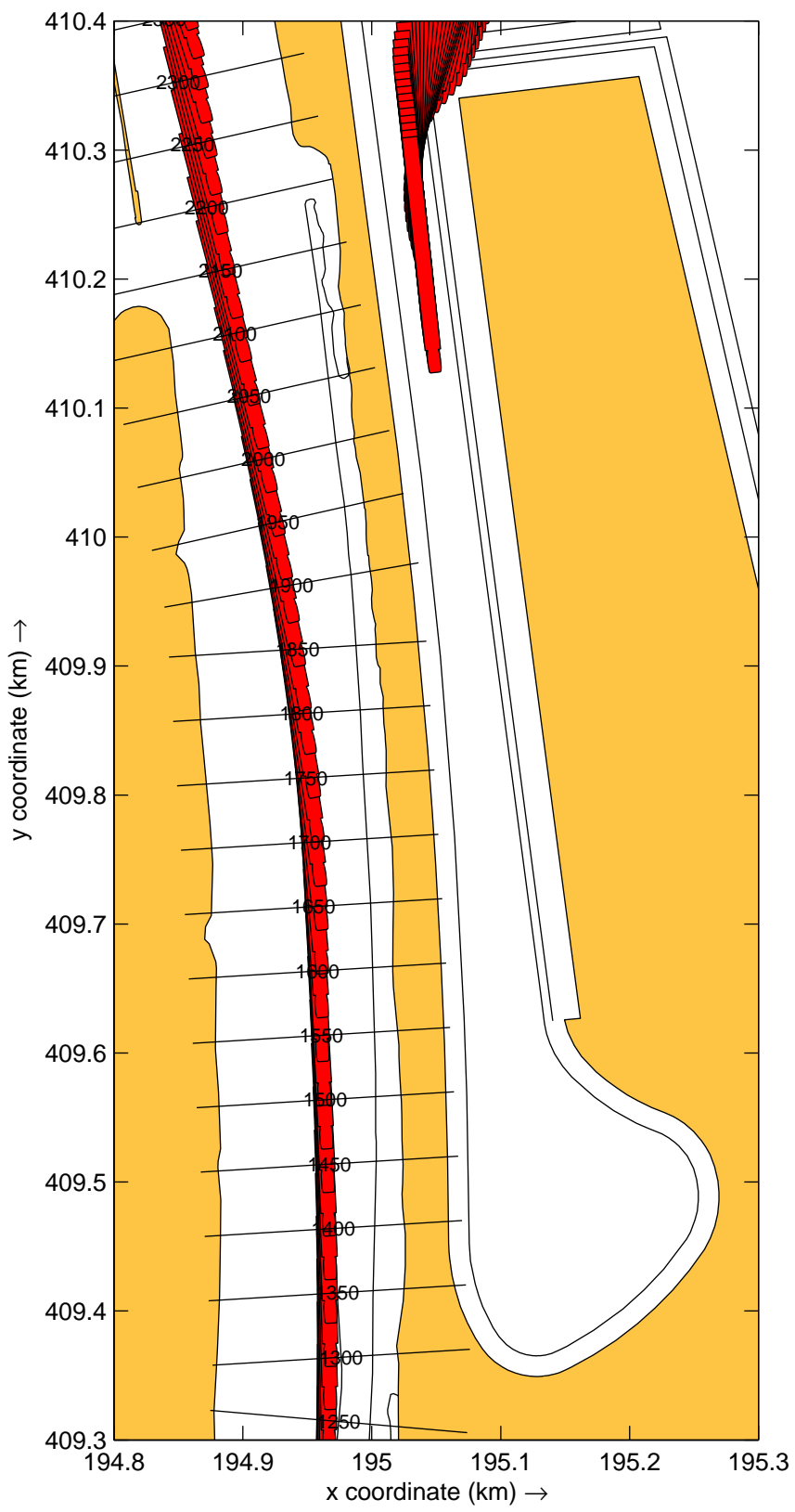
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B4

Fig.B4 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_geladen_30815
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

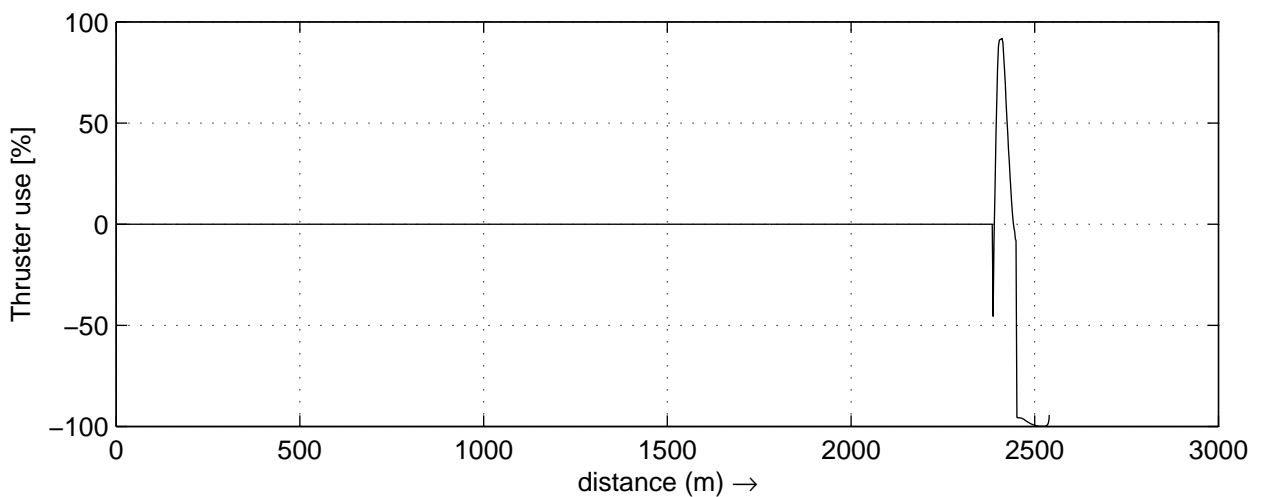
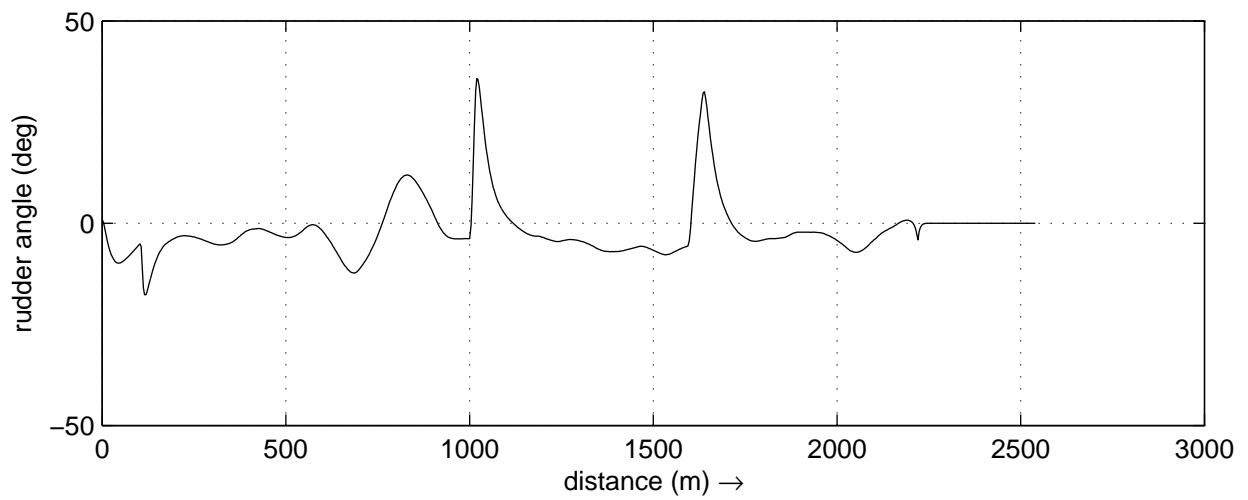
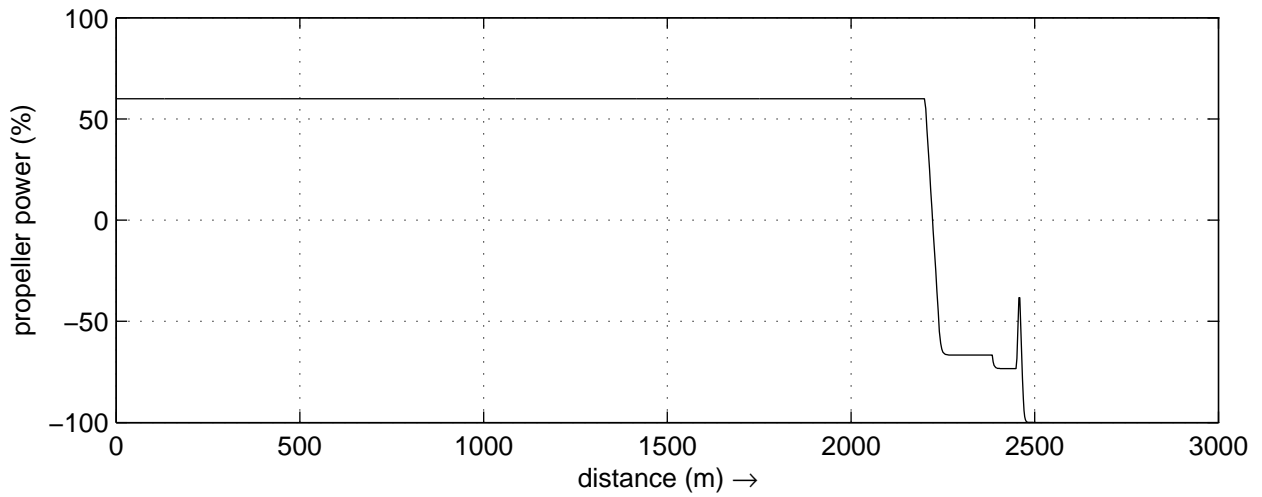
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B4

Fig.B4 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

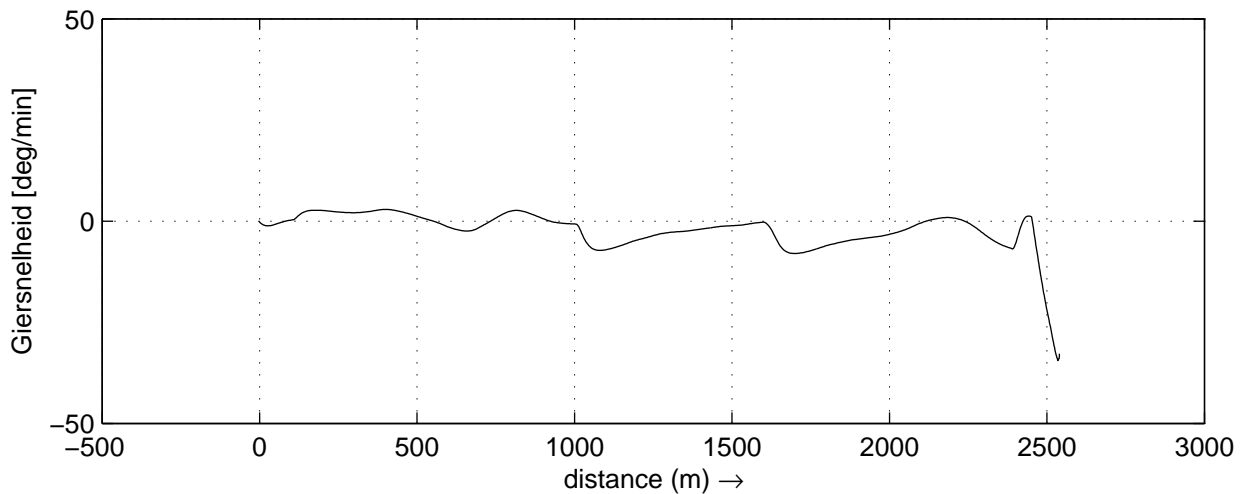
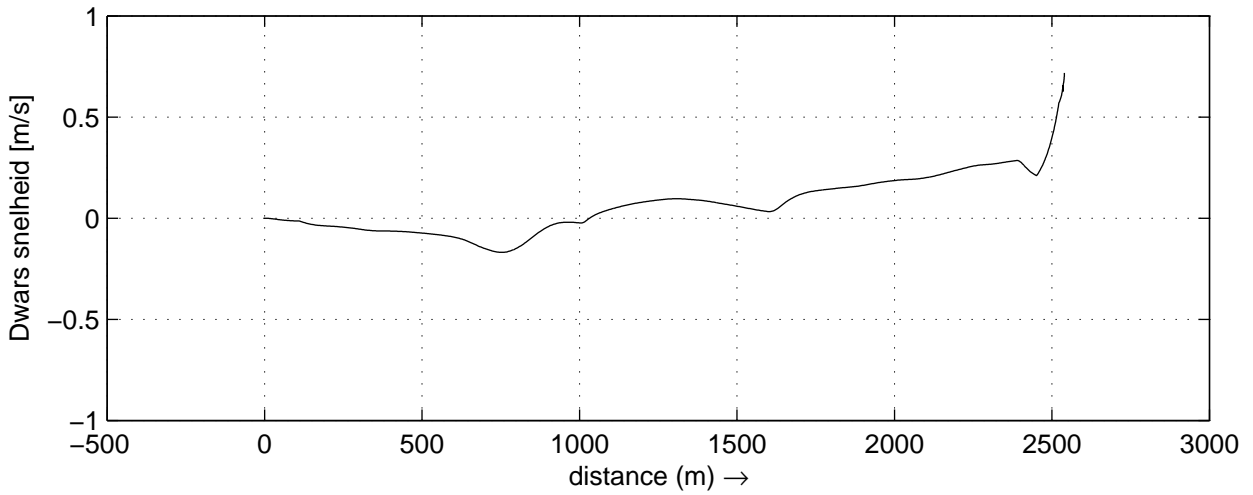
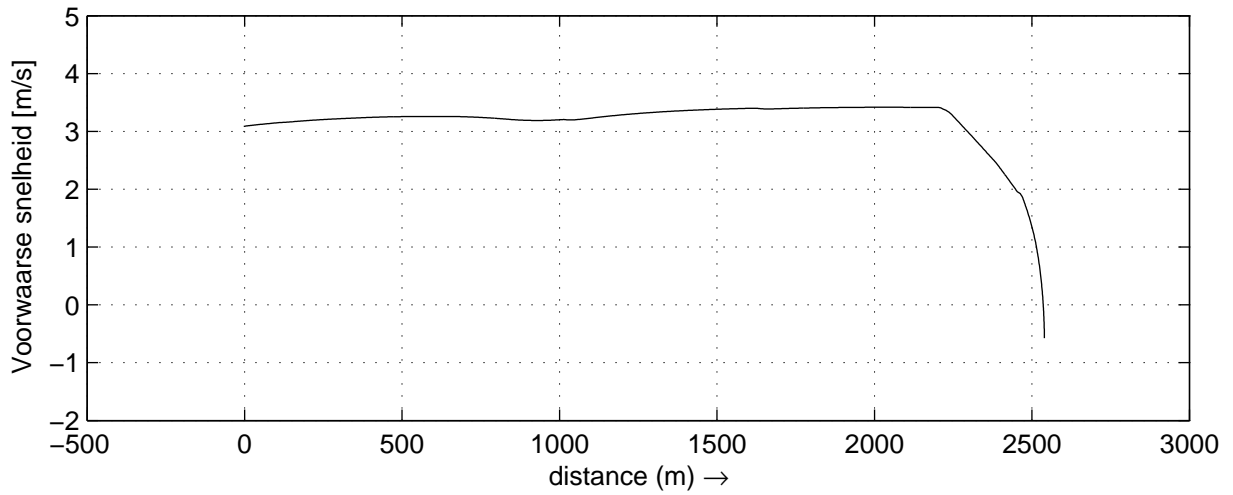
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B4

Fig.B4 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

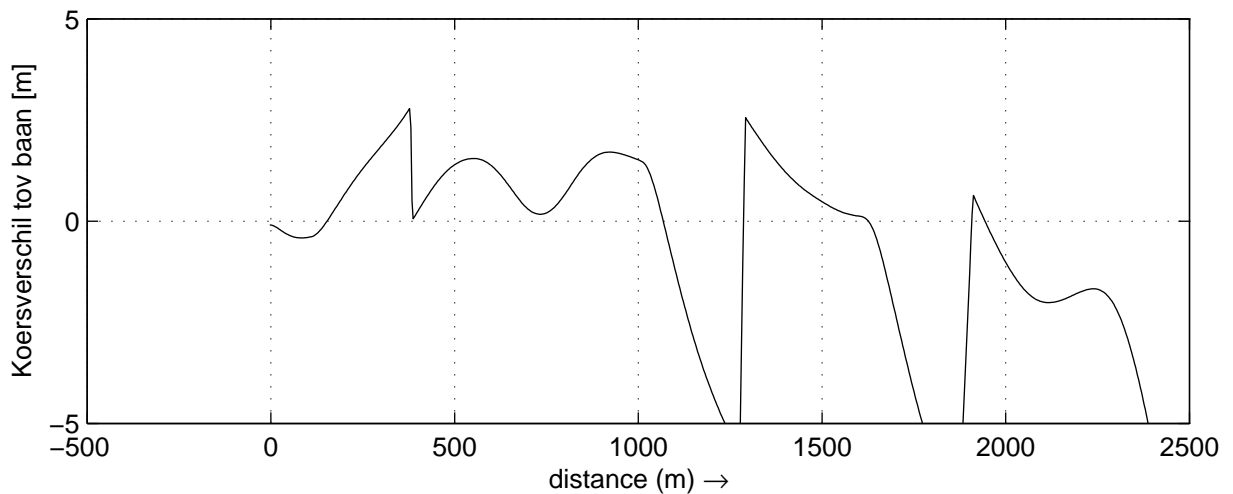
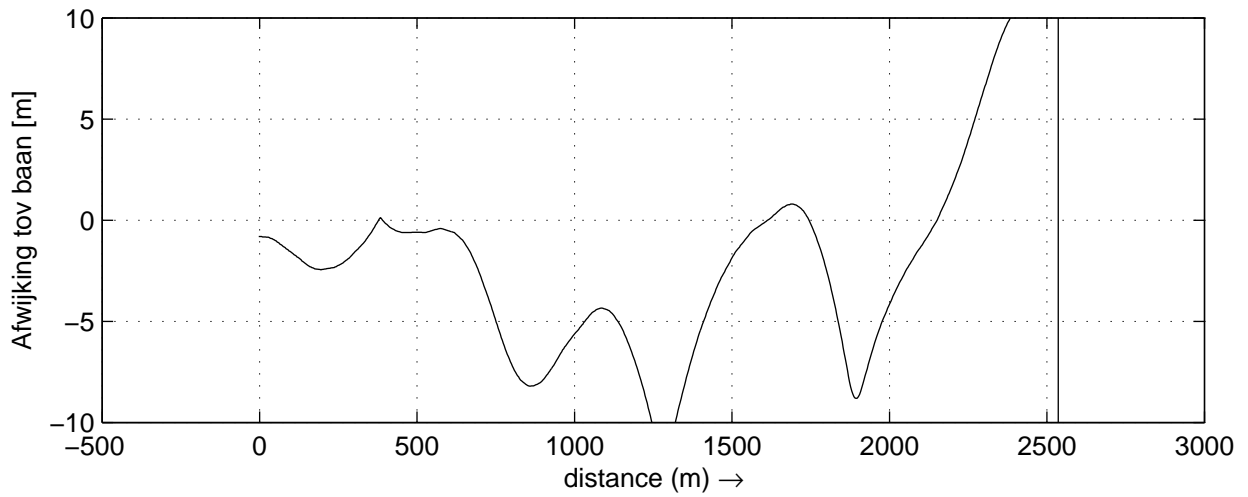
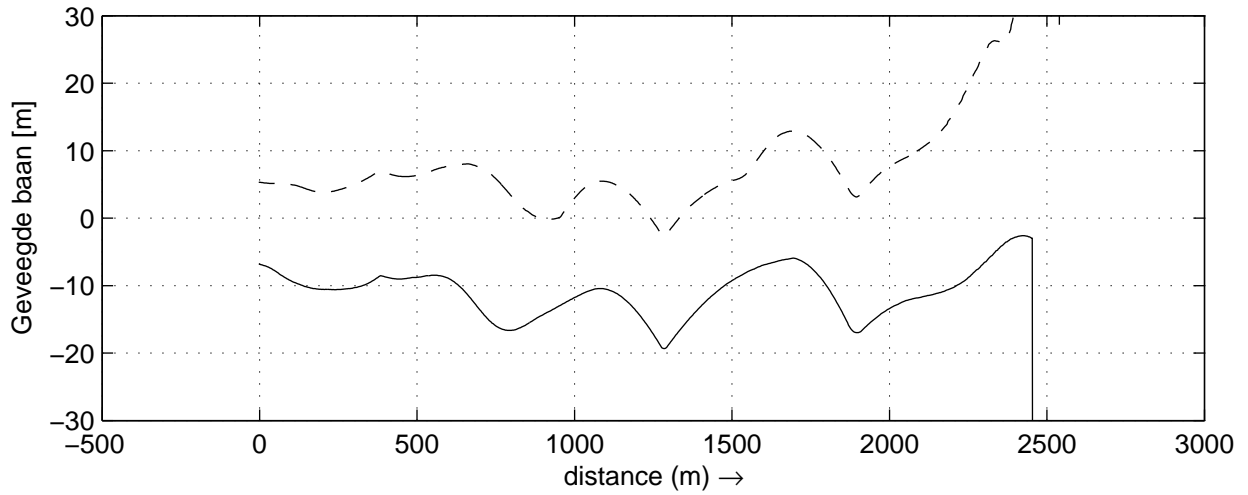
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B4

Fig.B4 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

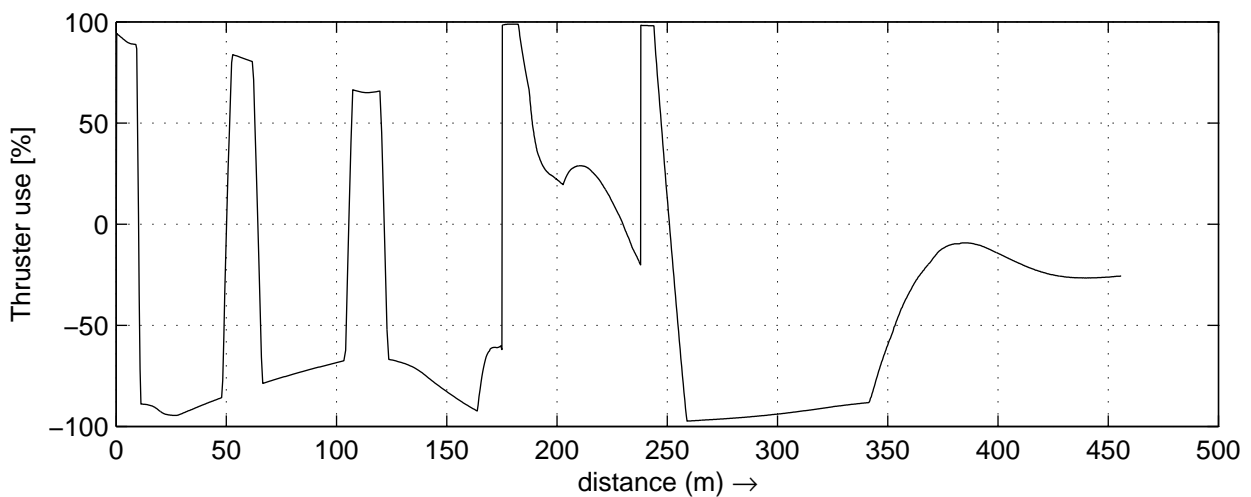
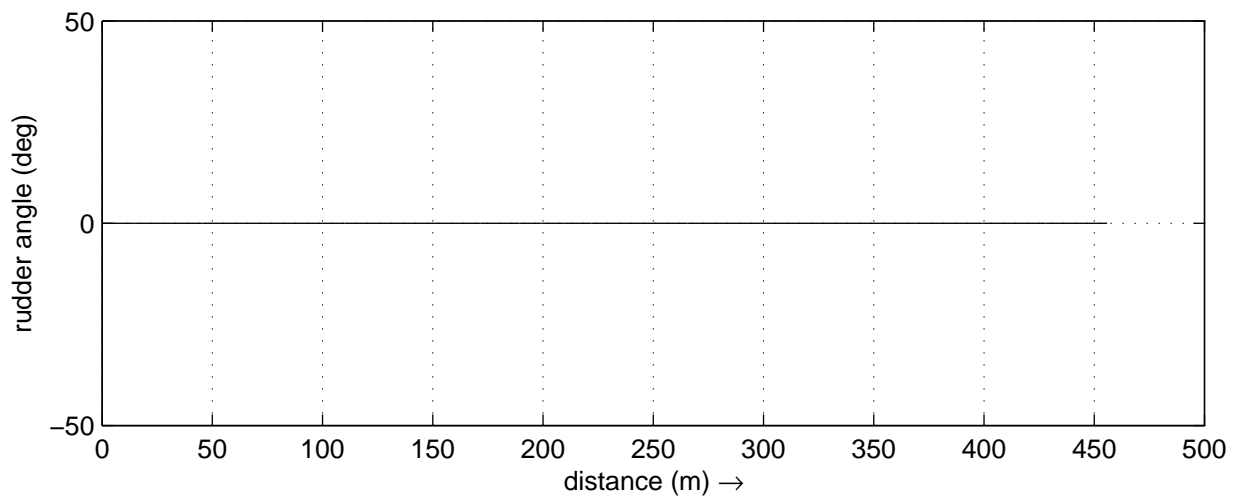
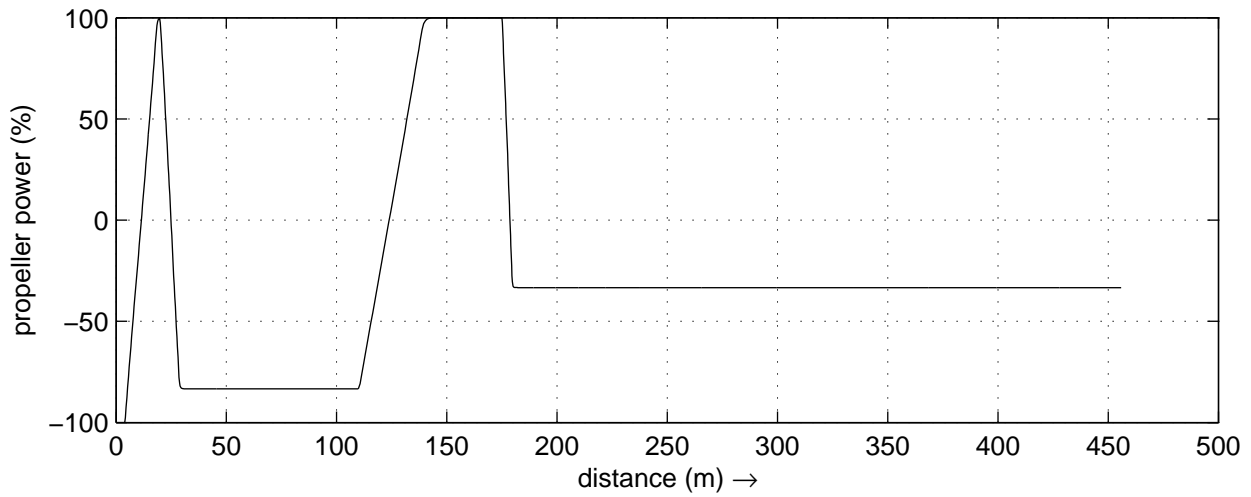
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B4

Fig.B4 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

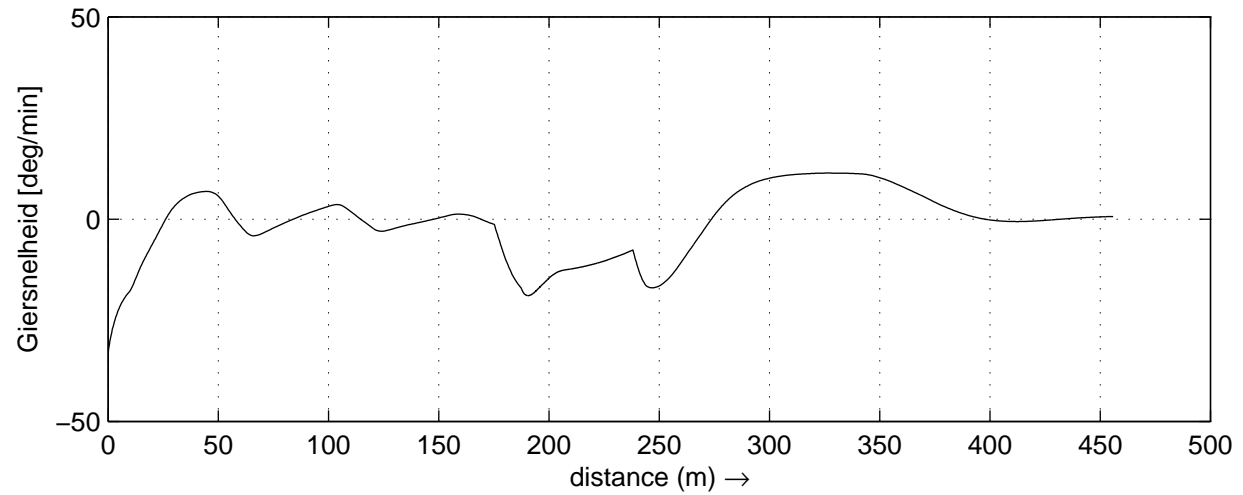
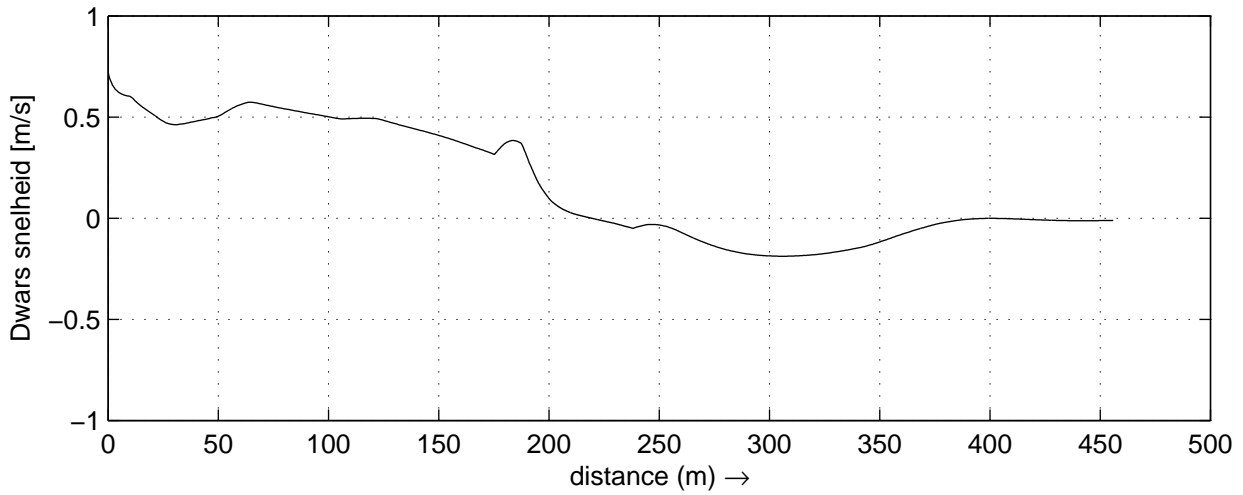
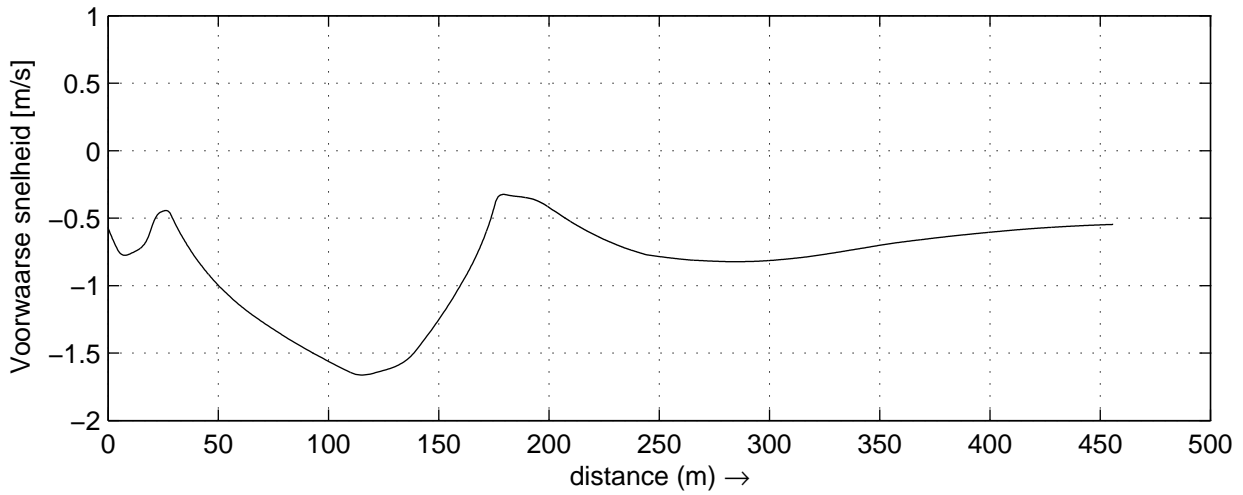
30815

Heijen

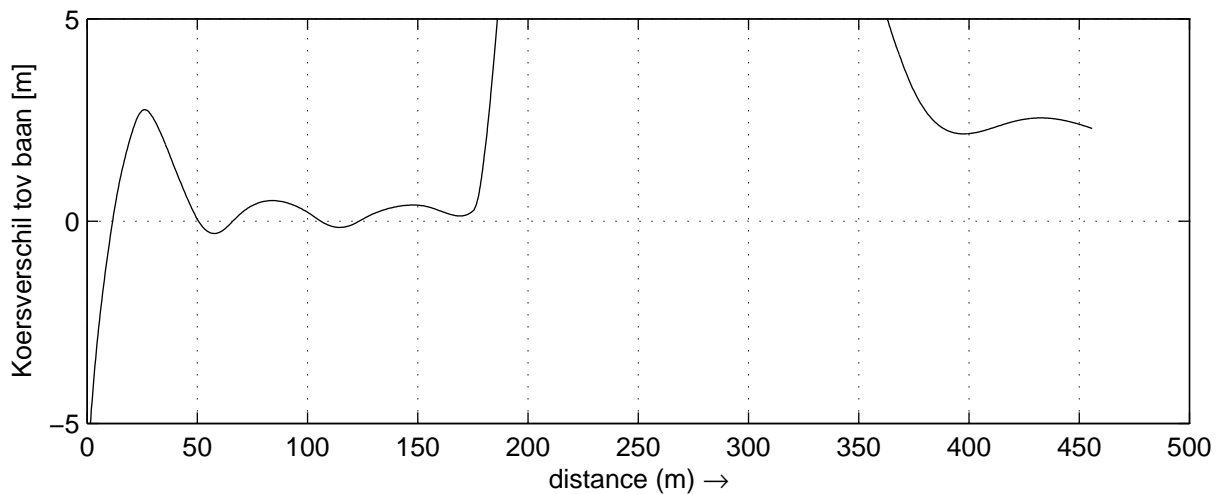
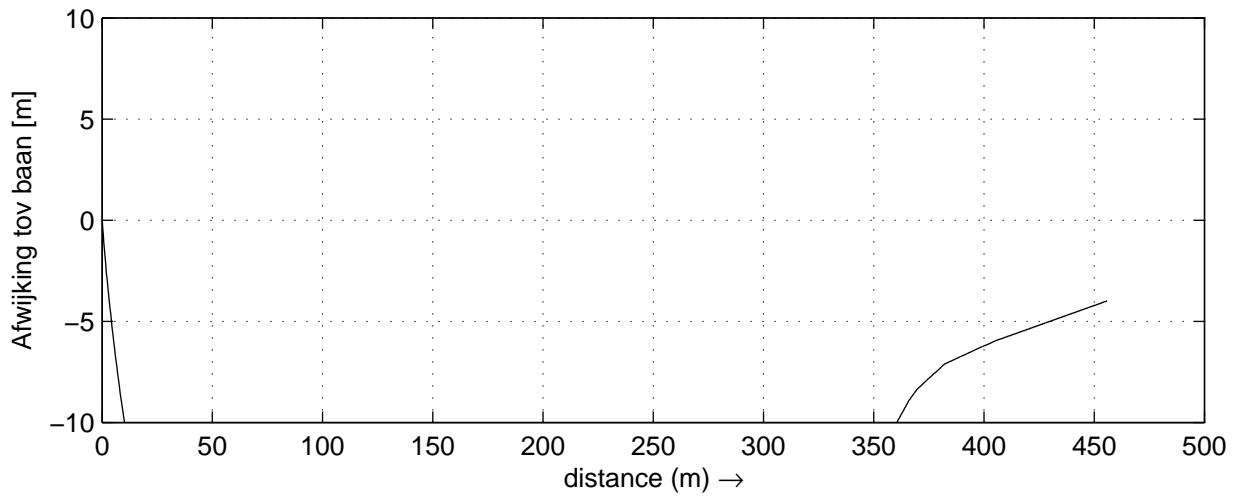
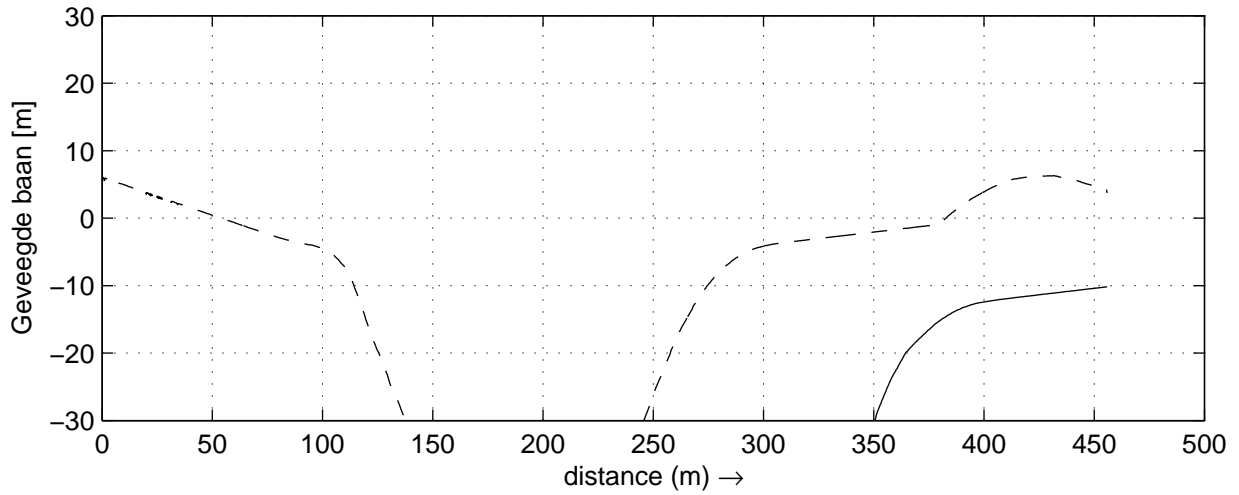
MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B4_2_c

Fig.B4_2_c -4



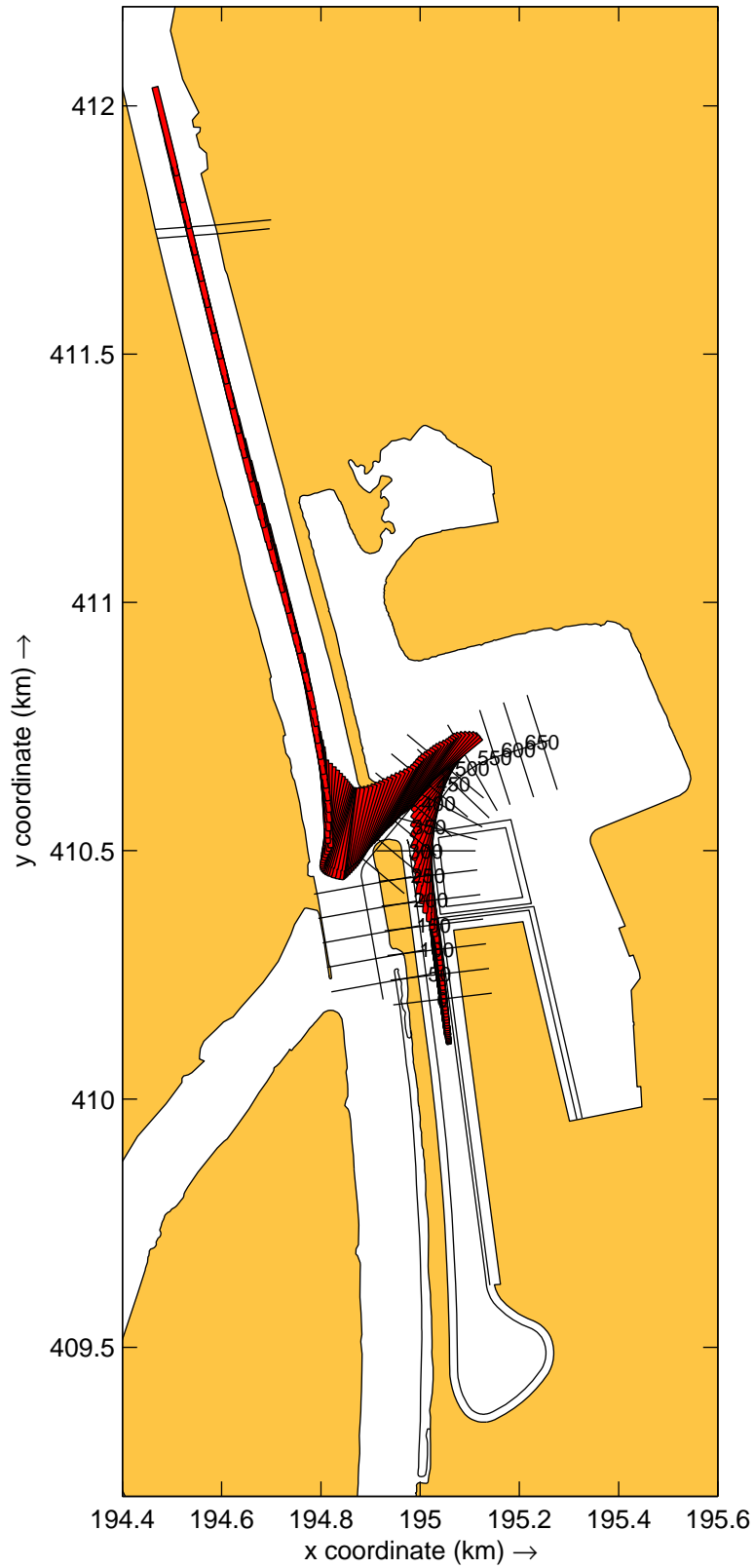
Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid	30815	
	Heijen	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Run B4_2_c	Fig.B4_2_c -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

30815

Heijen



Overzicht baan KlasseVb_geladen
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

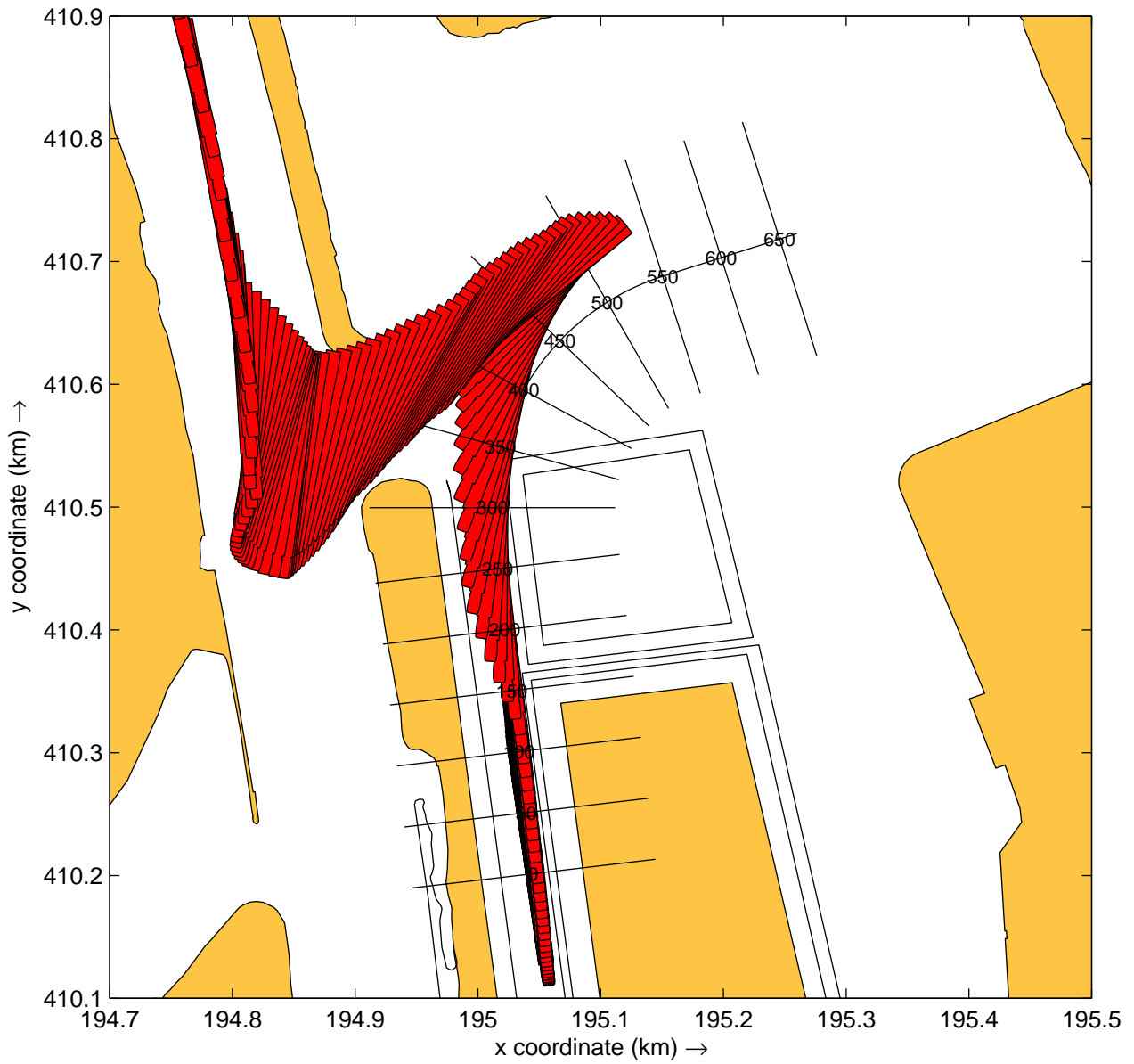
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5

Fig.B5 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_geladen
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

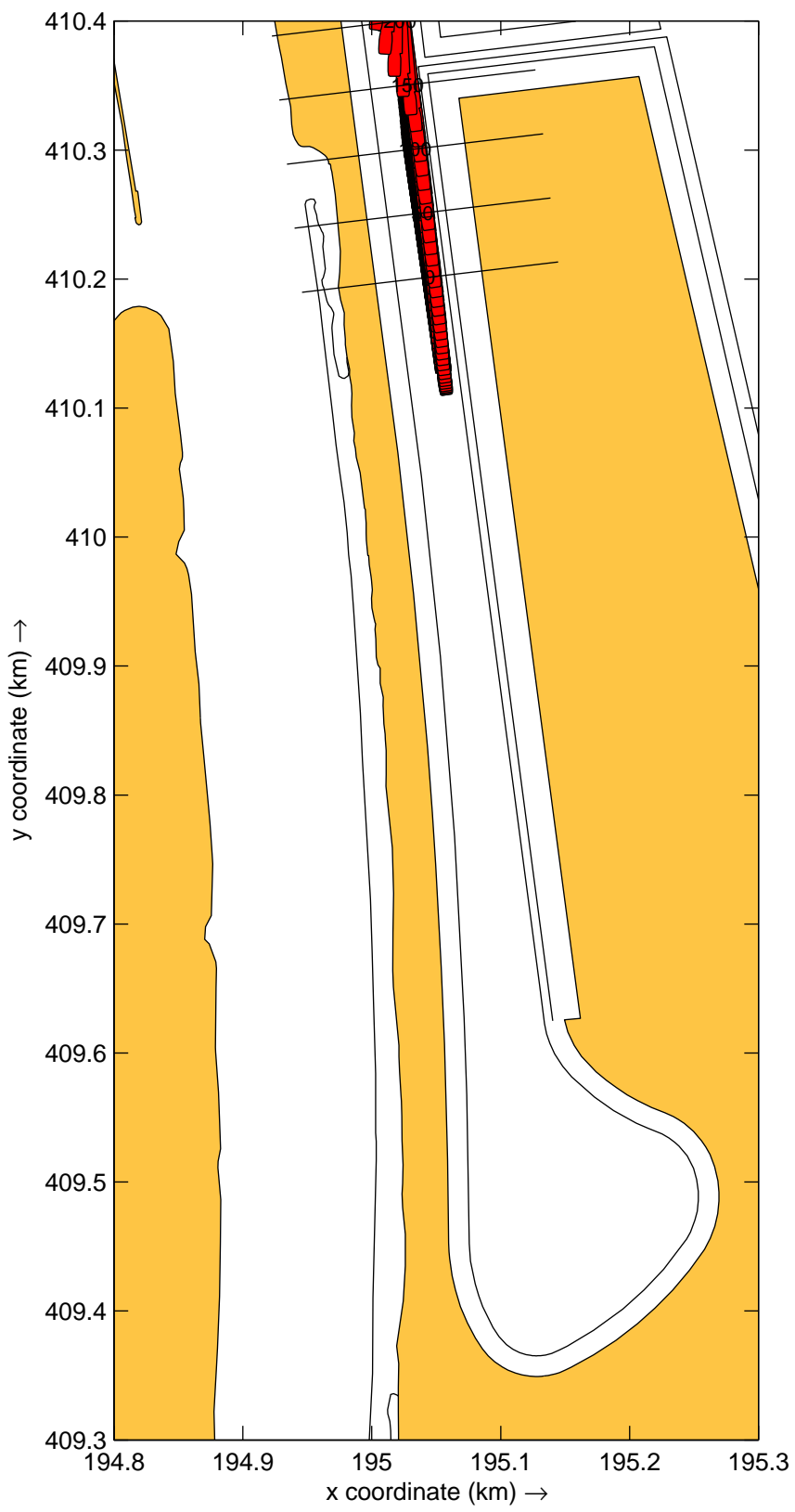
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5

Fig.B5 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_geladen
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

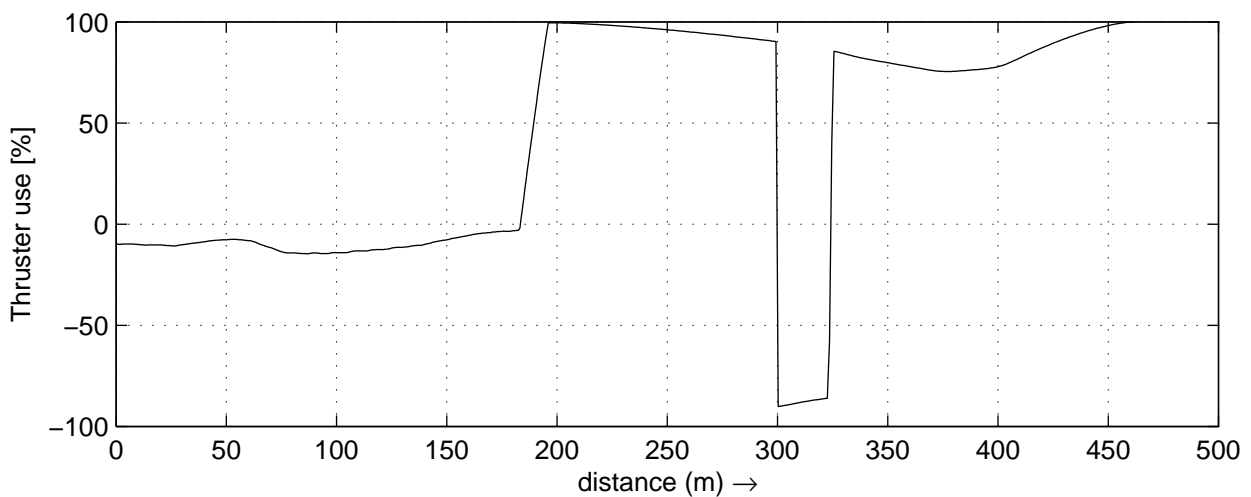
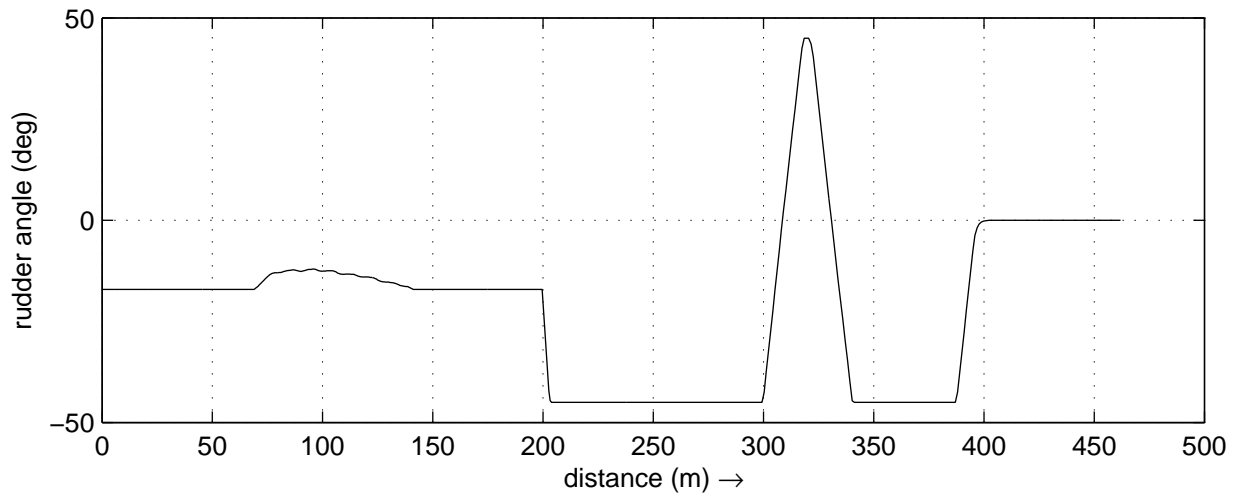
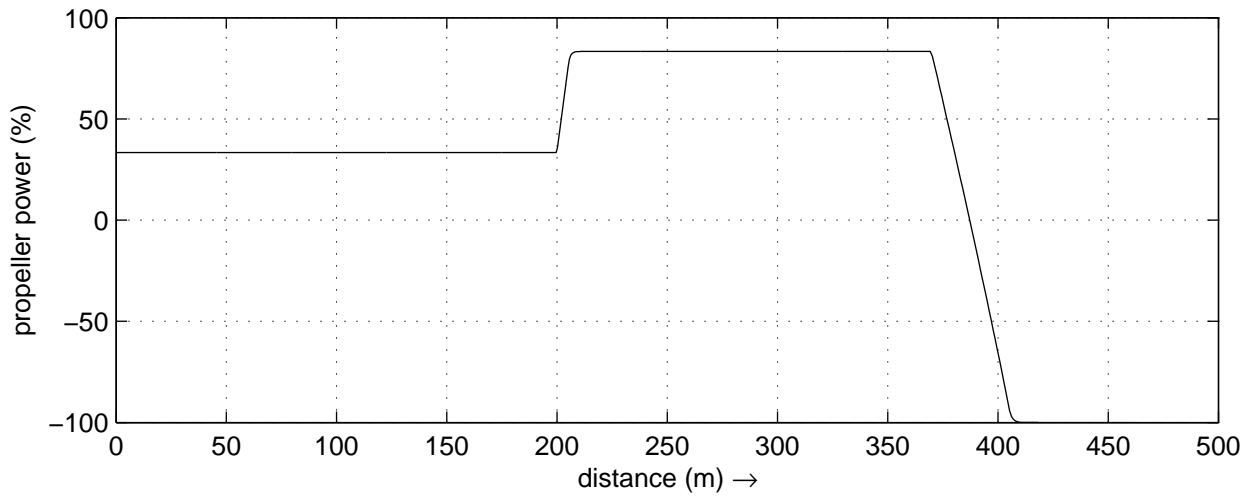
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5

Fig.B5 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

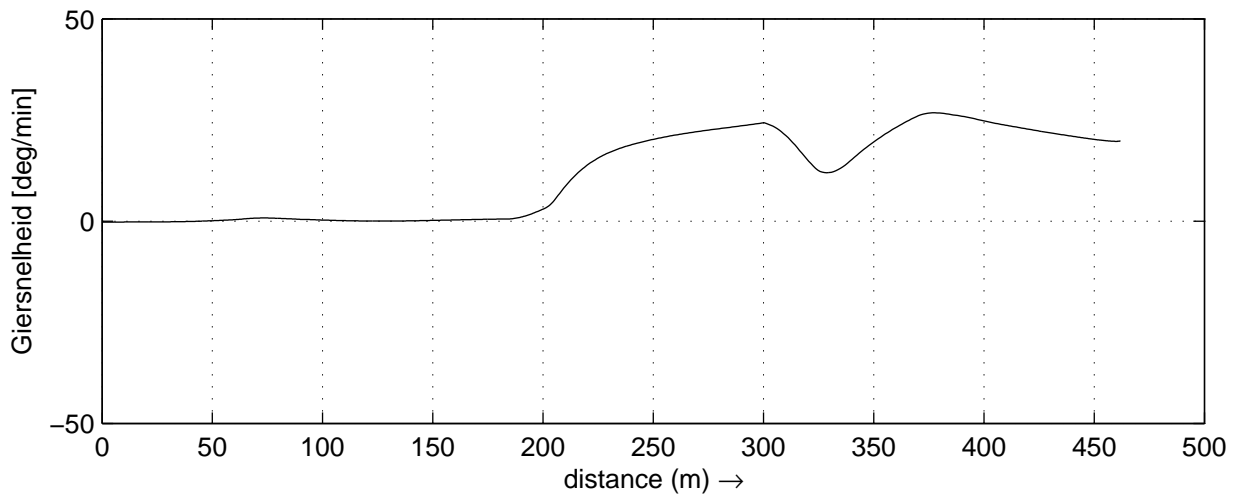
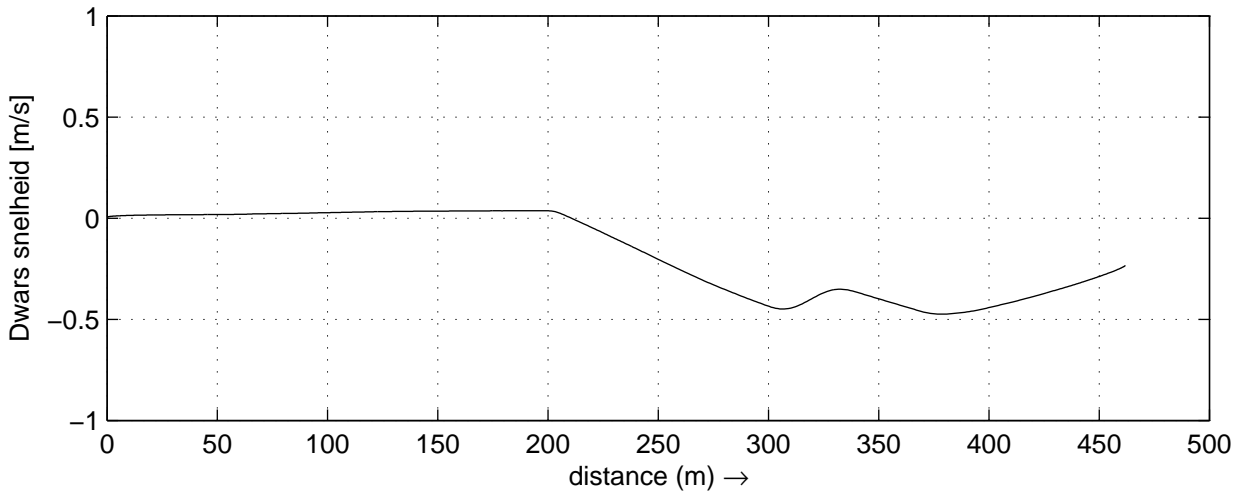
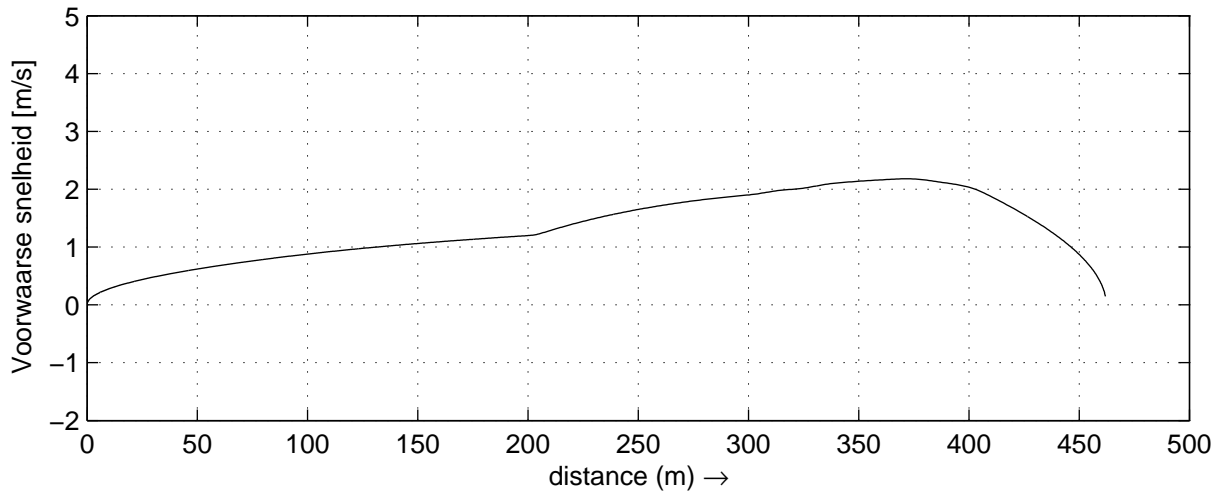
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5

Fig.B5 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

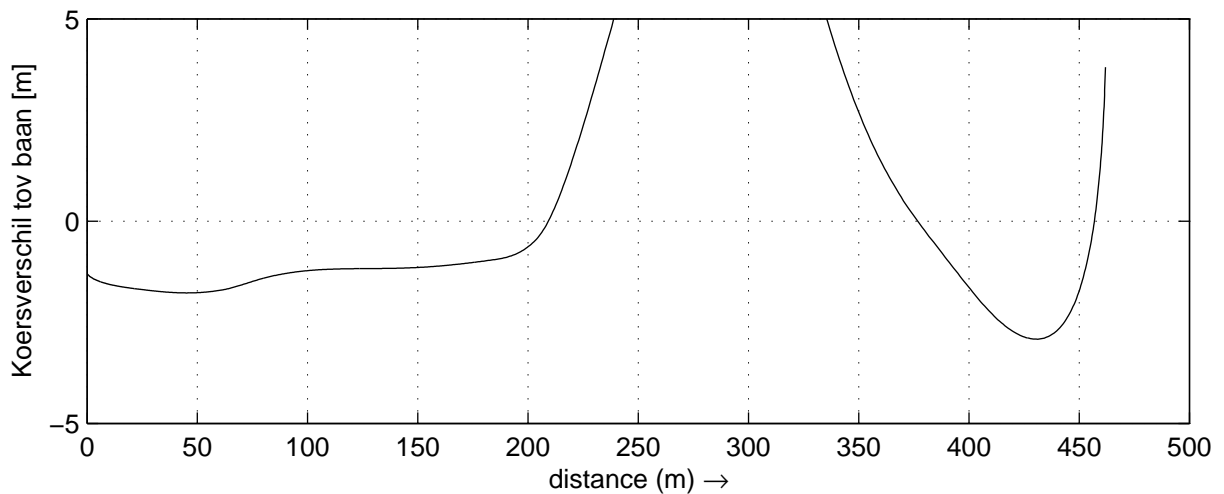
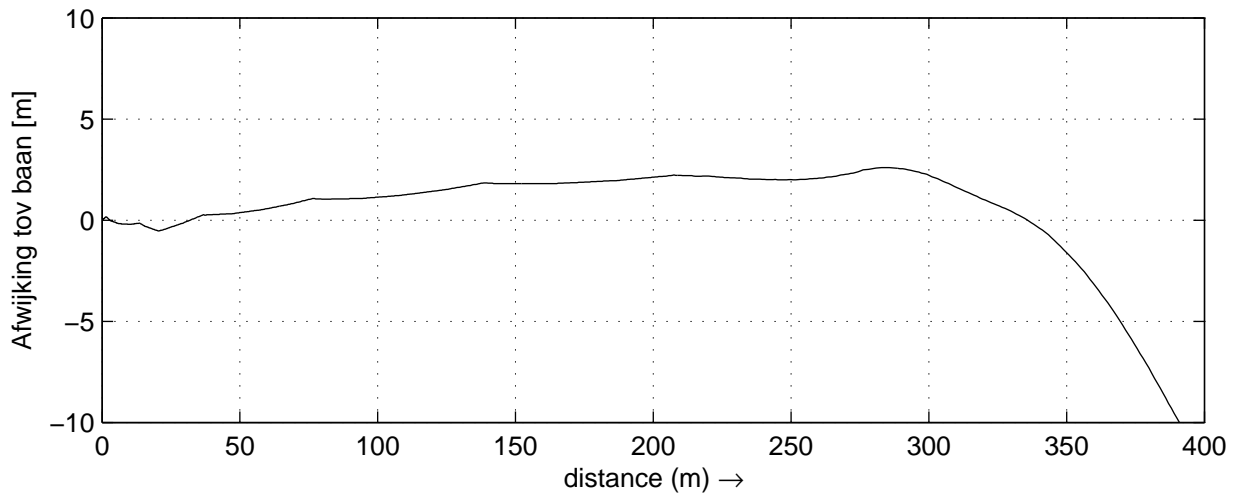
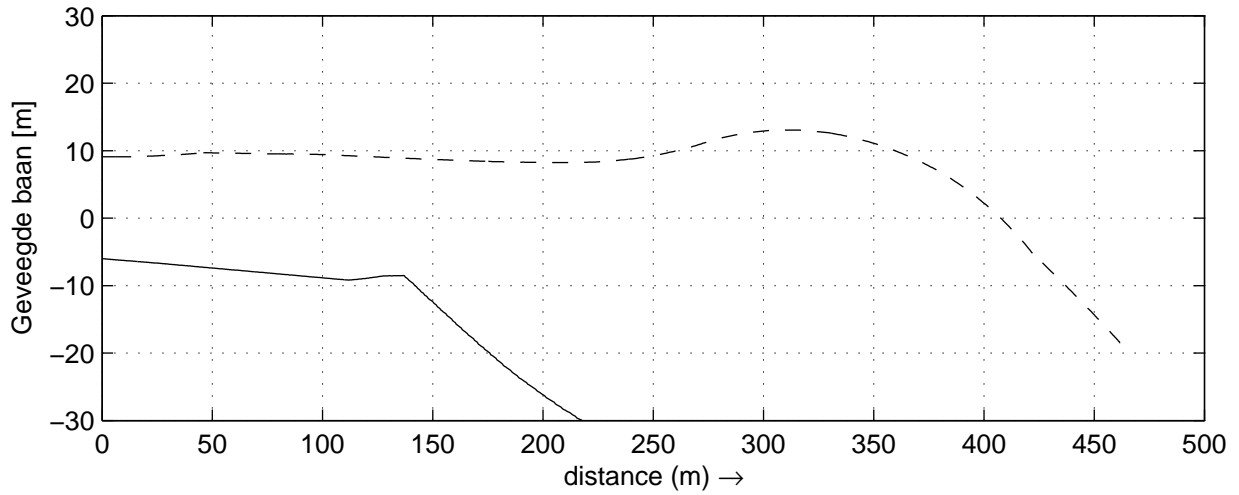
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5

Fig.B5 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

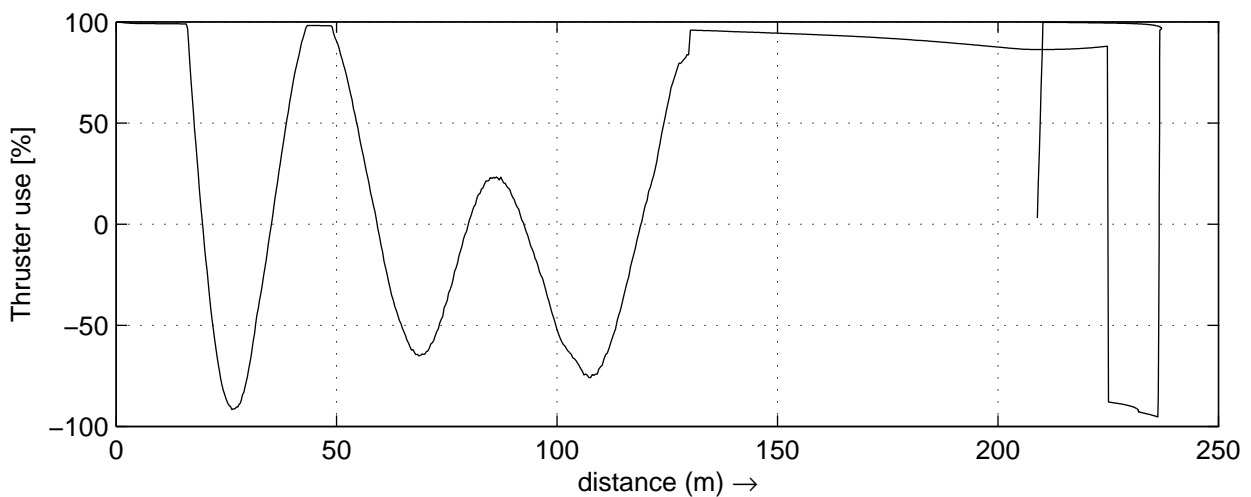
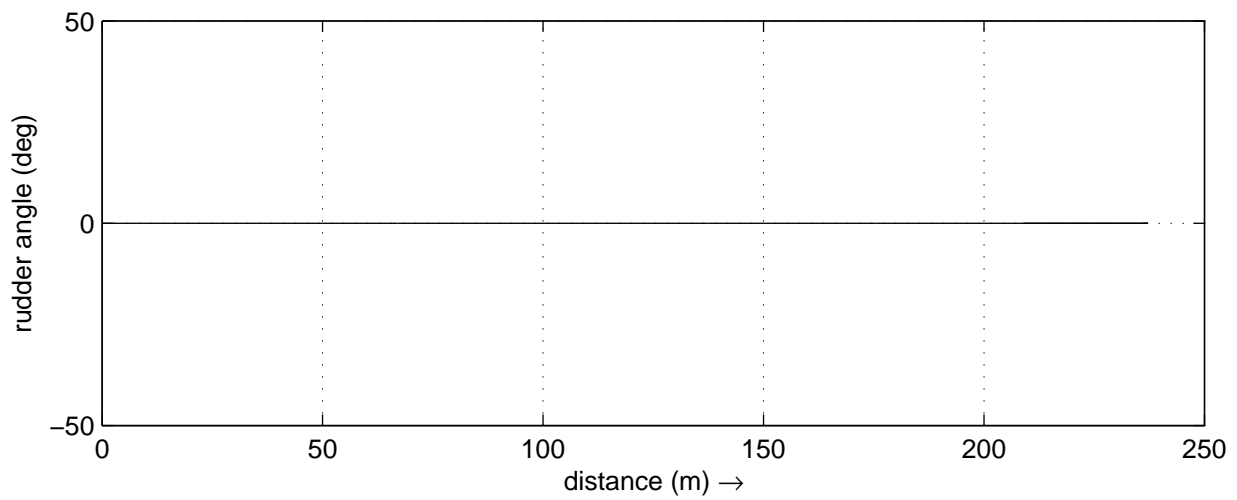
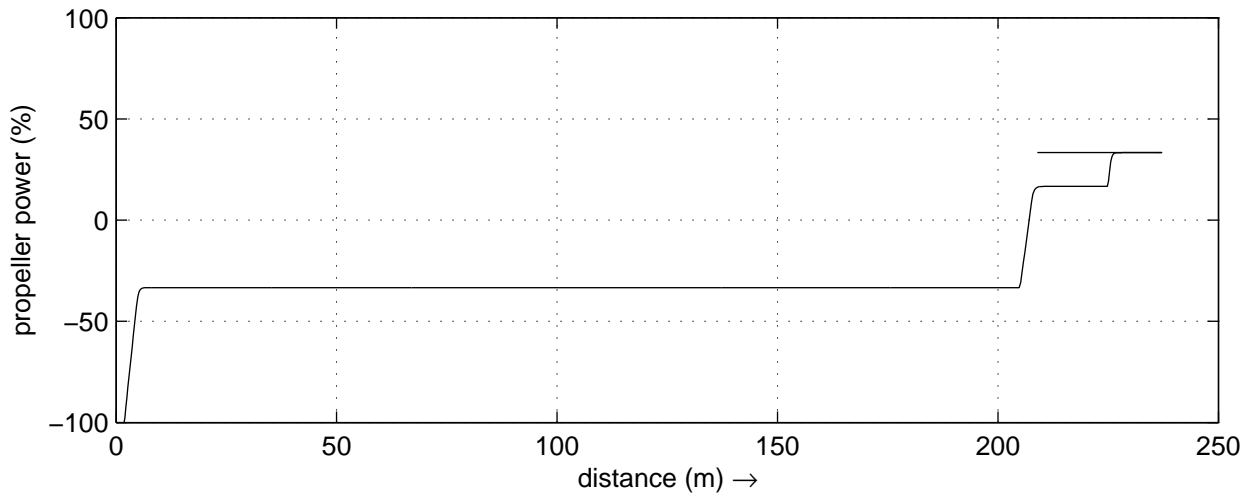
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5

Fig.B5 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

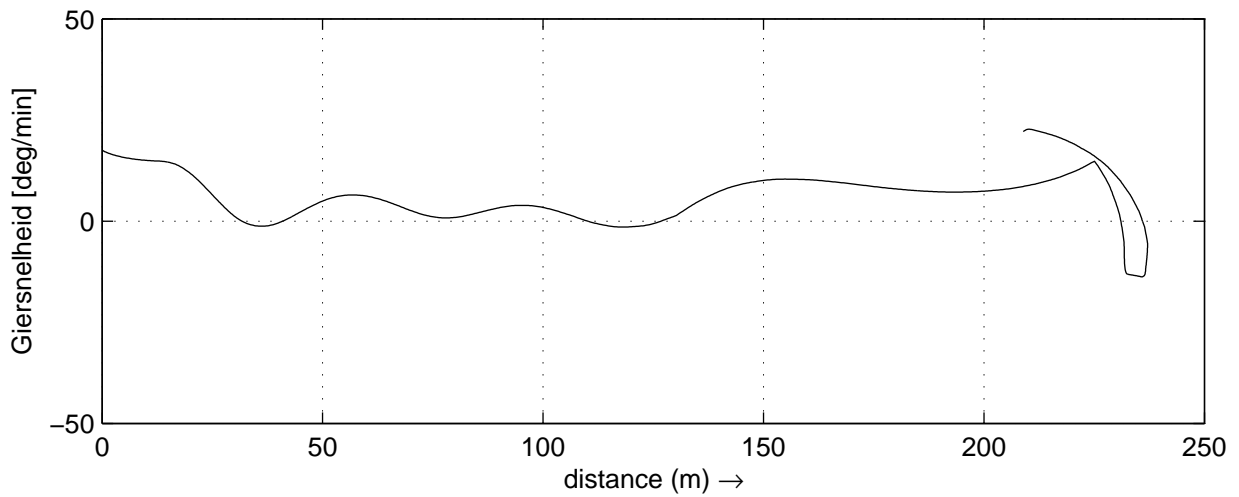
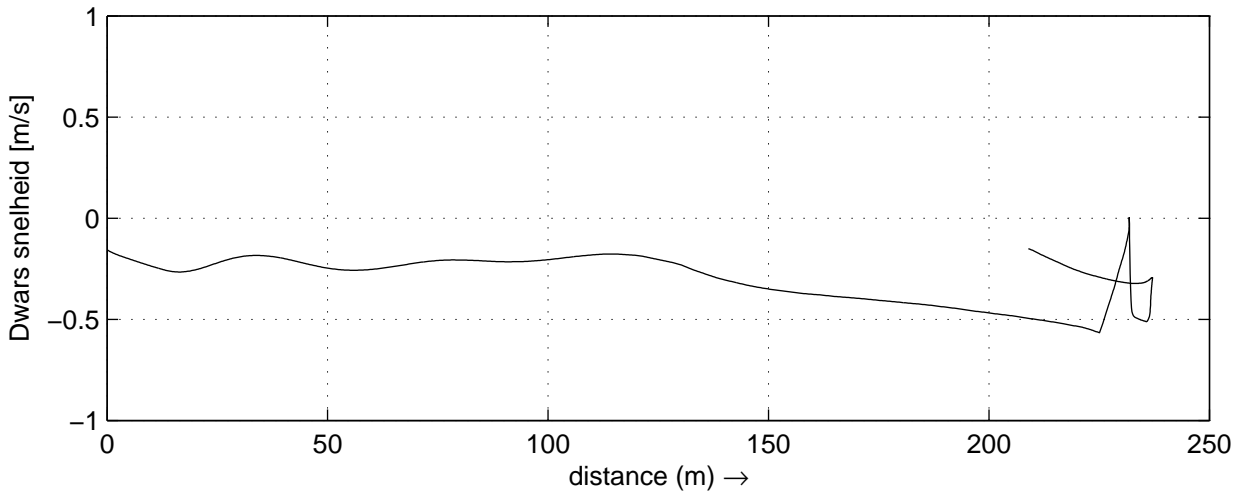
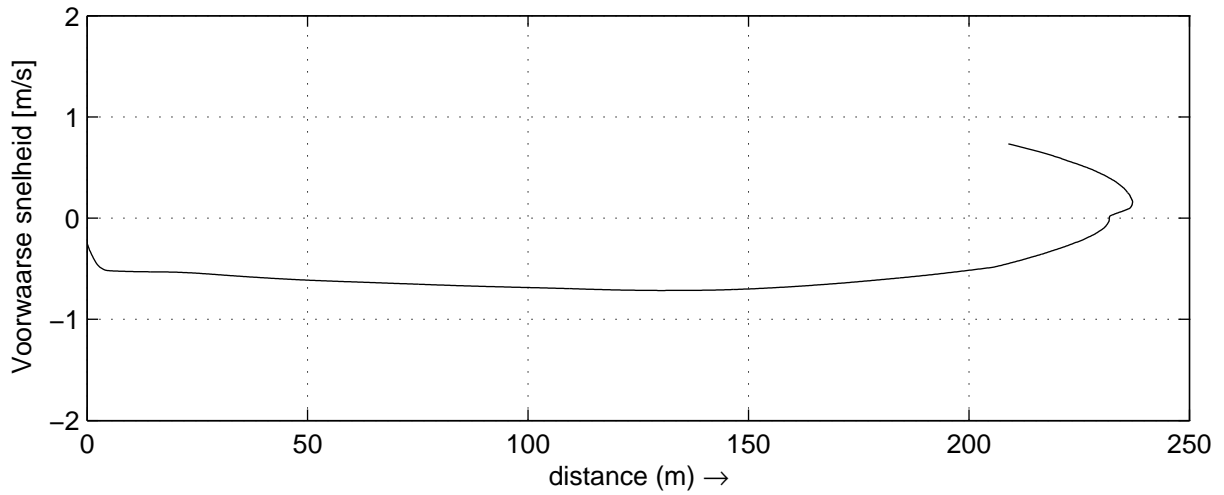
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5_d2

Fig.B5_d2 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

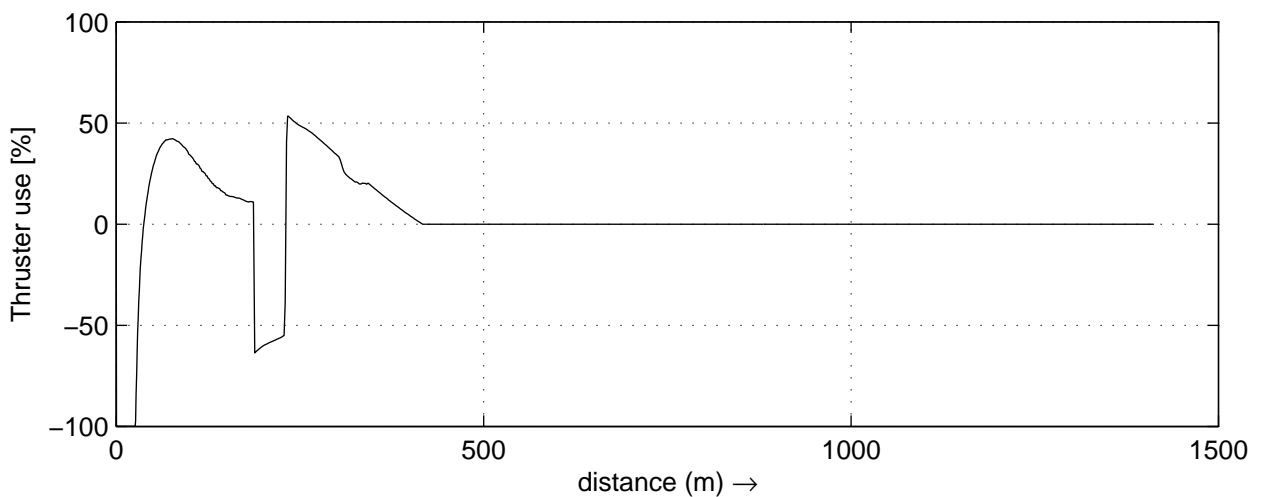
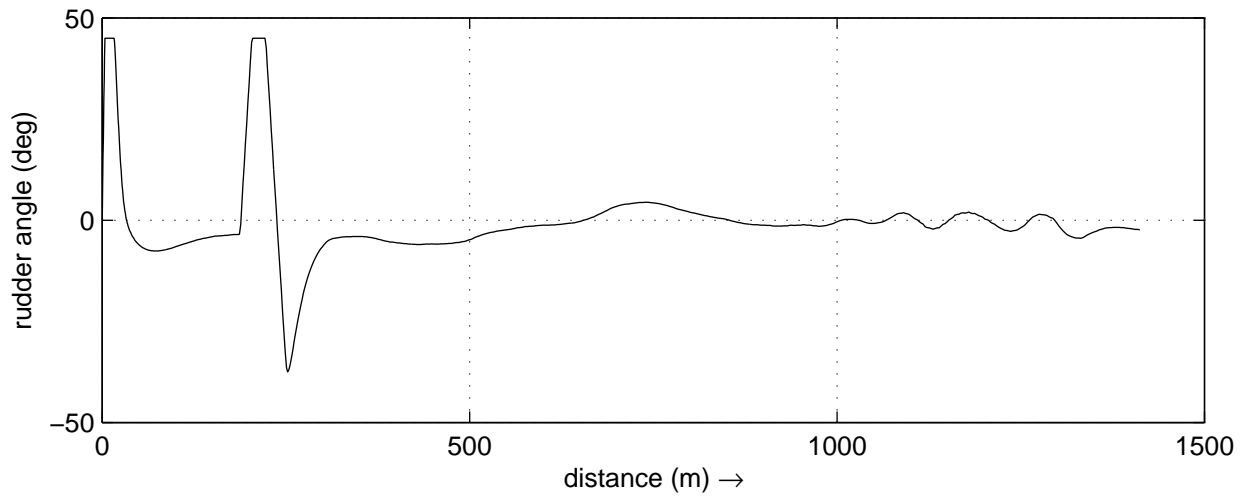
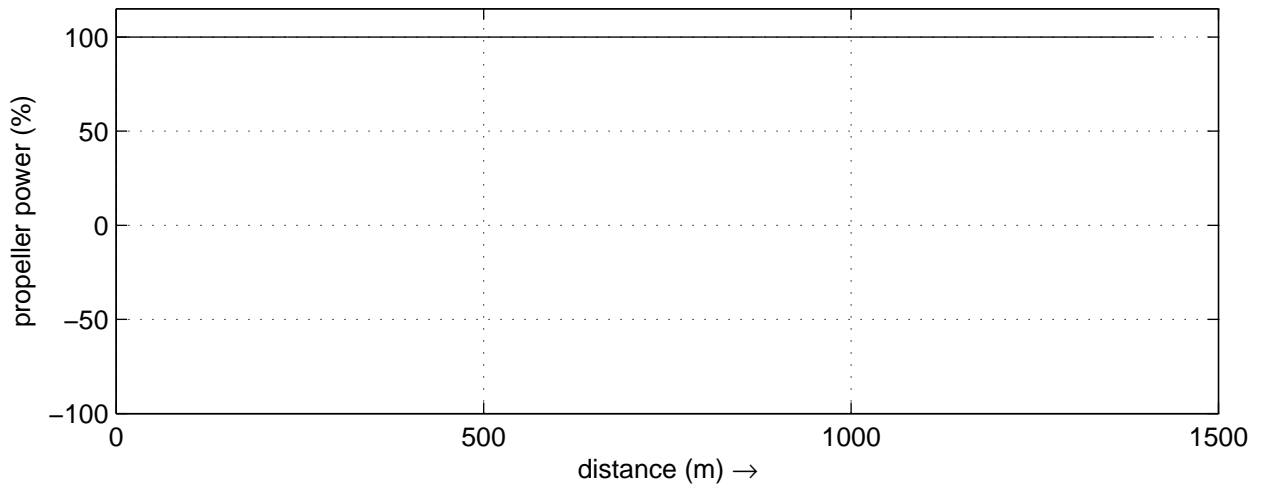
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5_d2

Fig.B5_d2 -5



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

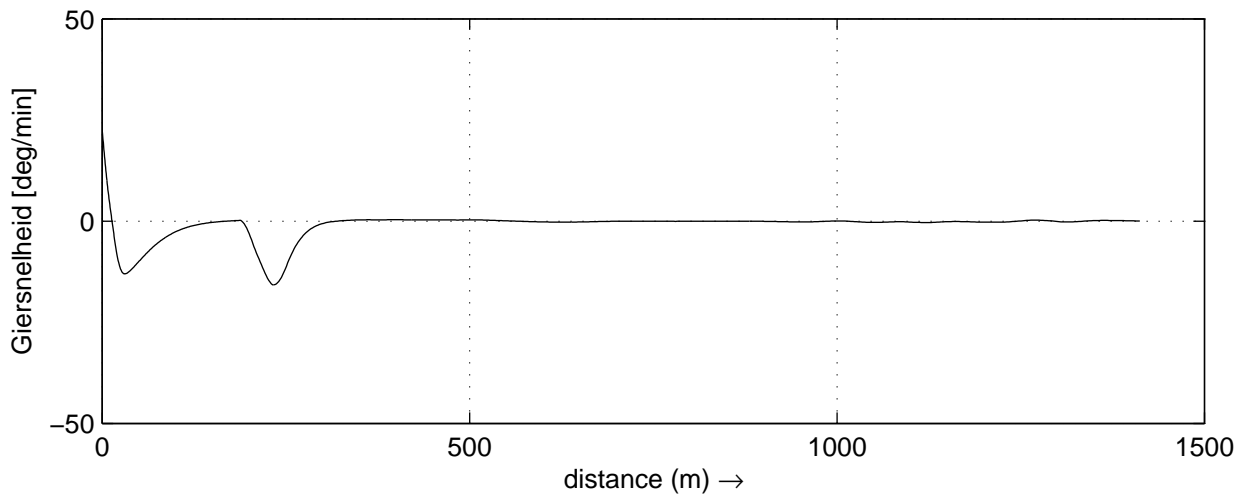
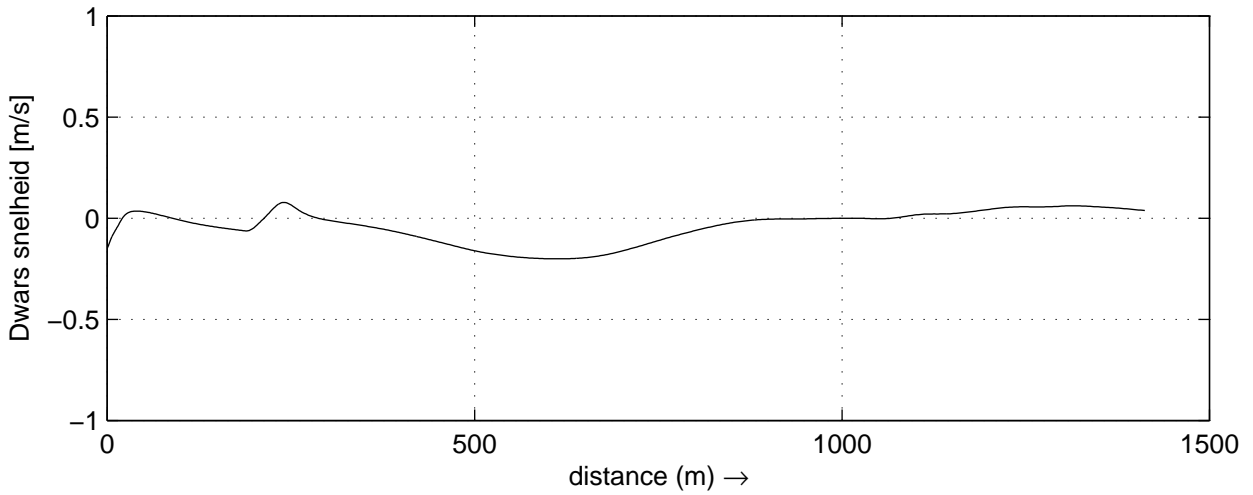
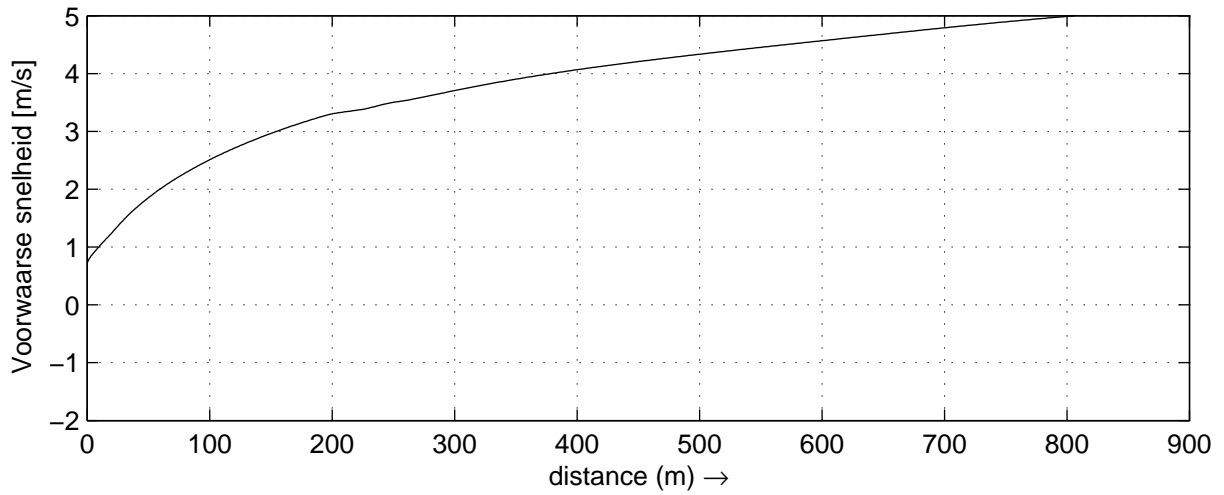
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5_d3_alt

Fig.B5_d3_alt -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

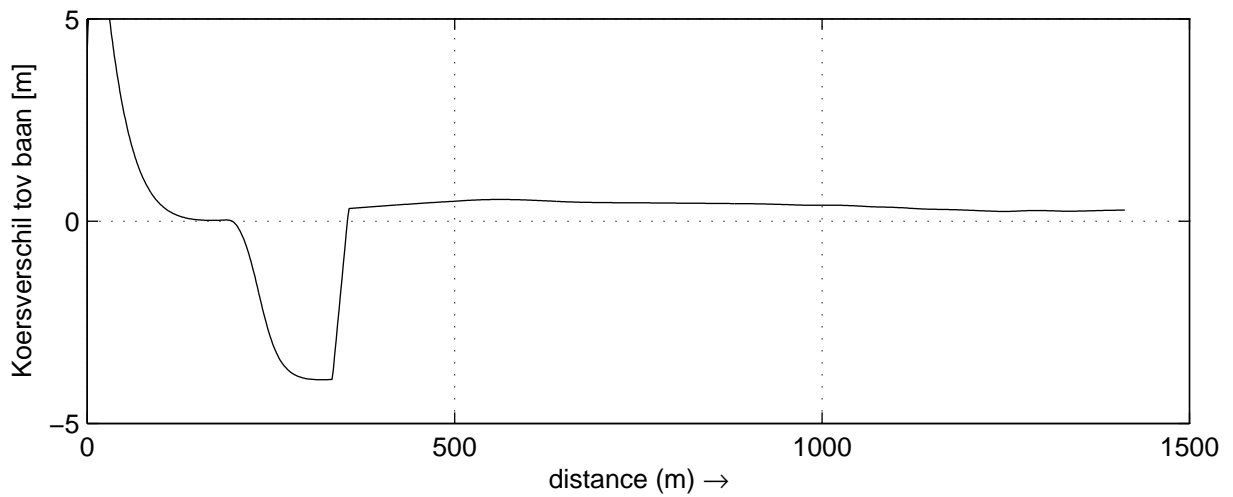
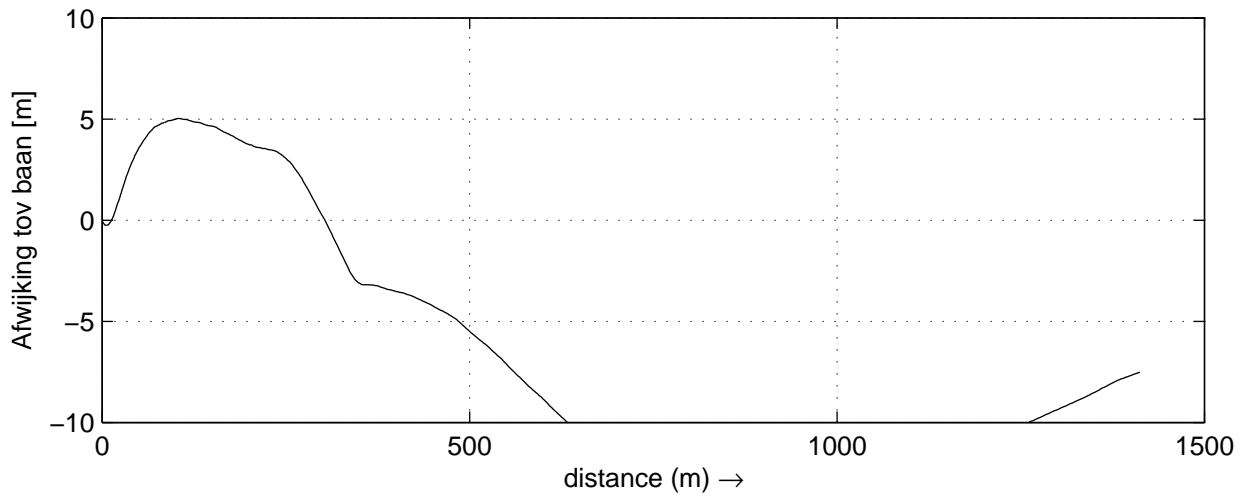
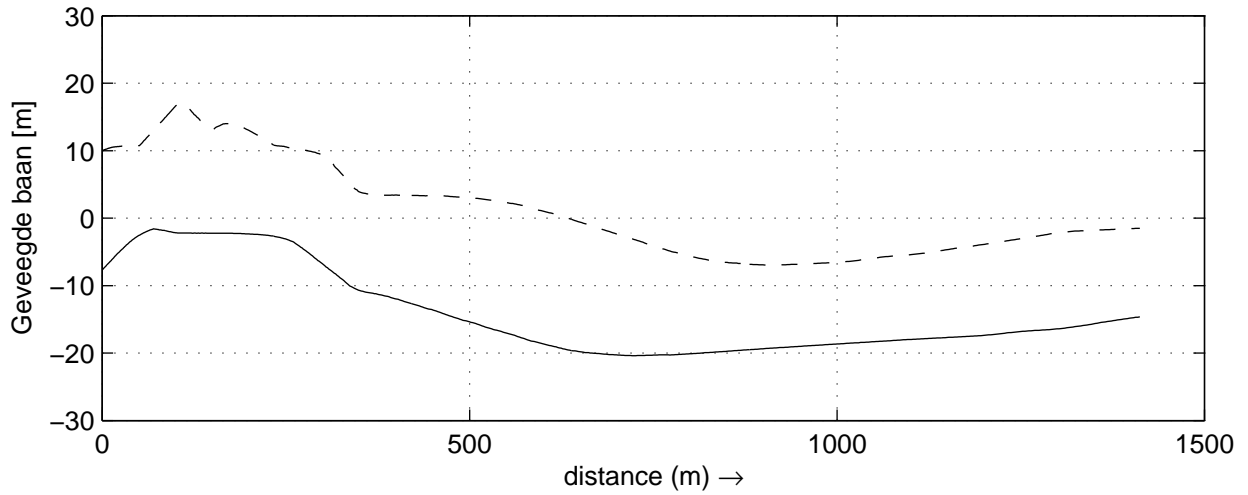
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B5_d3_alt

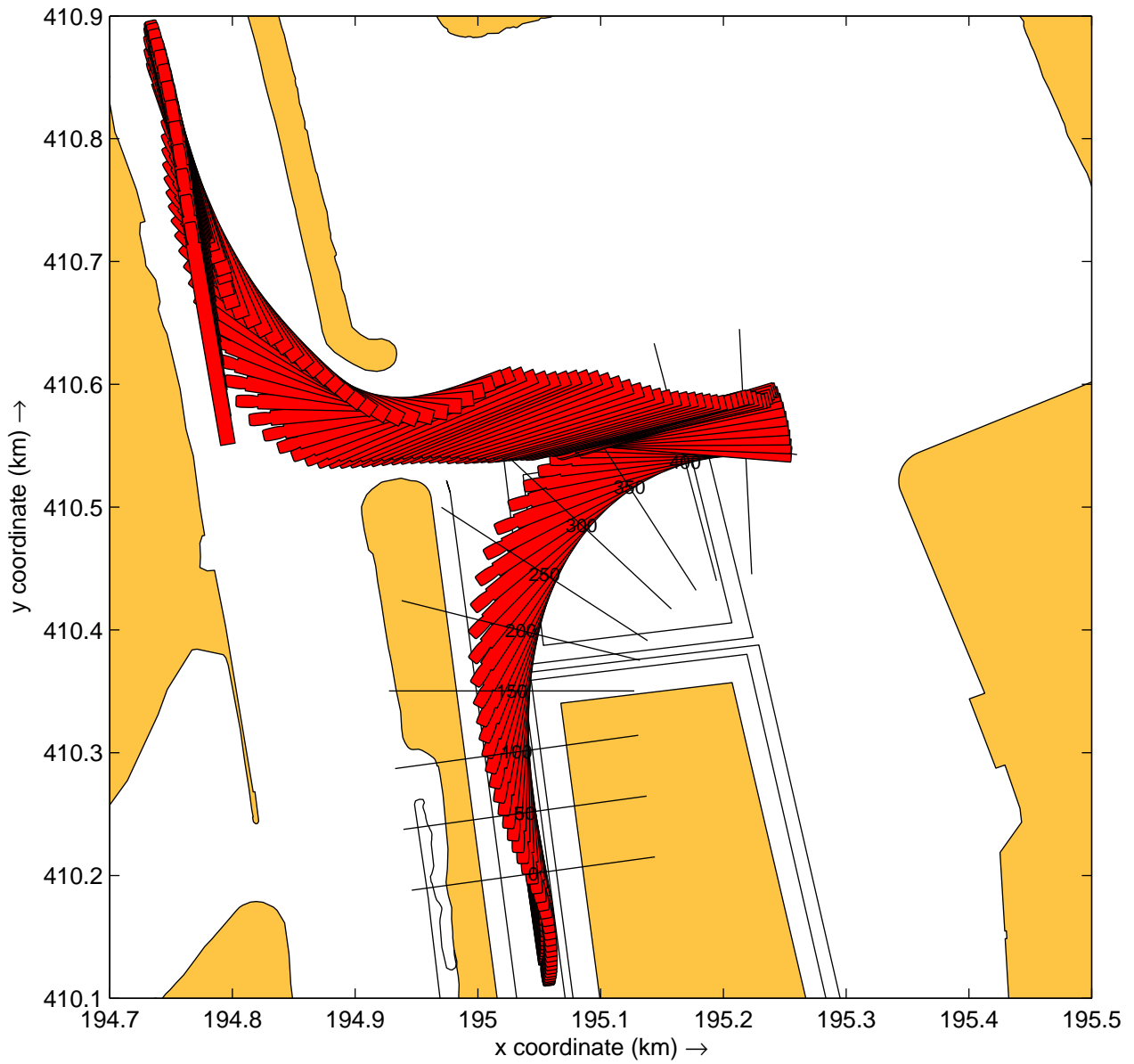
Fig.B5_d3_alt -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

30815

Heijen



Detail haventoeegang KlasseVb_geladen
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

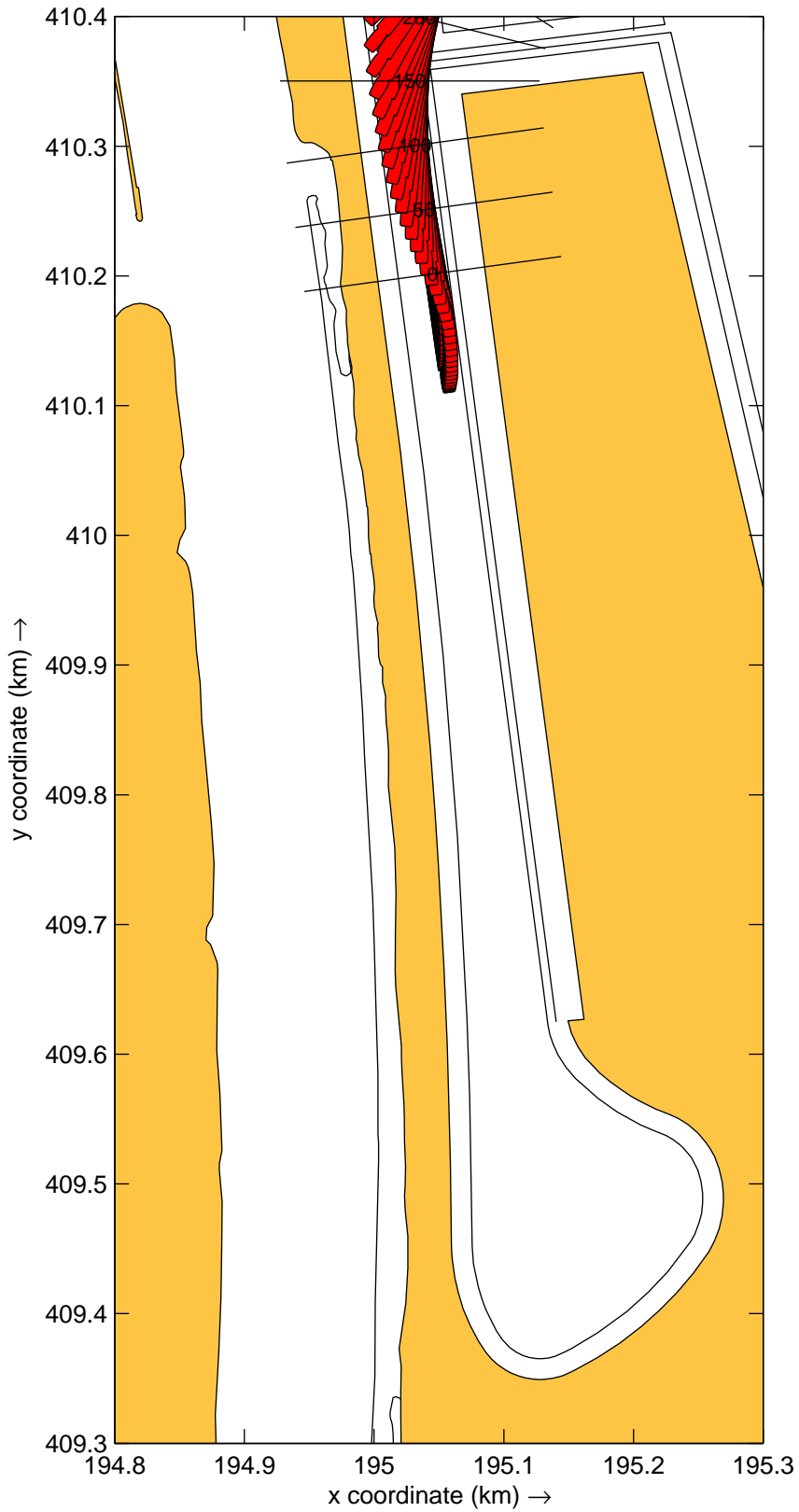
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B6

Fig.B6 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_geladen
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

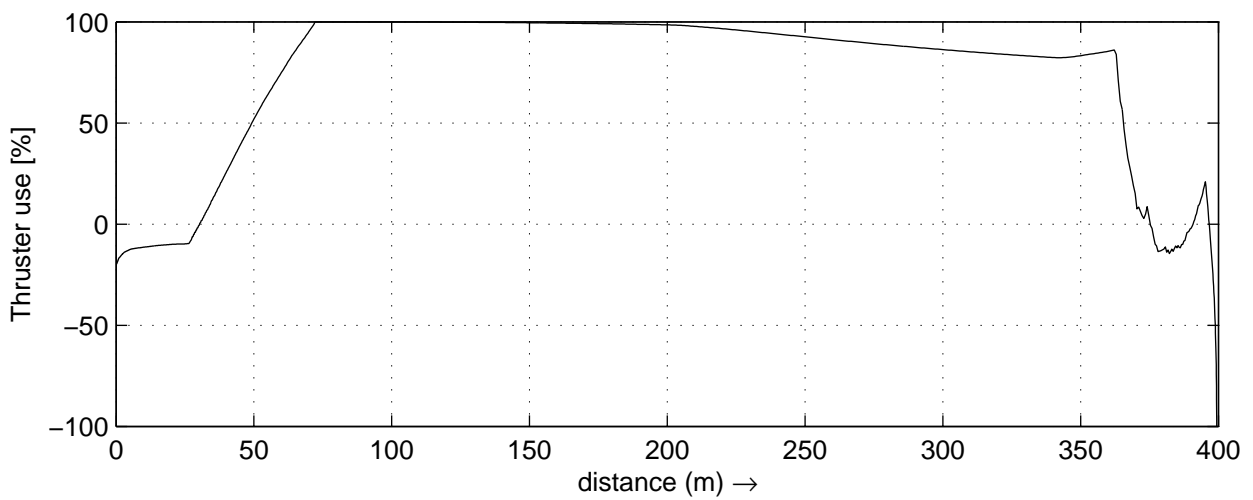
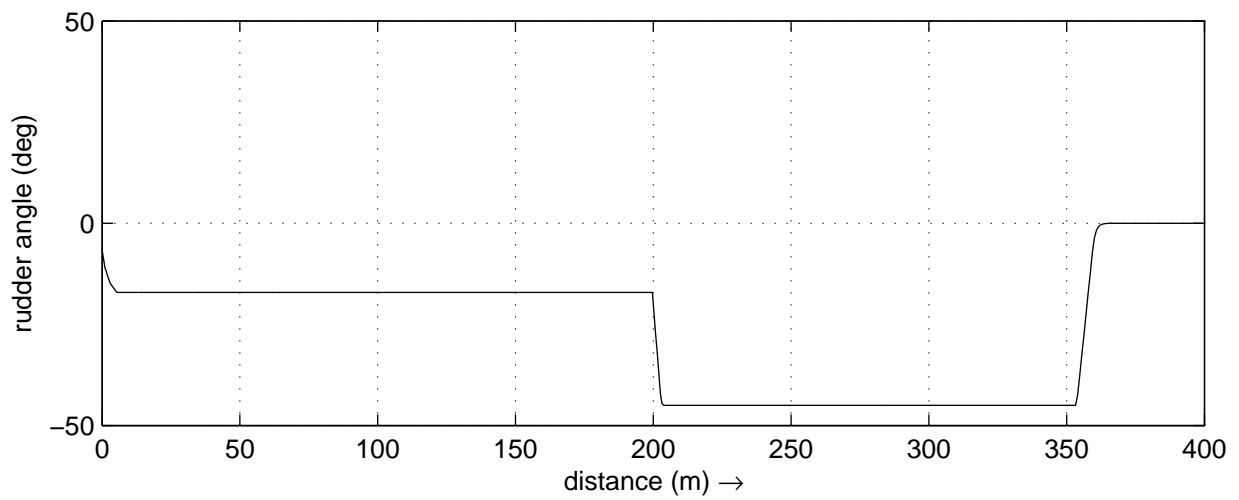
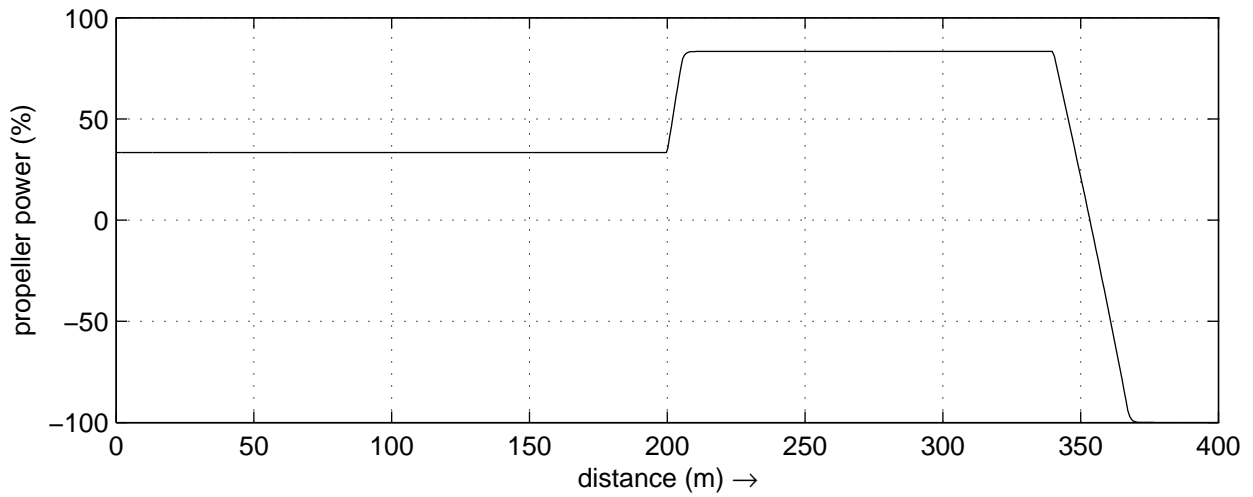
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B6

Fig.B6 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

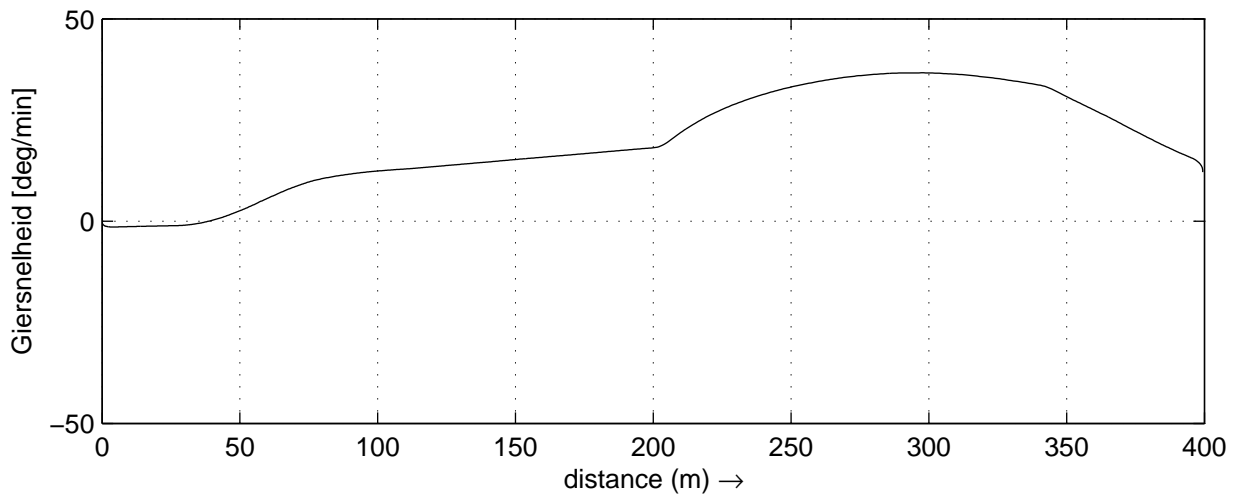
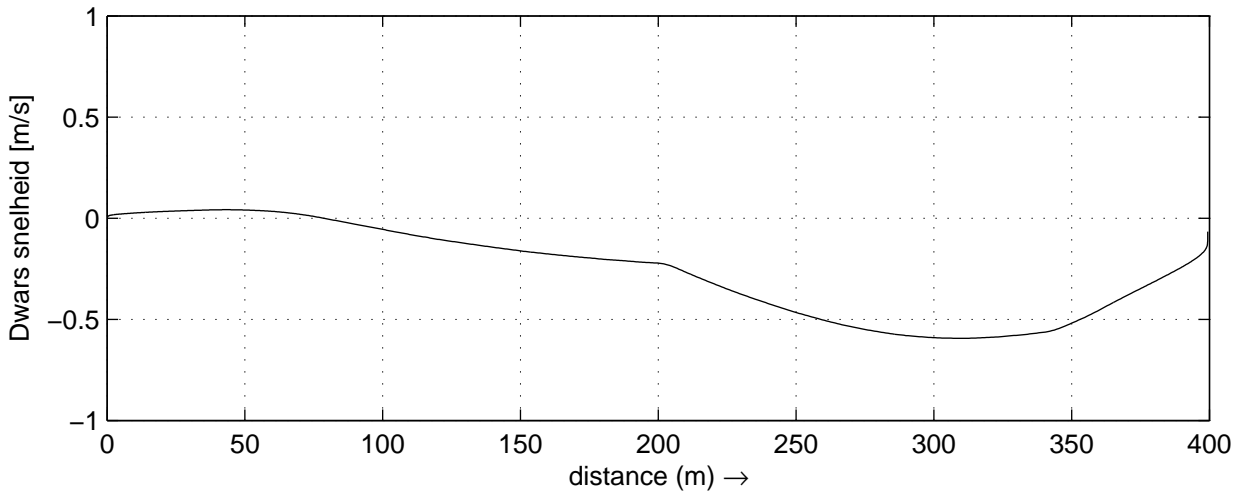
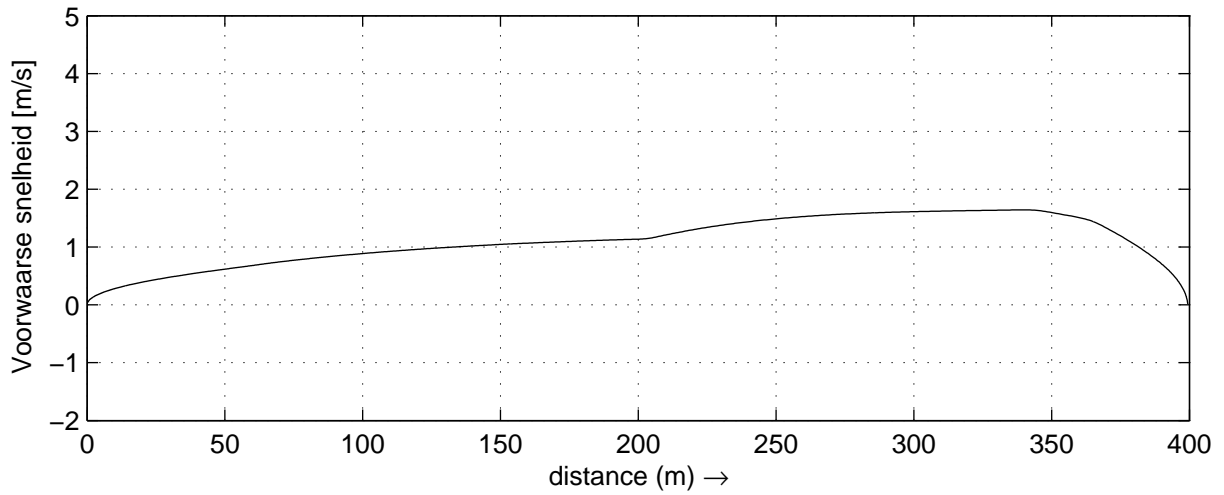
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B6

Fig.B6 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

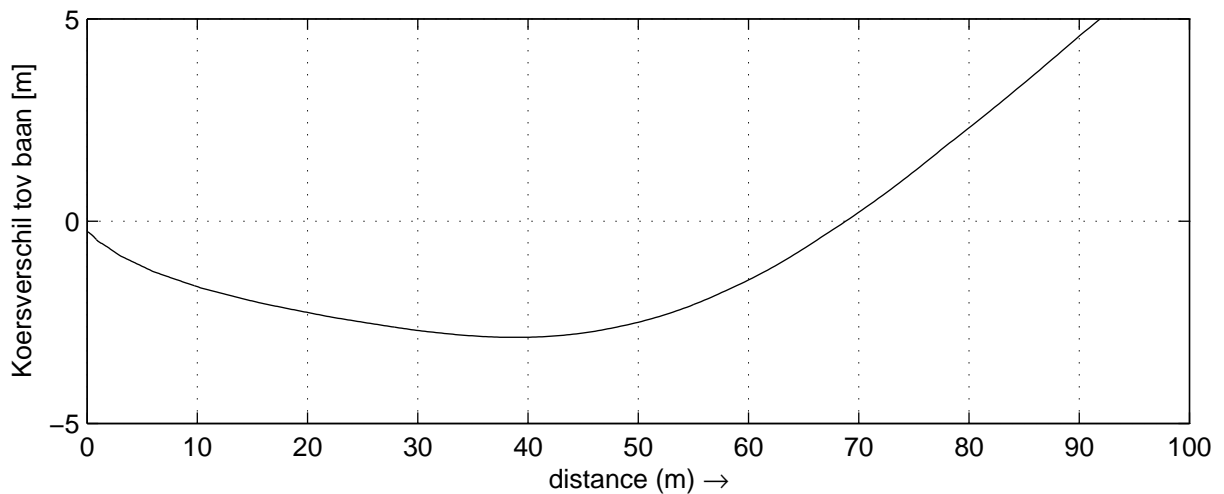
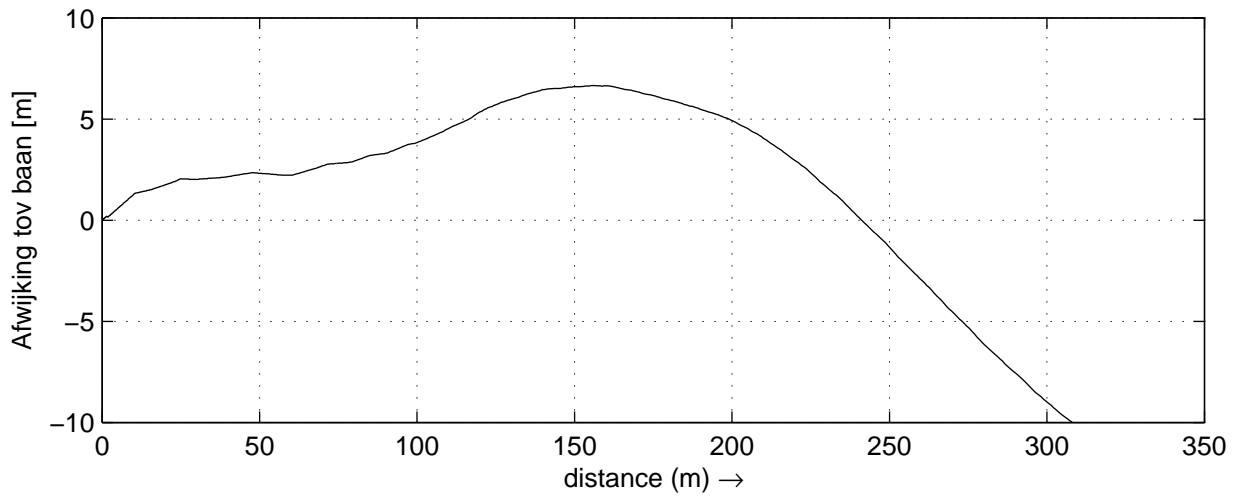
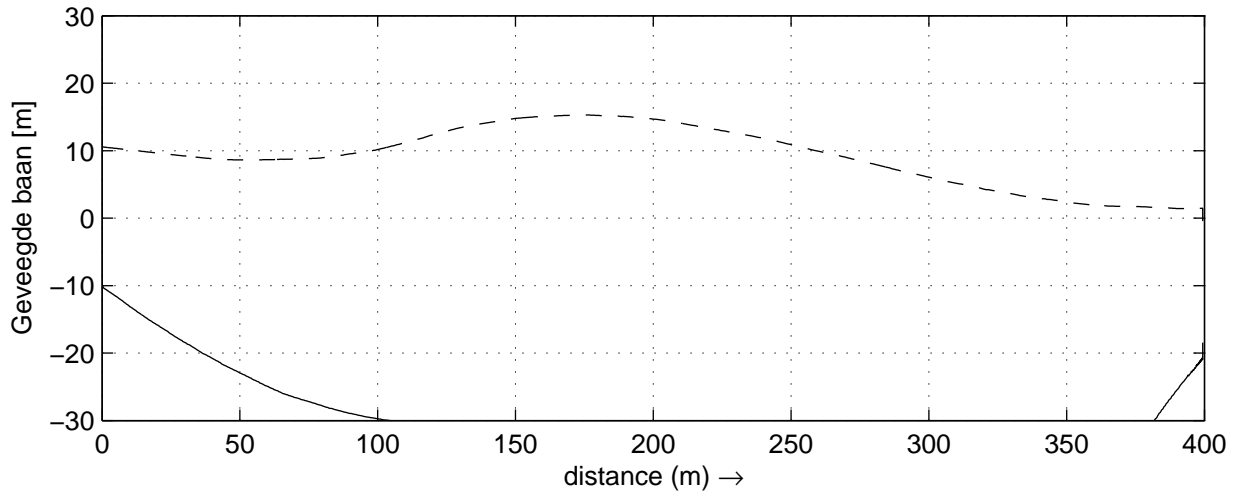
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B6

Fig.B6 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

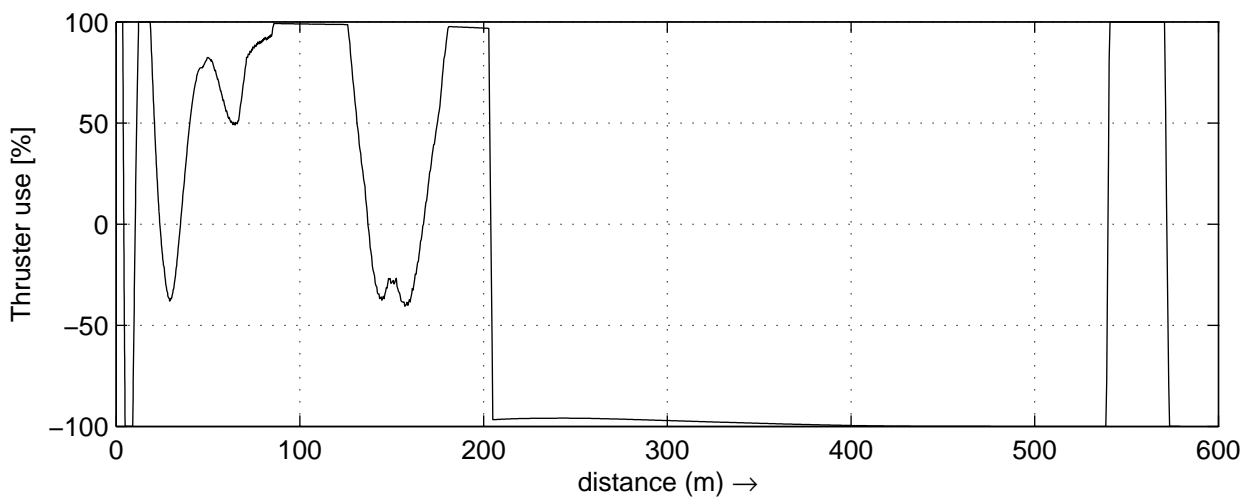
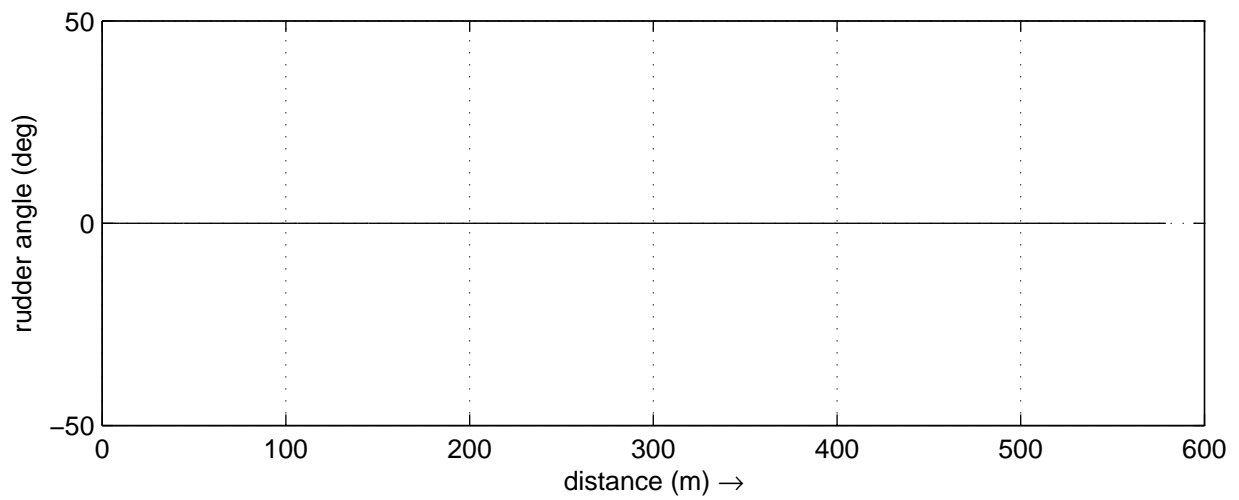
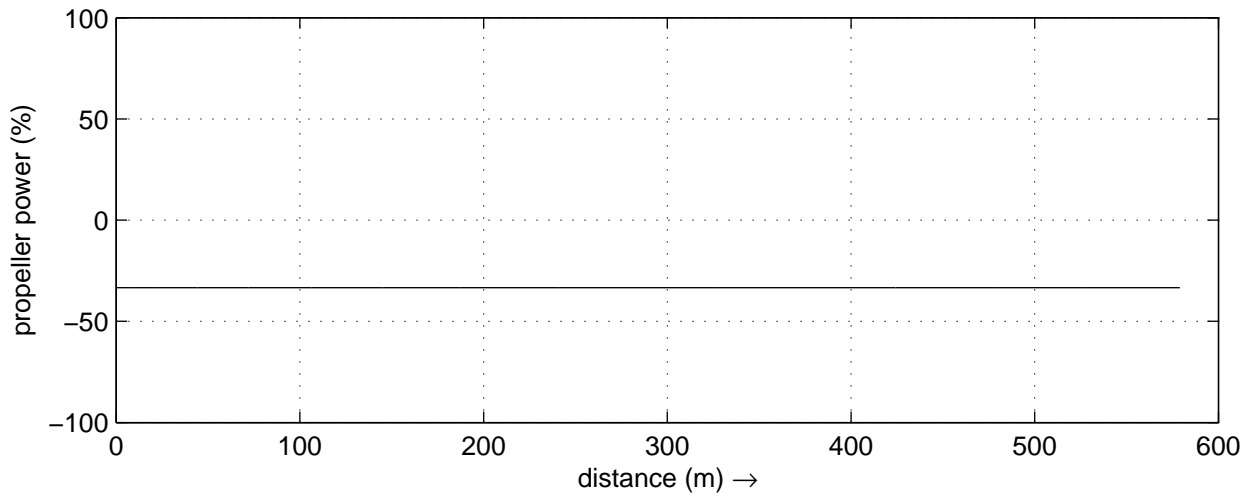
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B6

Fig.B6 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

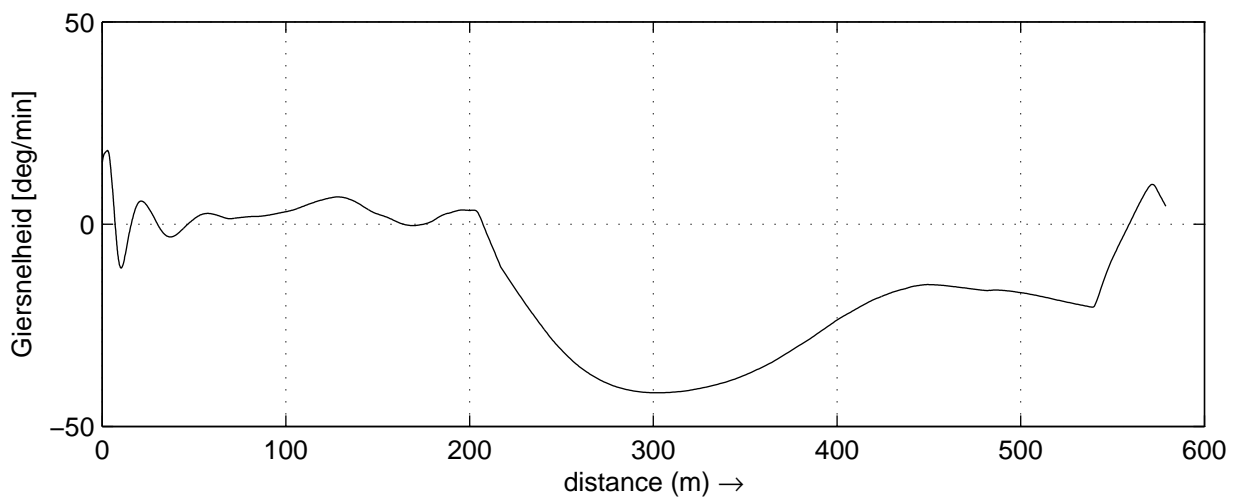
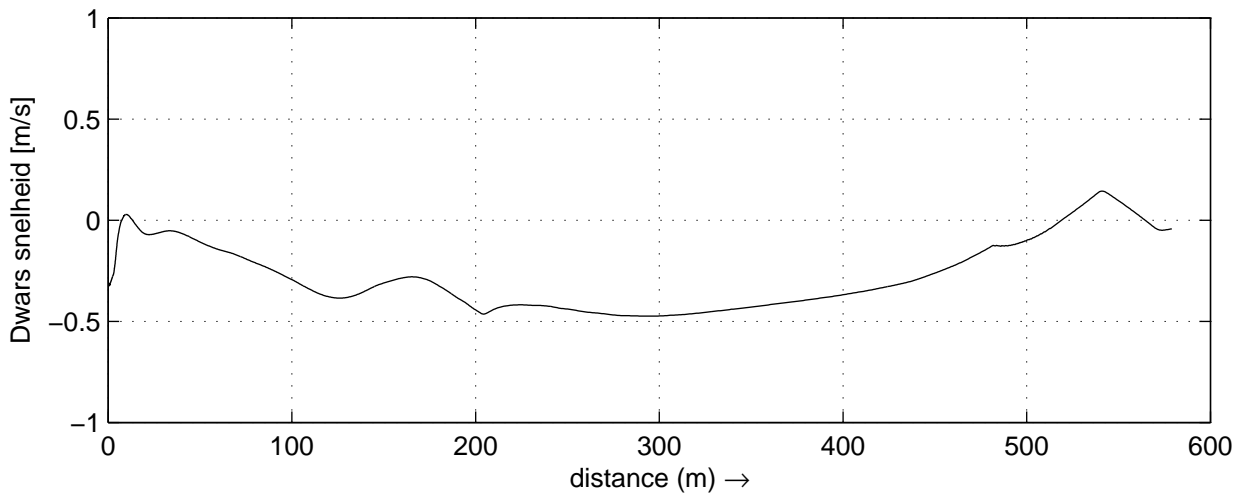
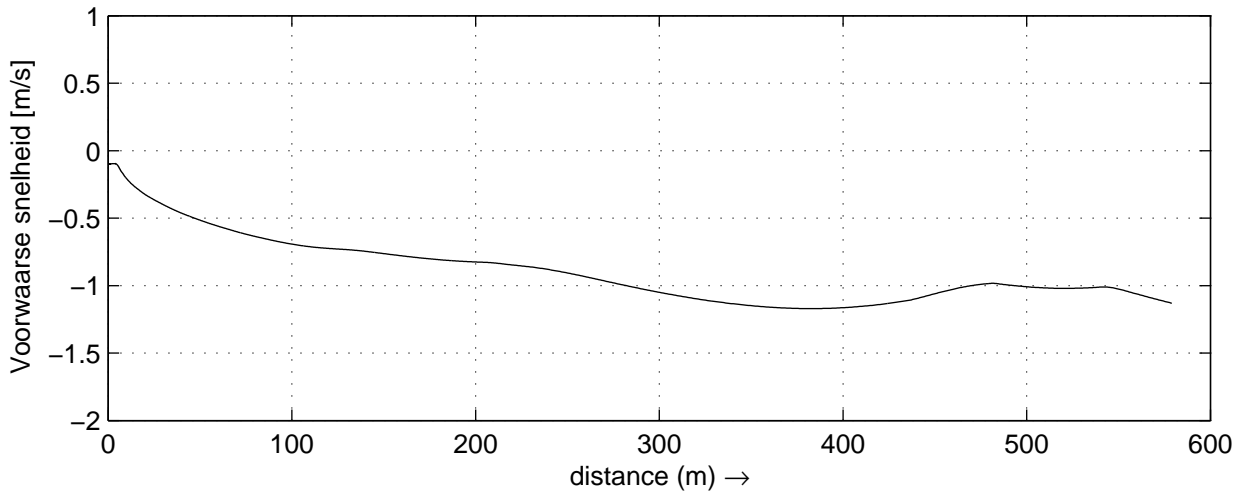
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B6_p2

Fig.B6_p2 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

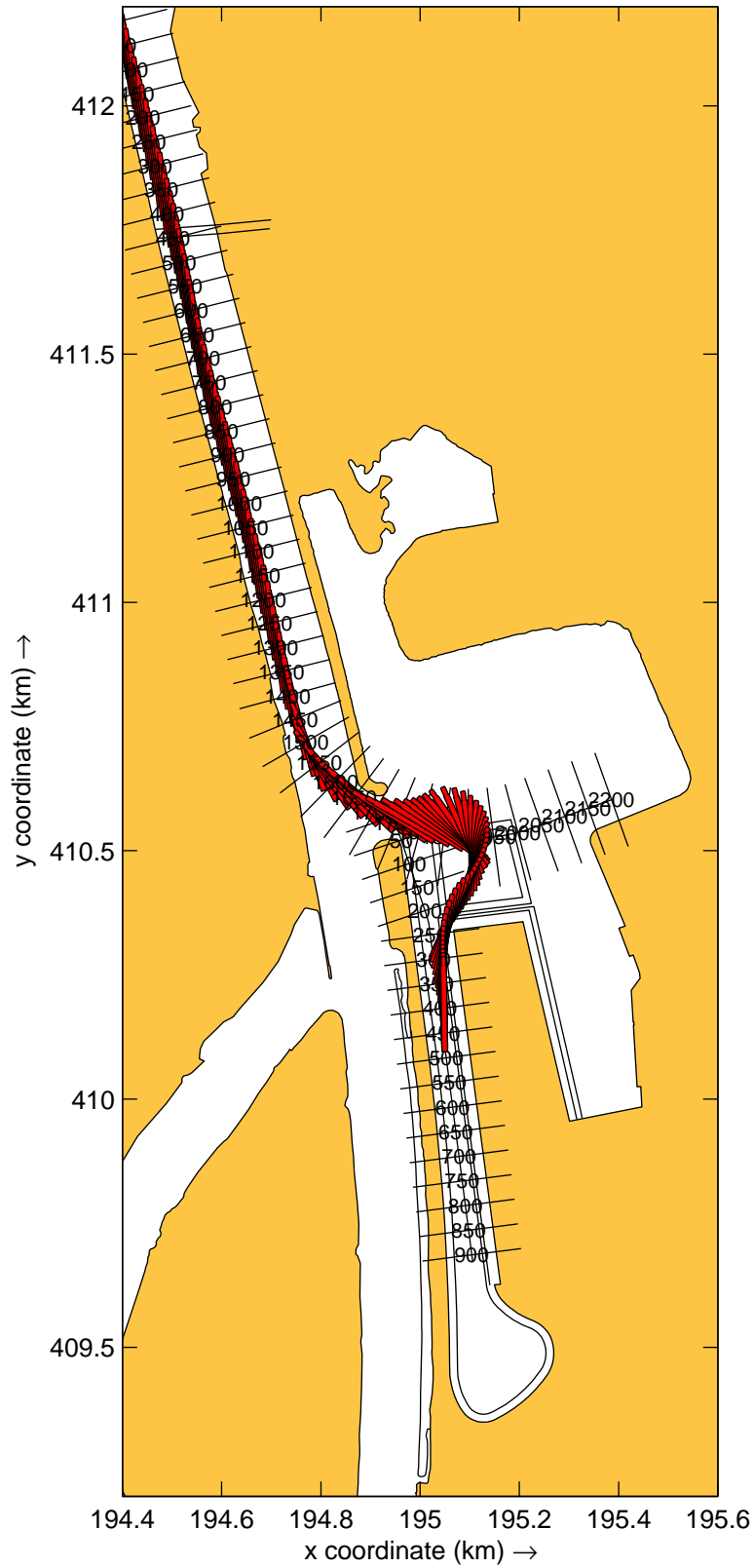
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run B6_p2

Fig.B6_p2 -5



Overzicht baan KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

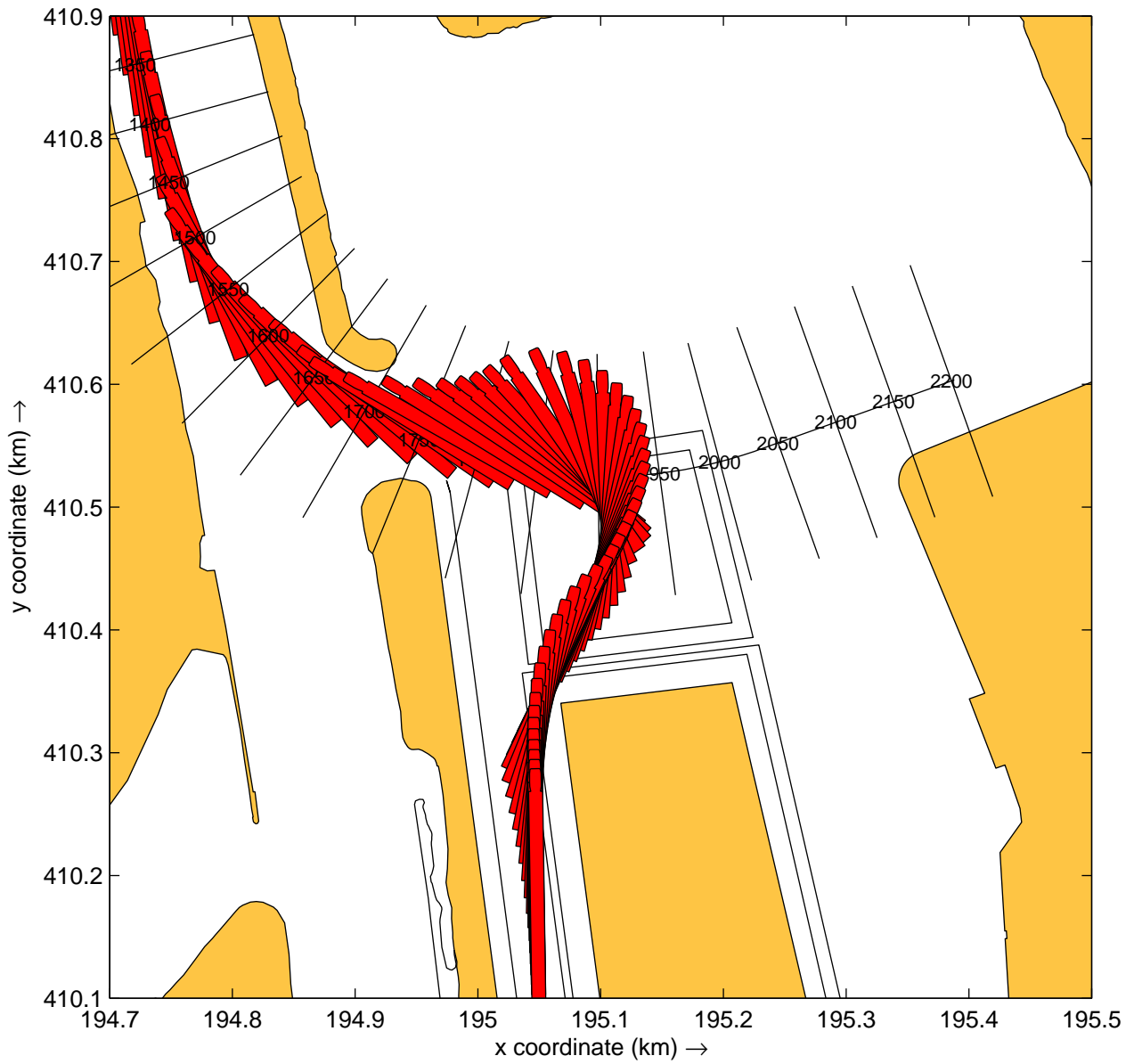
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1

Fig.C1 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

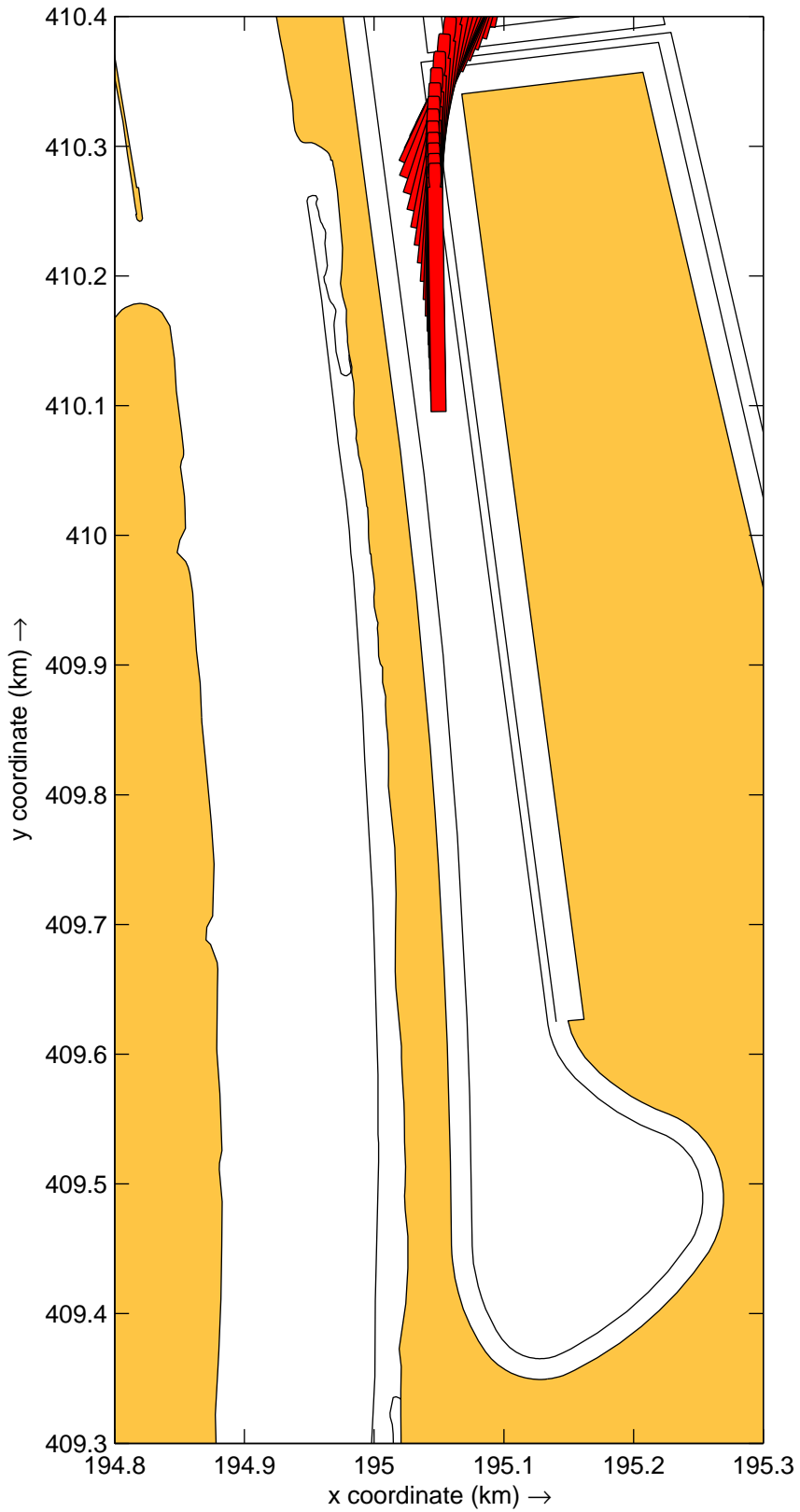
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1

Fig.C1 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_leeg
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

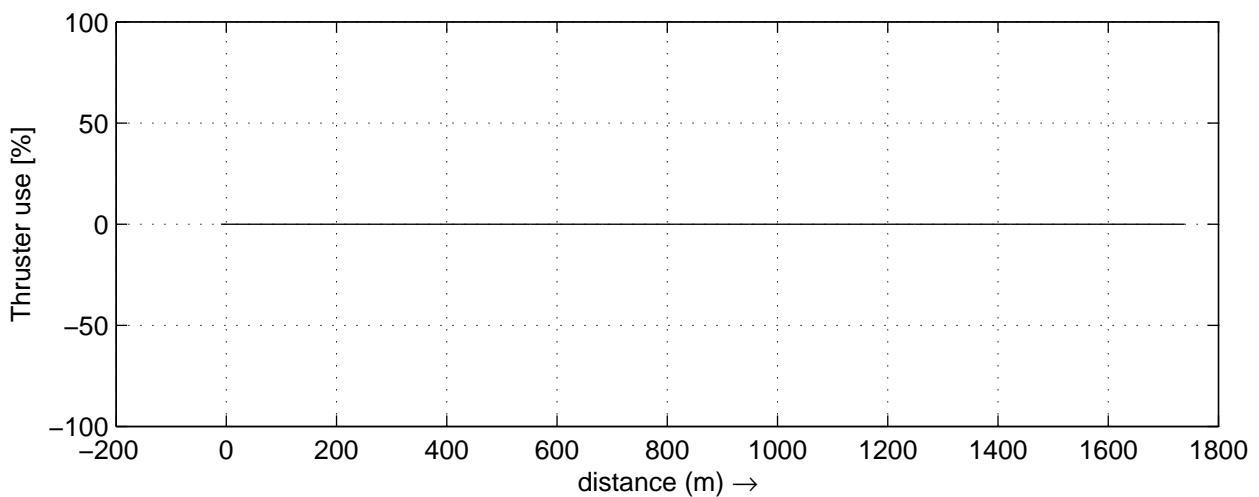
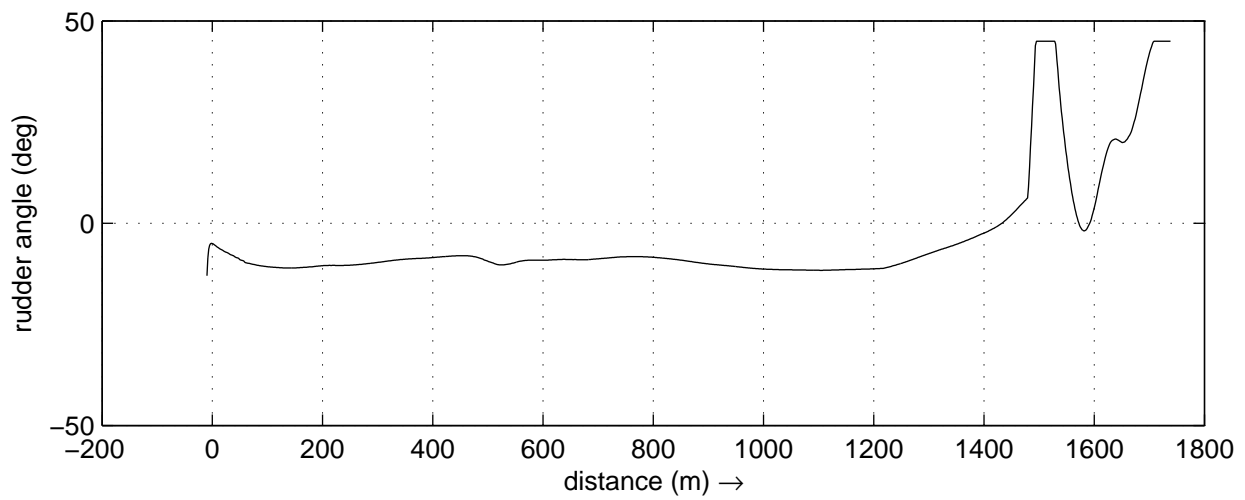
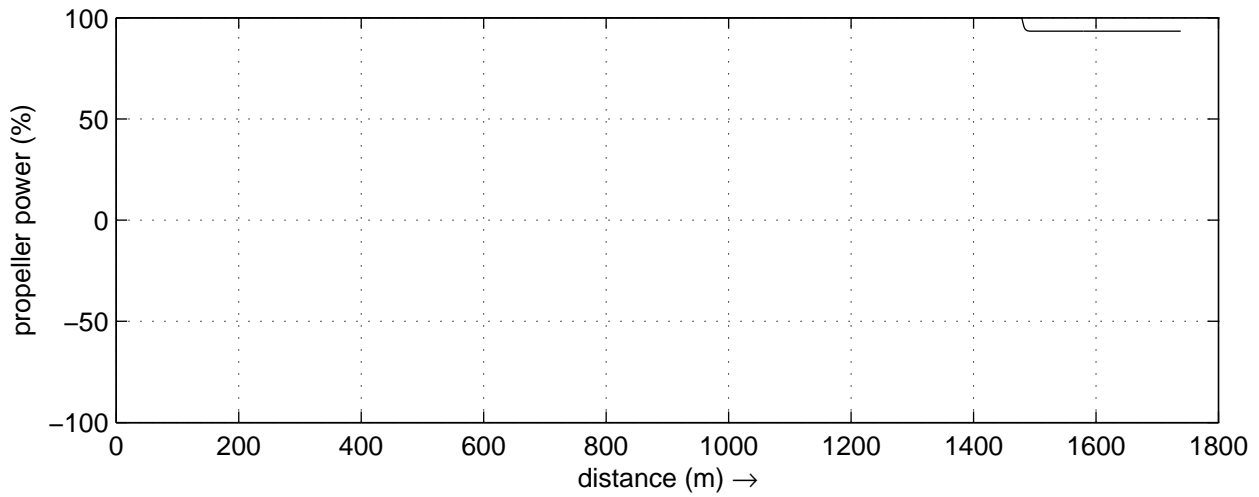
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1

Fig.C1 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

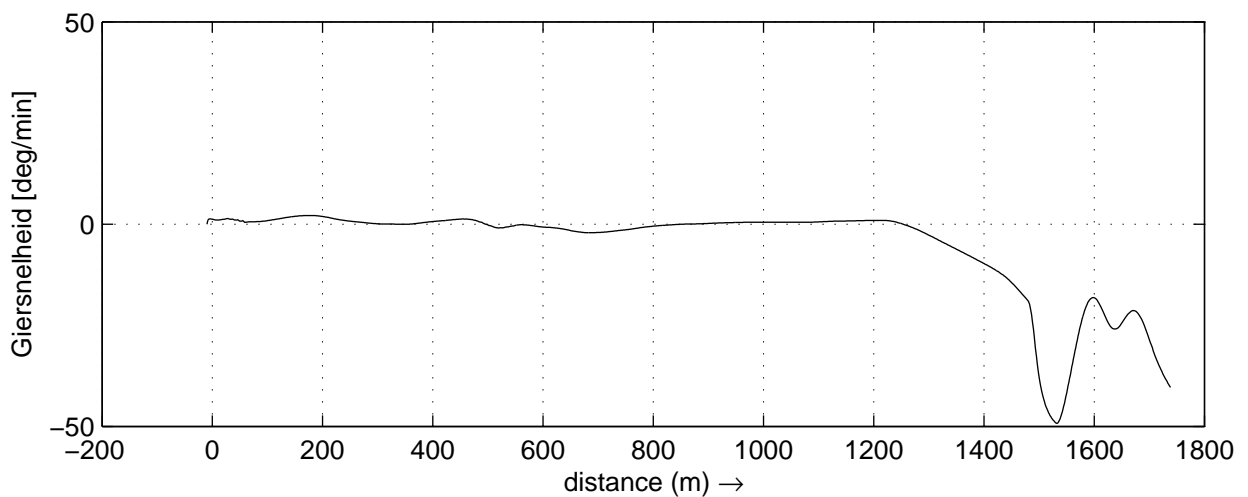
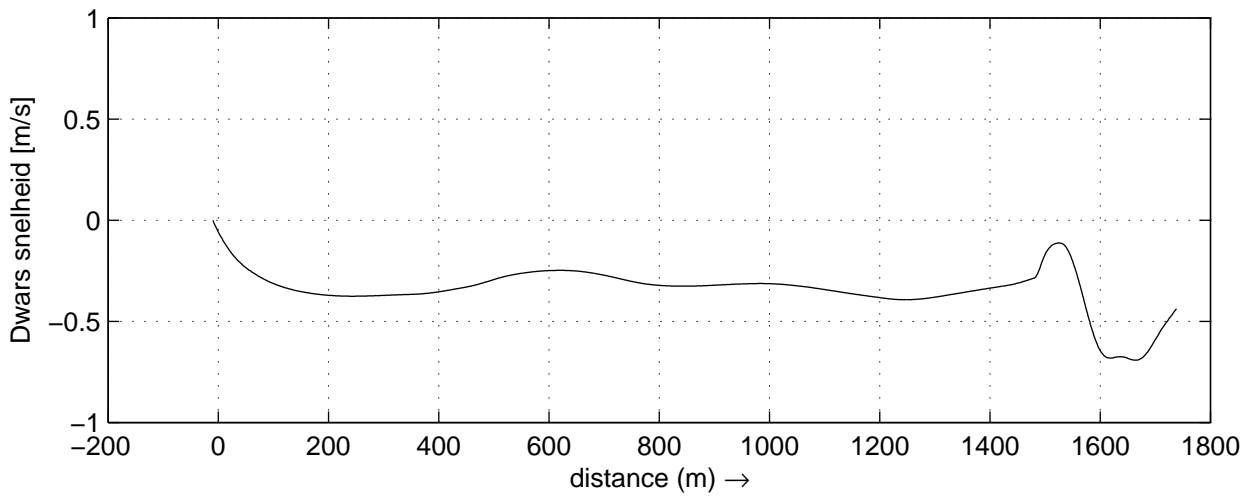
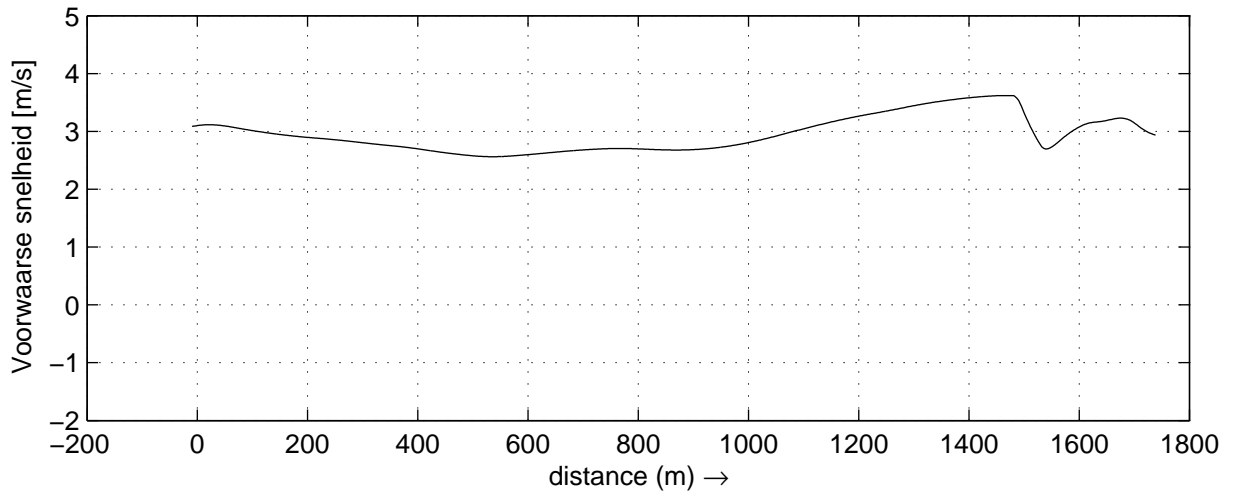
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1

Fig.C1 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

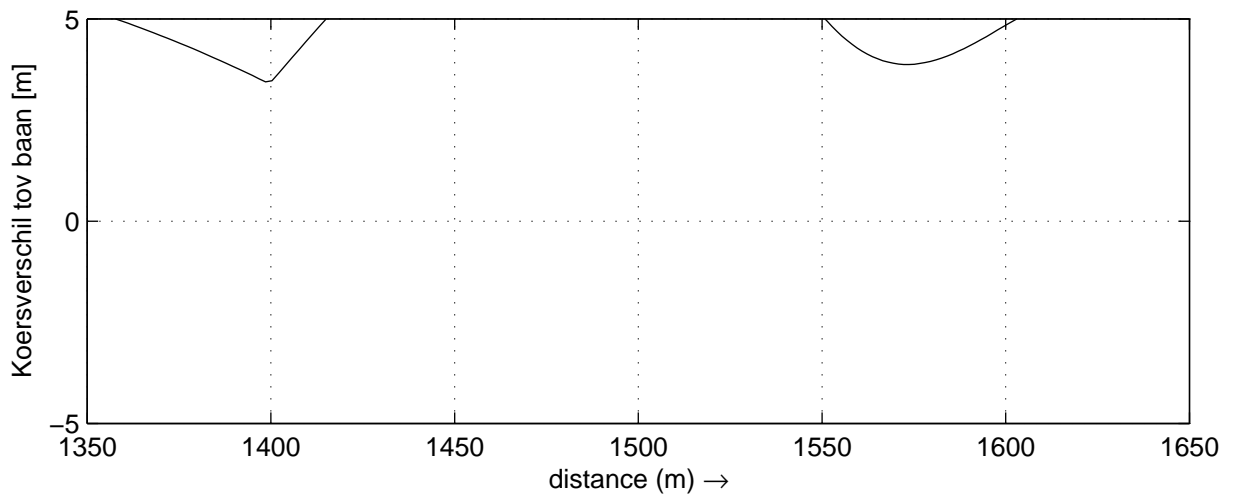
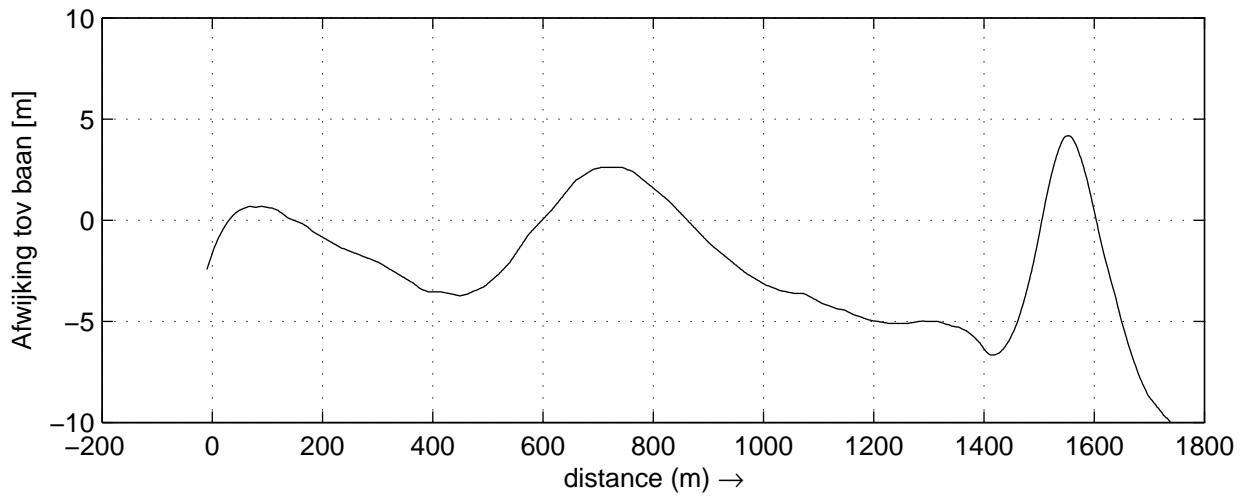
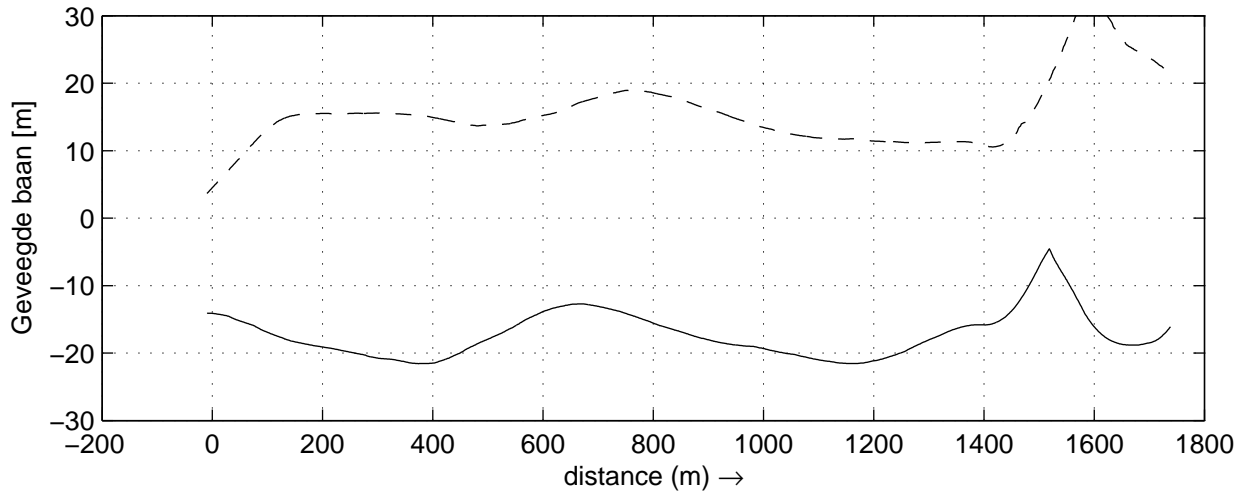
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1

Fig.C1 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

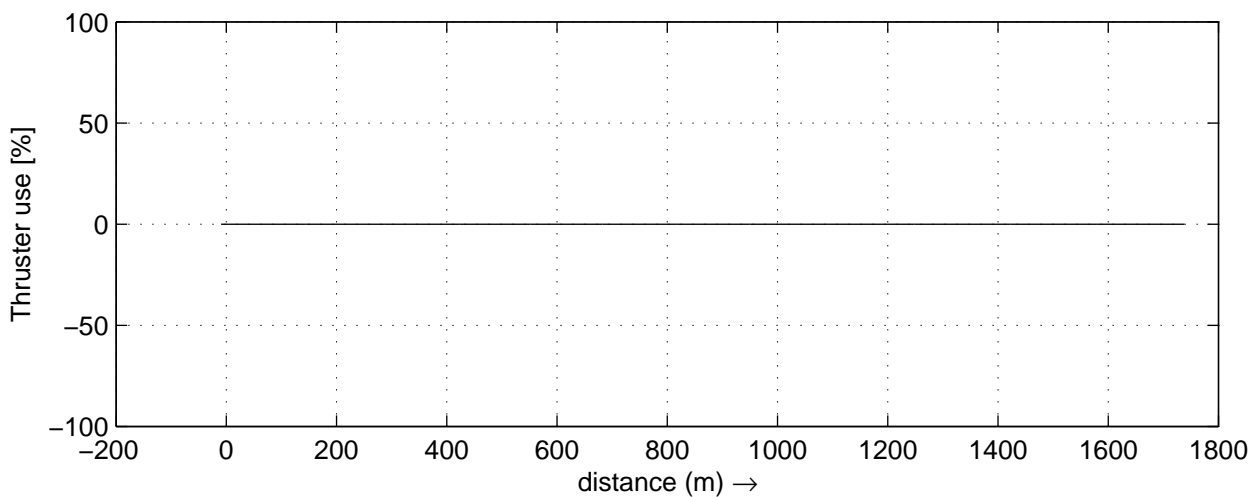
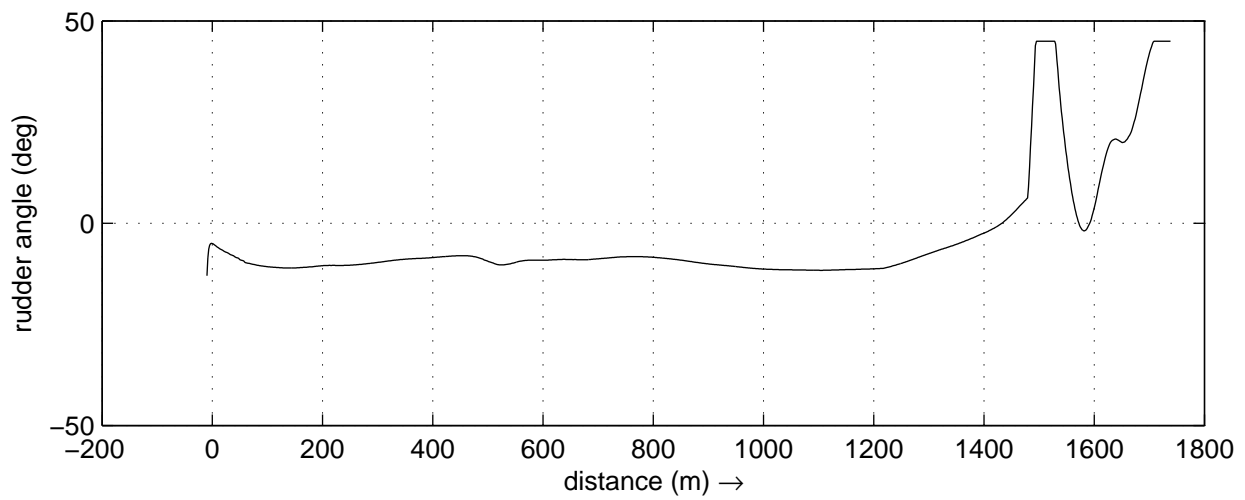
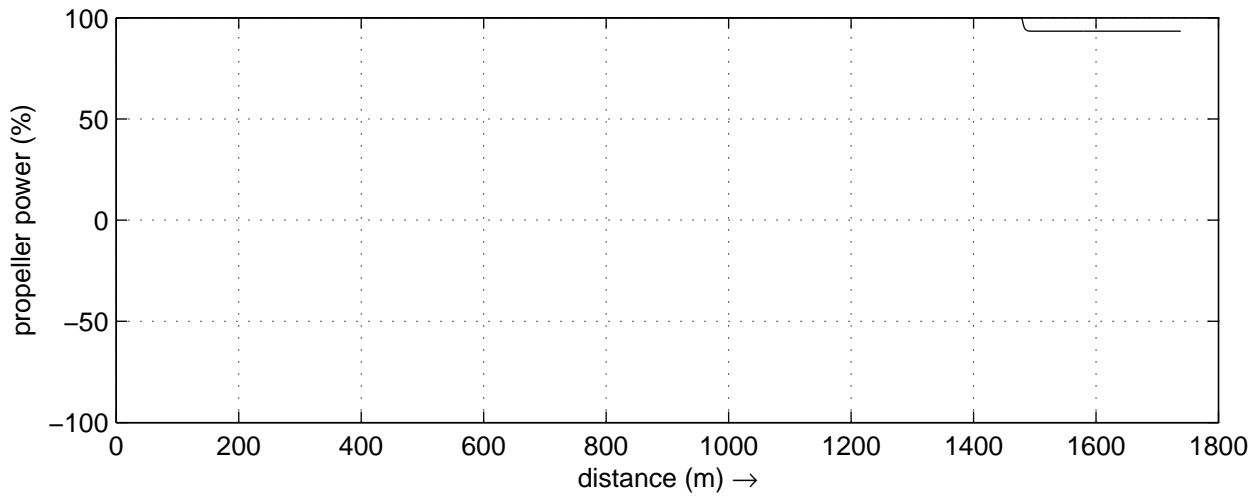
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1

Fig.C1 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

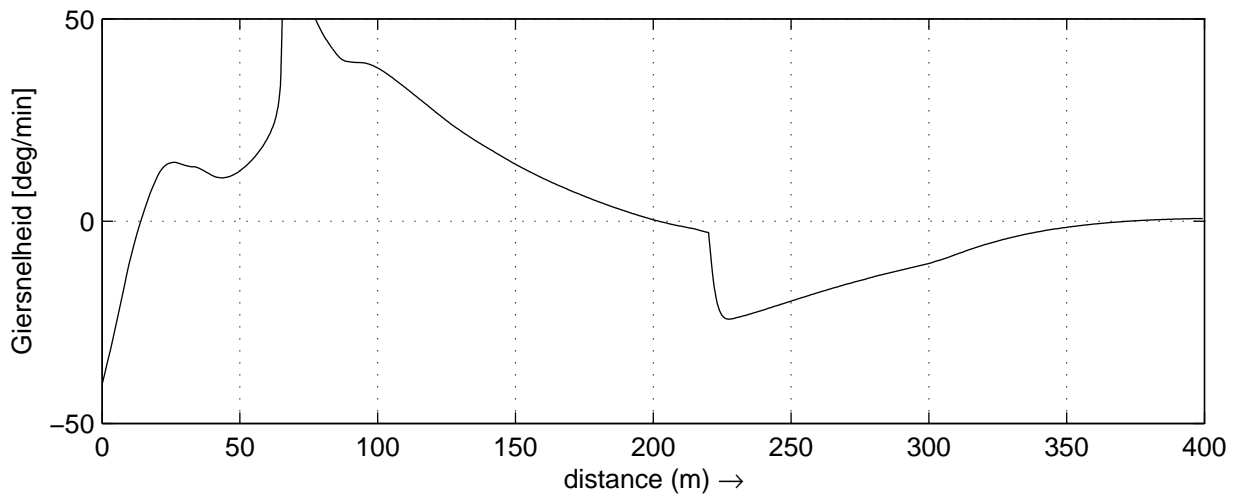
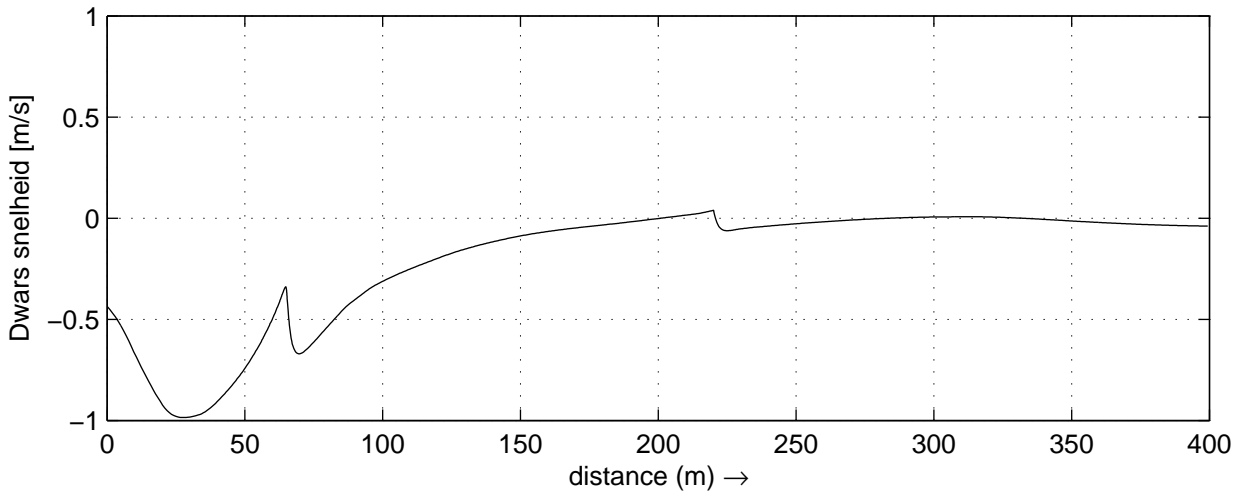
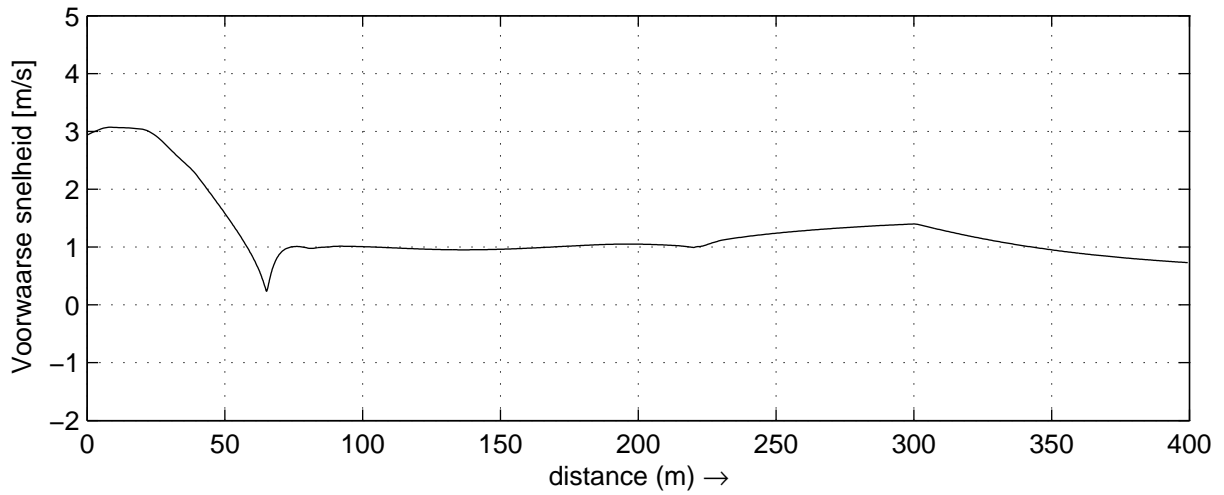
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1

Fig.C1 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

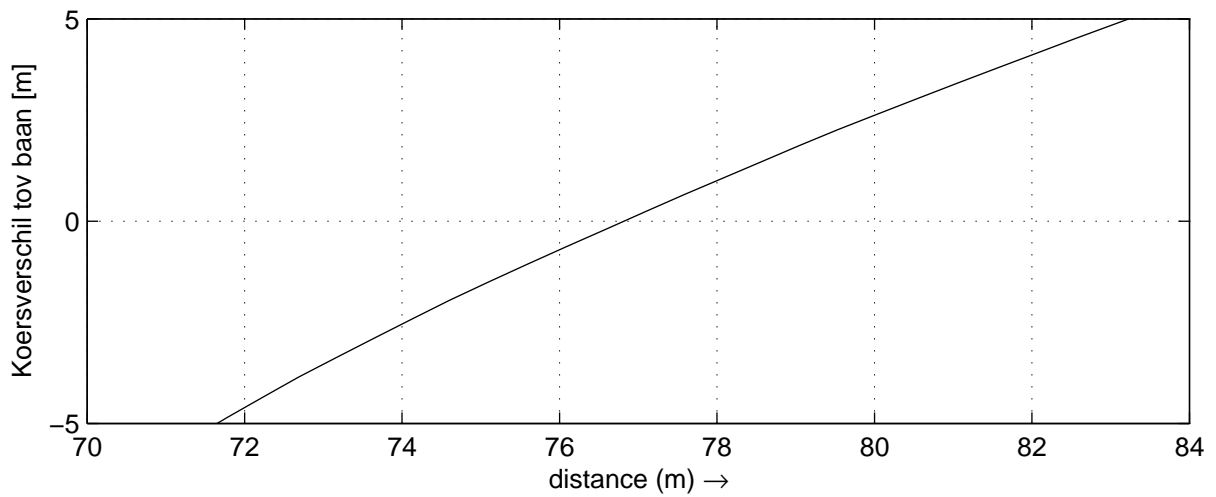
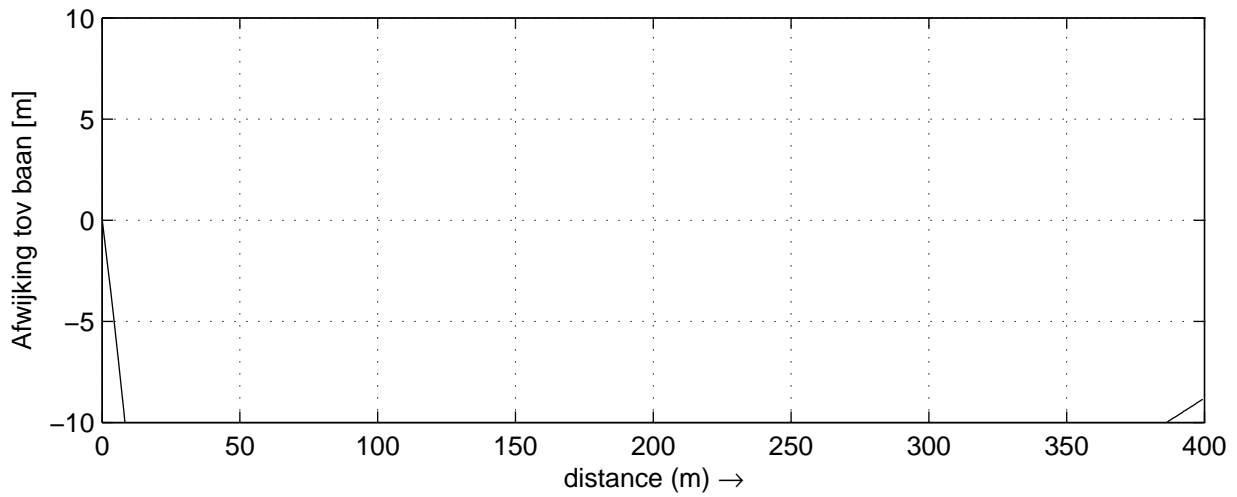
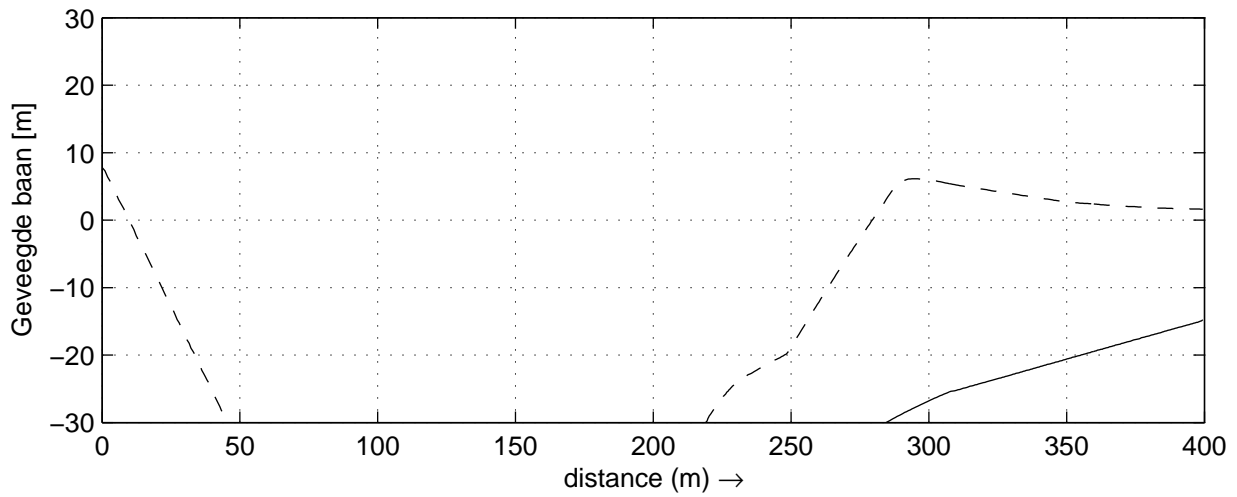
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1_d2

Fig.C1_d2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

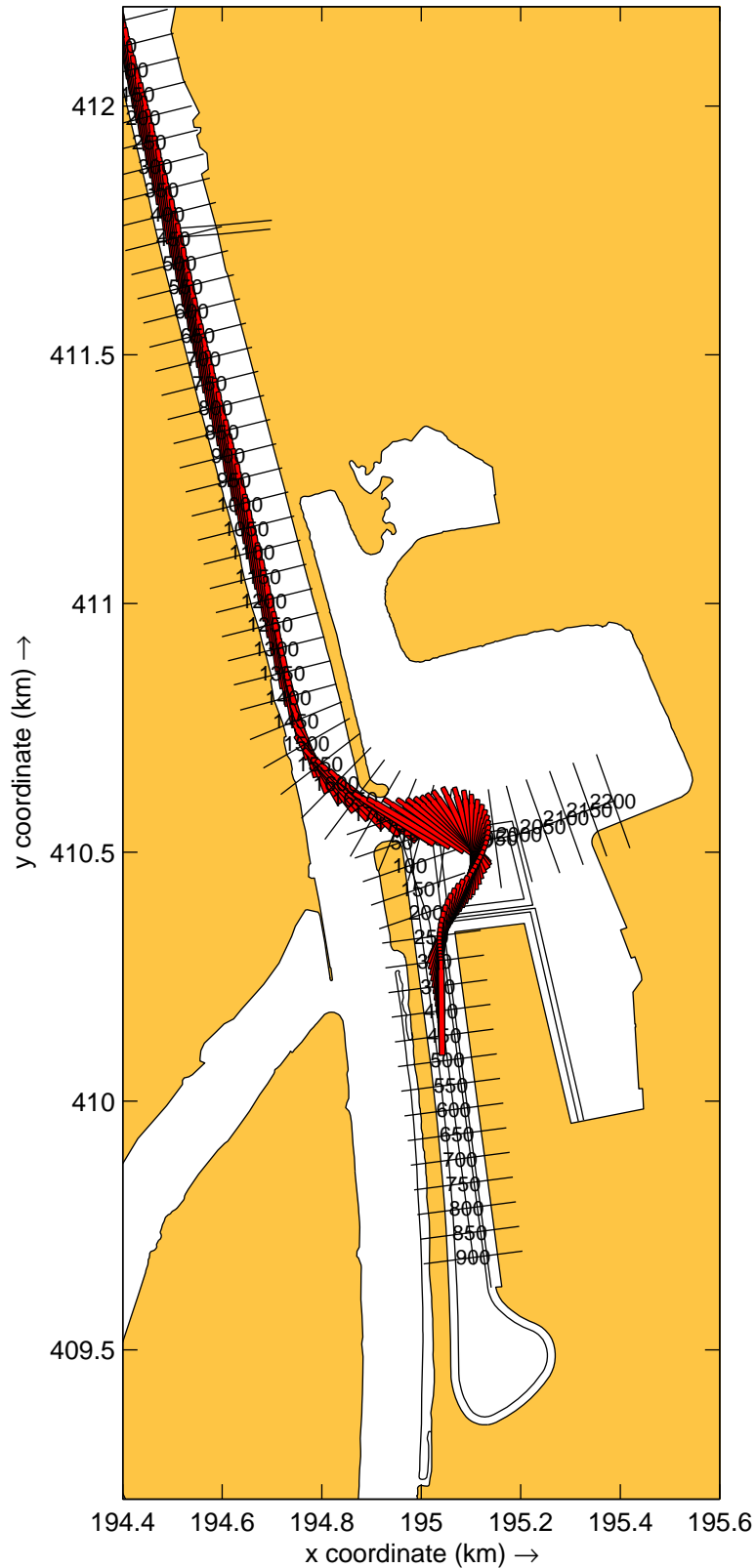
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C1_d2

Fig.C1_d2 -6



Overzicht baan KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

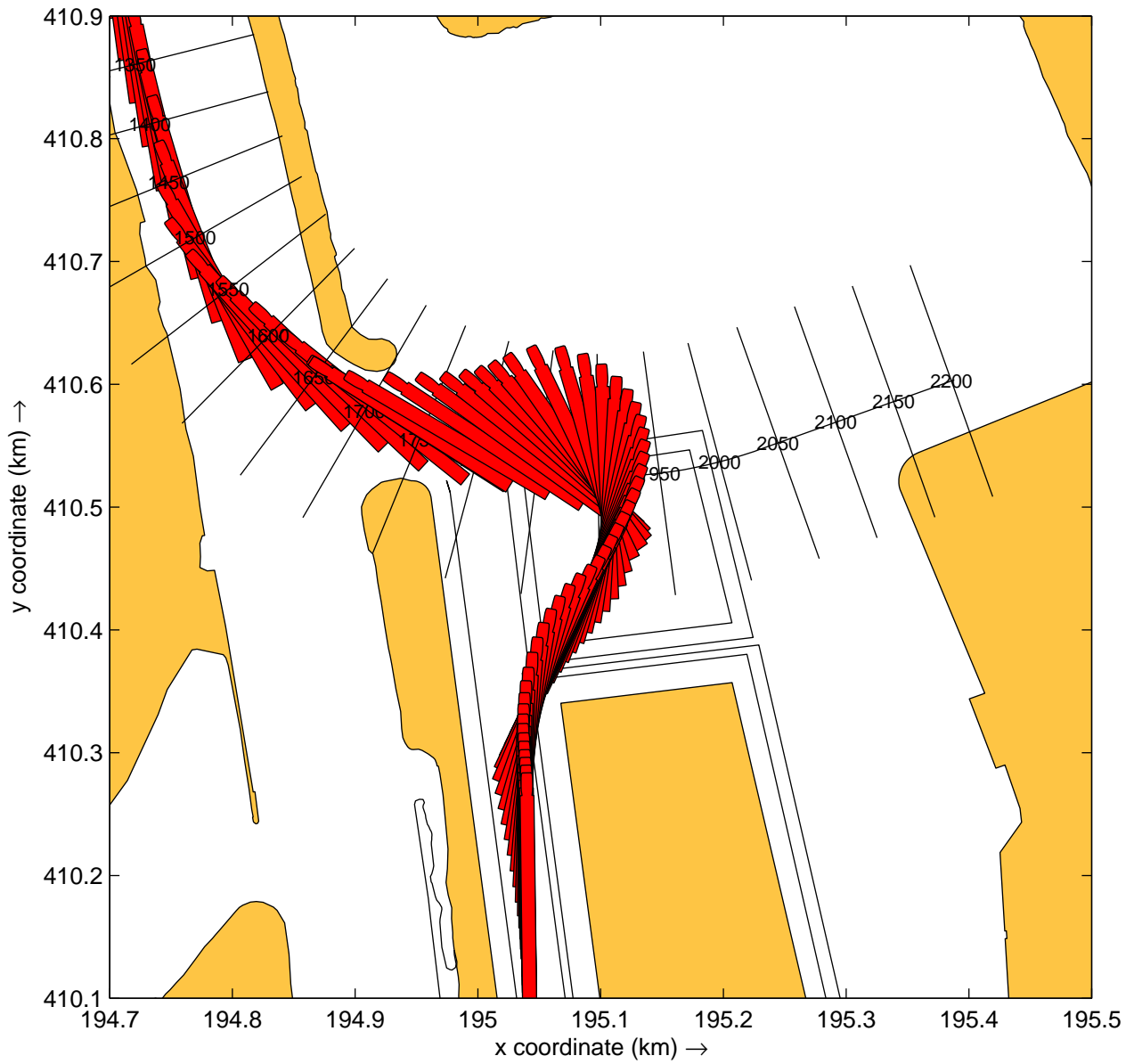
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2

Fig.C2 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

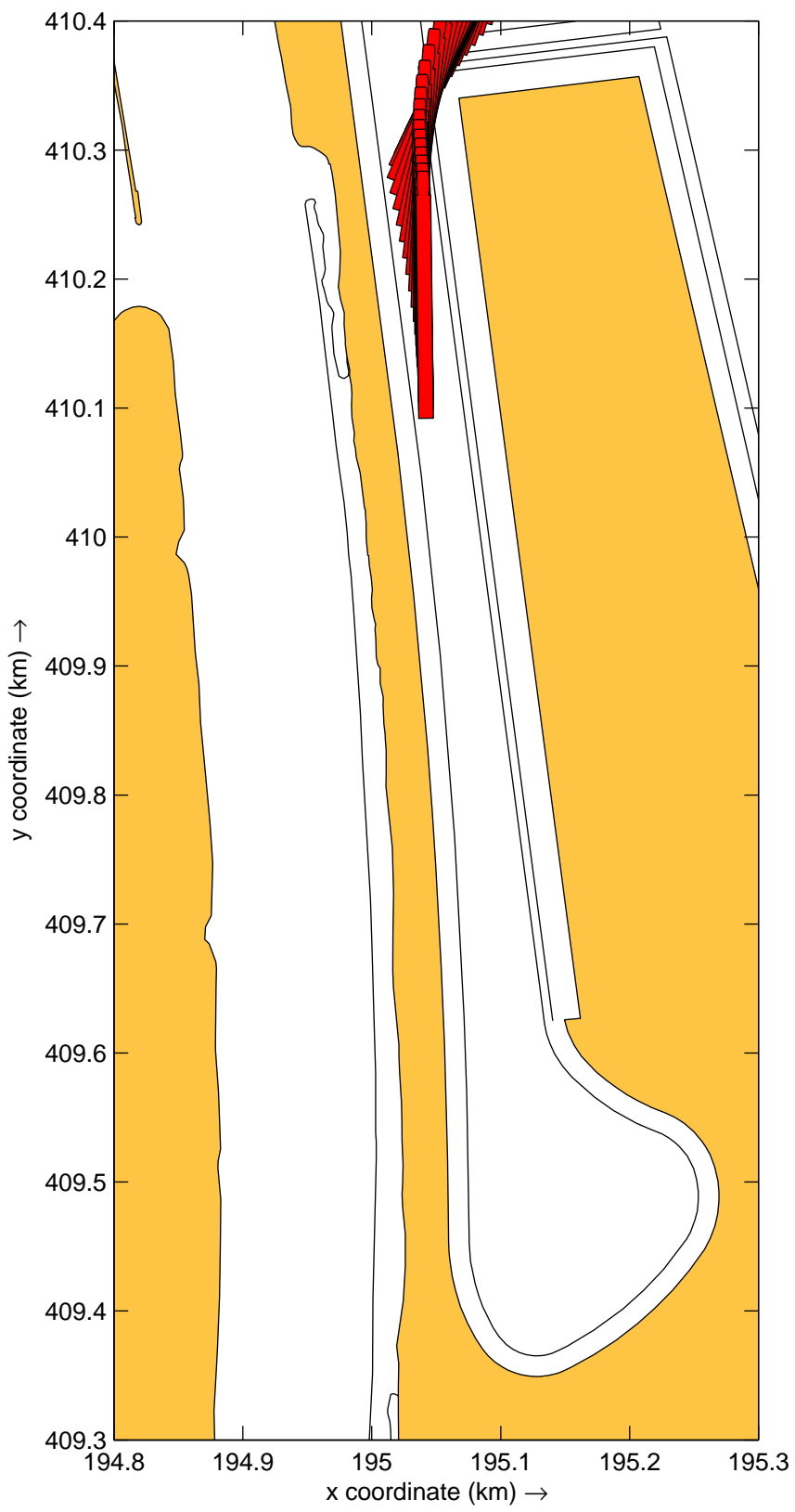
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2

Fig.C2 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_leeg
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

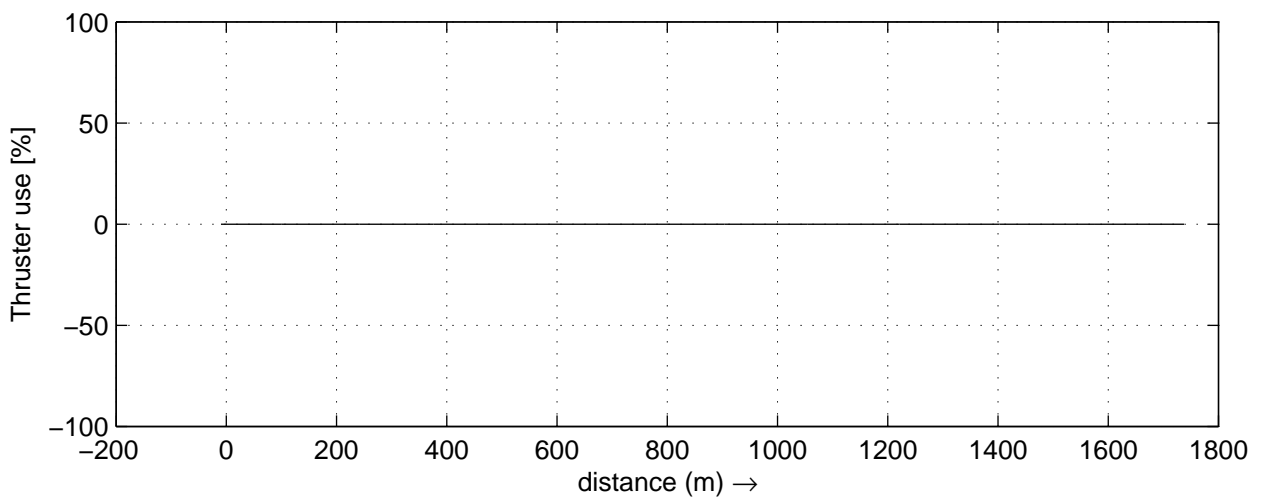
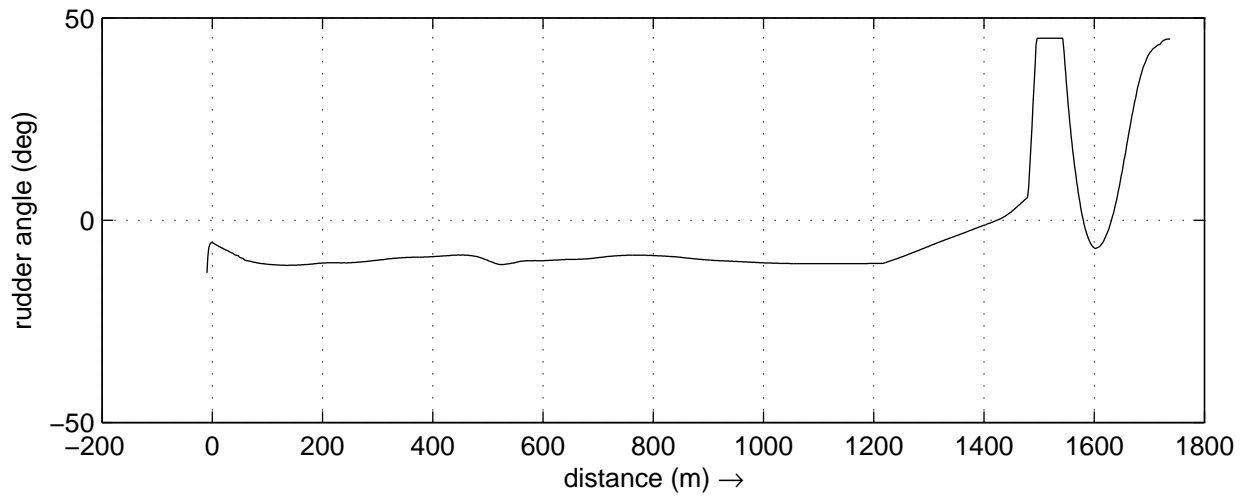
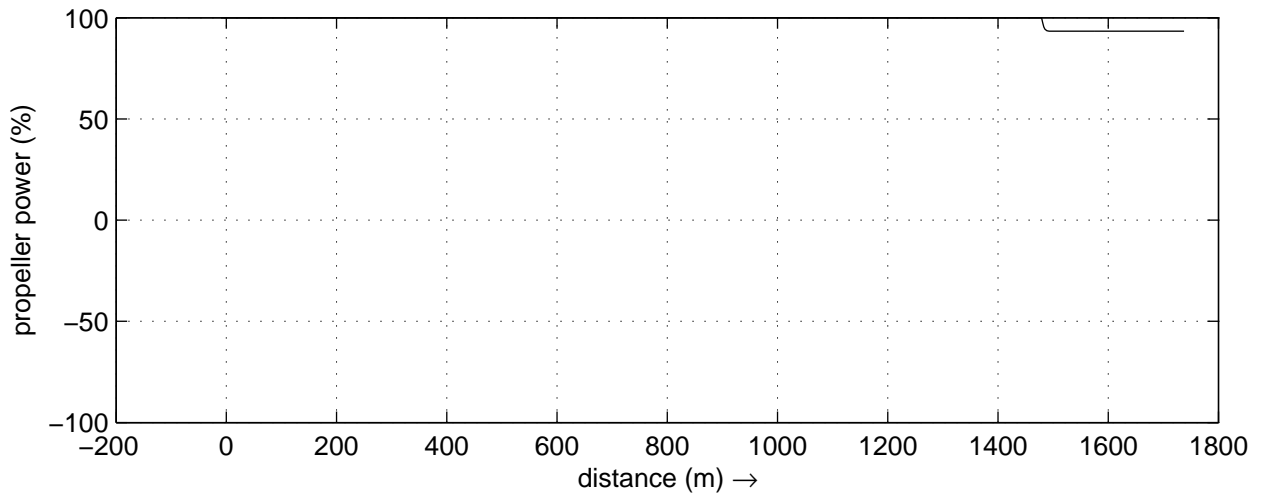
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2

Fig.C2 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

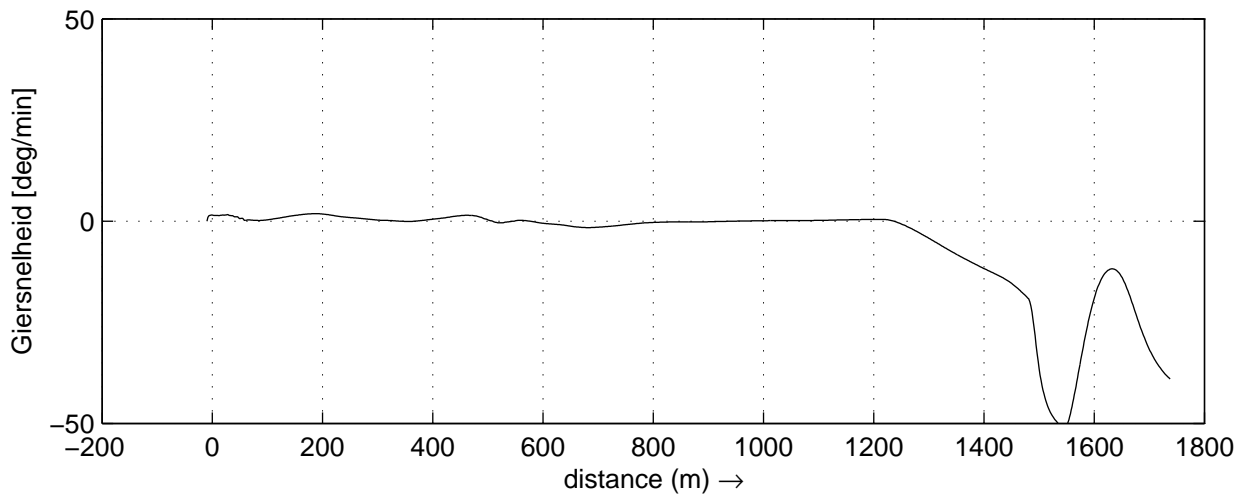
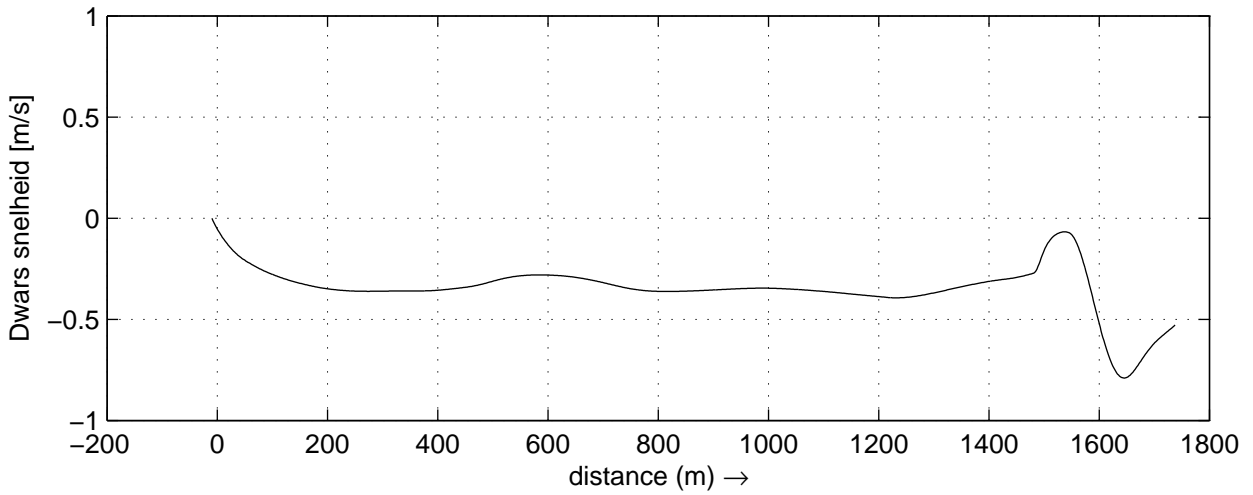
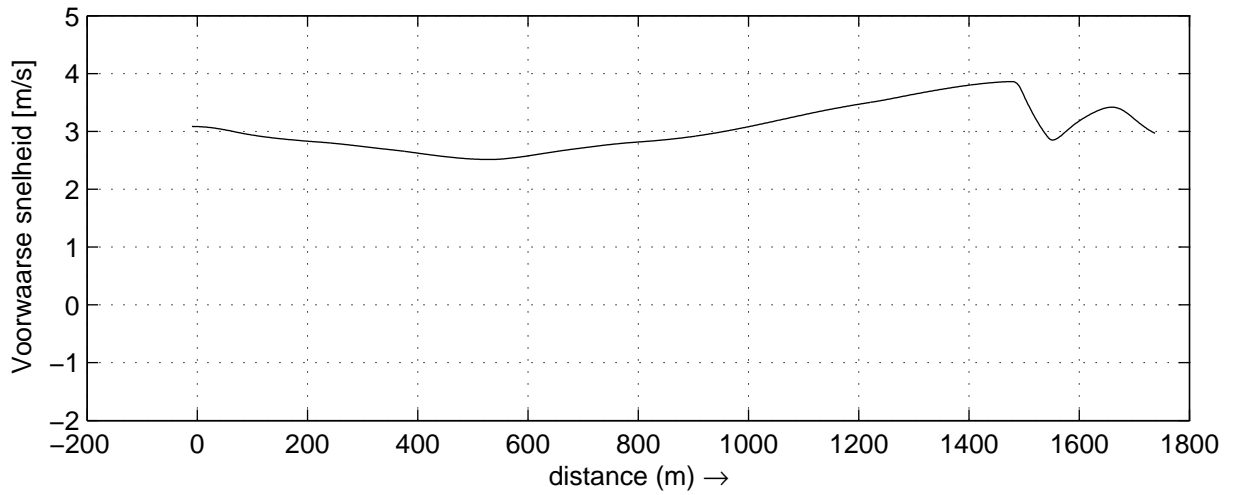
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2

Fig.C2 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

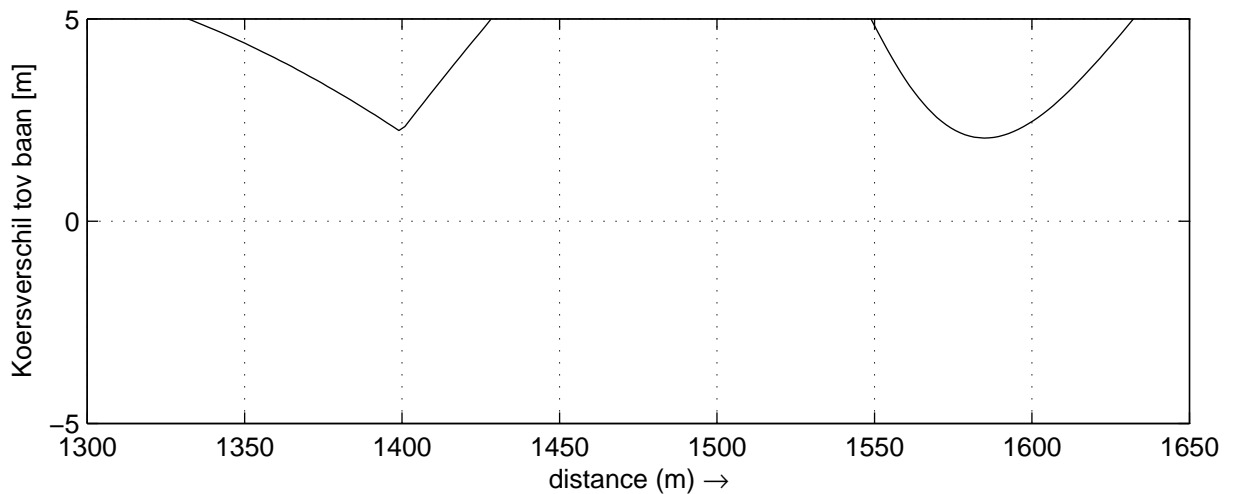
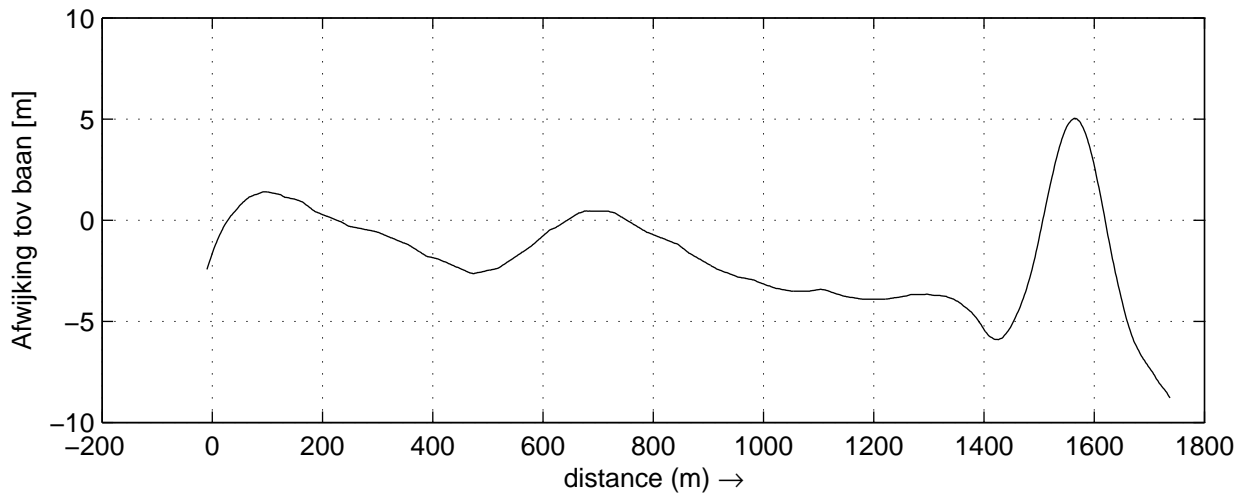
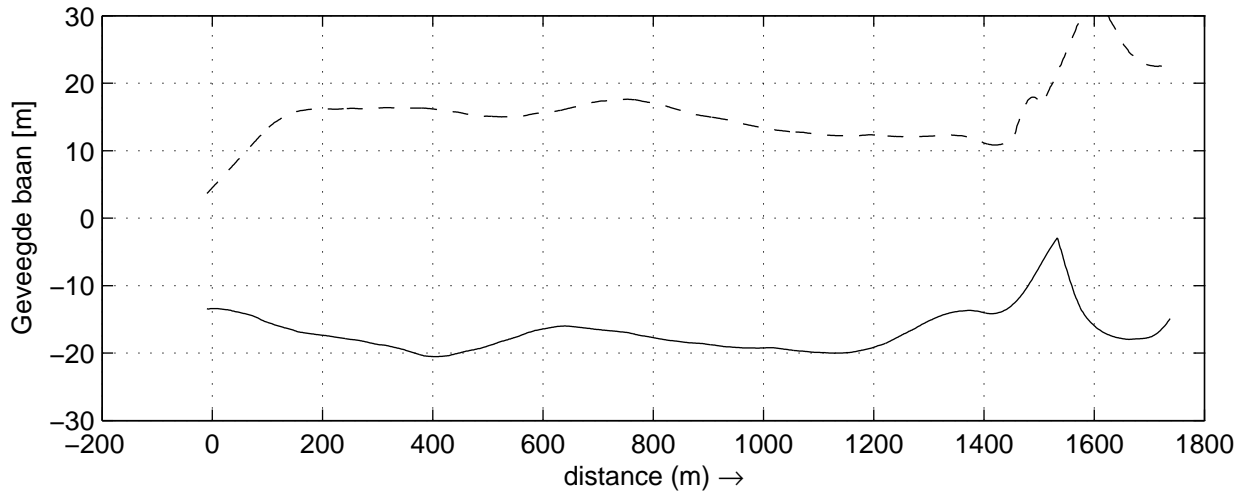
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2

Fig.C2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreep) Bakboord (doorgetrokken)

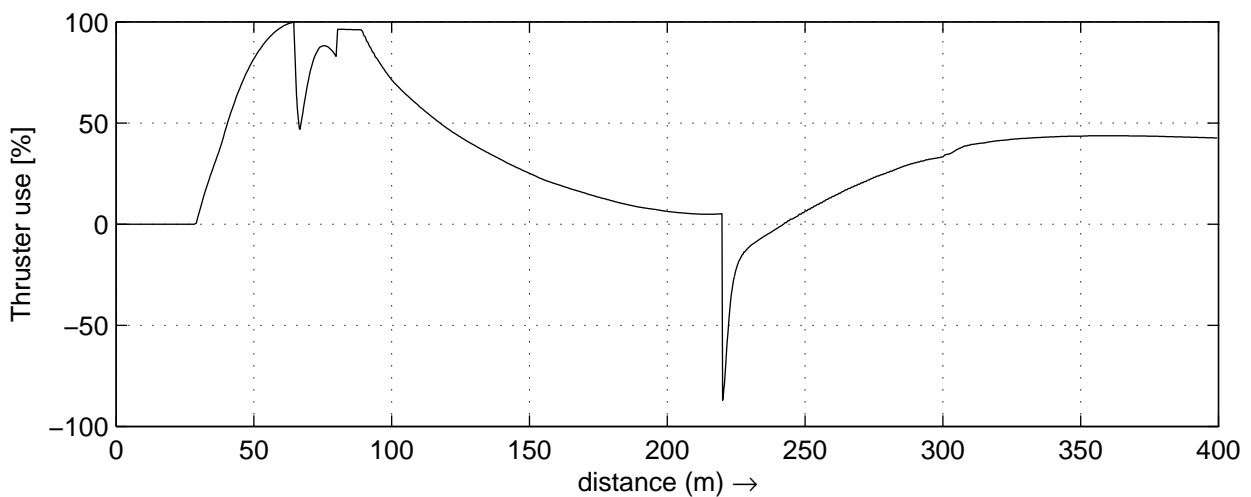
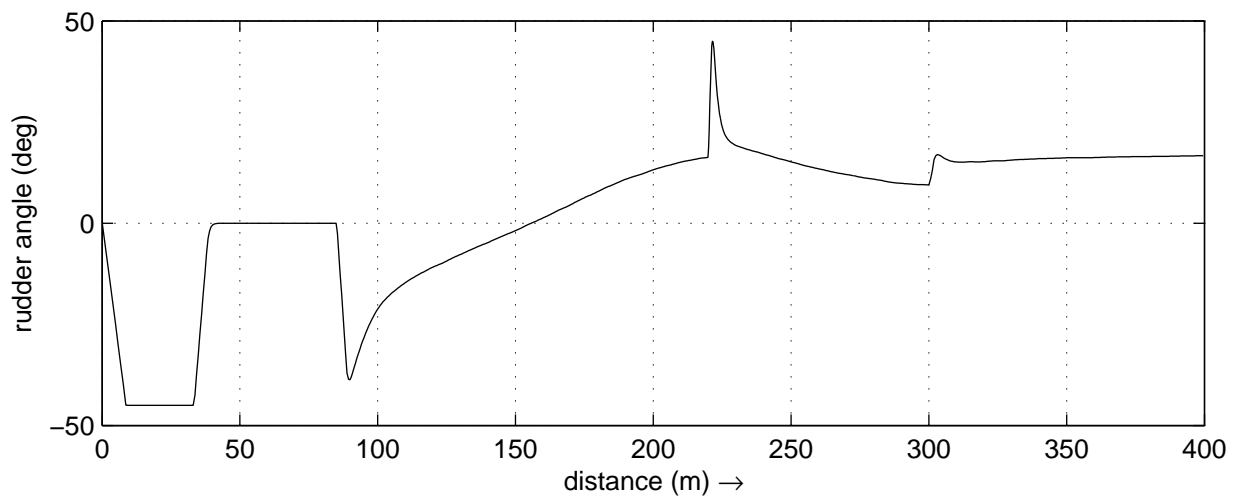
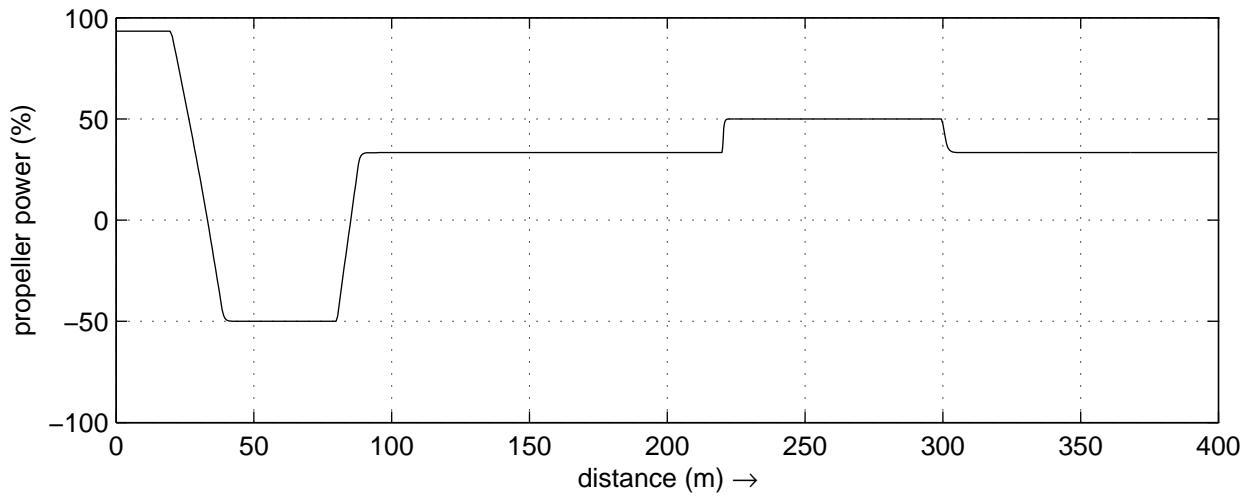
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2

Fig.C2 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

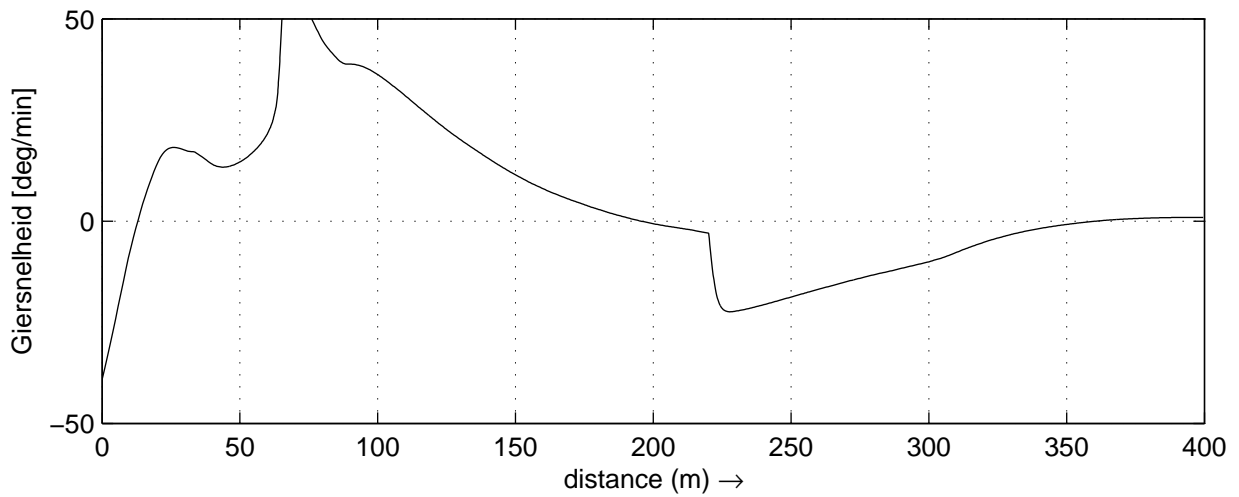
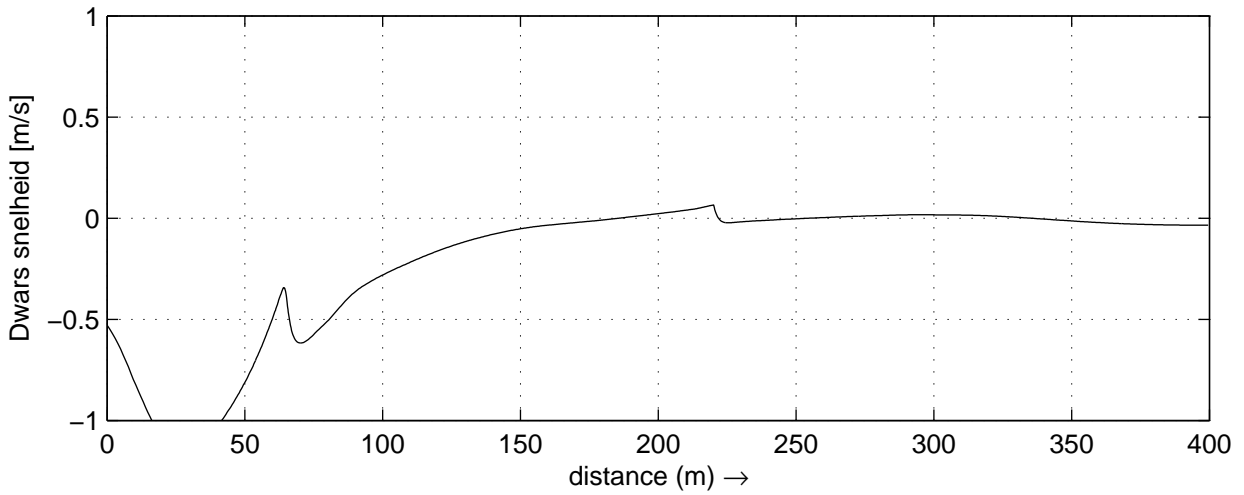
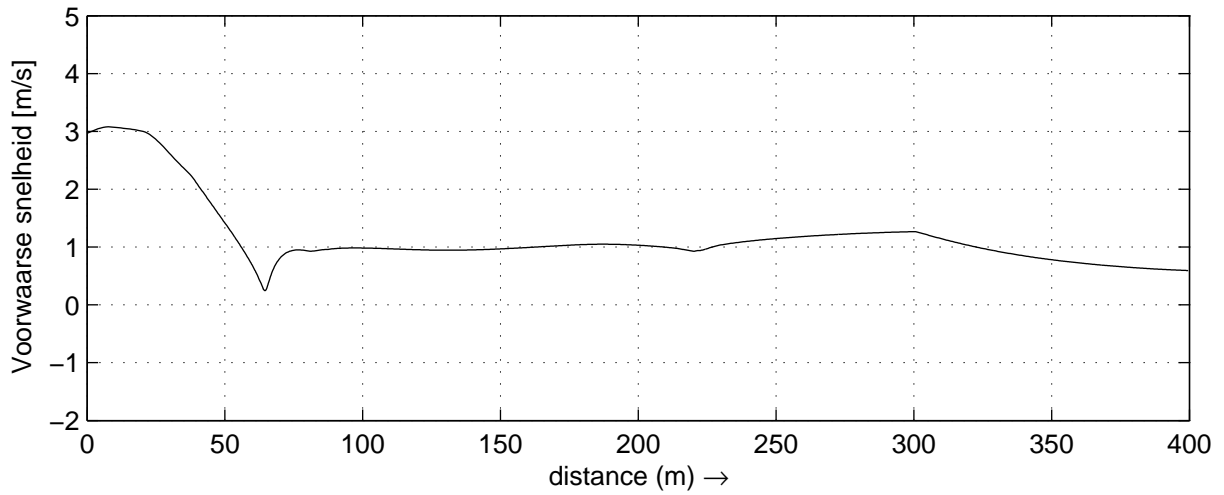
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2_d2

Fig.C2_d2 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

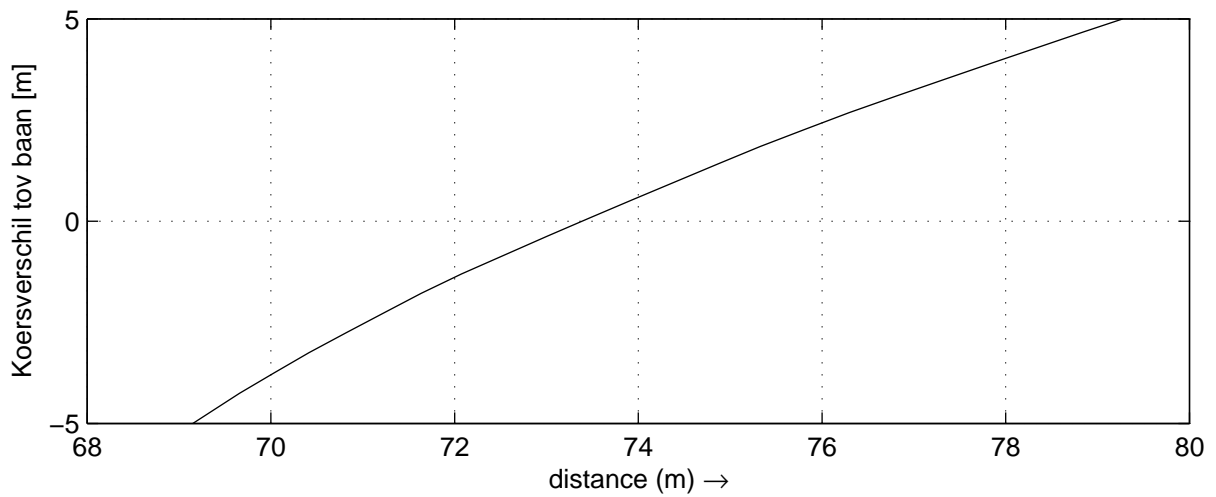
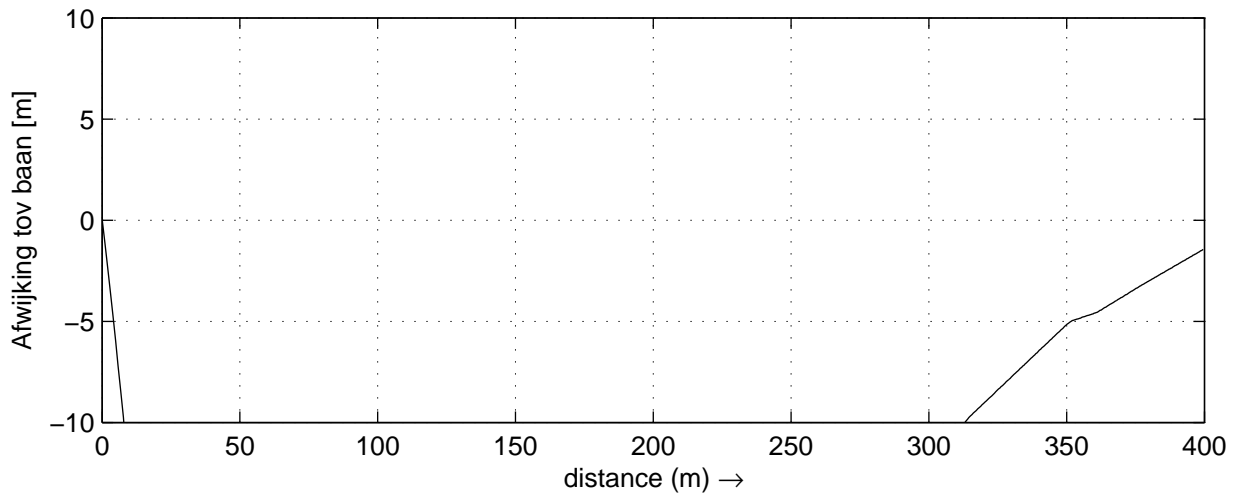
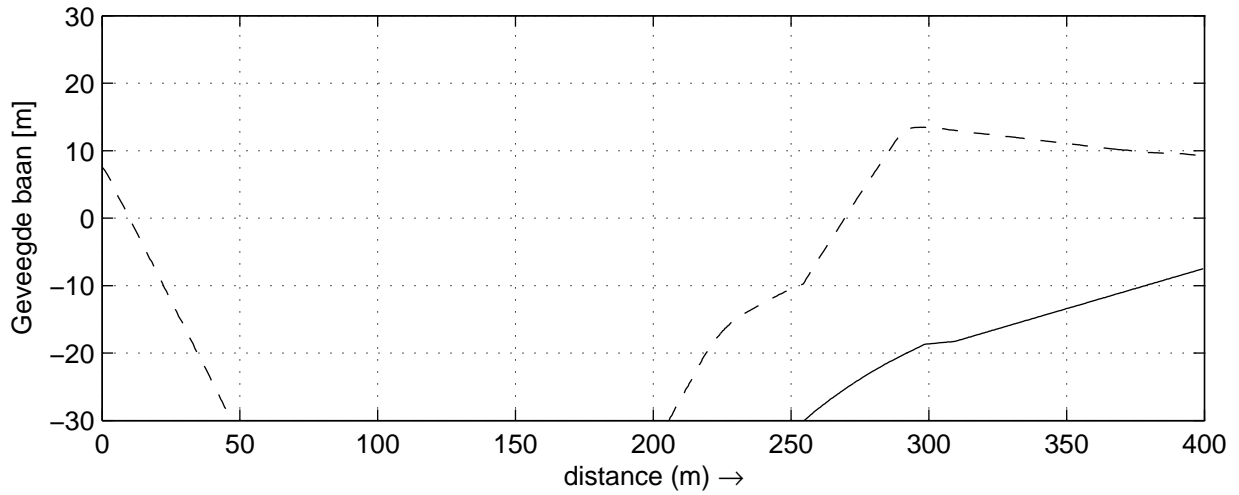
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2_d2

Fig.C2_d2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

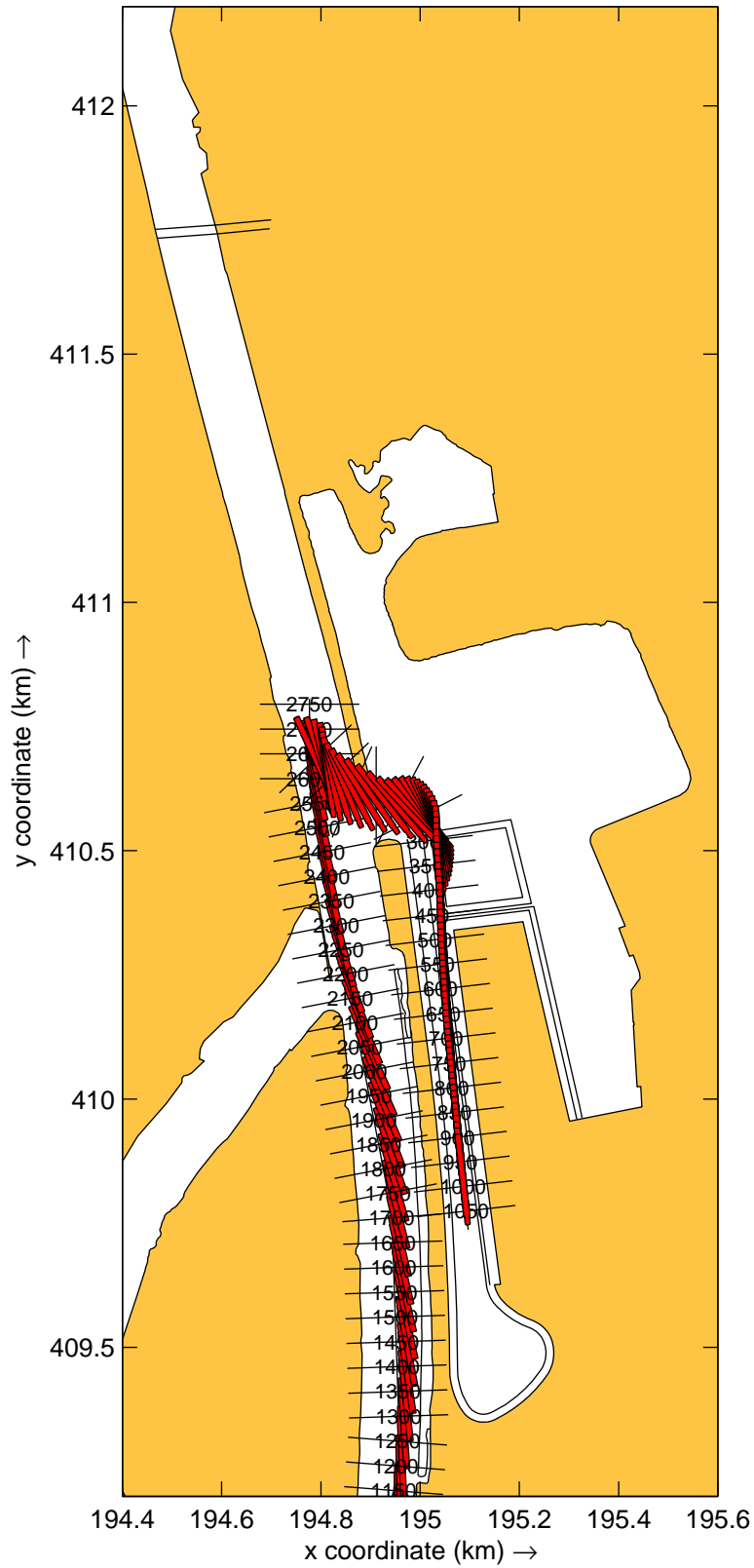
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C2_d2

Fig.C2_d2 -6



Overzicht baan KlasseVb_leeg_30815_omg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

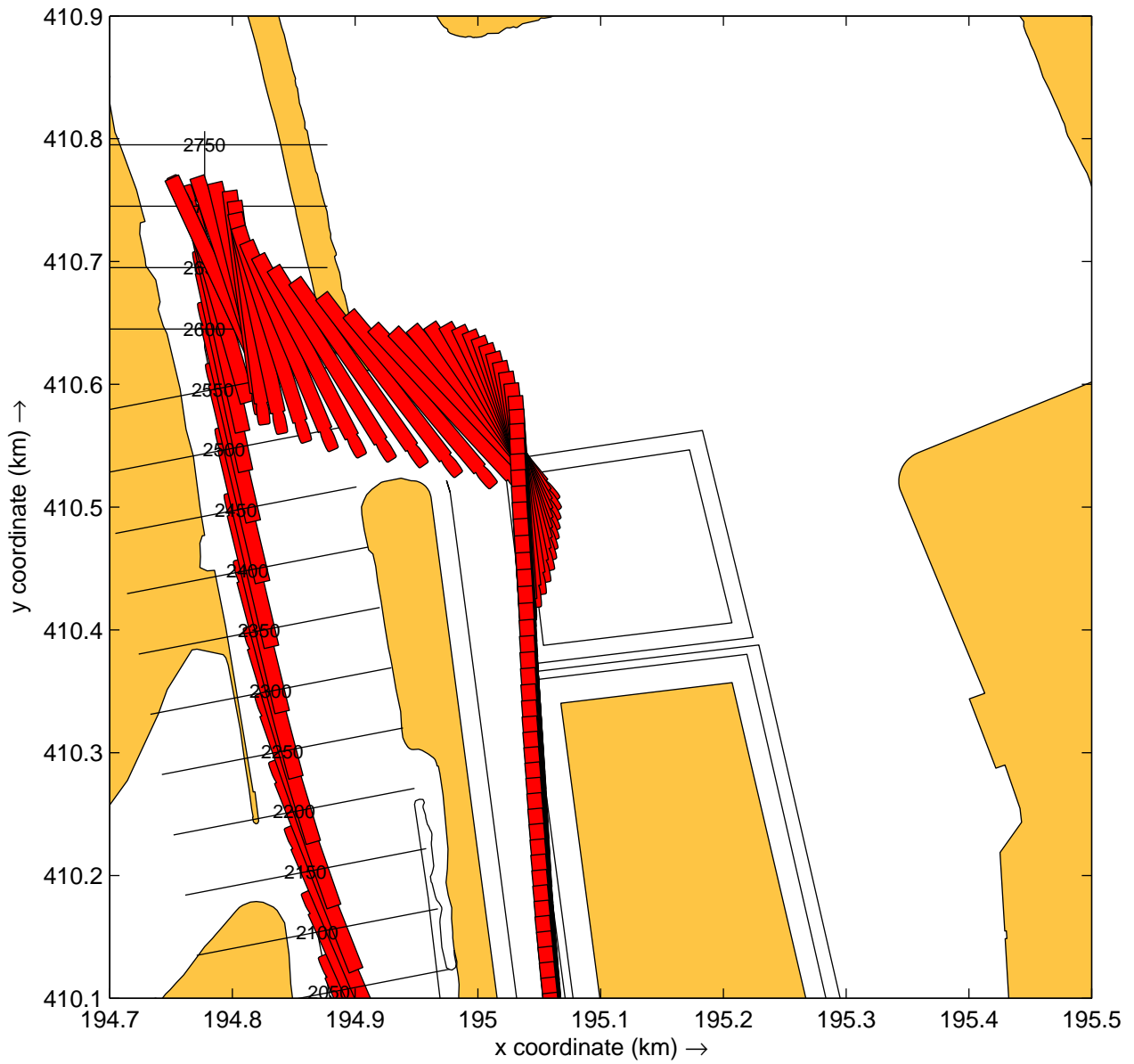
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3

Fig.C3 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_leeg_30815_omg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

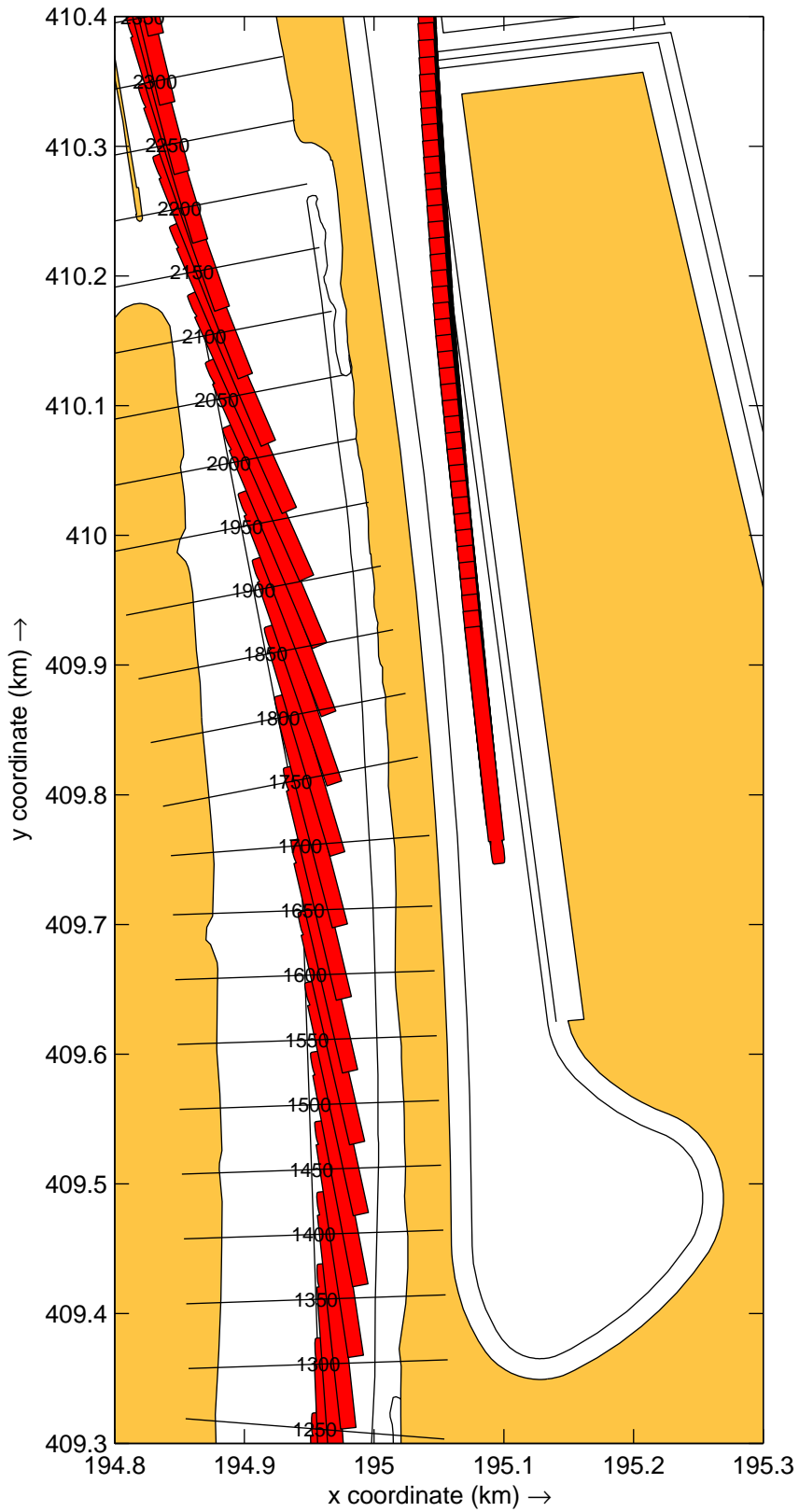
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3

Fig.C3 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_leeg_30815_omg
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

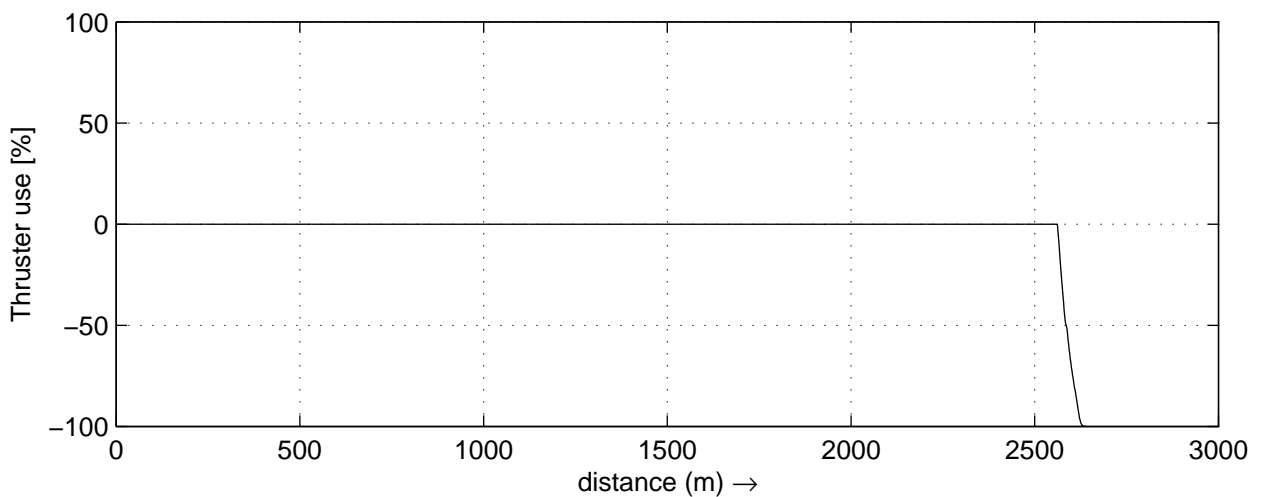
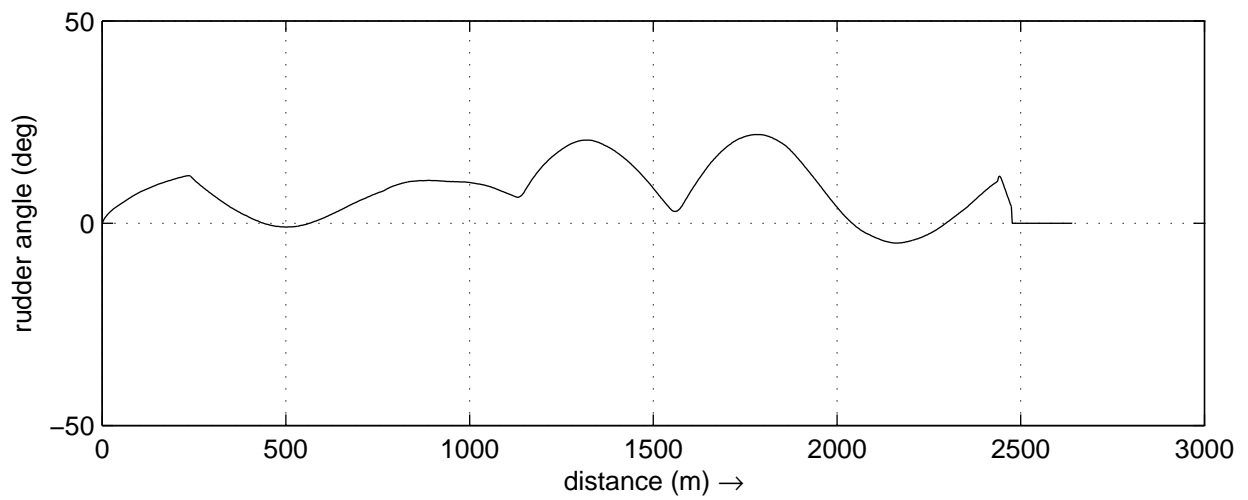
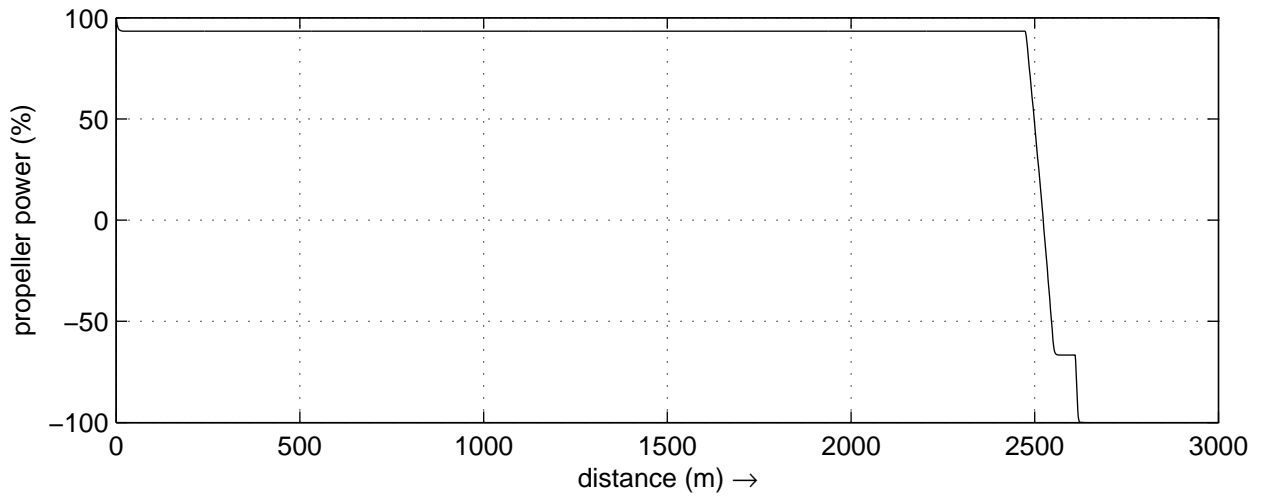
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3

Fig.C3 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

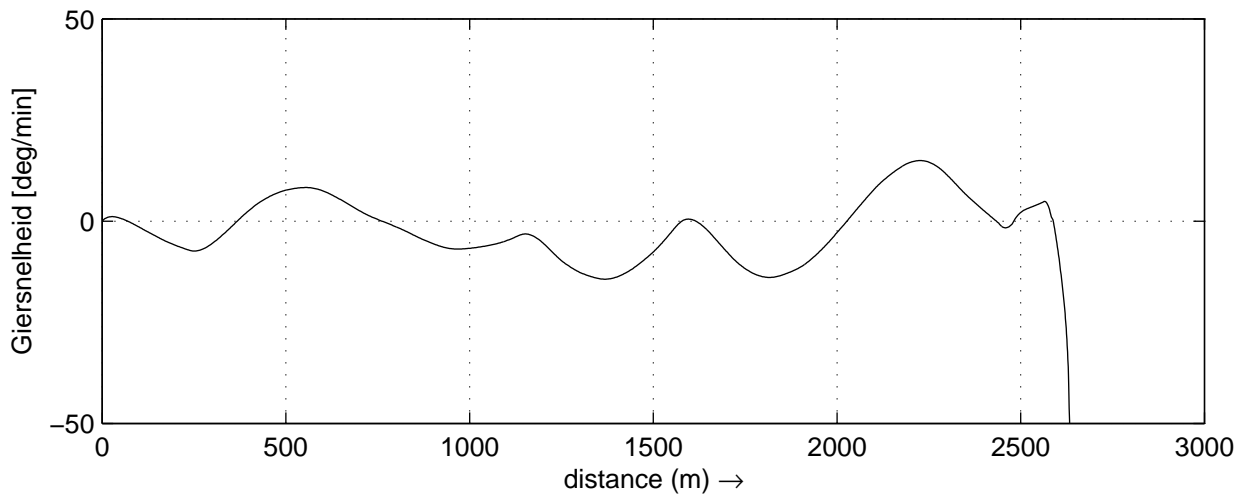
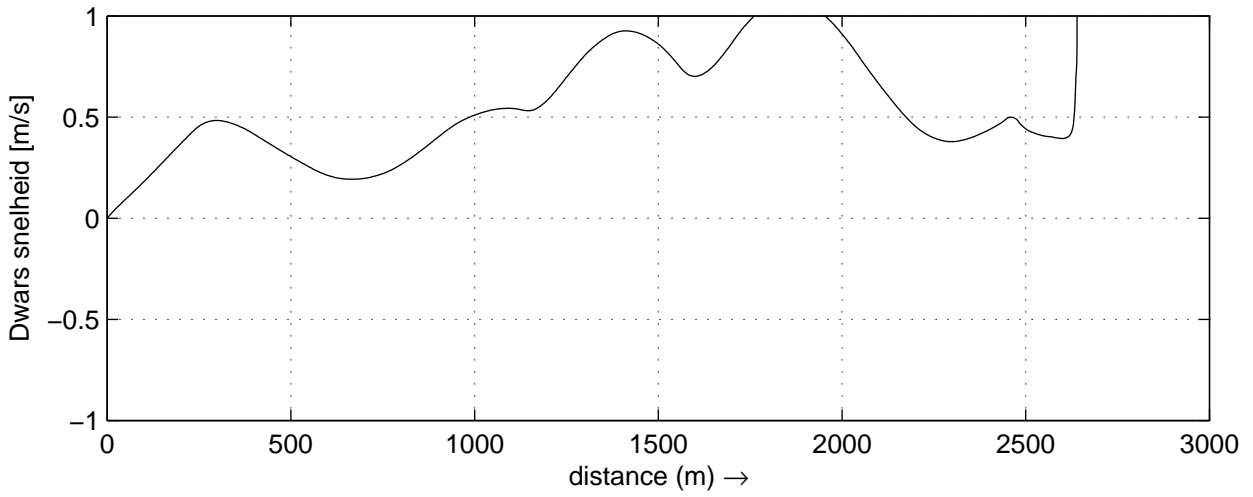
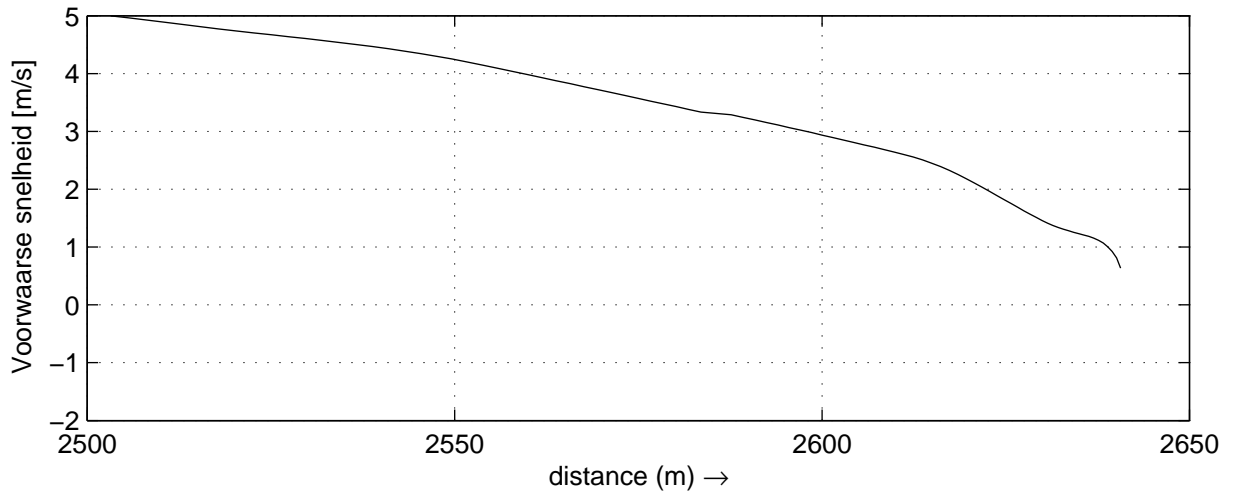
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3

Fig.C3 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

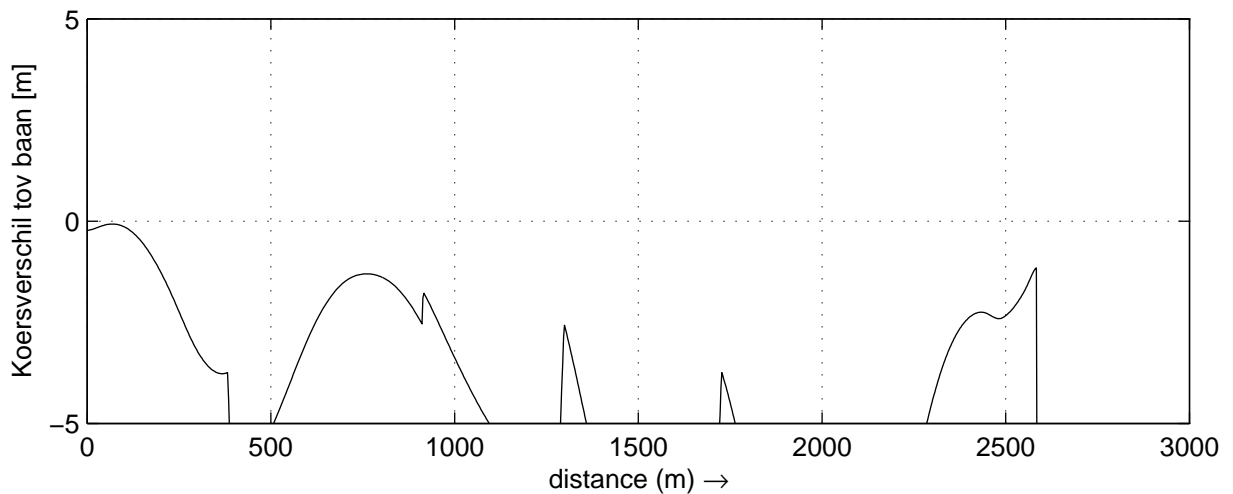
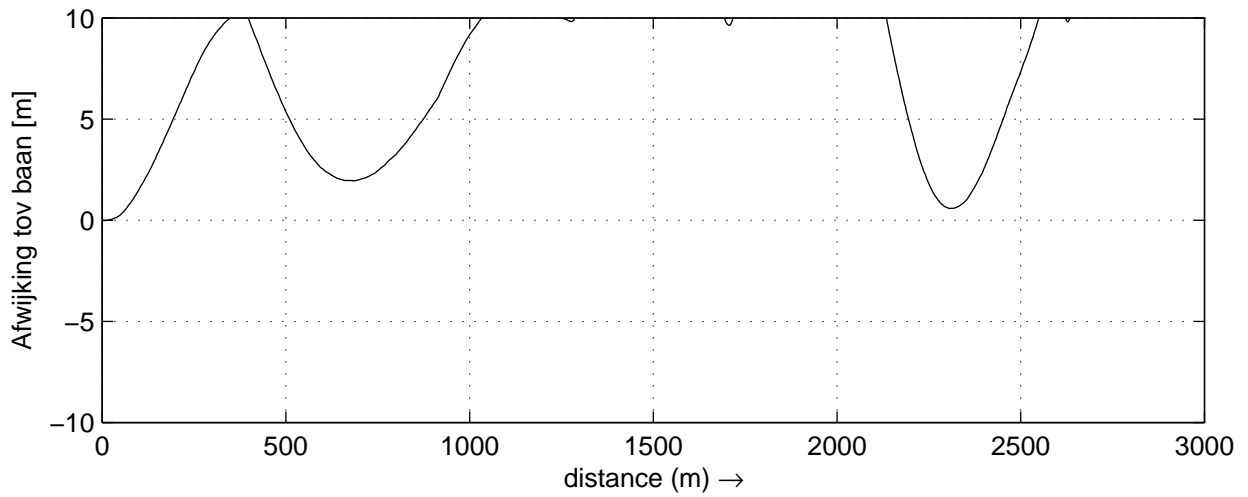
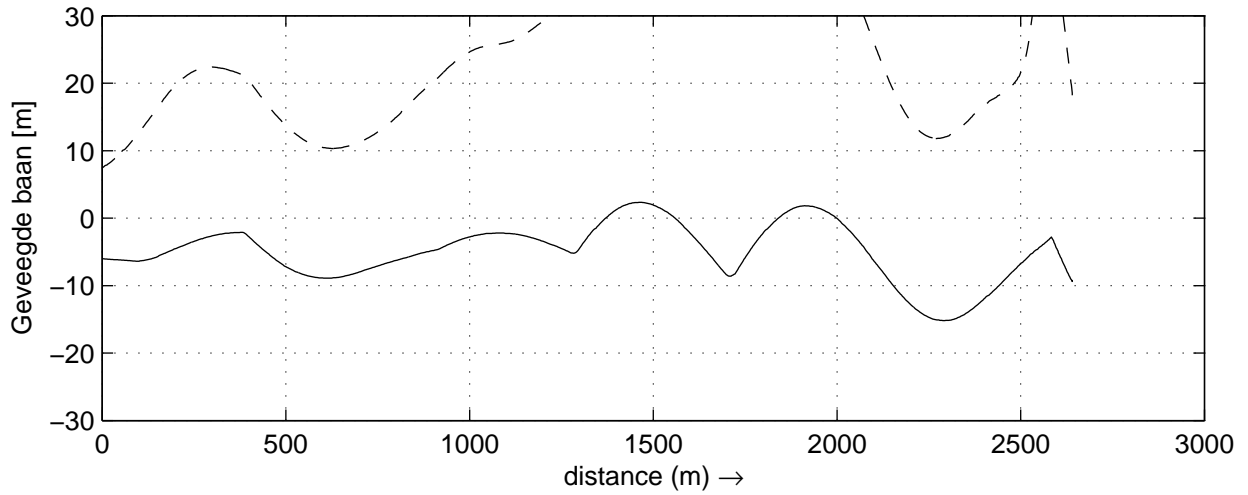
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3

Fig.C3 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

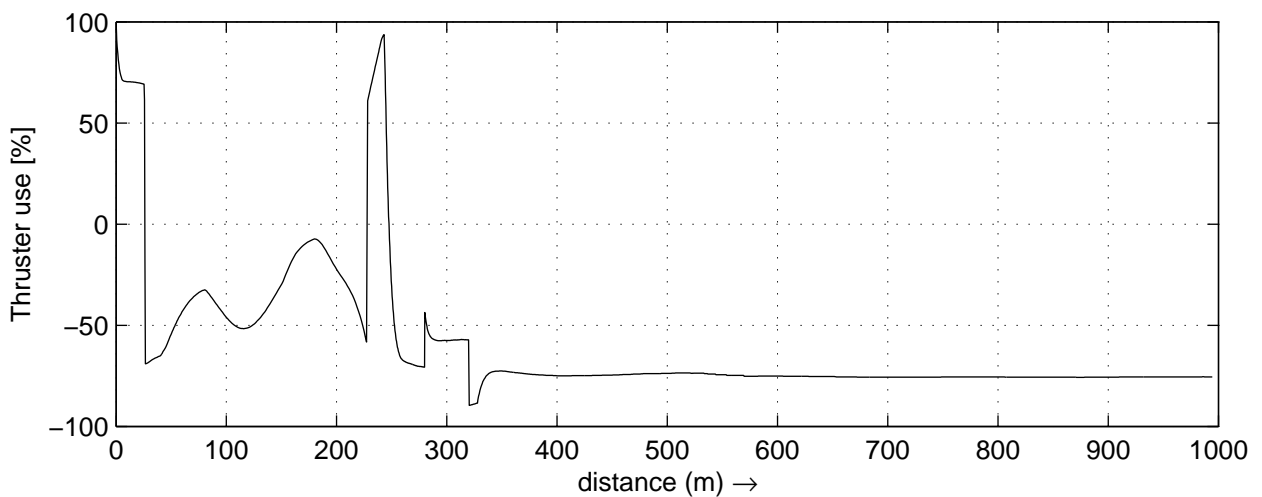
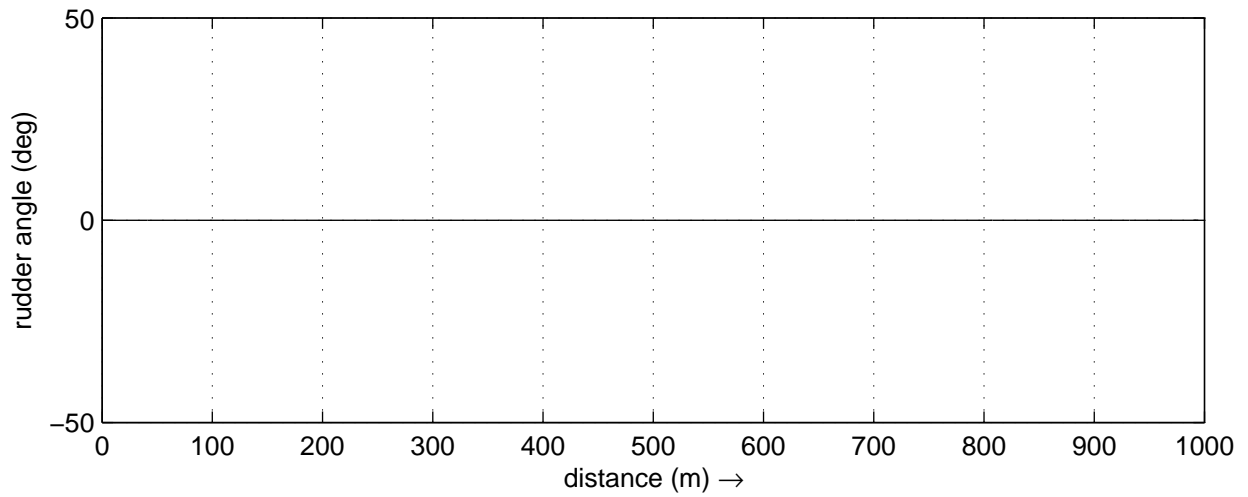
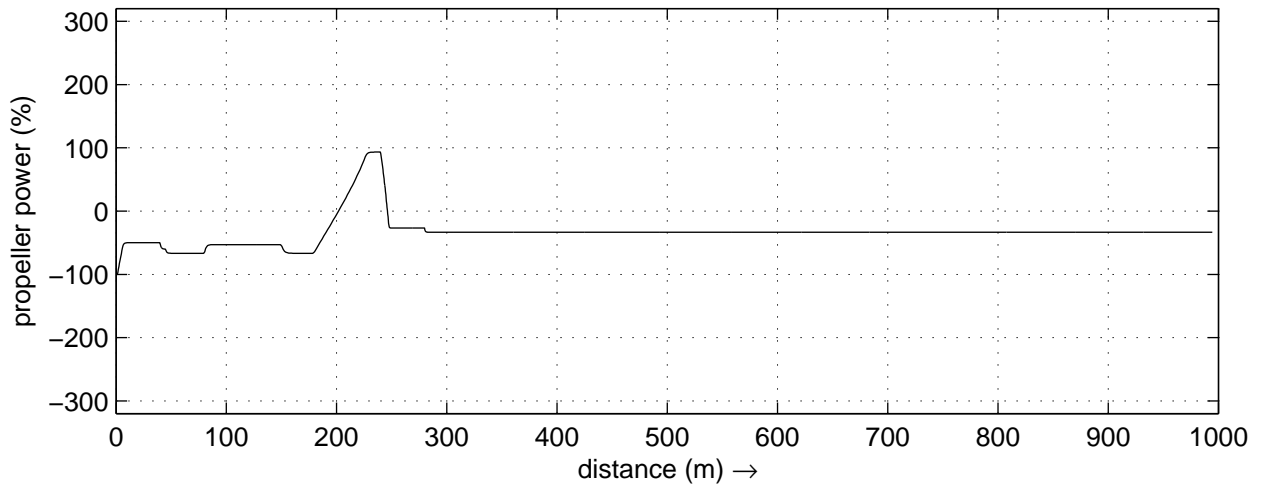
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3

Fig.C3 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

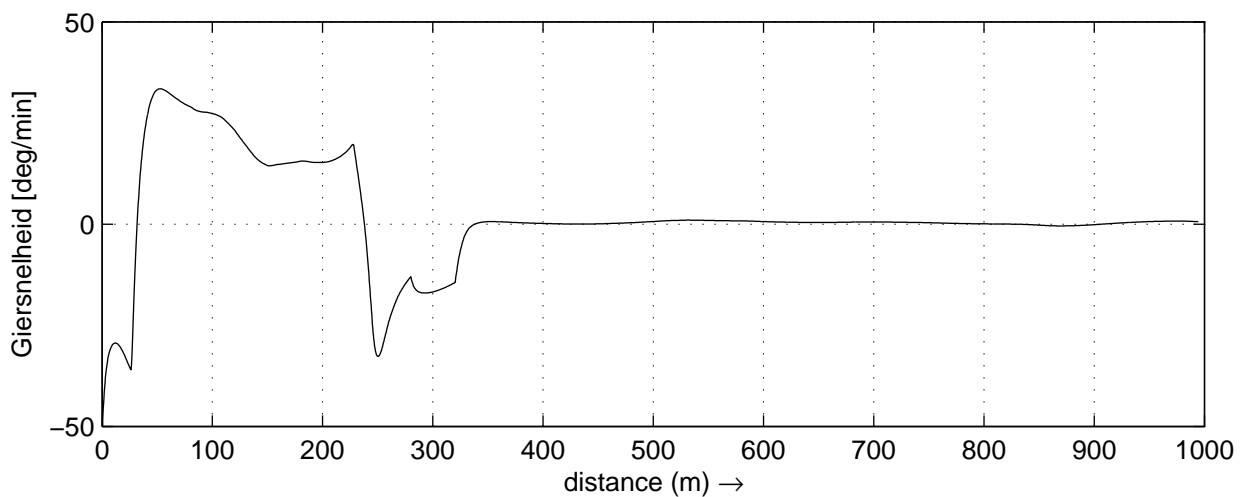
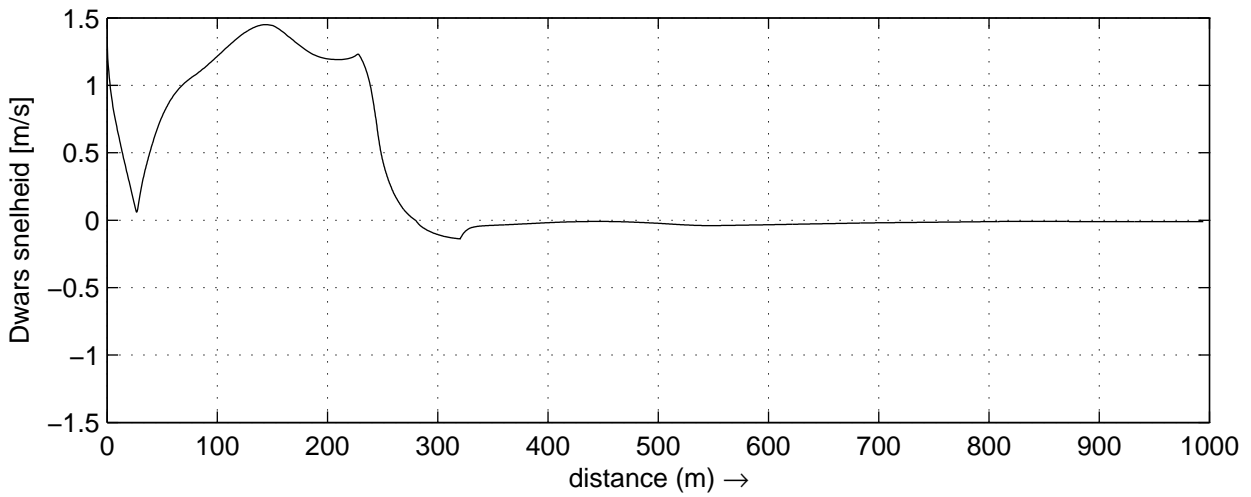
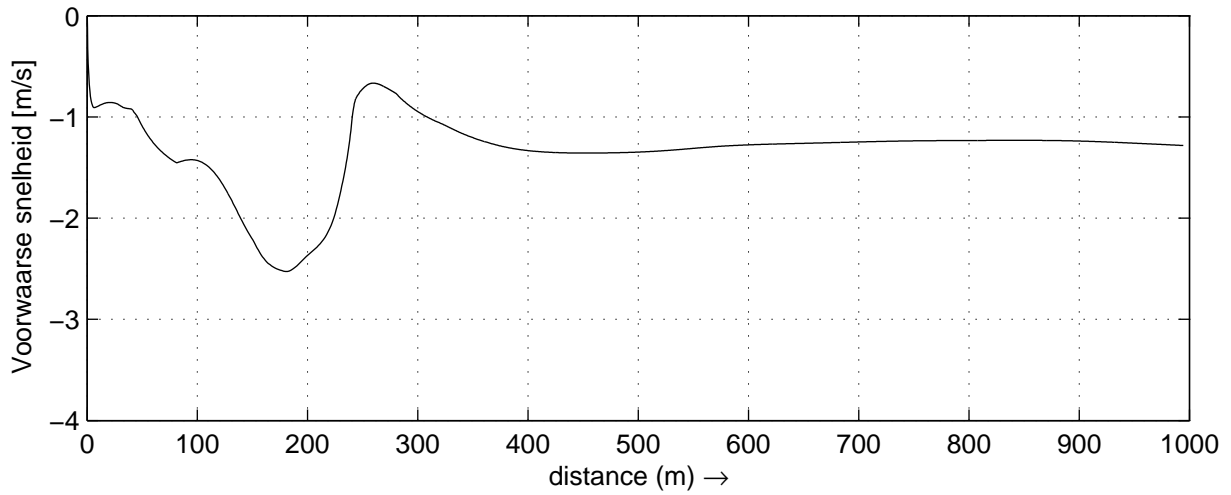
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3_d2_c

Fig.C3_d2_c-4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

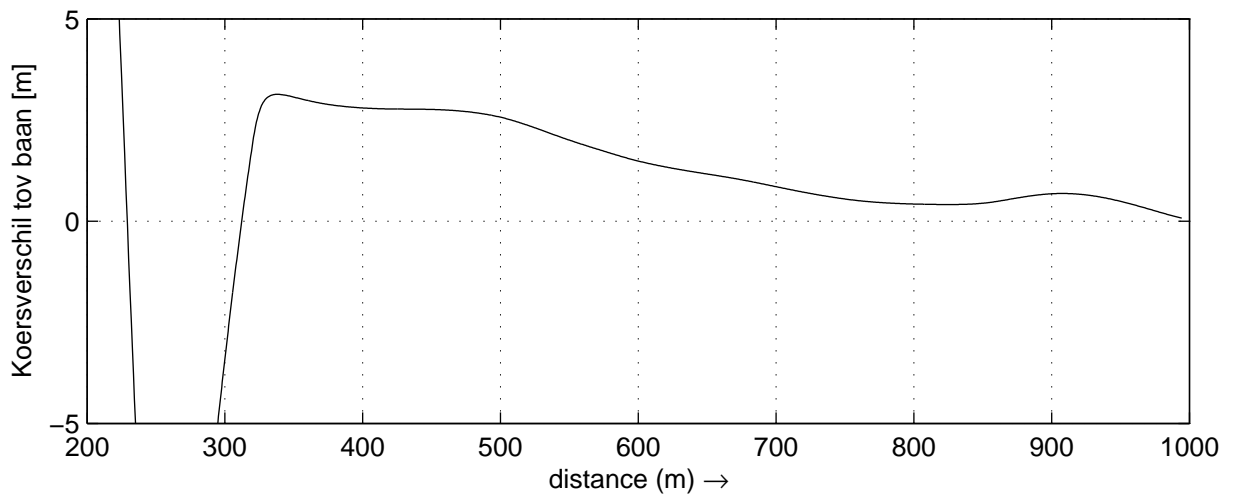
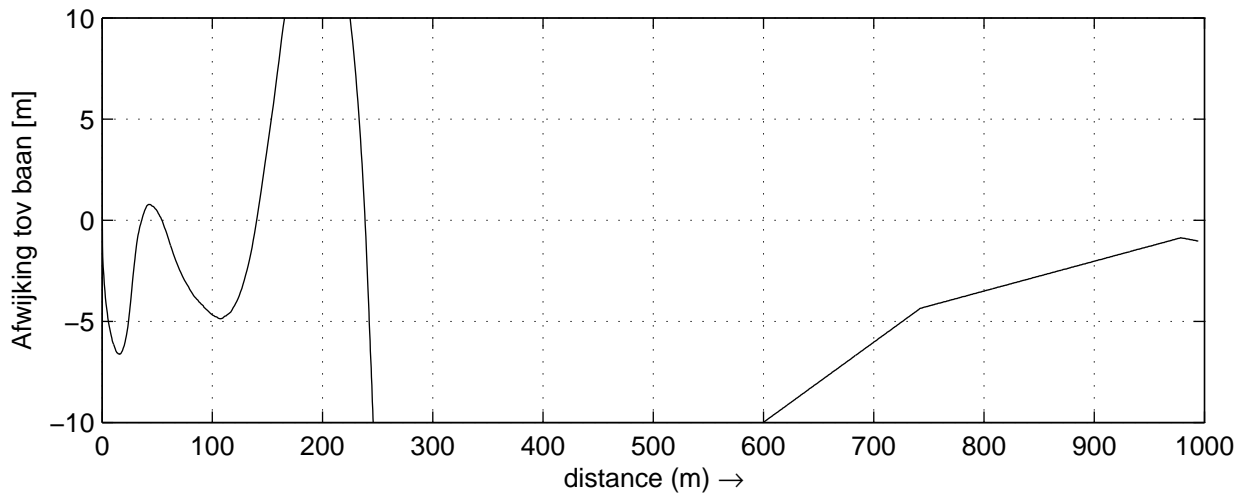
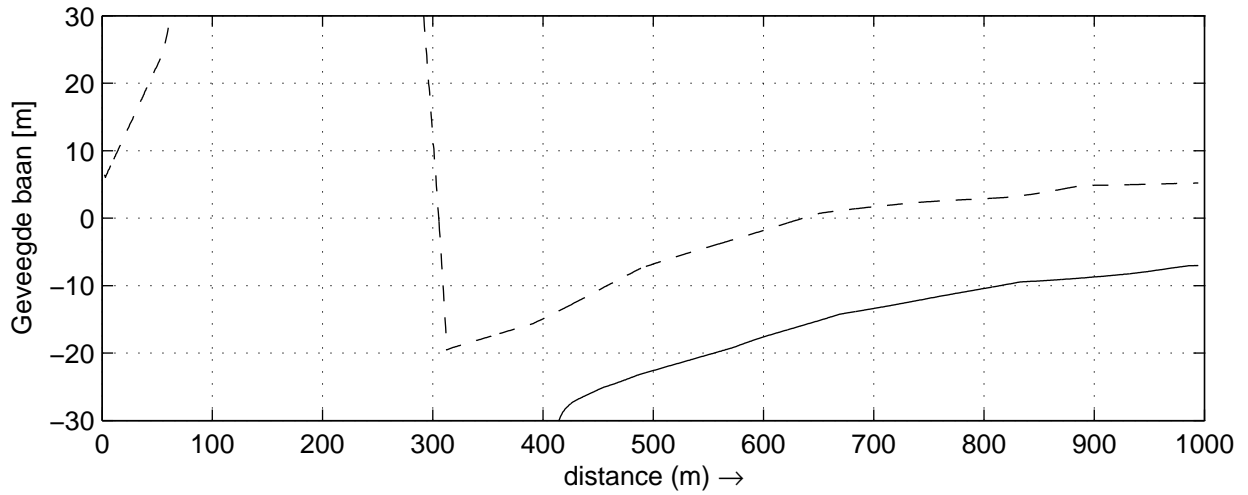
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3_d2_c

Fig.C3_d2_c -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

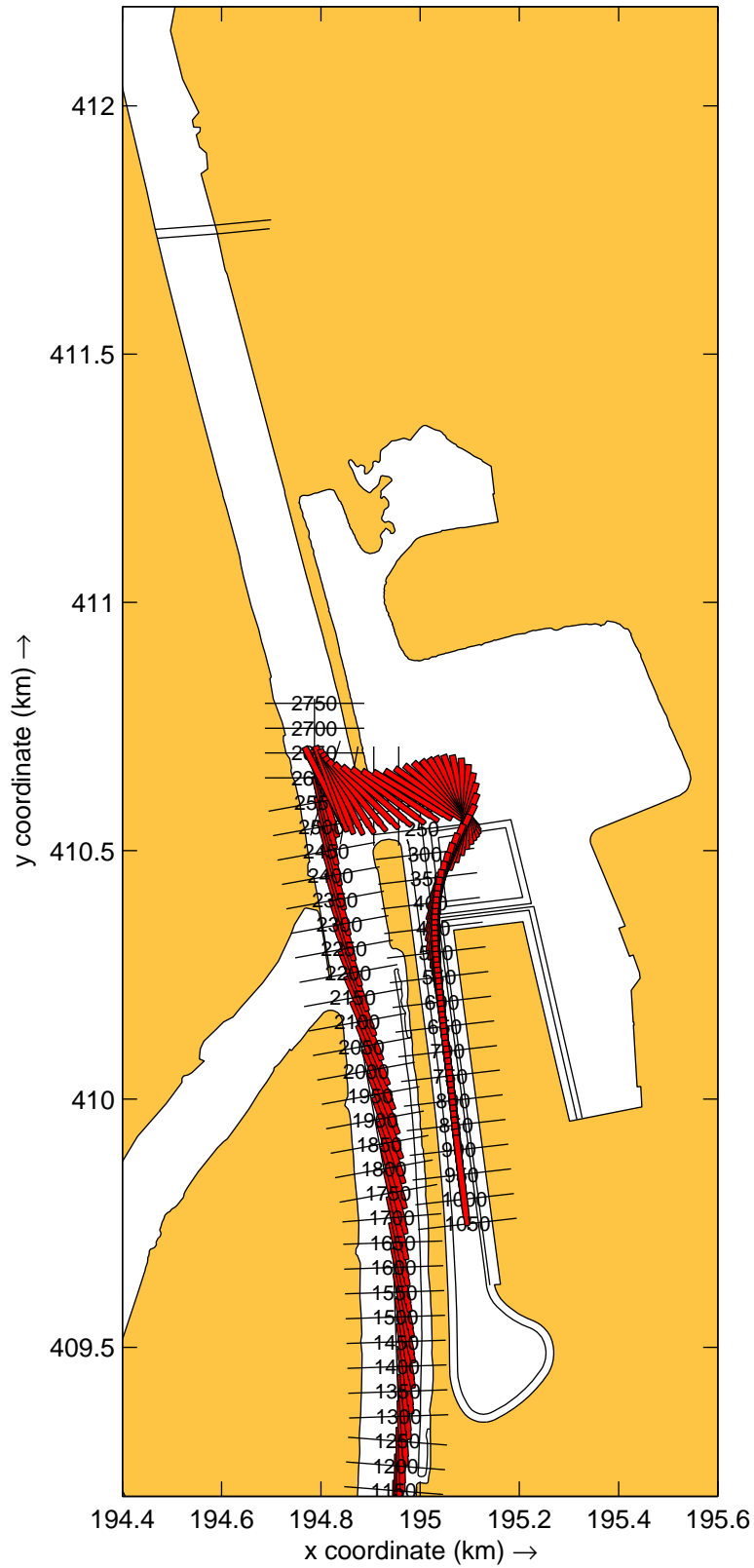
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3_d2_c

Fig.C3_d2_c -6



Overzicht baan KlasseVb_leeg_30815
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

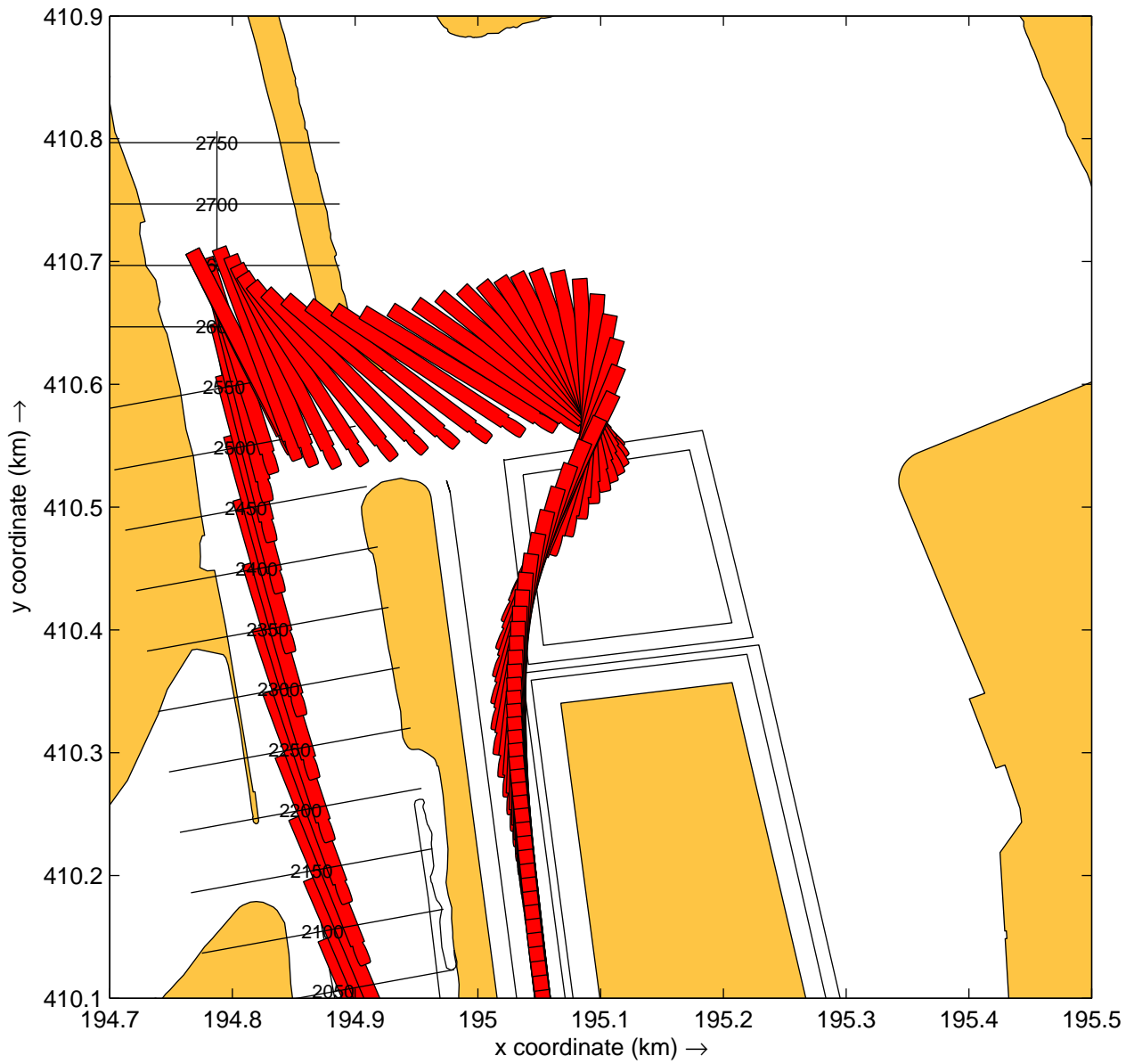
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4

Fig.C4 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_leeg_30815
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

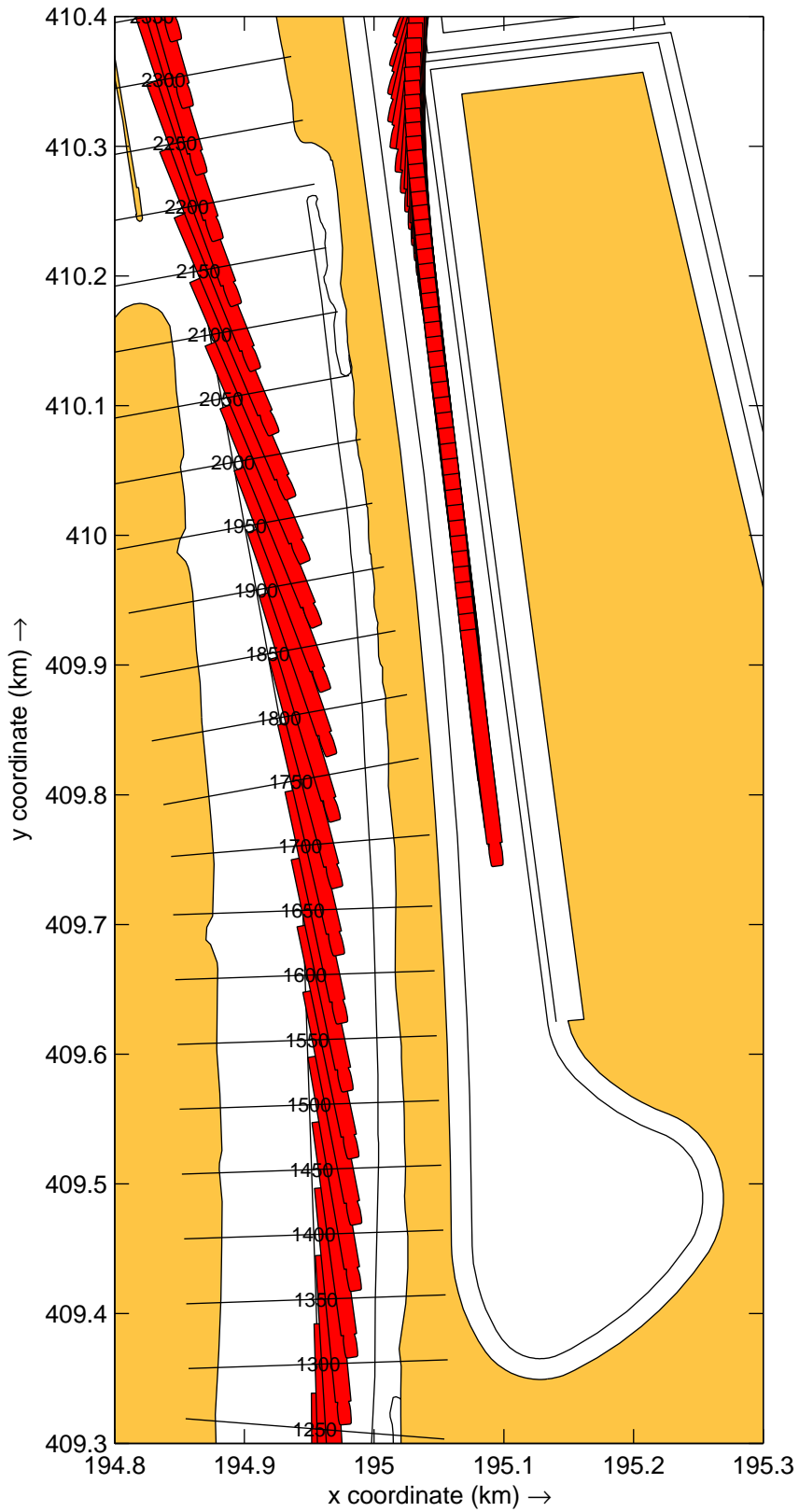
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4

Fig.C4 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_leeg_30815
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 2250m3ps.

30815

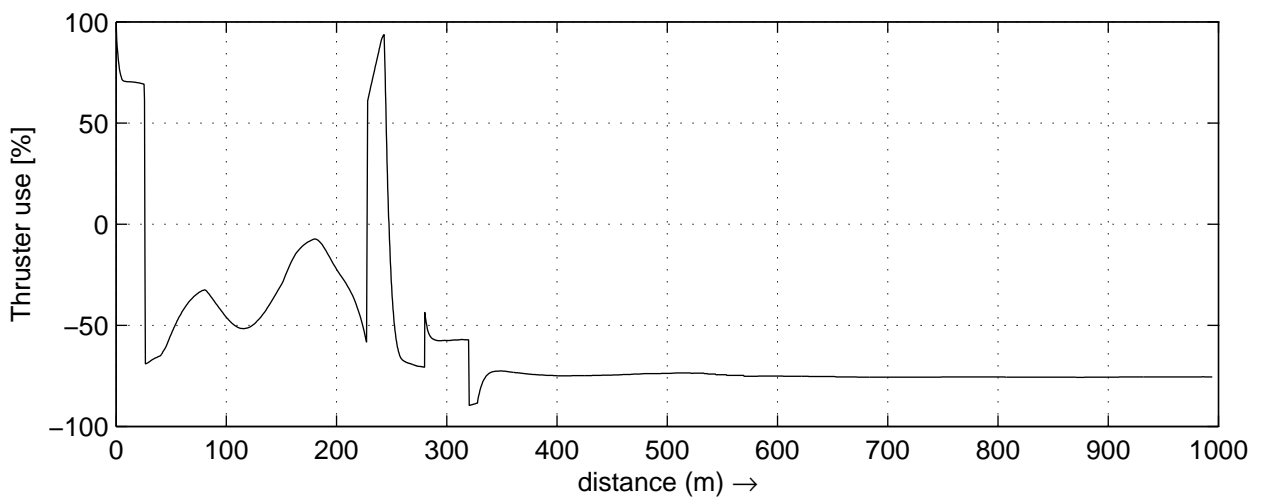
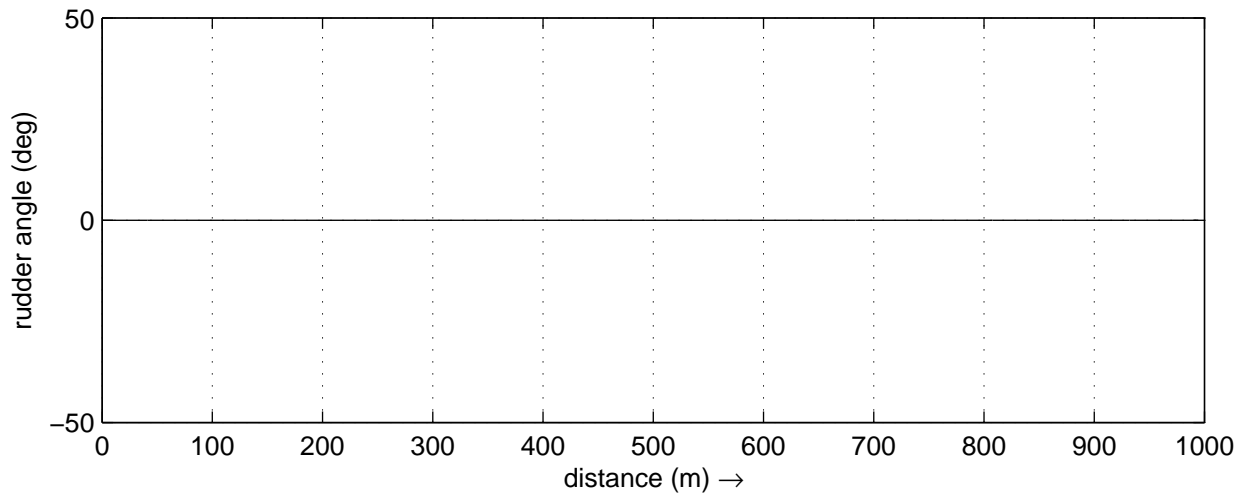
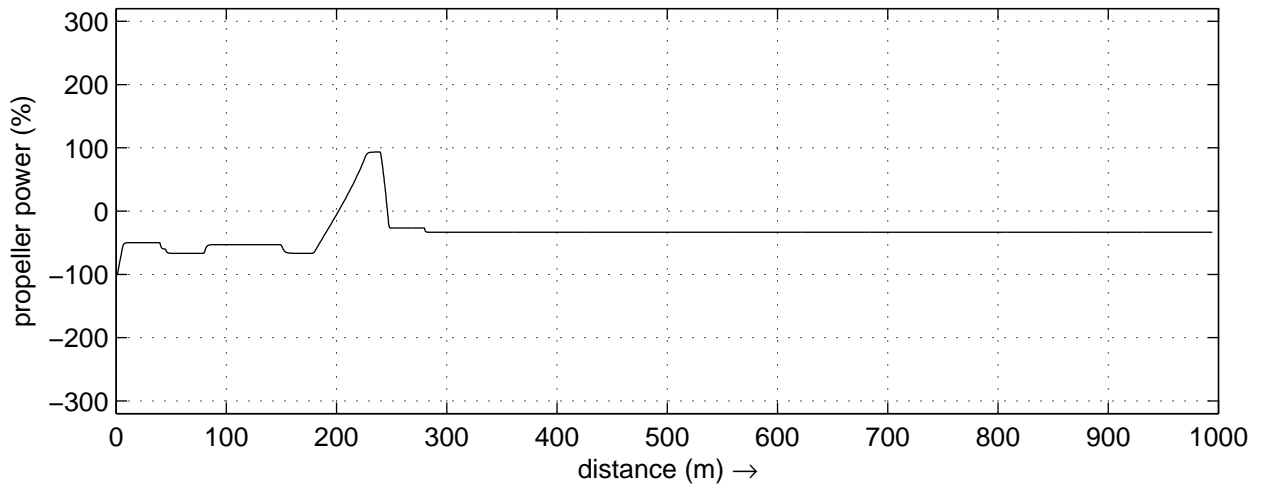
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4

Fig.C4 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

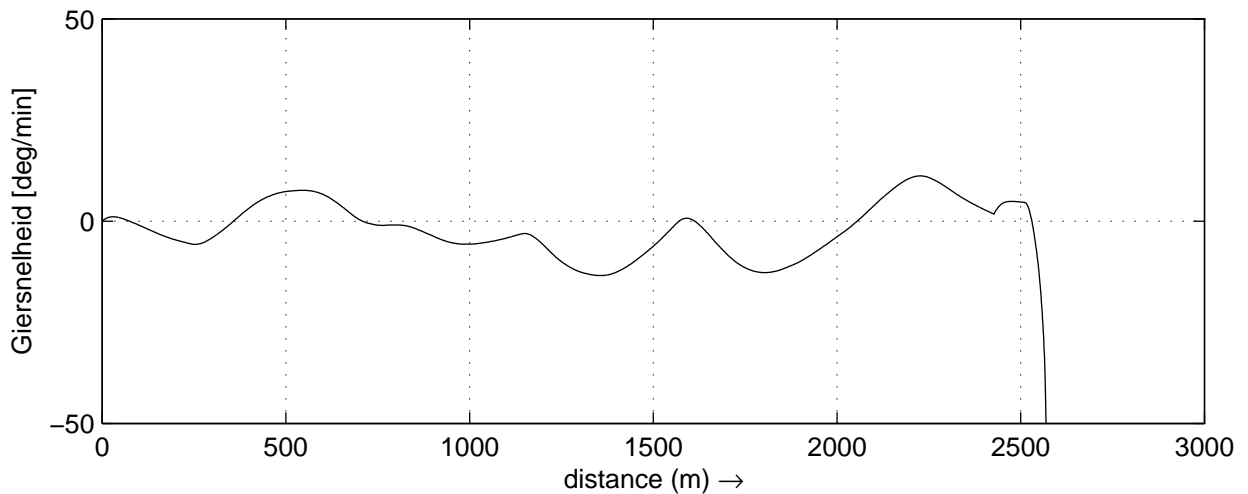
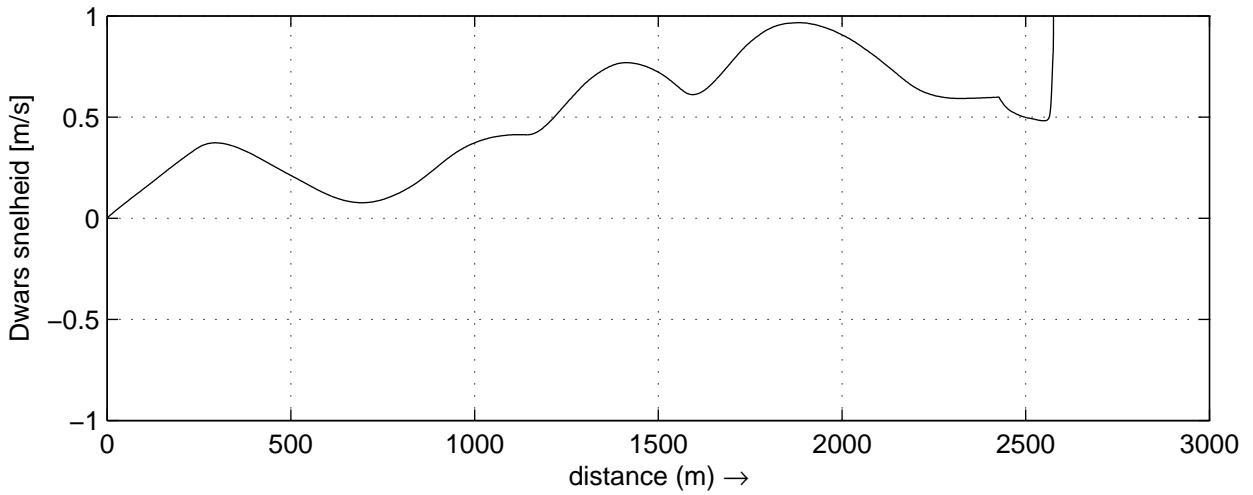
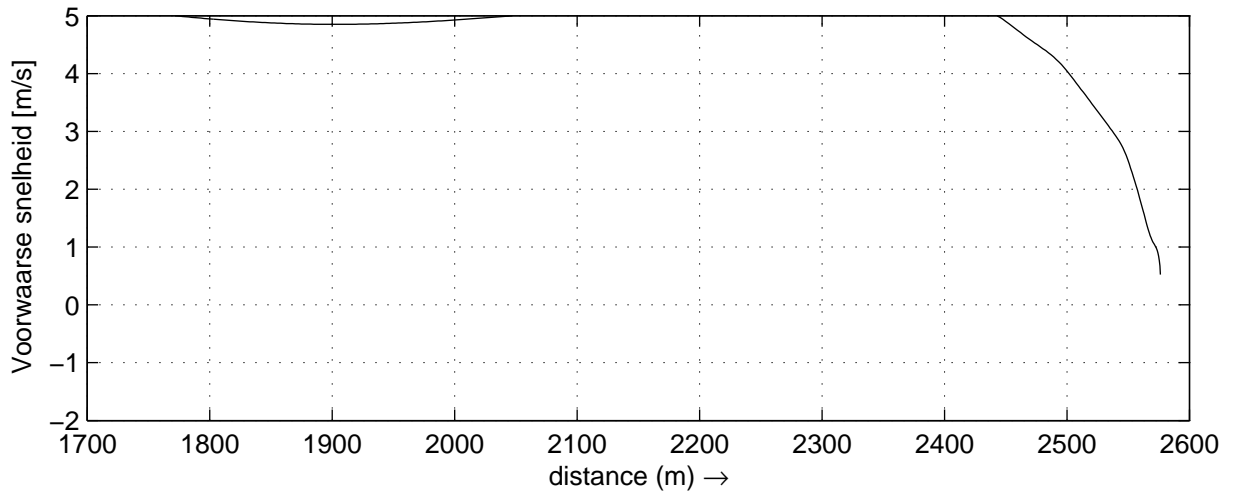
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C3_d2_c

Fig.C3_d2_c-4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

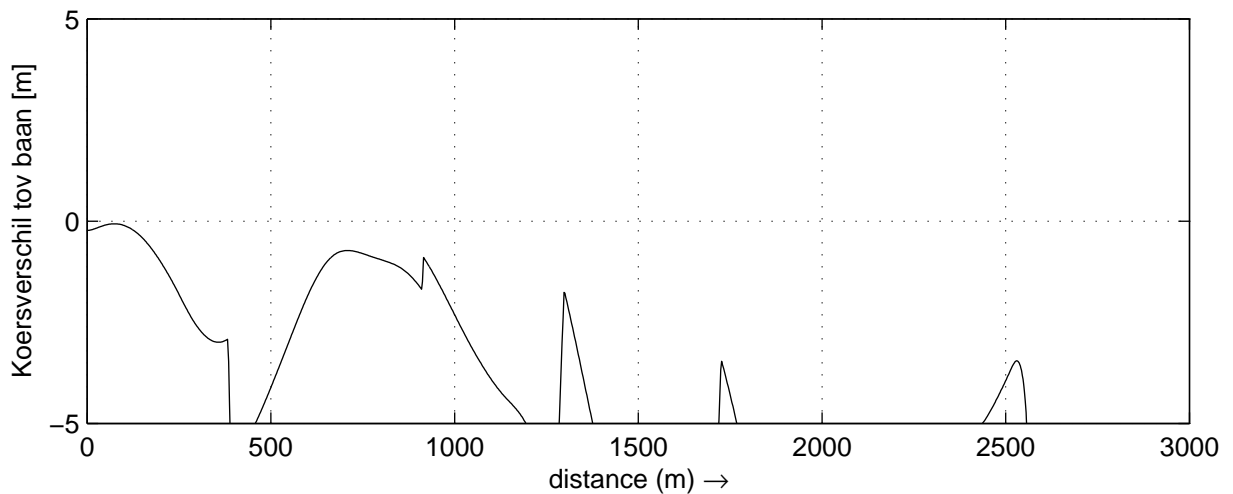
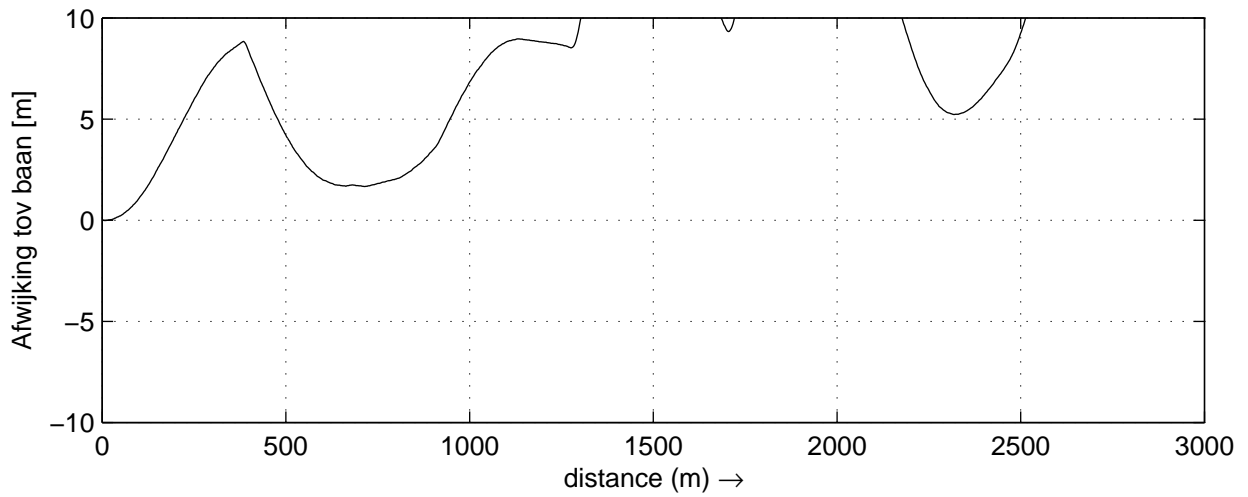
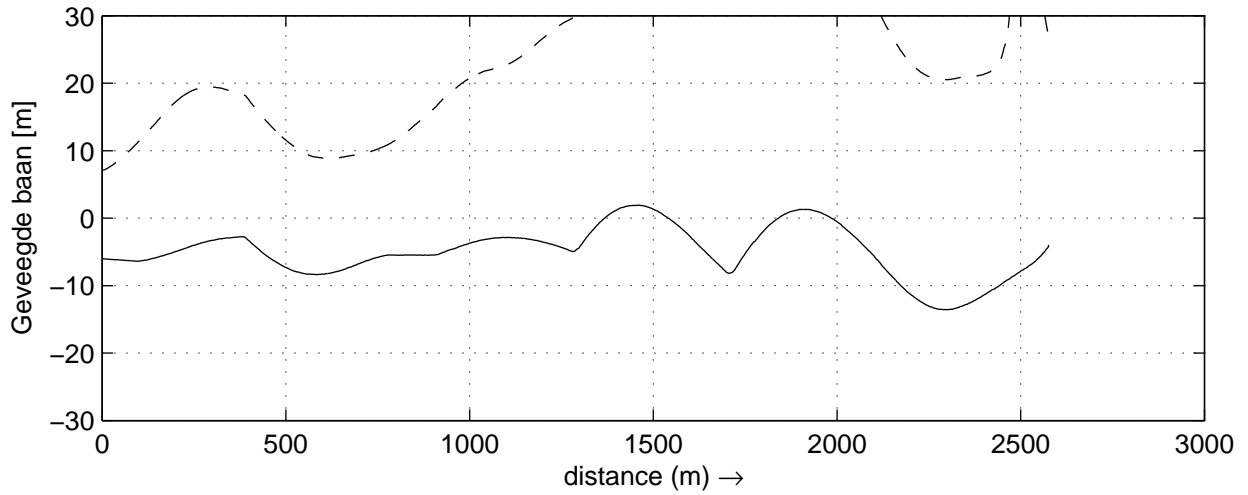
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4

Fig.C4 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

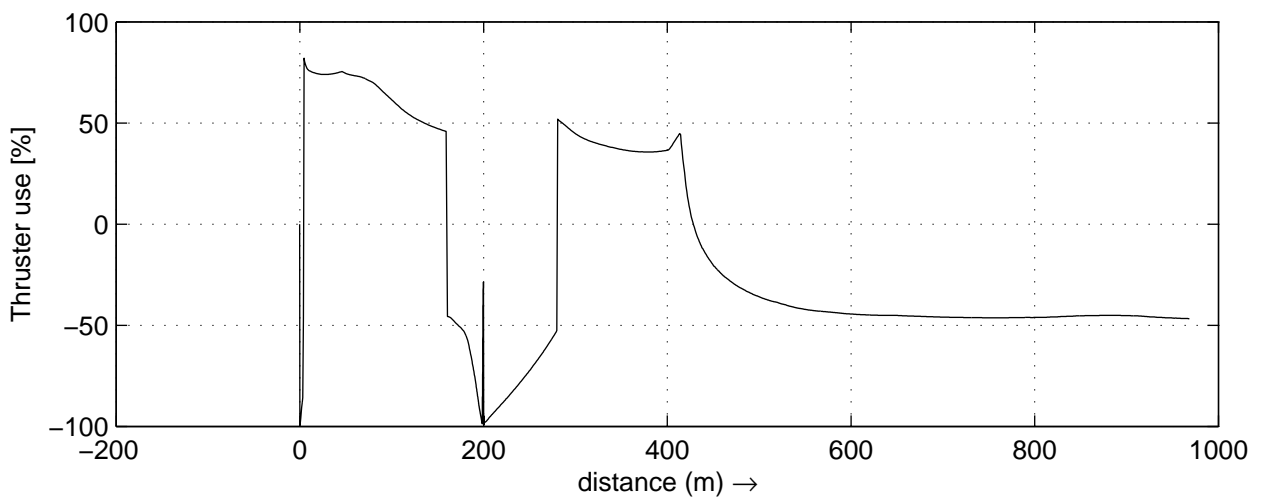
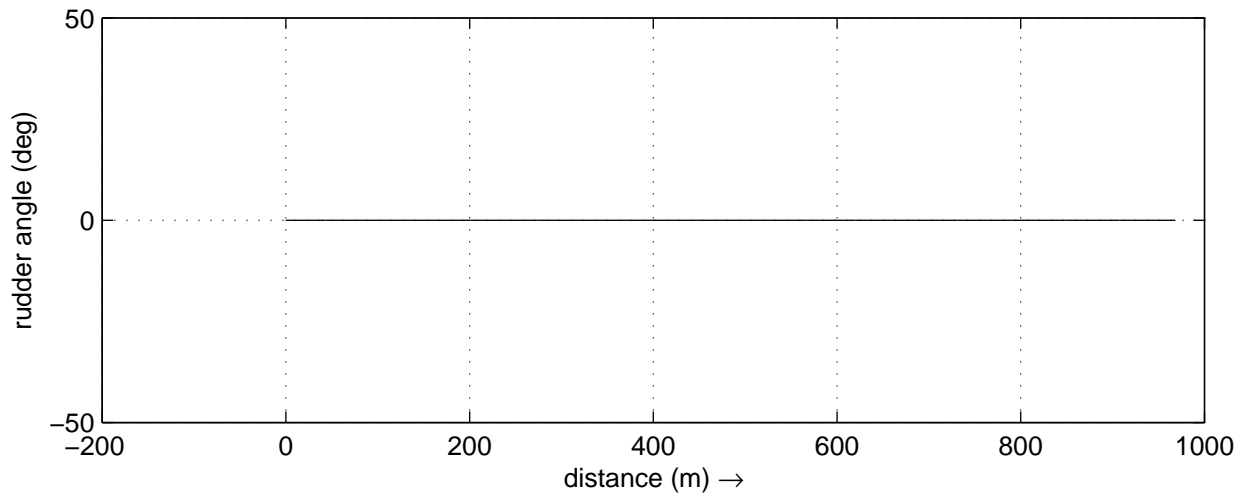
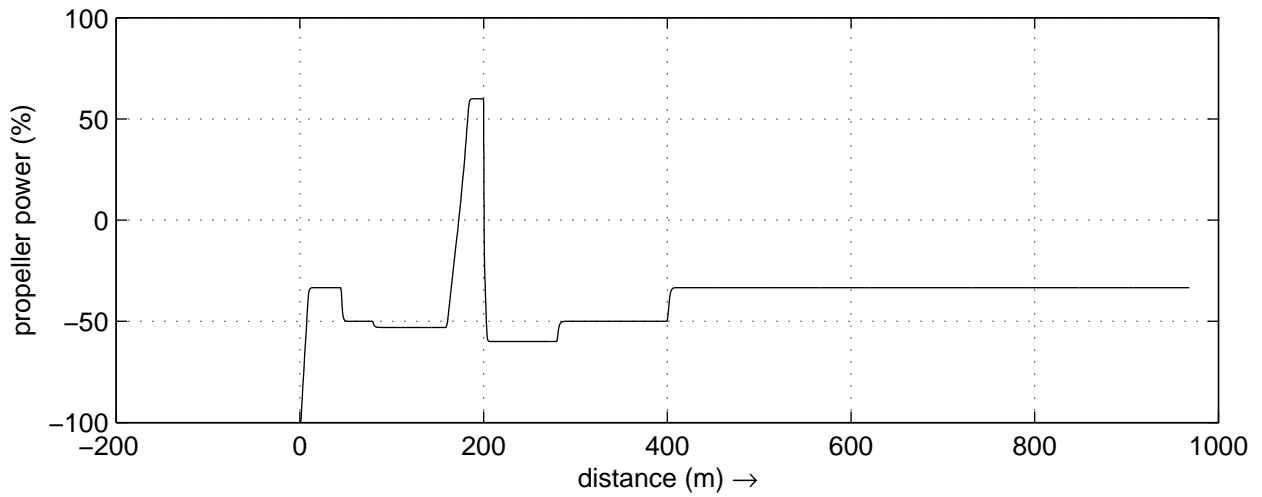
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4

Fig.C4 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

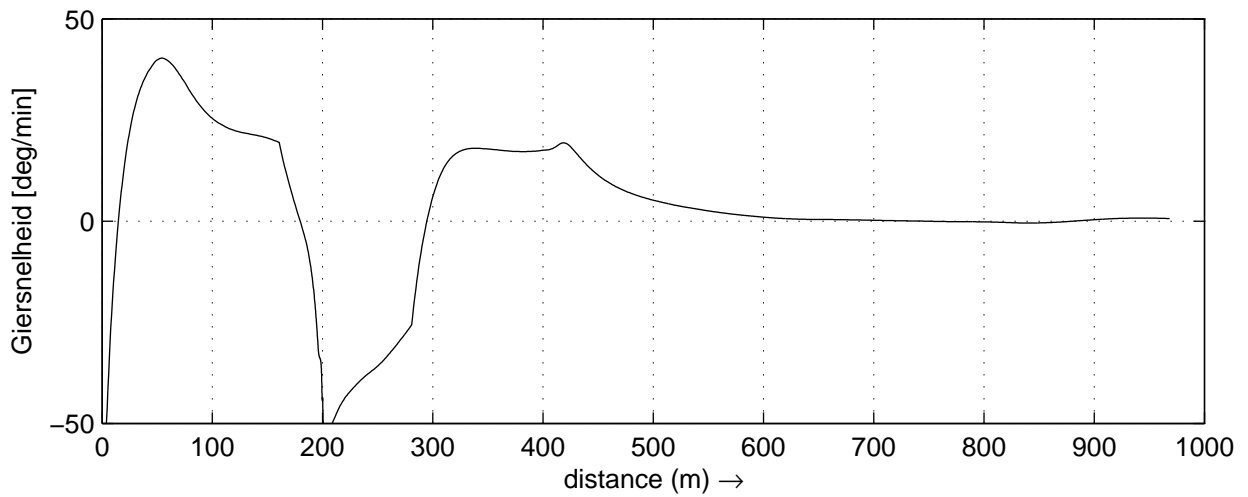
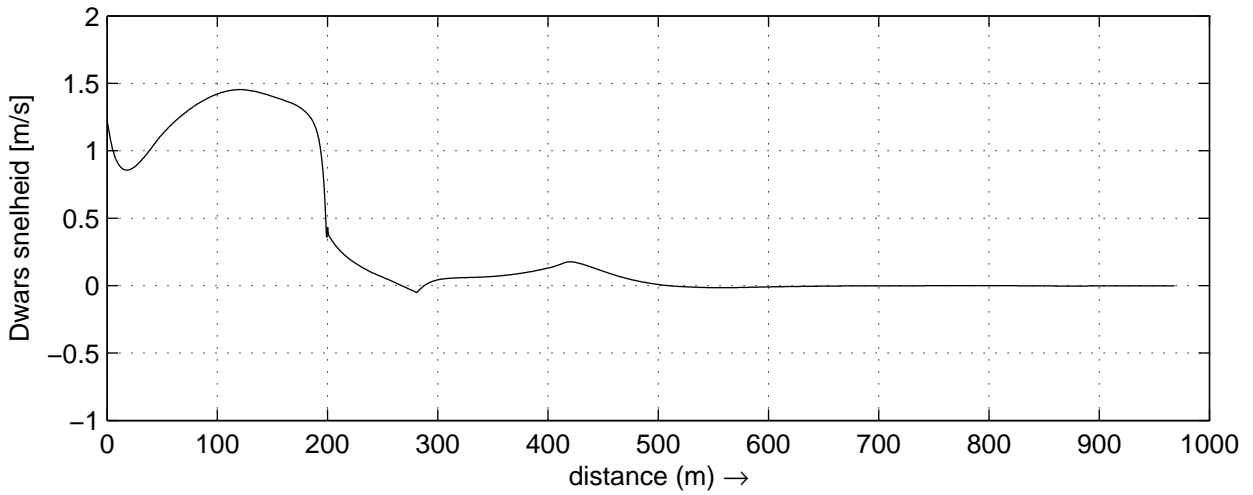
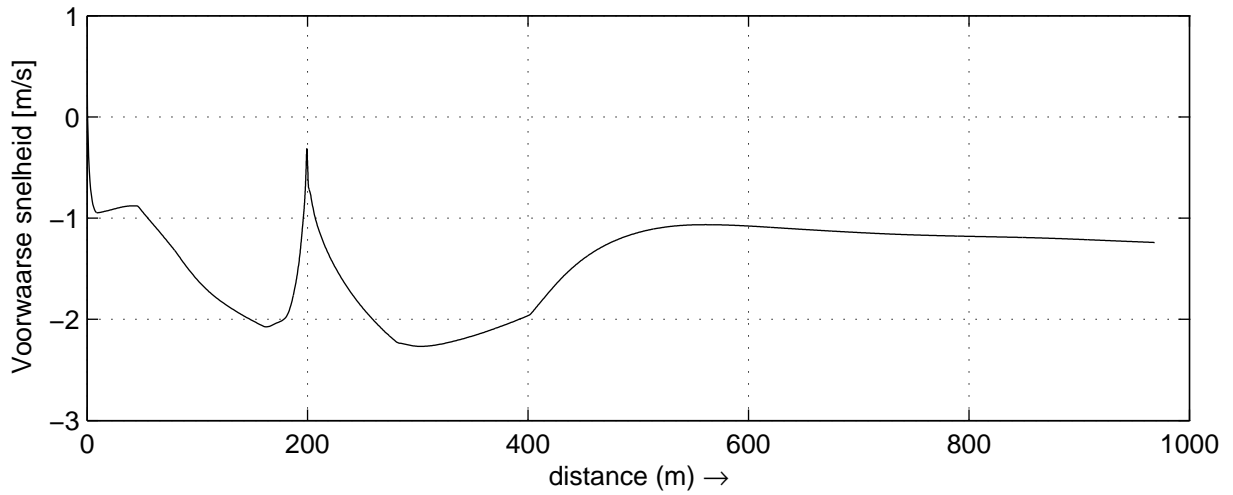
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4_d2

Fig.C4_d2 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

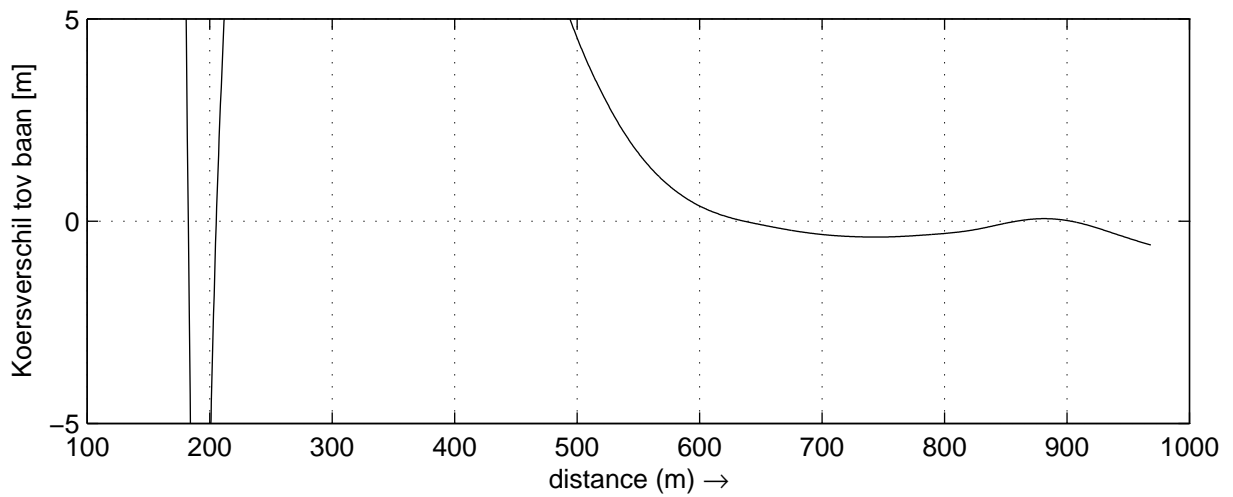
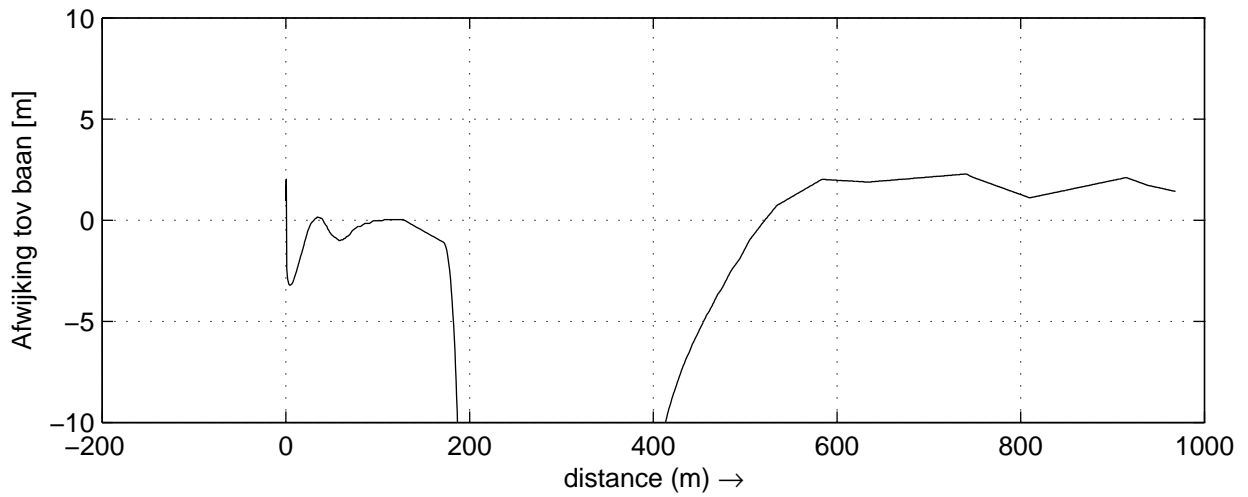
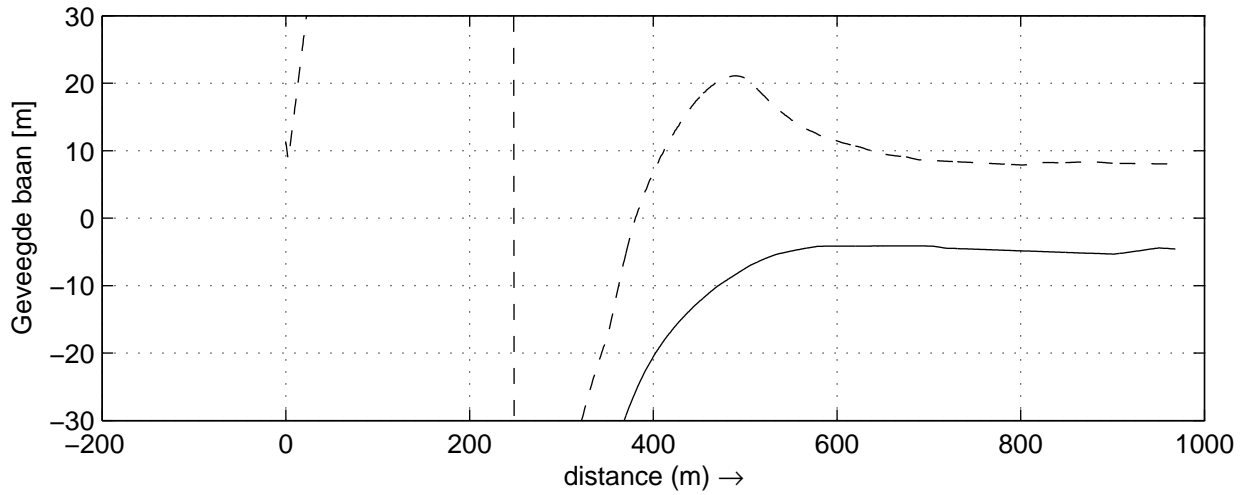
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4_d2

Fig.C4_d2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

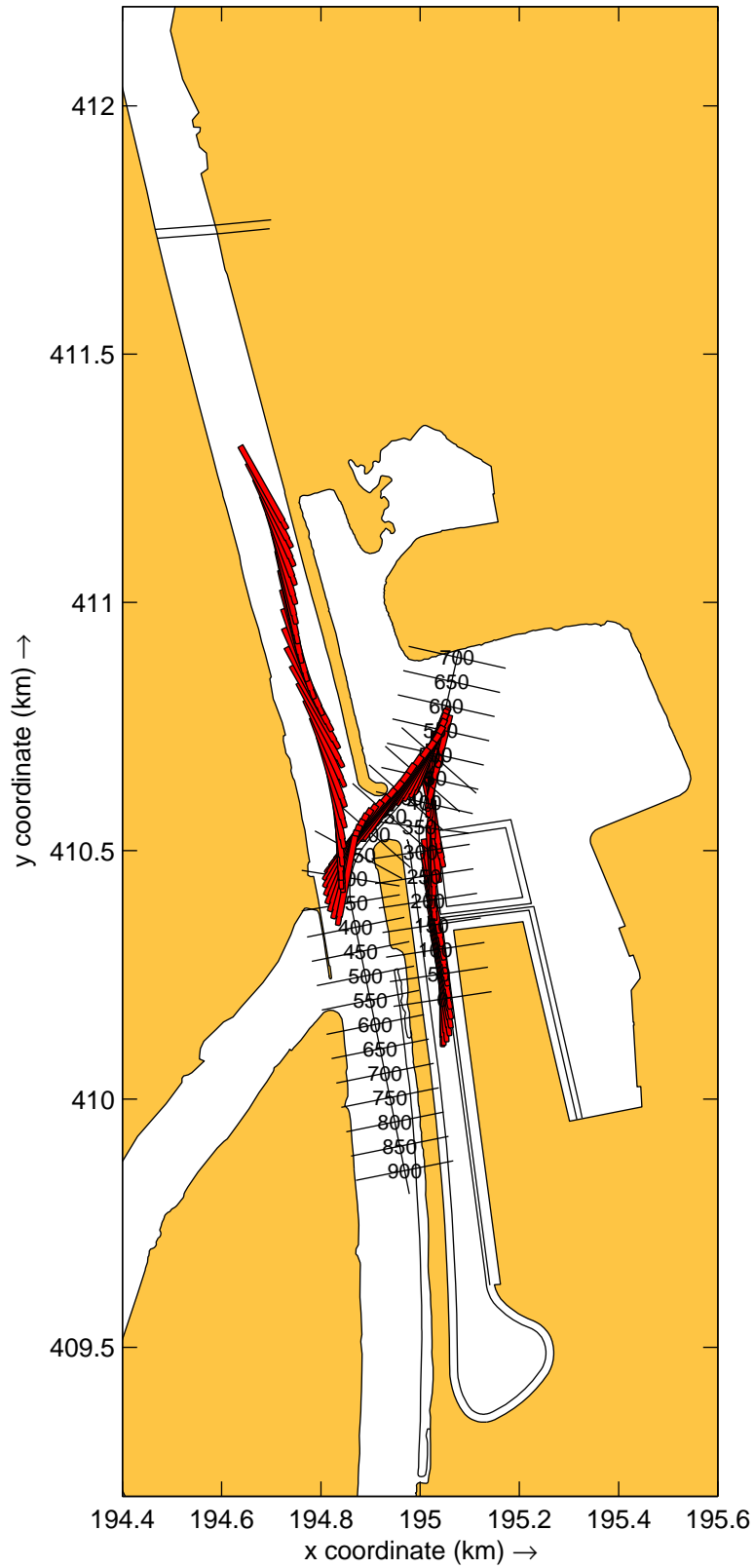
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C4_d2

Fig.C4_d2 -6



Overzicht baan KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

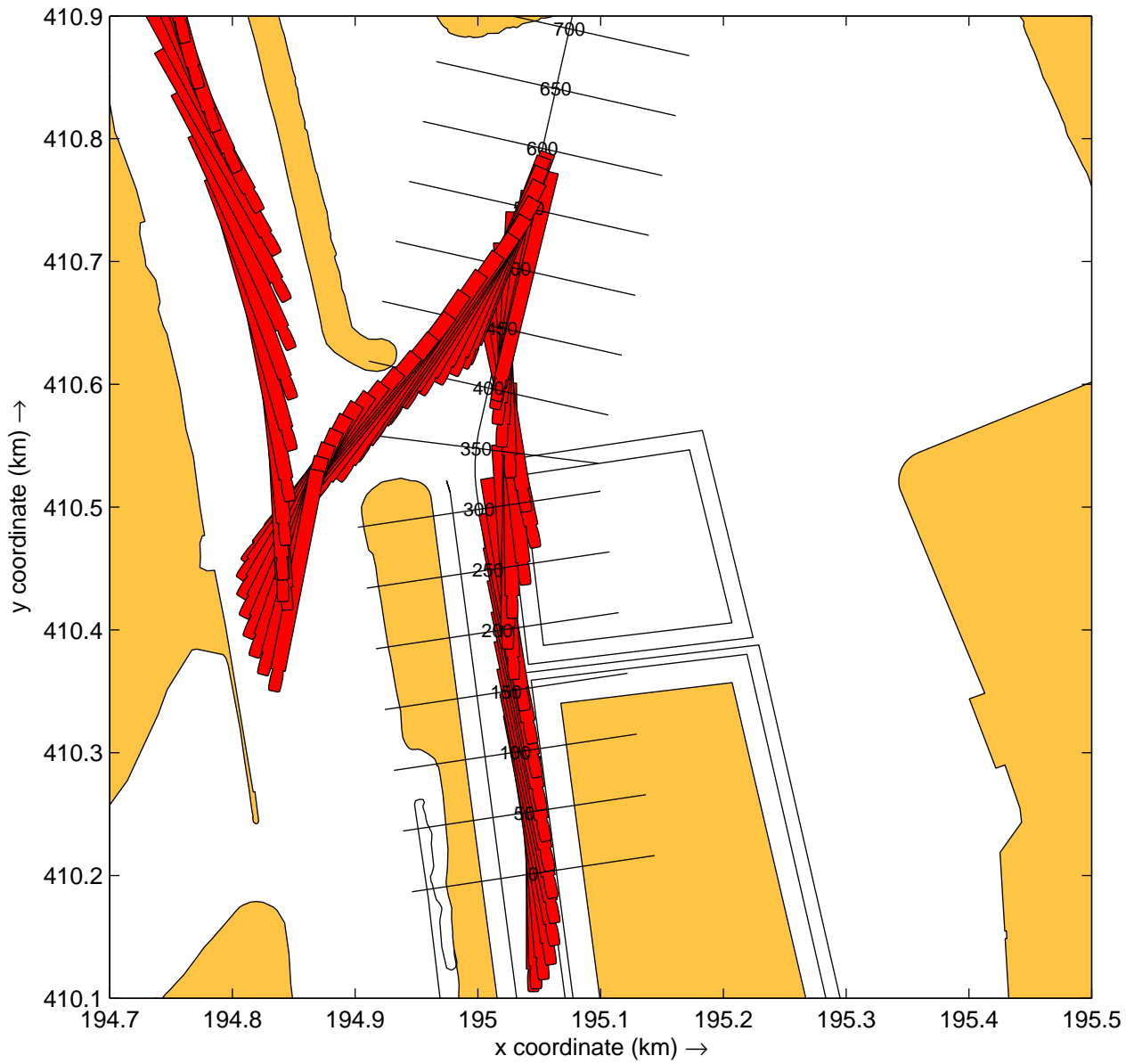
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5

Fig.C5 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5

Fig.C5 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_leeg
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

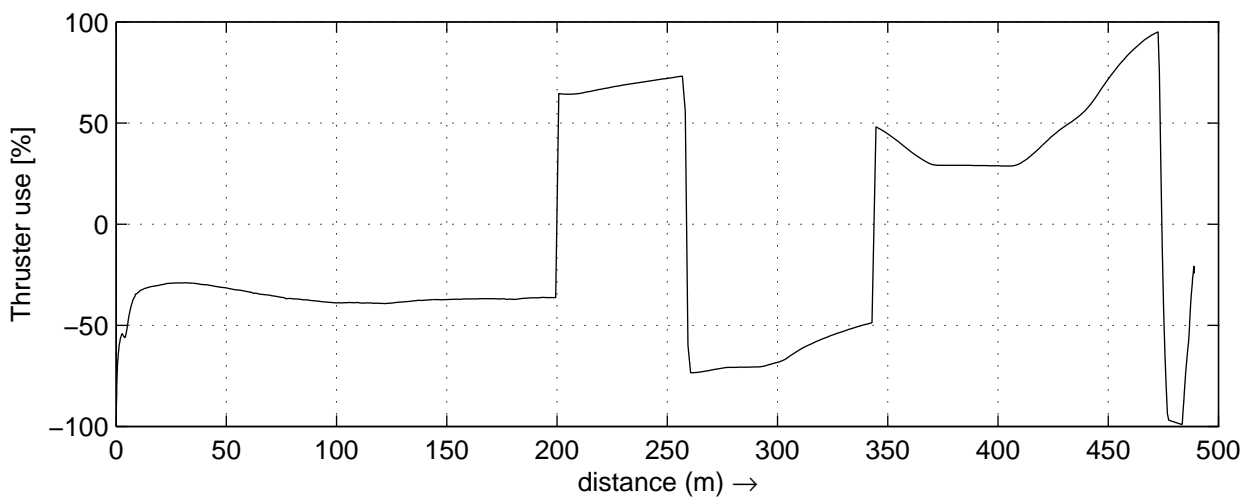
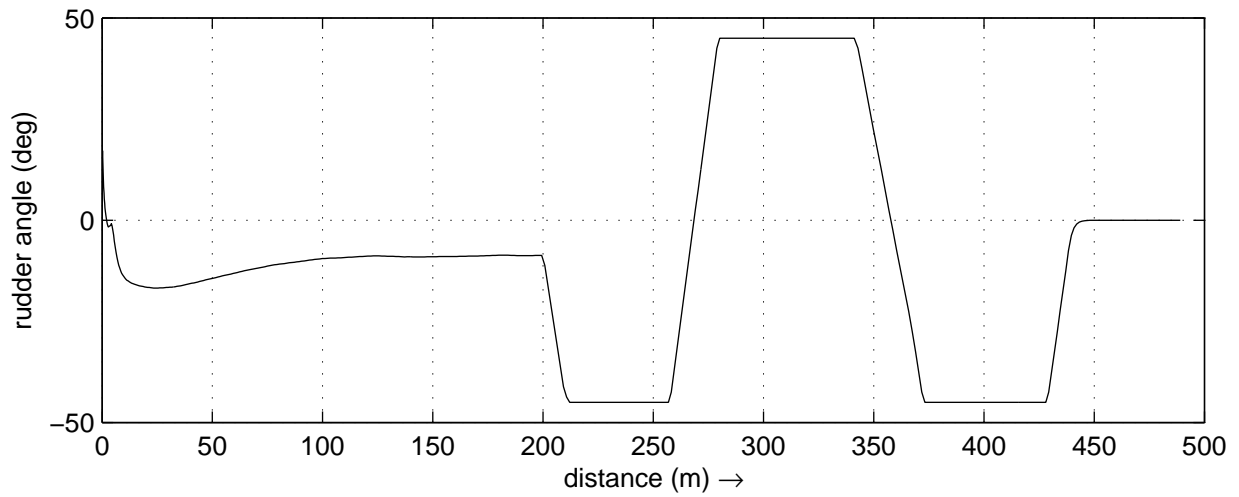
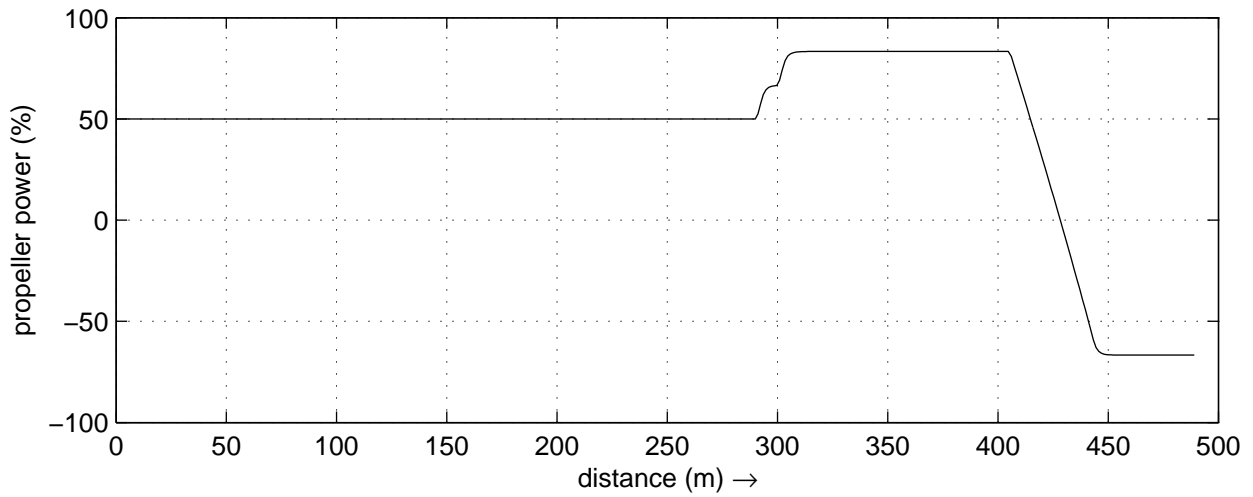
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5

Fig.C5 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

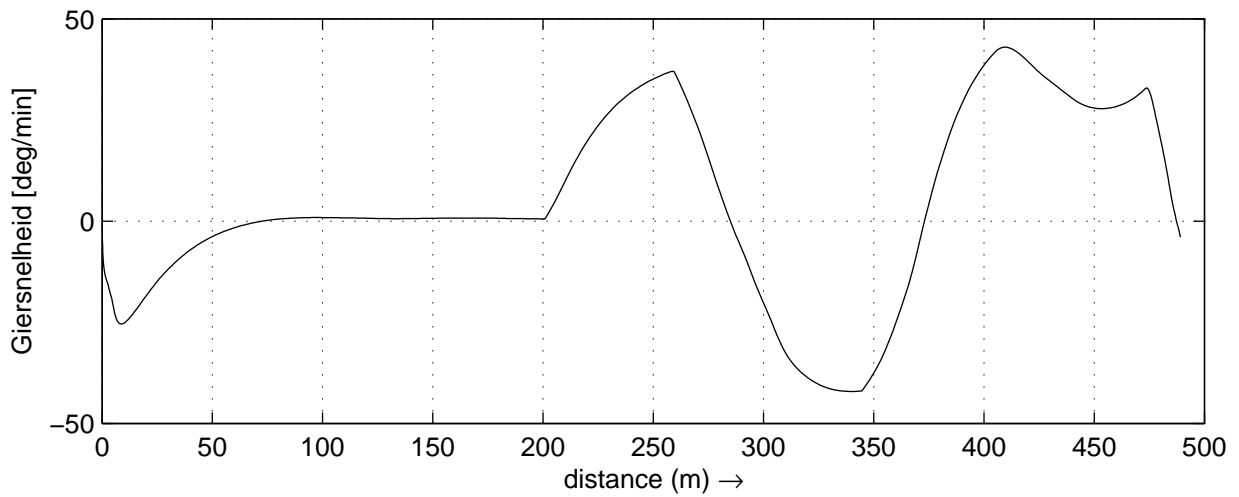
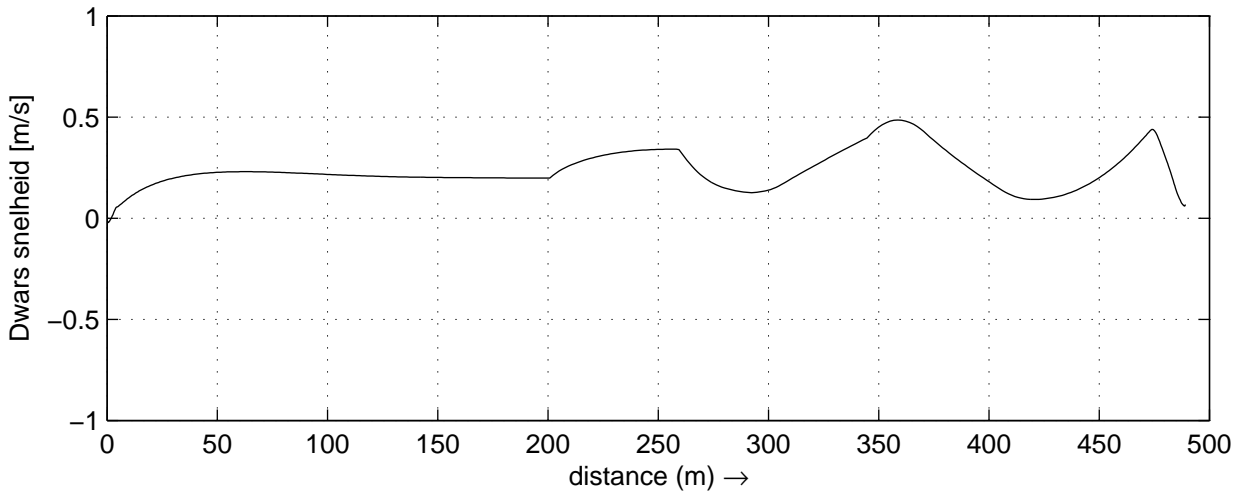
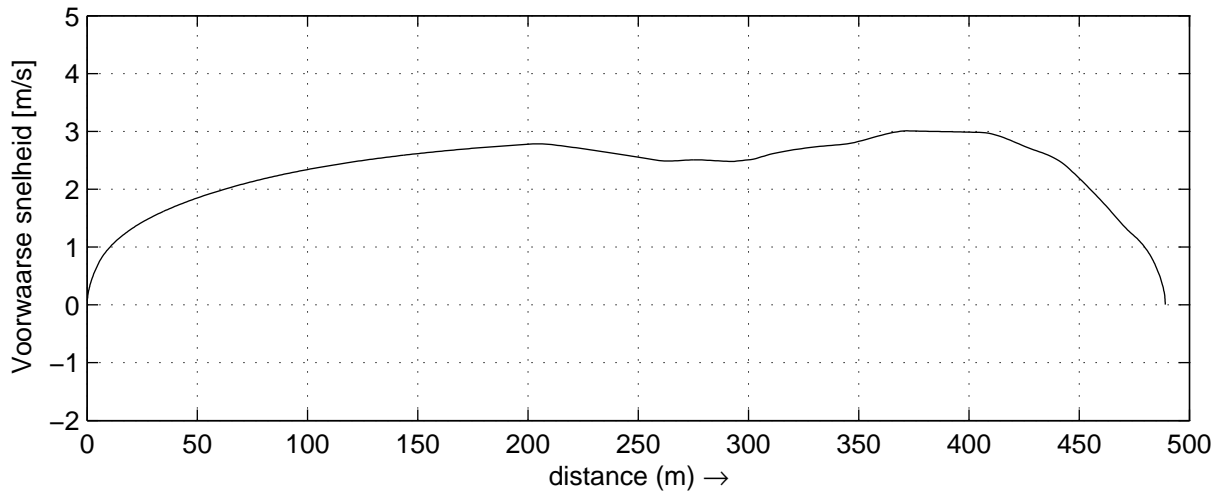
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5

Fig.C5 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

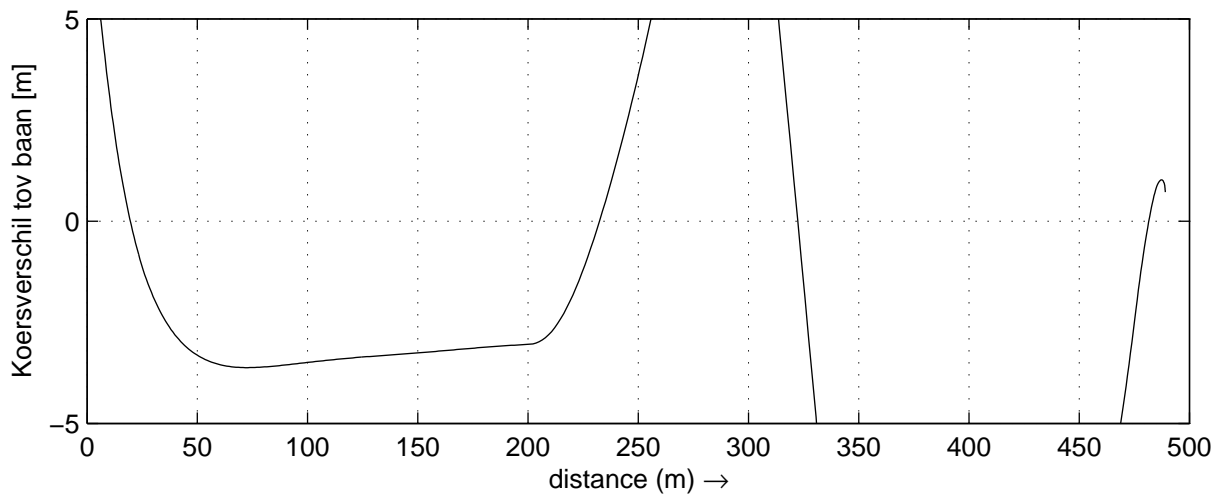
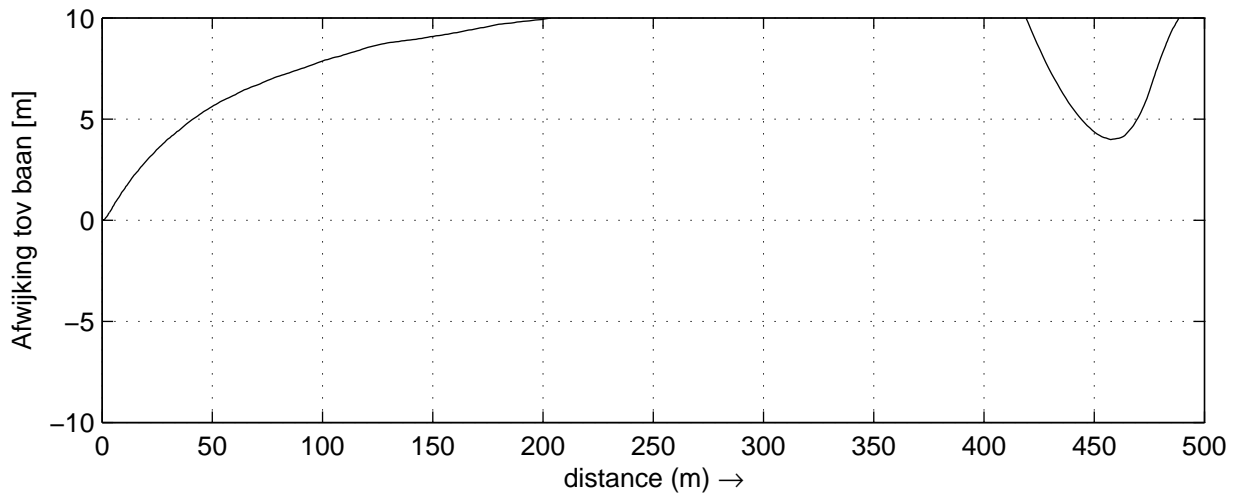
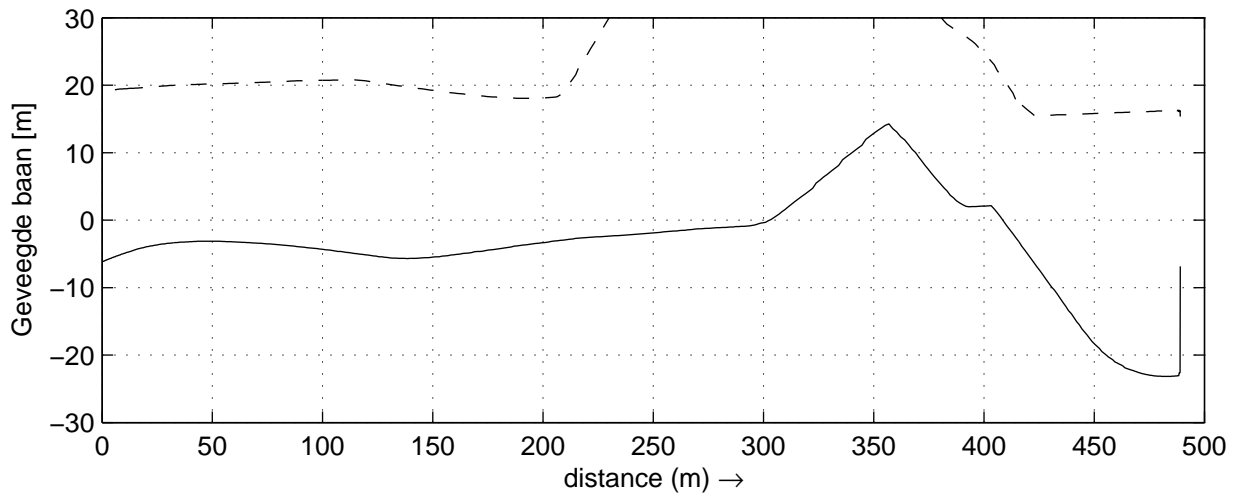
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5

Fig.C5 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

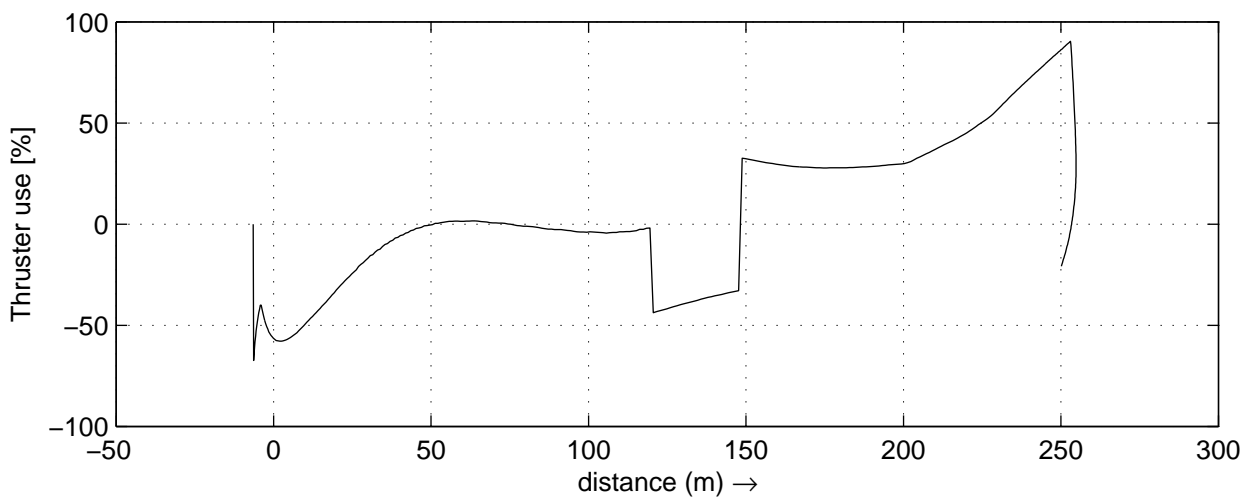
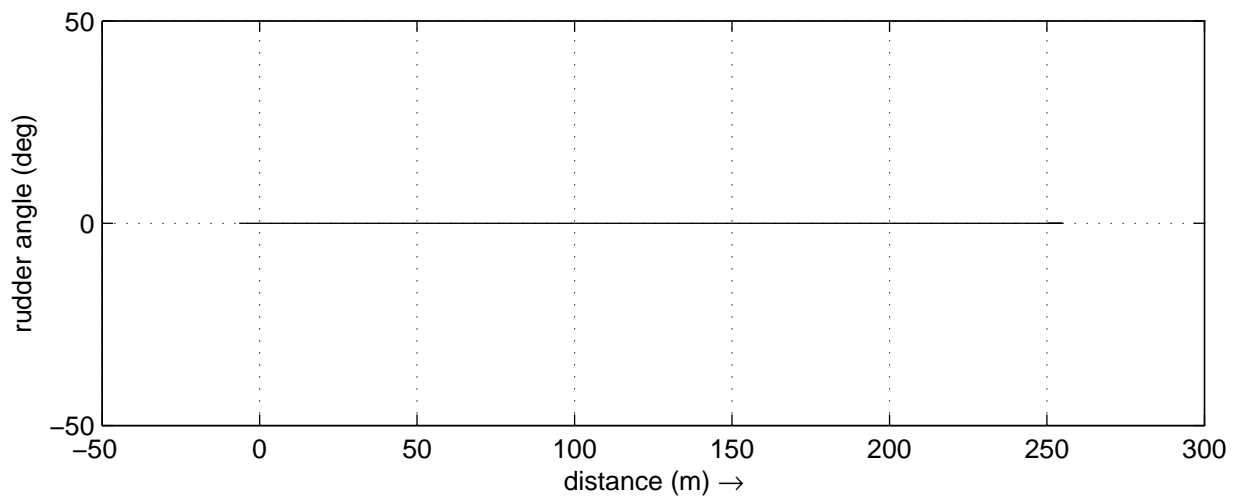
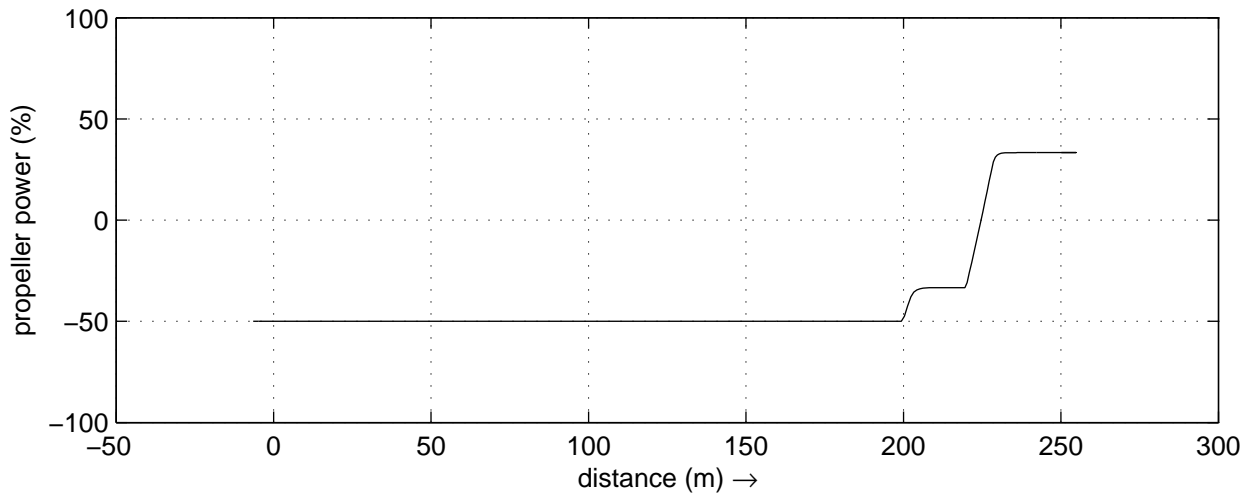
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5

Fig.C5 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

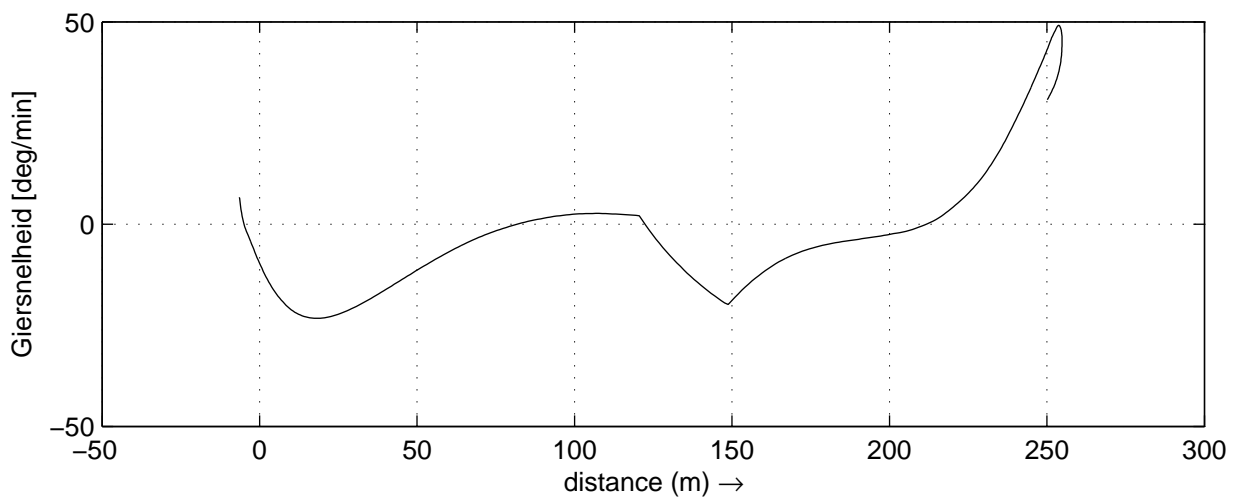
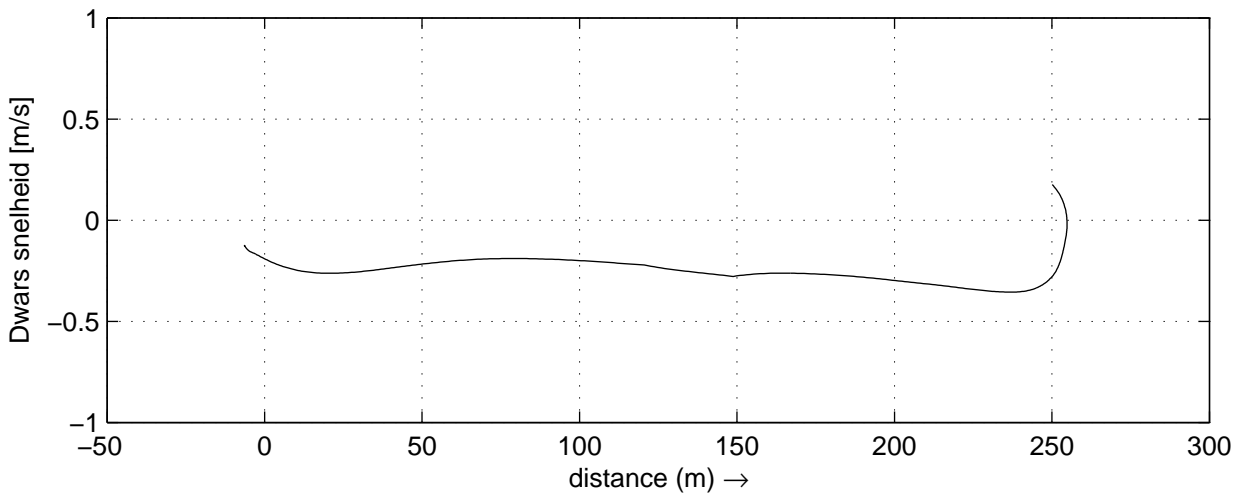
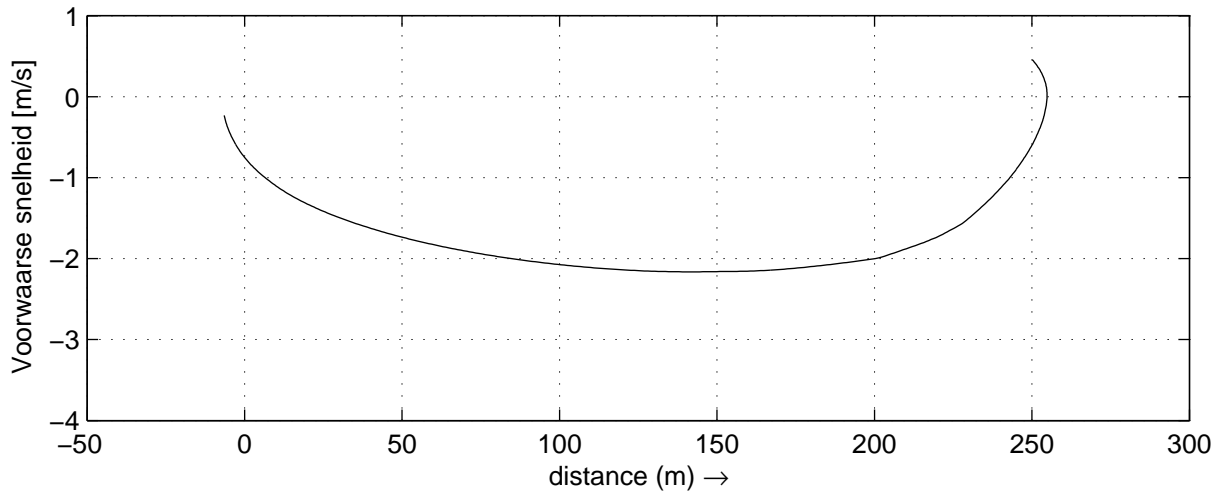
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5_d2

Fig.C5_d2 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

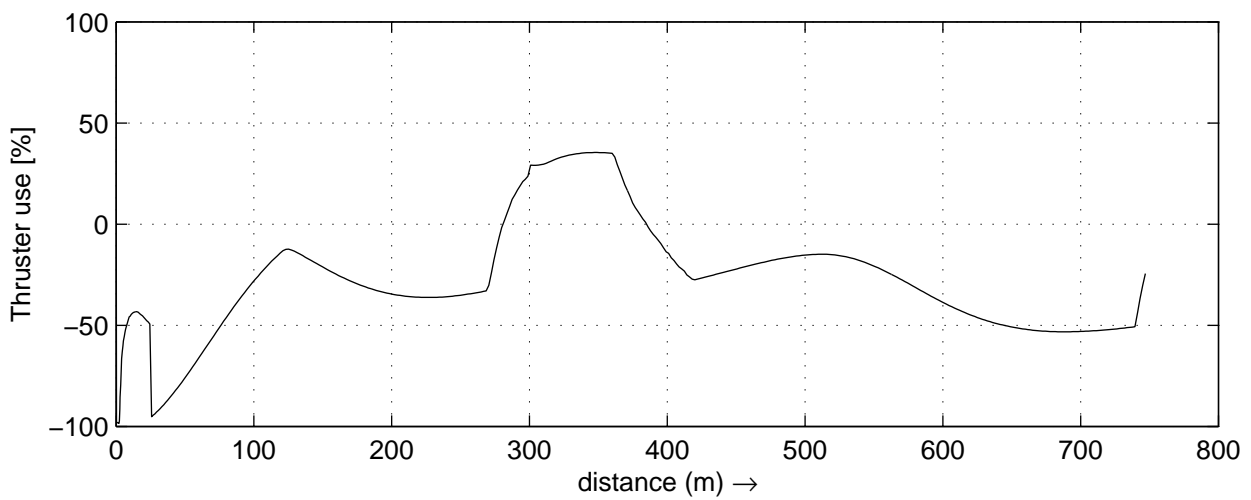
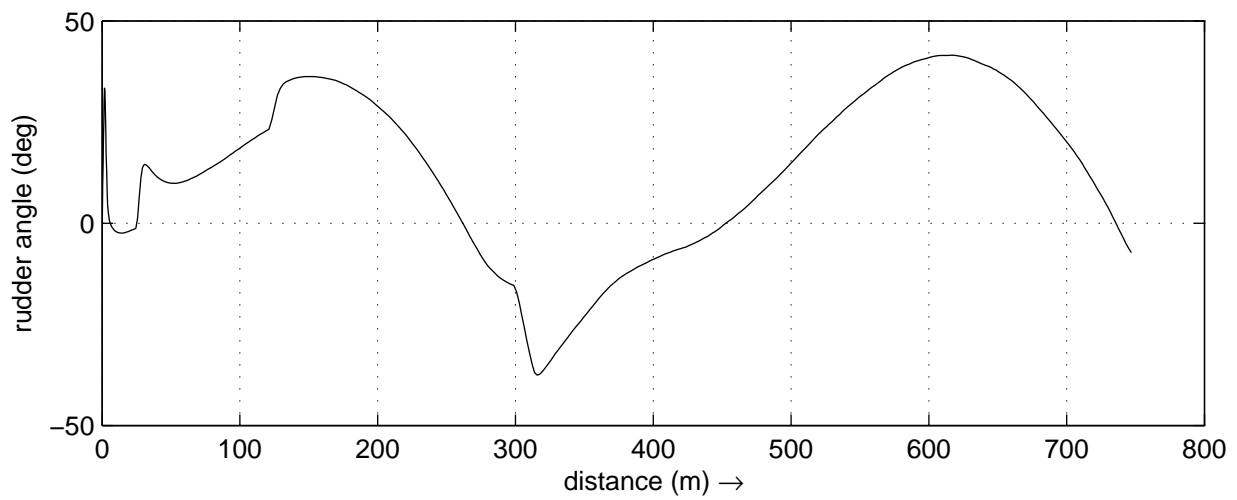
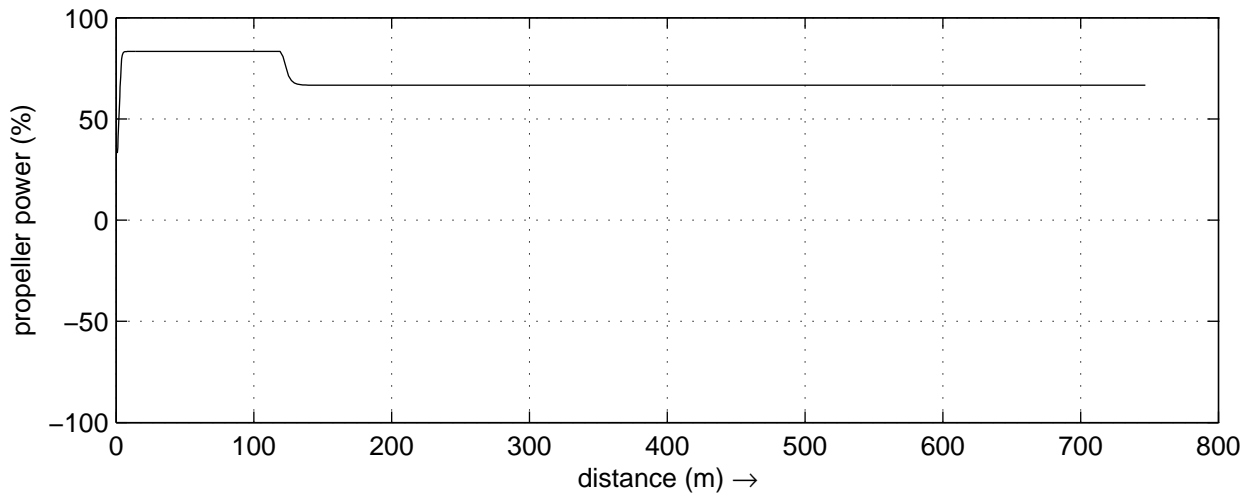
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5_d2

Fig.C5_d2 -5



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

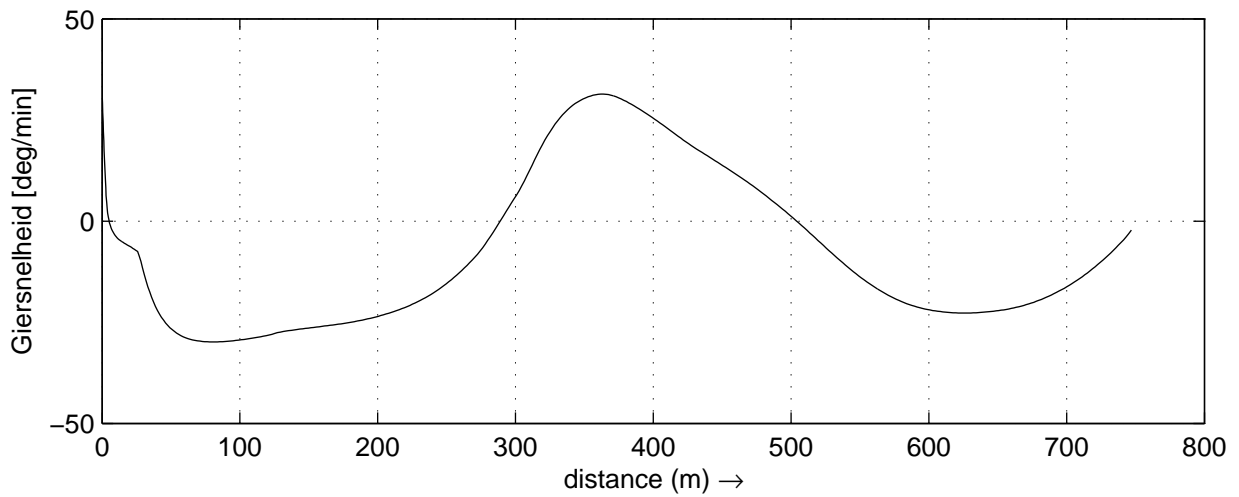
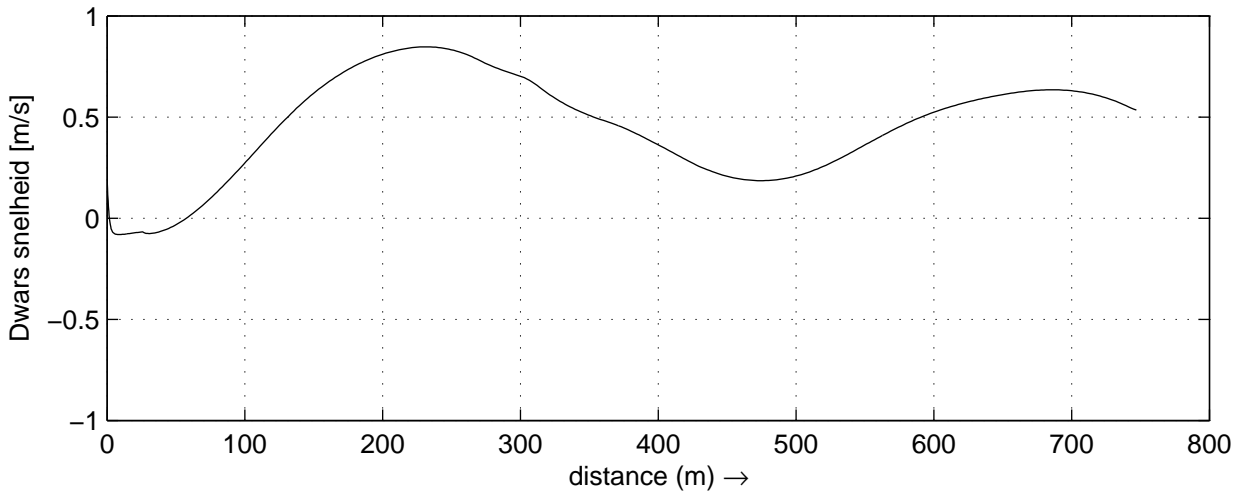
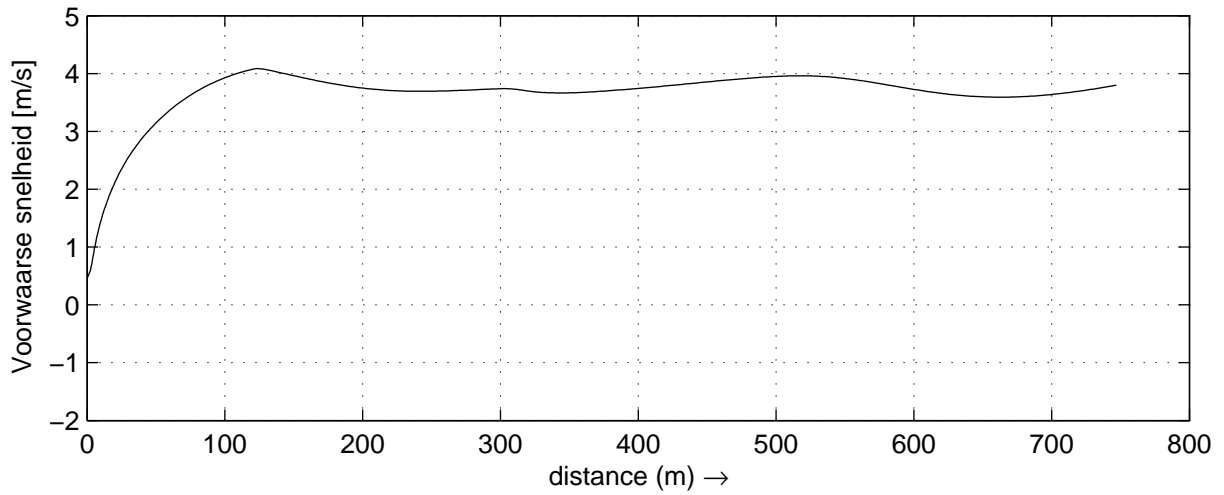
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5_d3

Fig.C5_d3 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

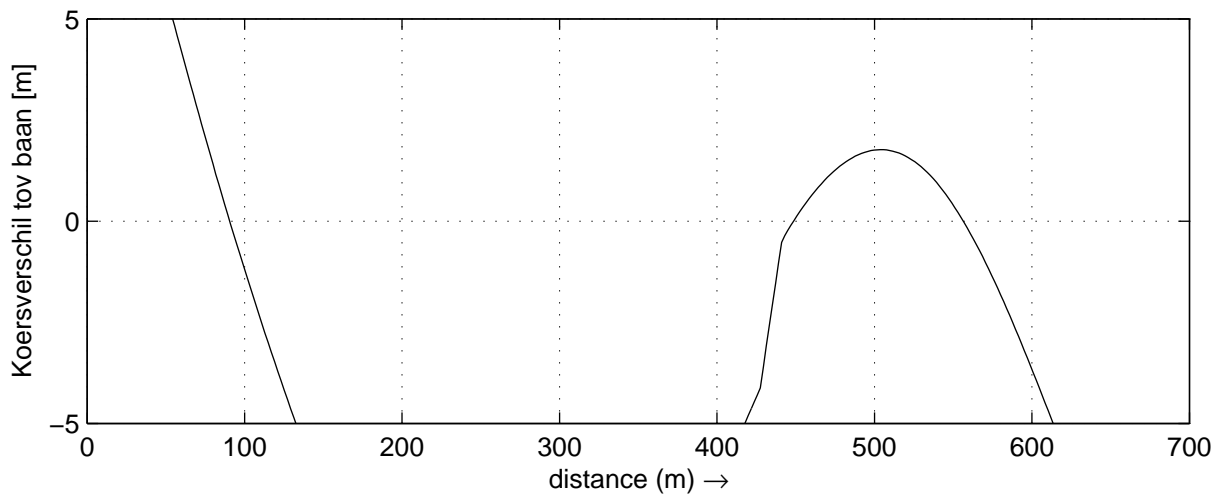
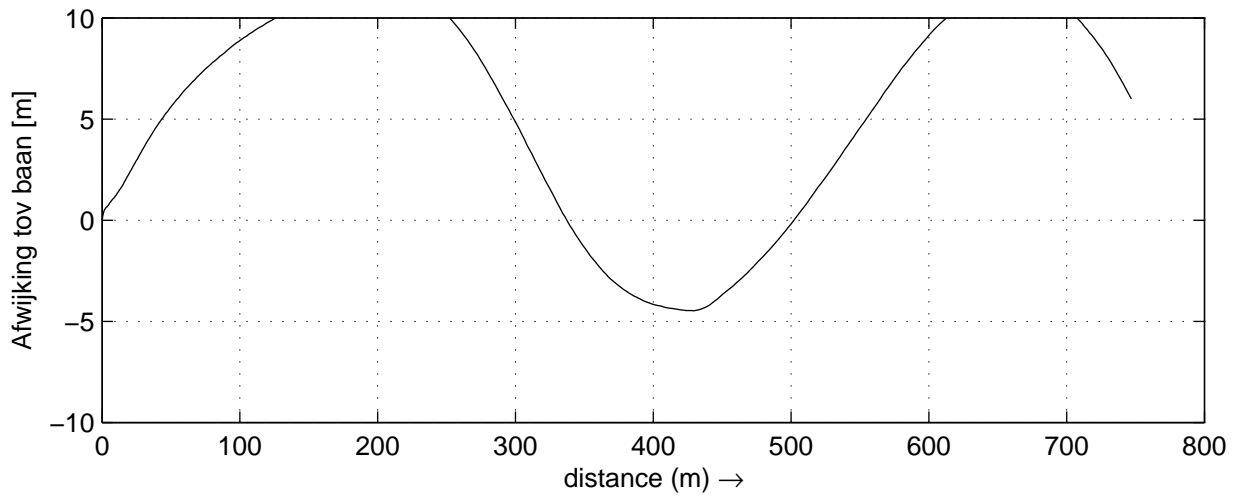
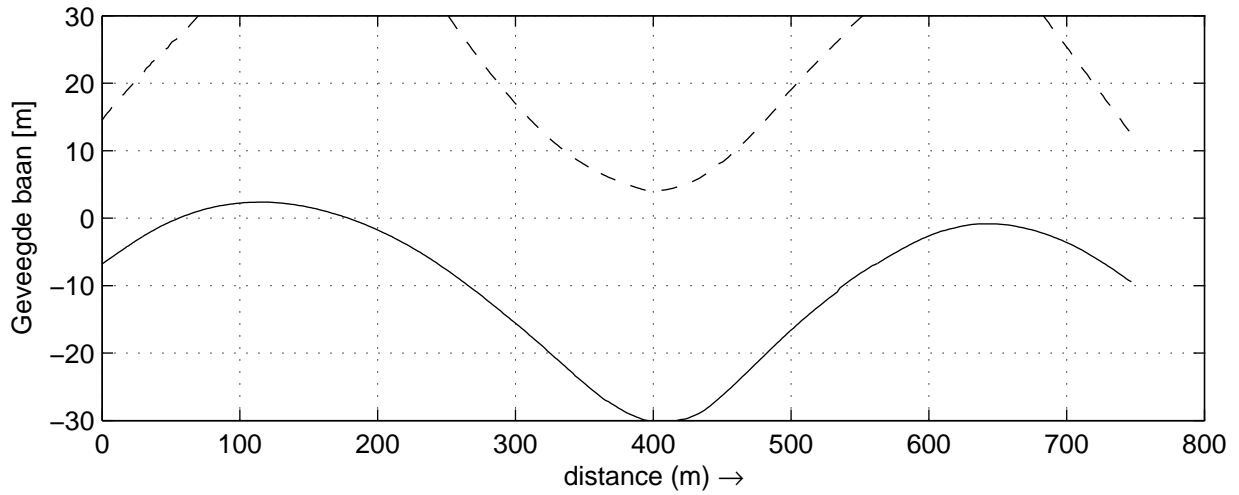
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5_d3

Fig.C5_d3 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

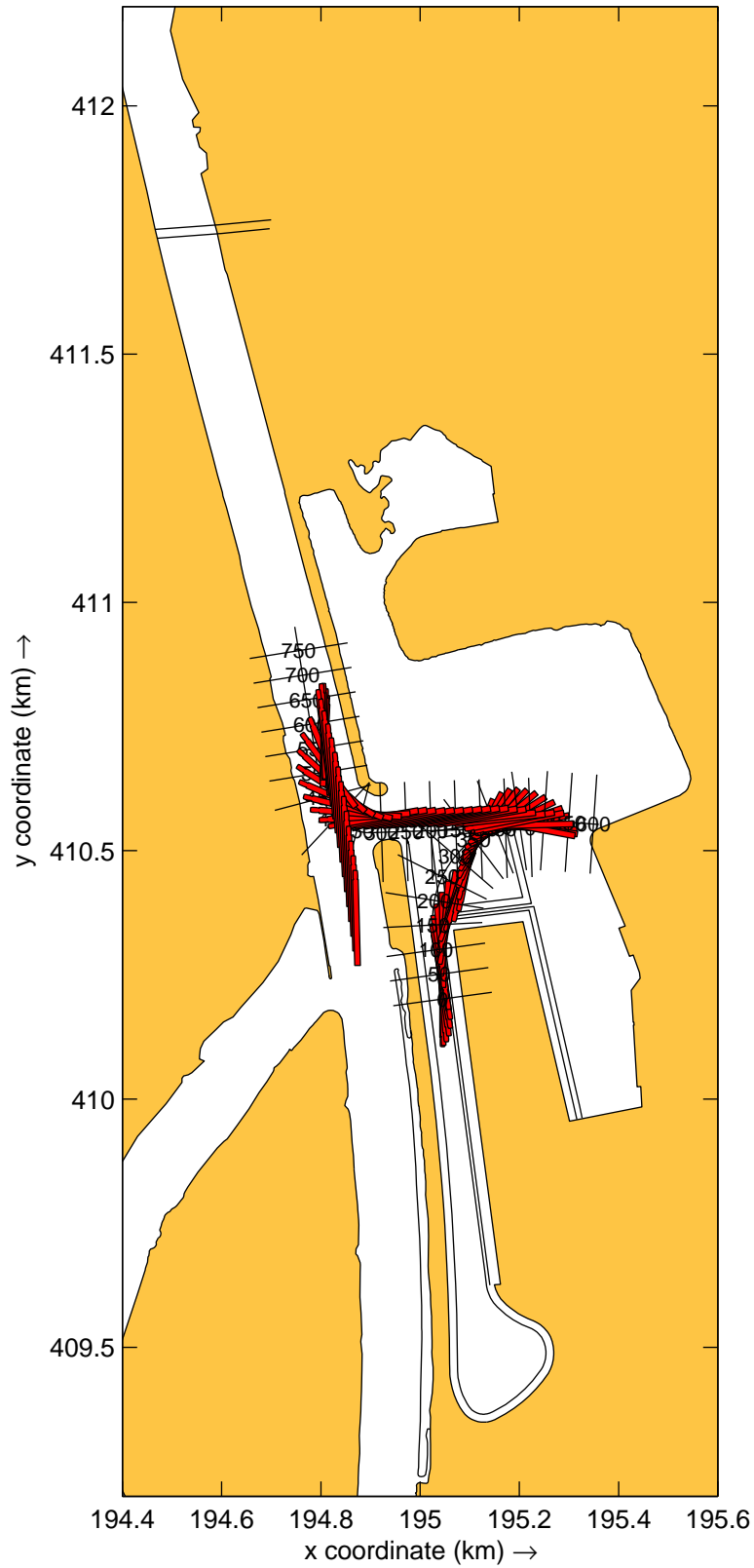
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C5_d3

Fig.C5_d3 -6



Overzicht baan KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

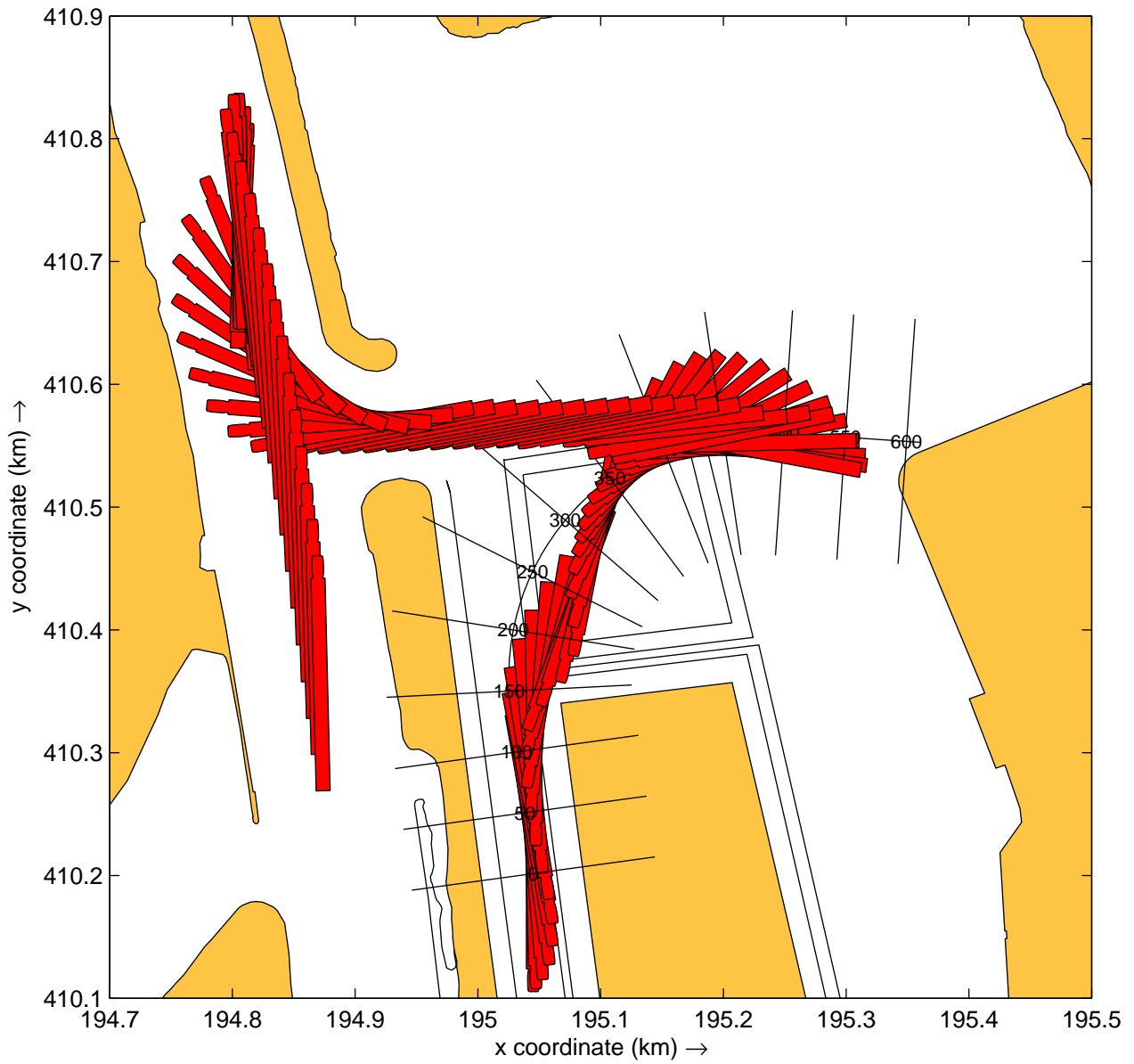
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6

Fig.C6 -1



Detail haventoeegang KlasseVb_leeg
 , Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

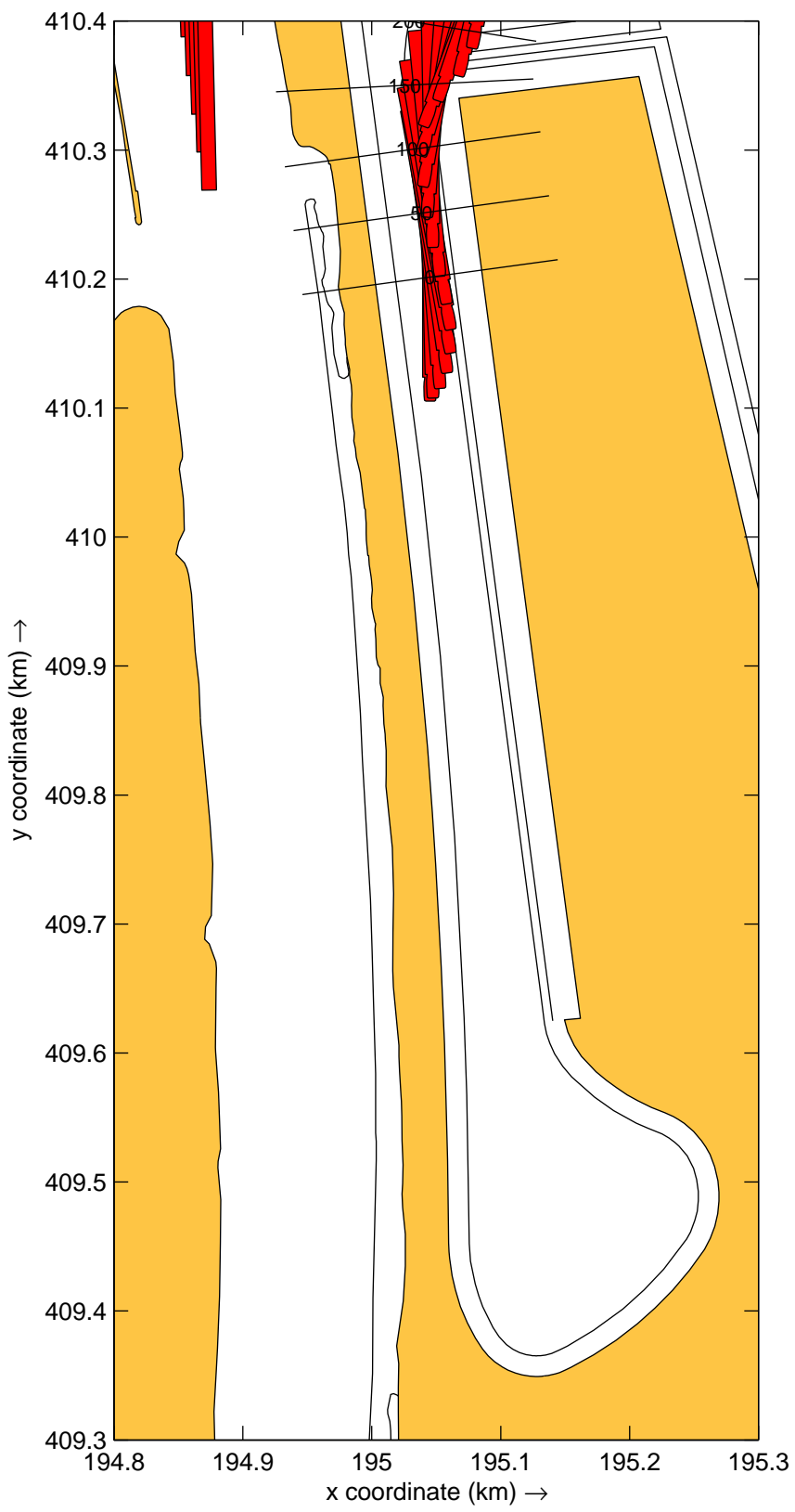
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6

Fig.C6 -2



Detail binnenhaven KlasseVb_leeg
 Wind: 9p2_vanuit_225N en Debiet: 1750m3ps.

30815

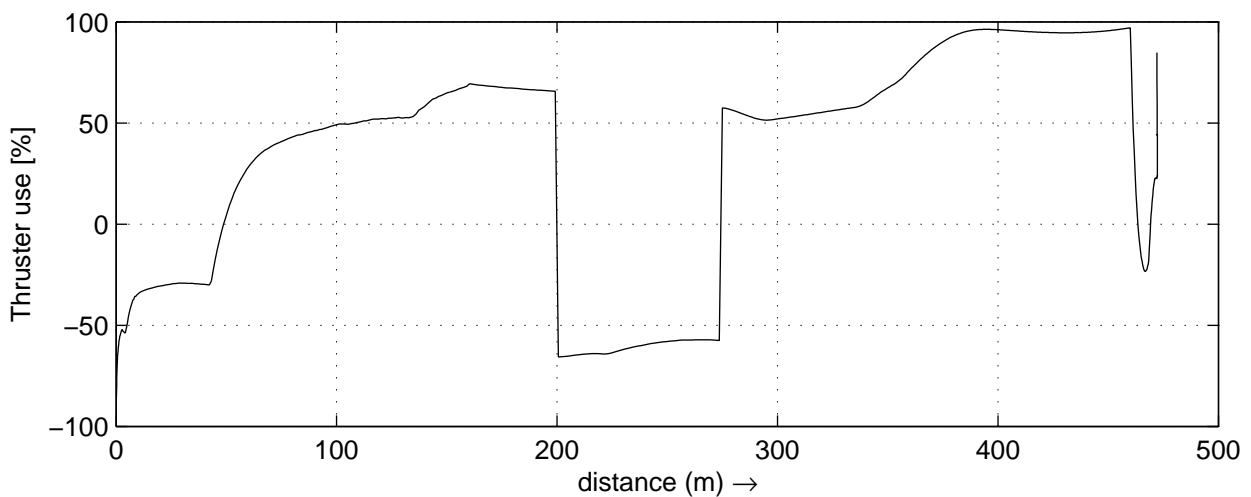
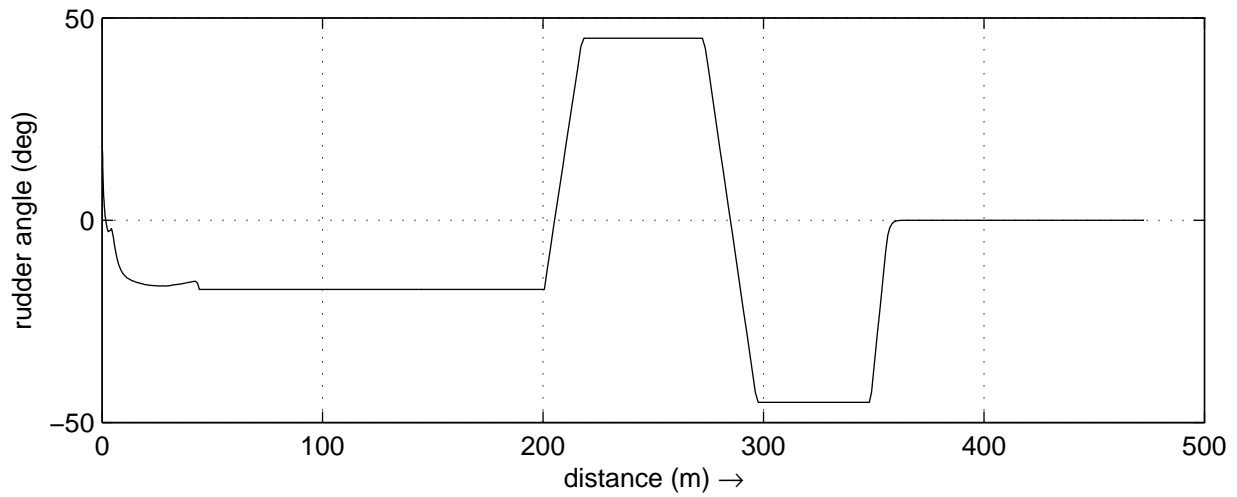
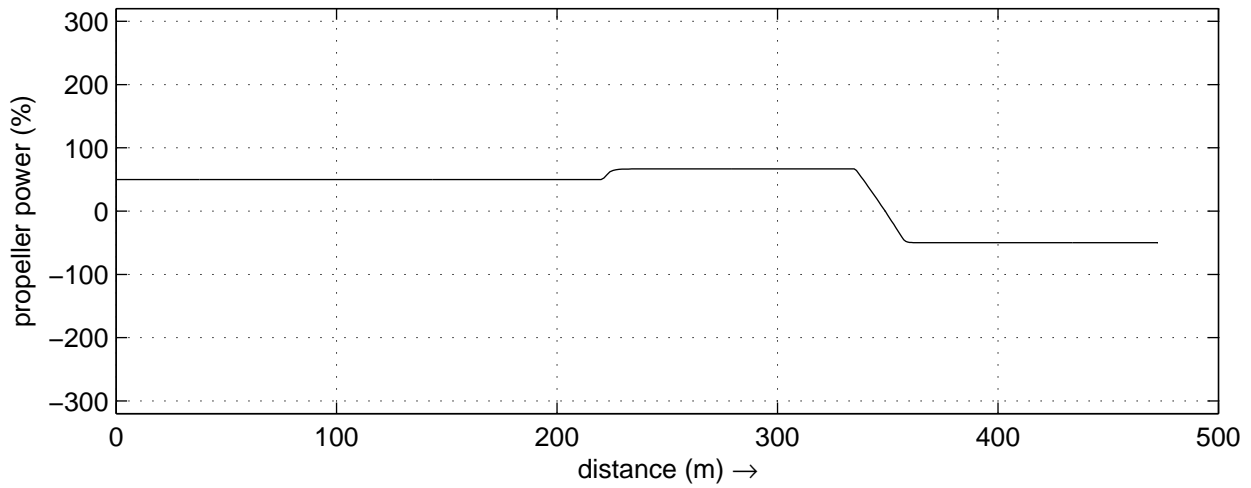
plots: 20s

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6

Fig.C6 -3



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

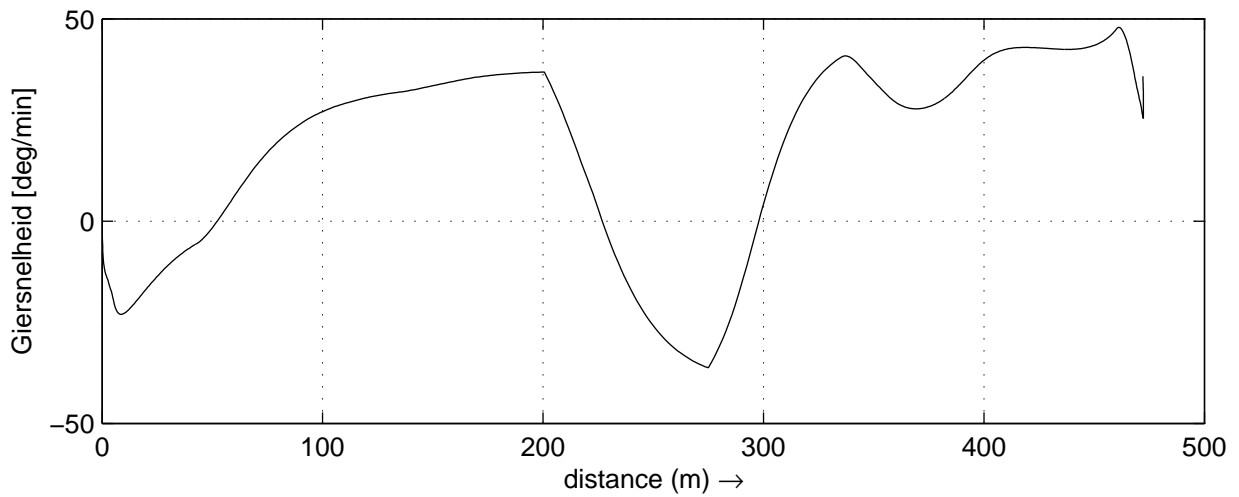
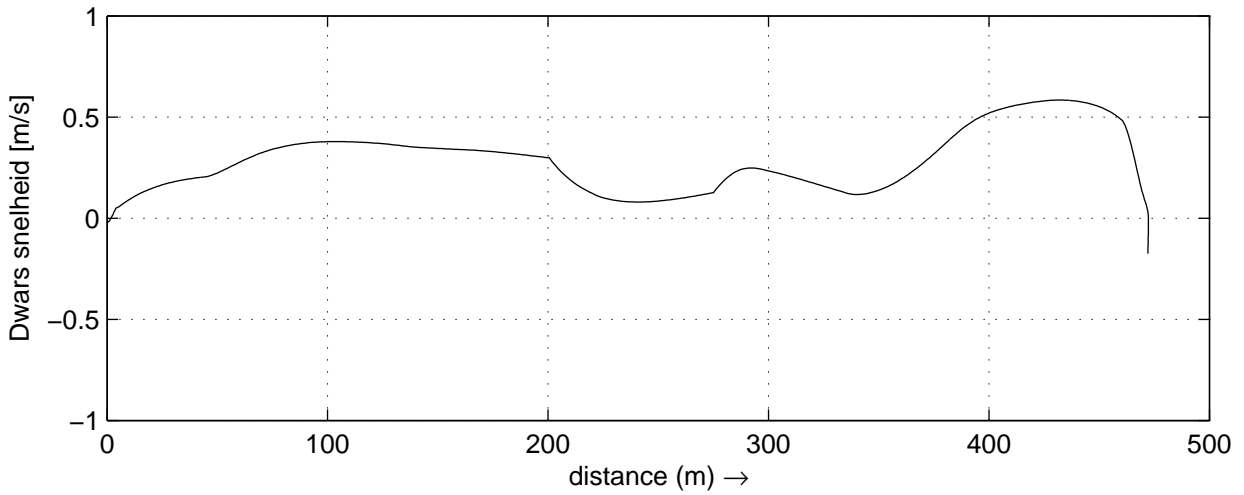
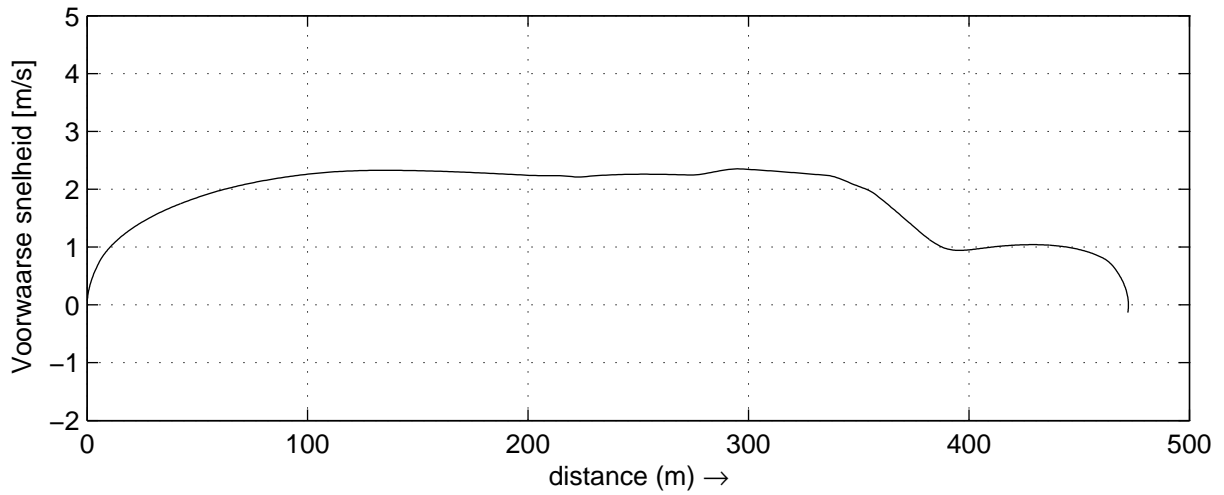
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6

Fig.C6 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

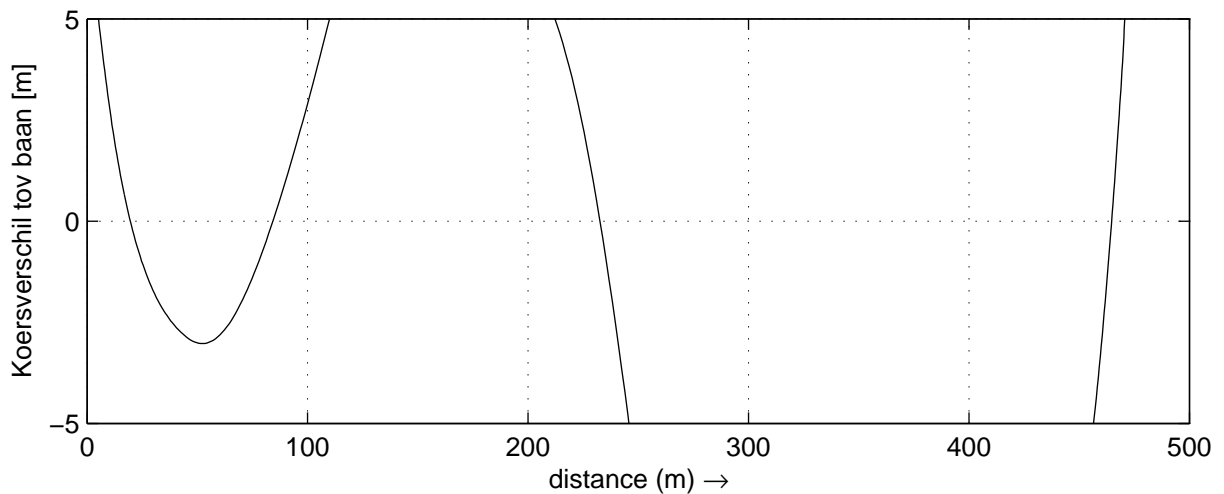
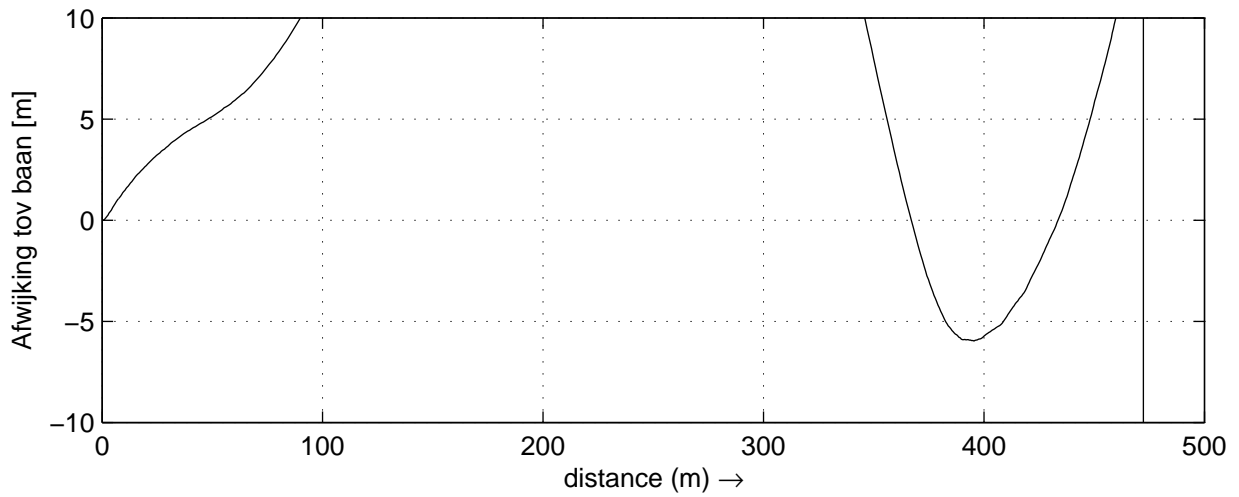
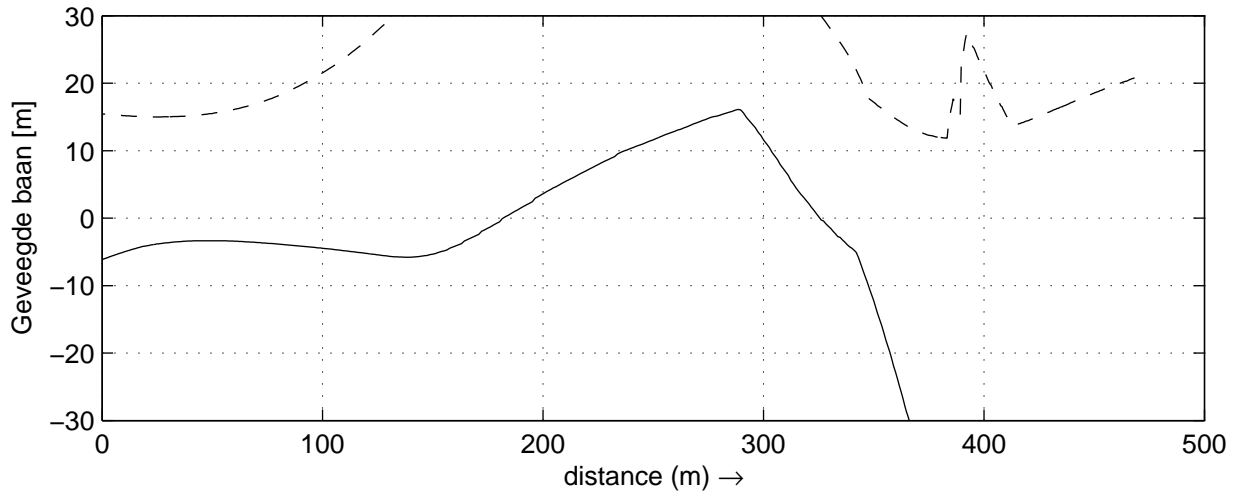
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6

Fig.C6 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

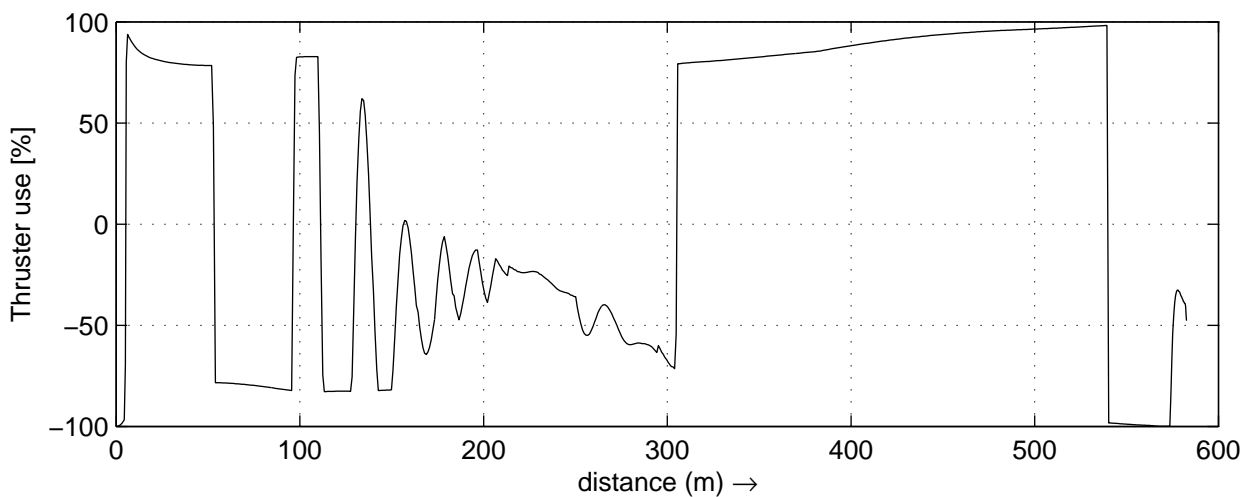
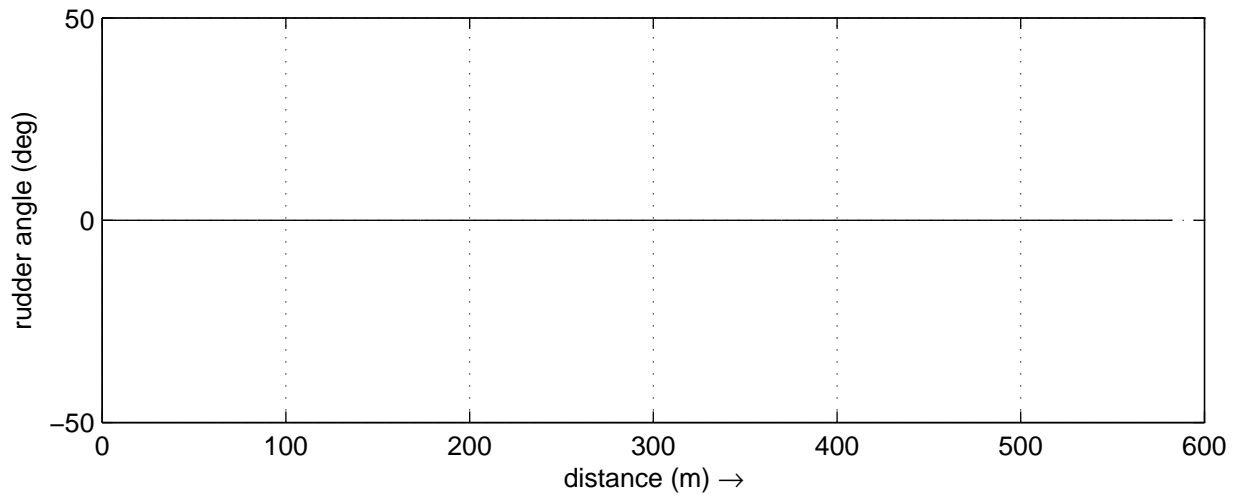
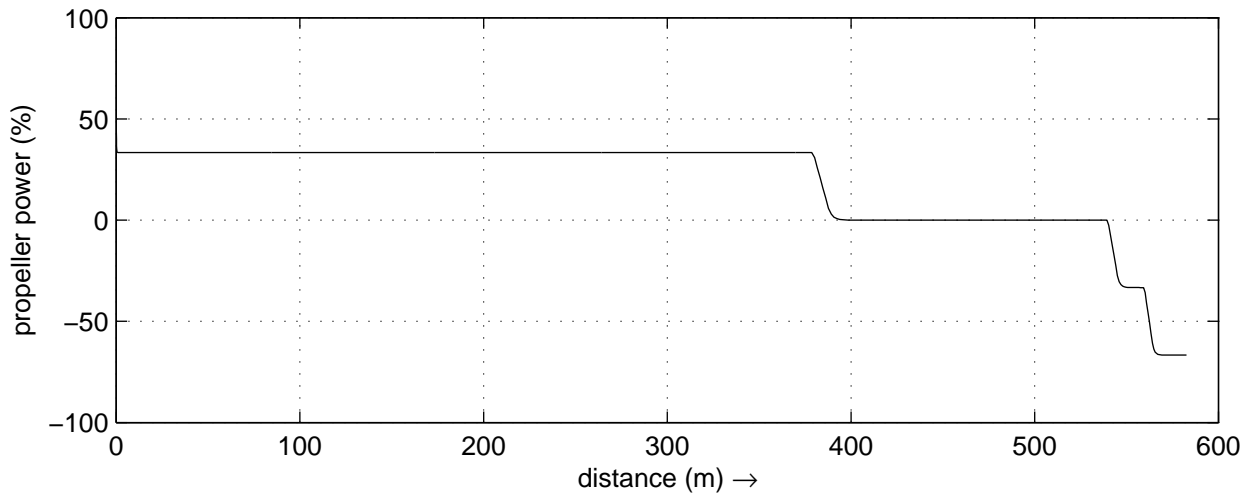
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6

Fig.C6 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

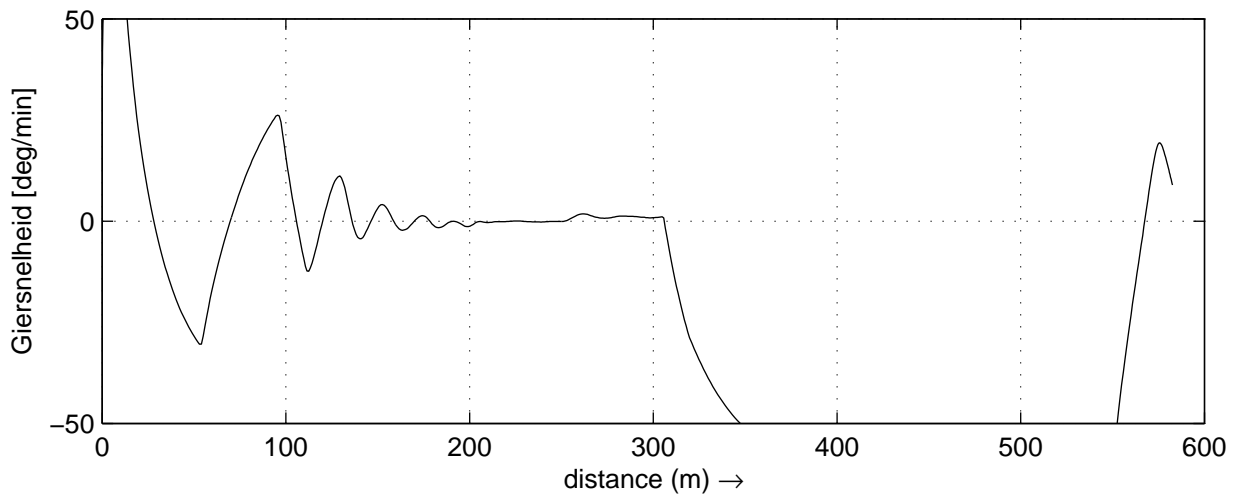
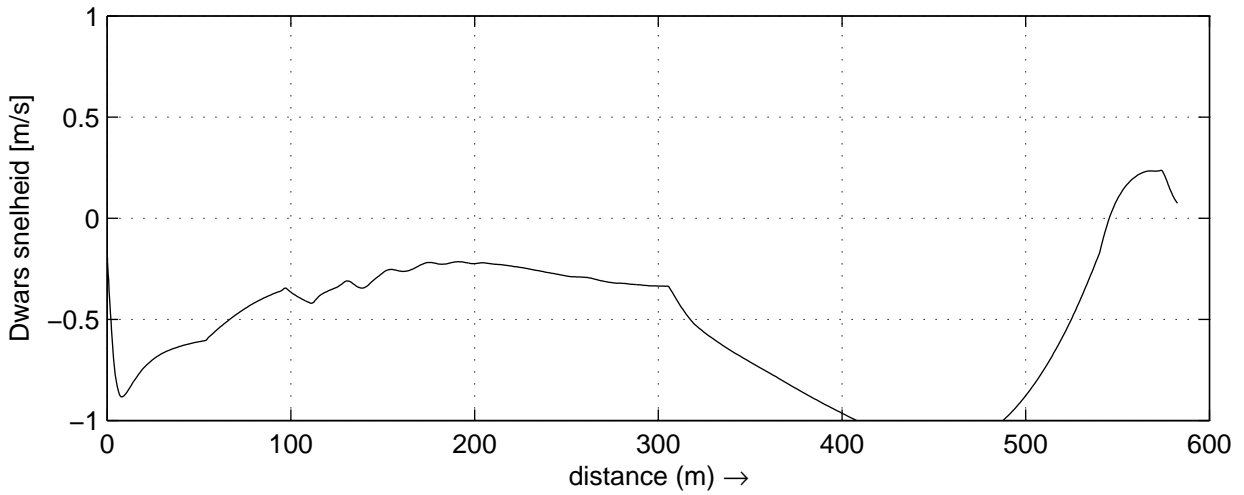
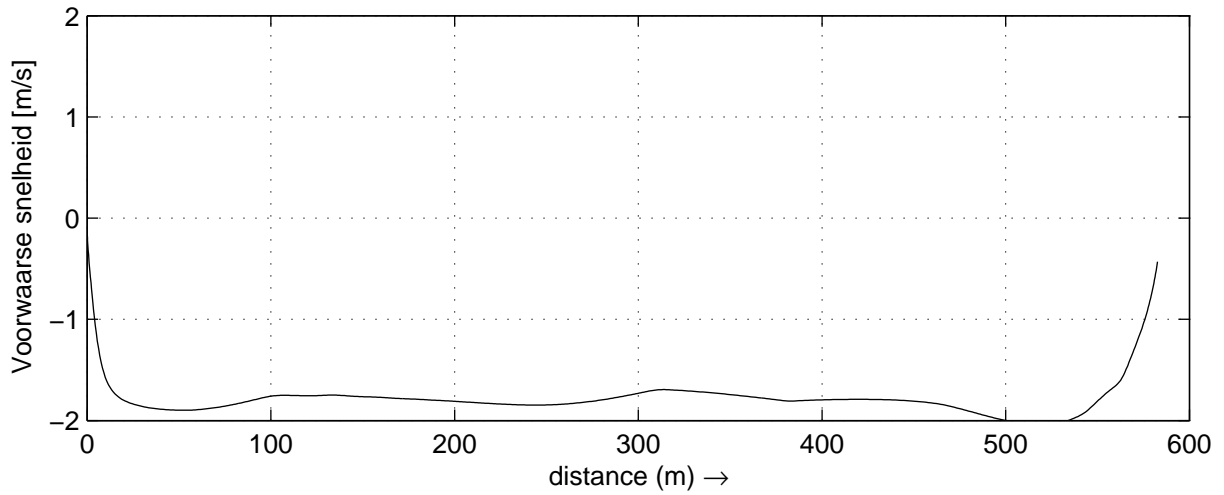
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6_p2

Fig.C6_p2 -4



Data plots: Voorwaartse-, Dwars- en Giersnelheid

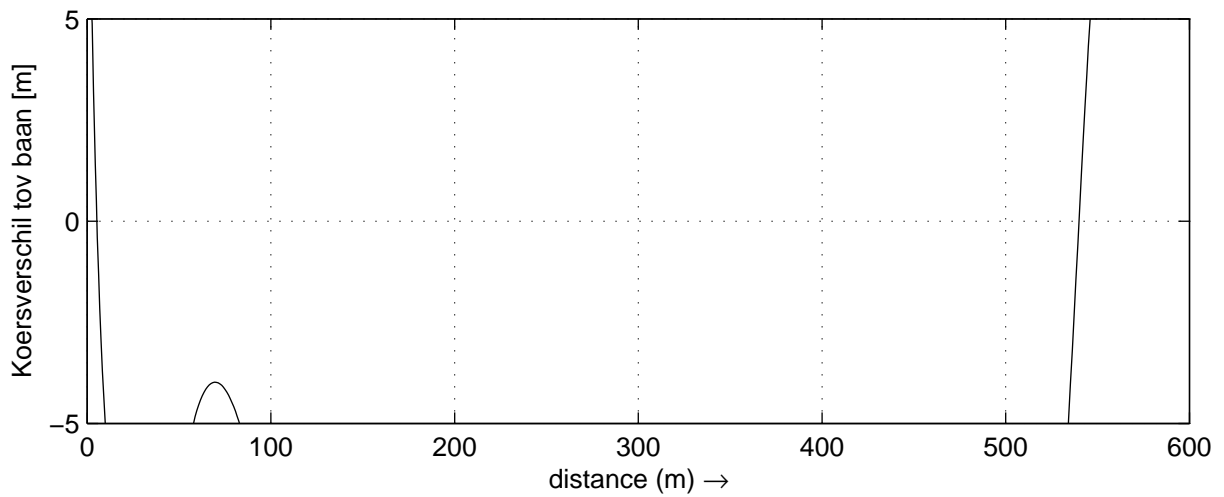
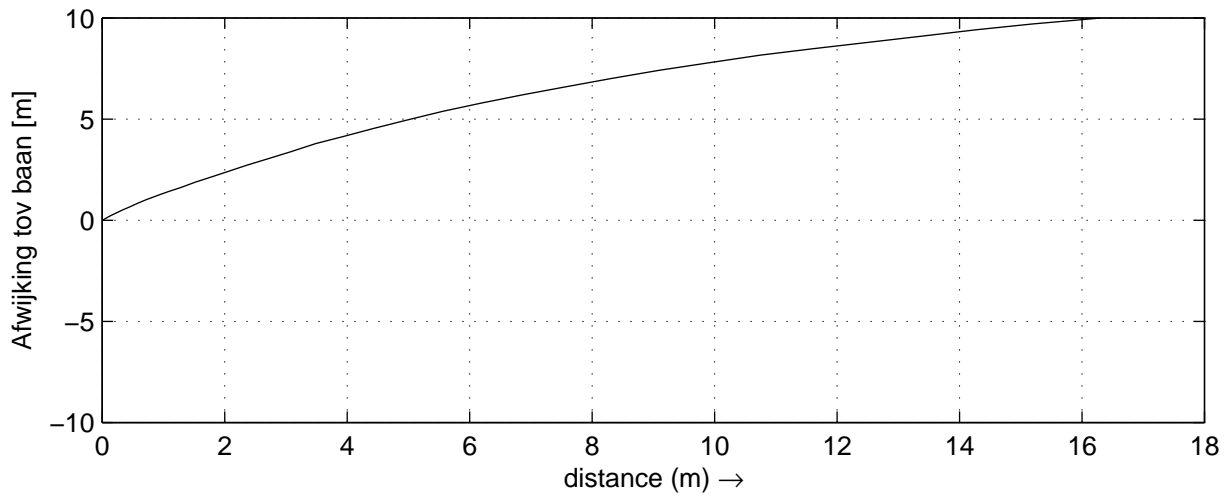
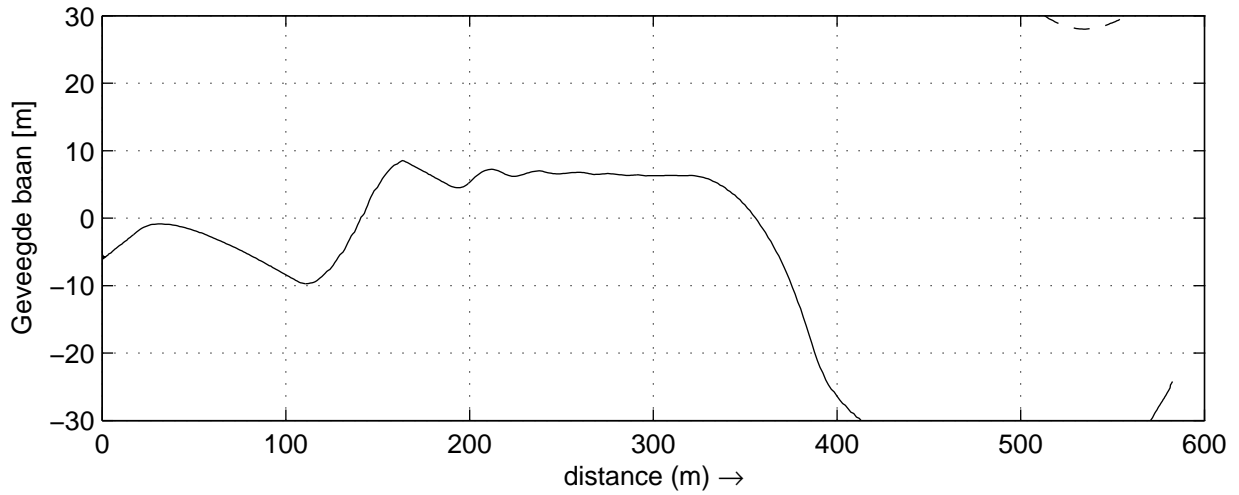
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6_p2

Fig.C6_p2 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreep) Bakboord (doorgetrokken)

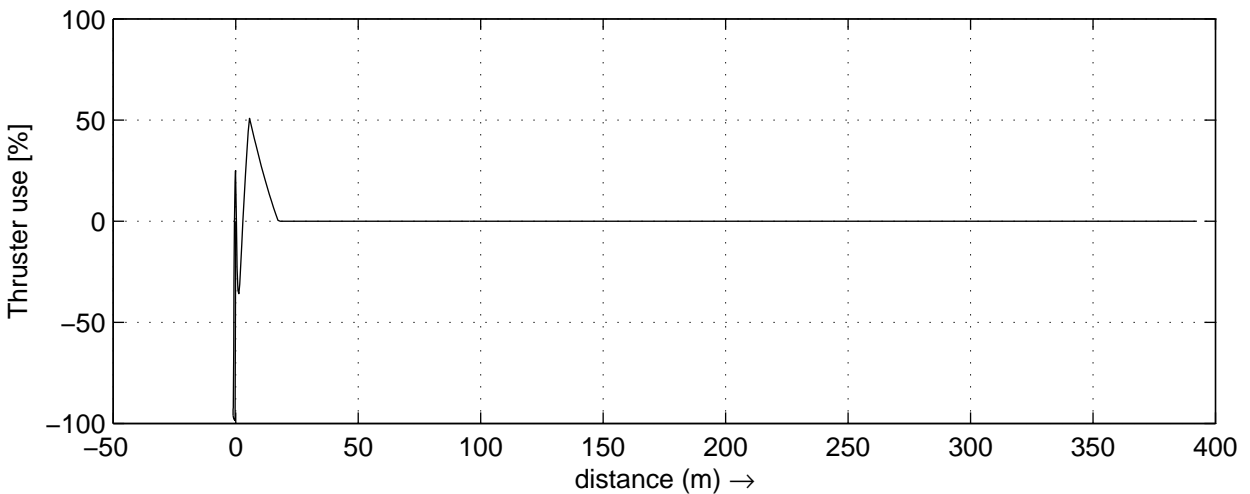
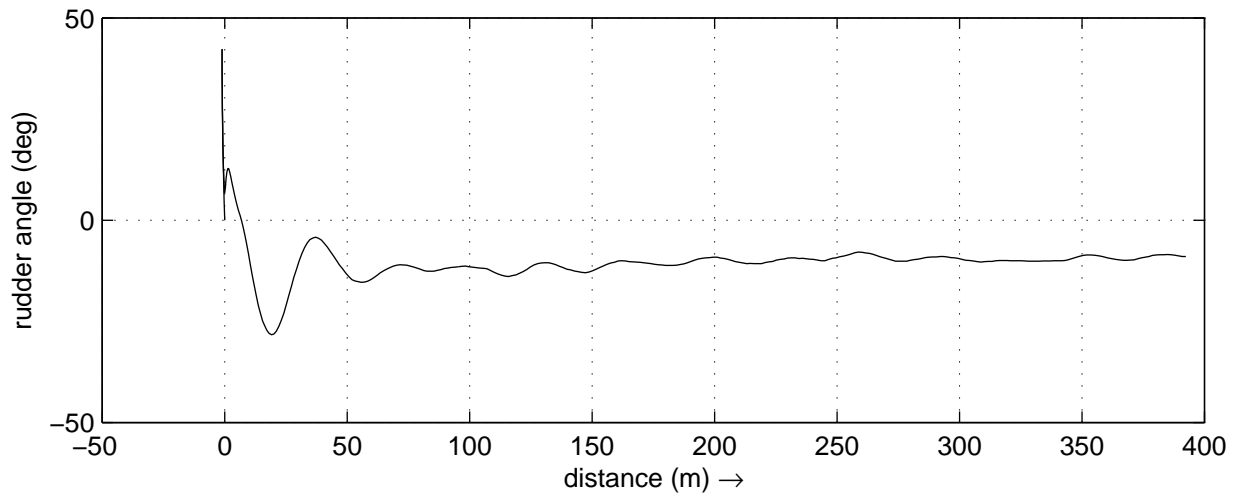
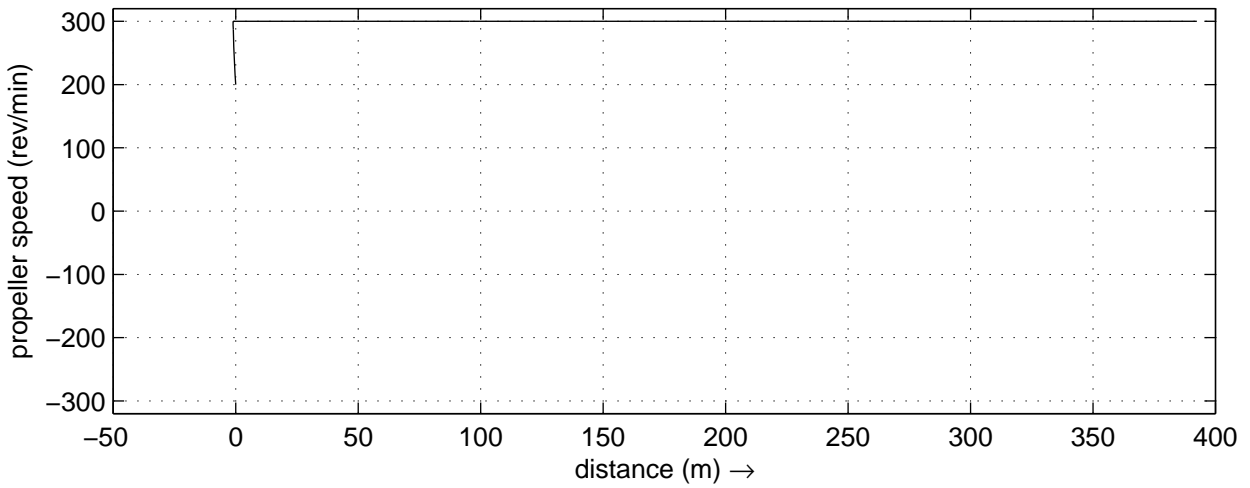
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6_p2

Fig.C6_p2 -6



Data plots: Toerental propeller, Roerhoek en Boegschroef

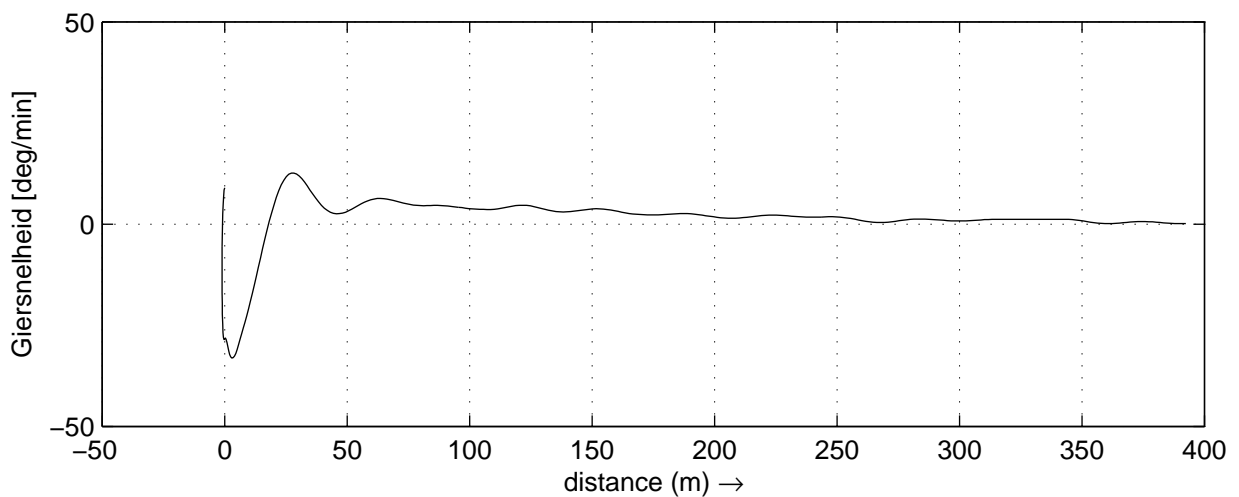
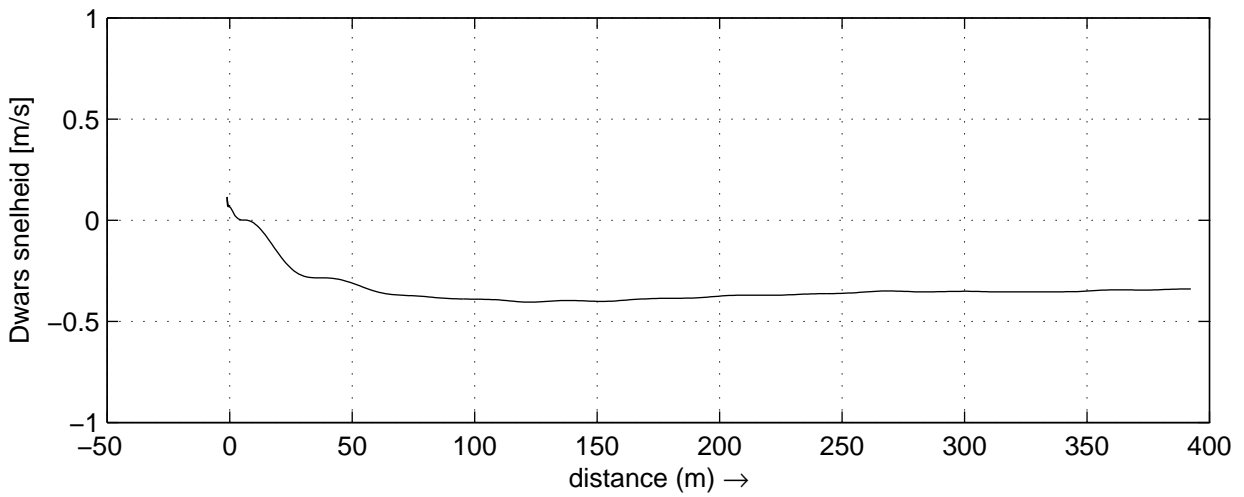
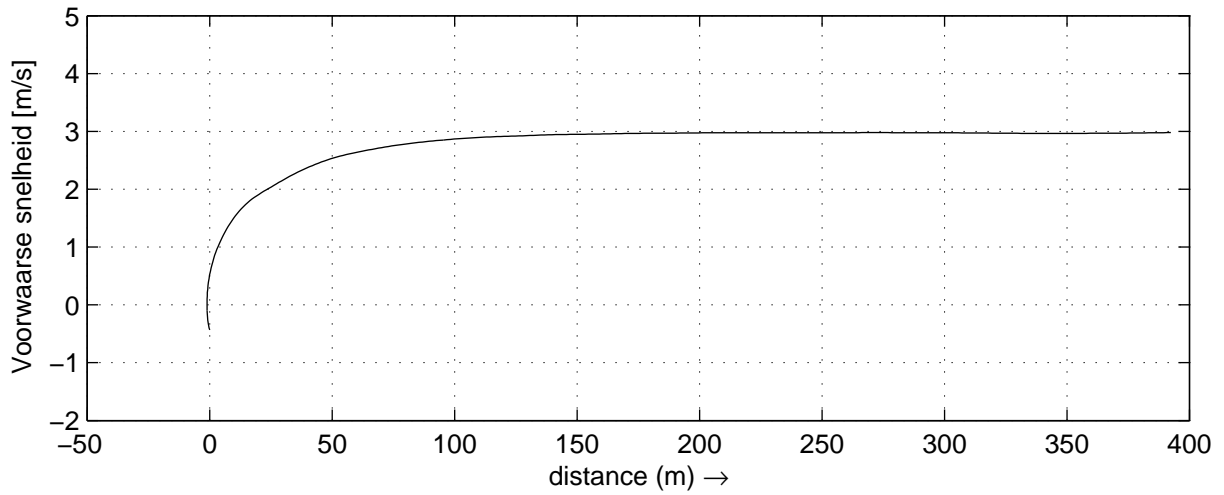
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6_p3

Fig.C6_p3 -4



Data plots: Voorwaarse-, Dwars- en Giersnelheid

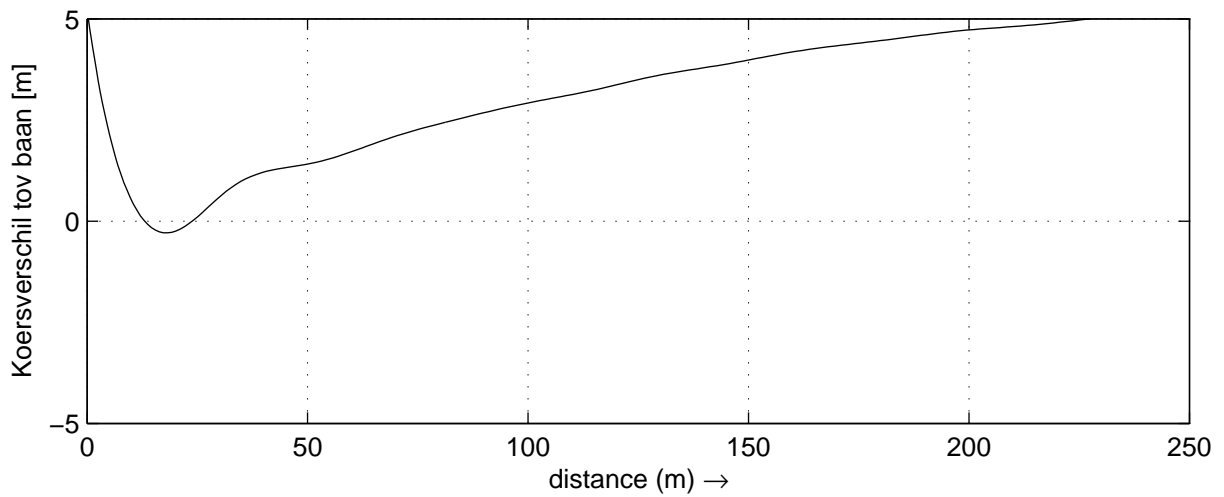
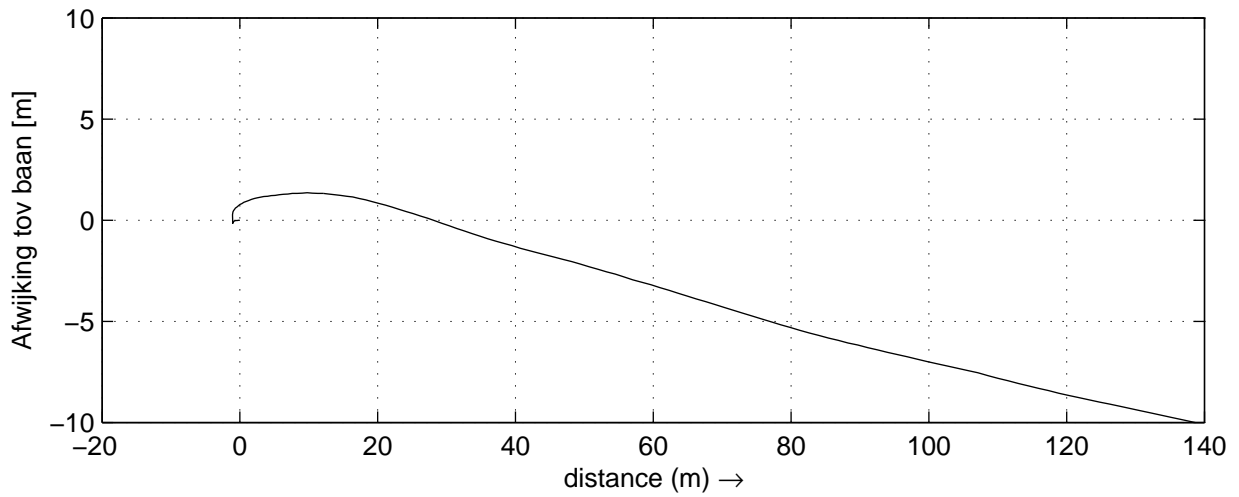
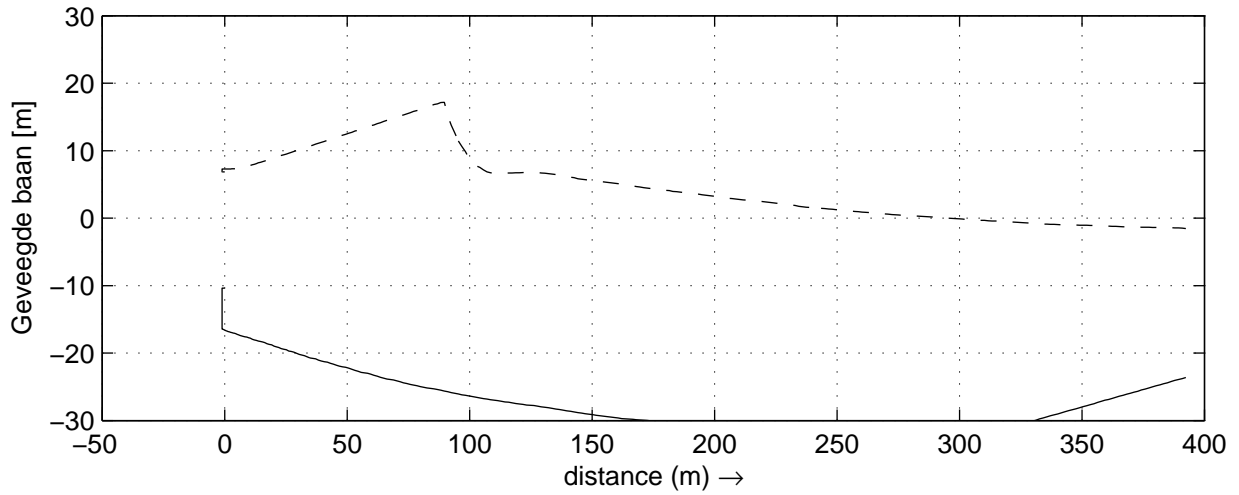
30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6_p3

Fig.C6_p3 -5



Geveegde baan, Afwijking en Koersverschil tov. baan
 Stuurboord (gestreept) Bakboord (doorgetrokken)

30815

Heijen

MARIN's Nautical Centre MSCN

Run C6_p3

Fig.C6_p3 -6

MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

T +31 317 49 39 11
E info@marin.nl

I www.marin.nl
   