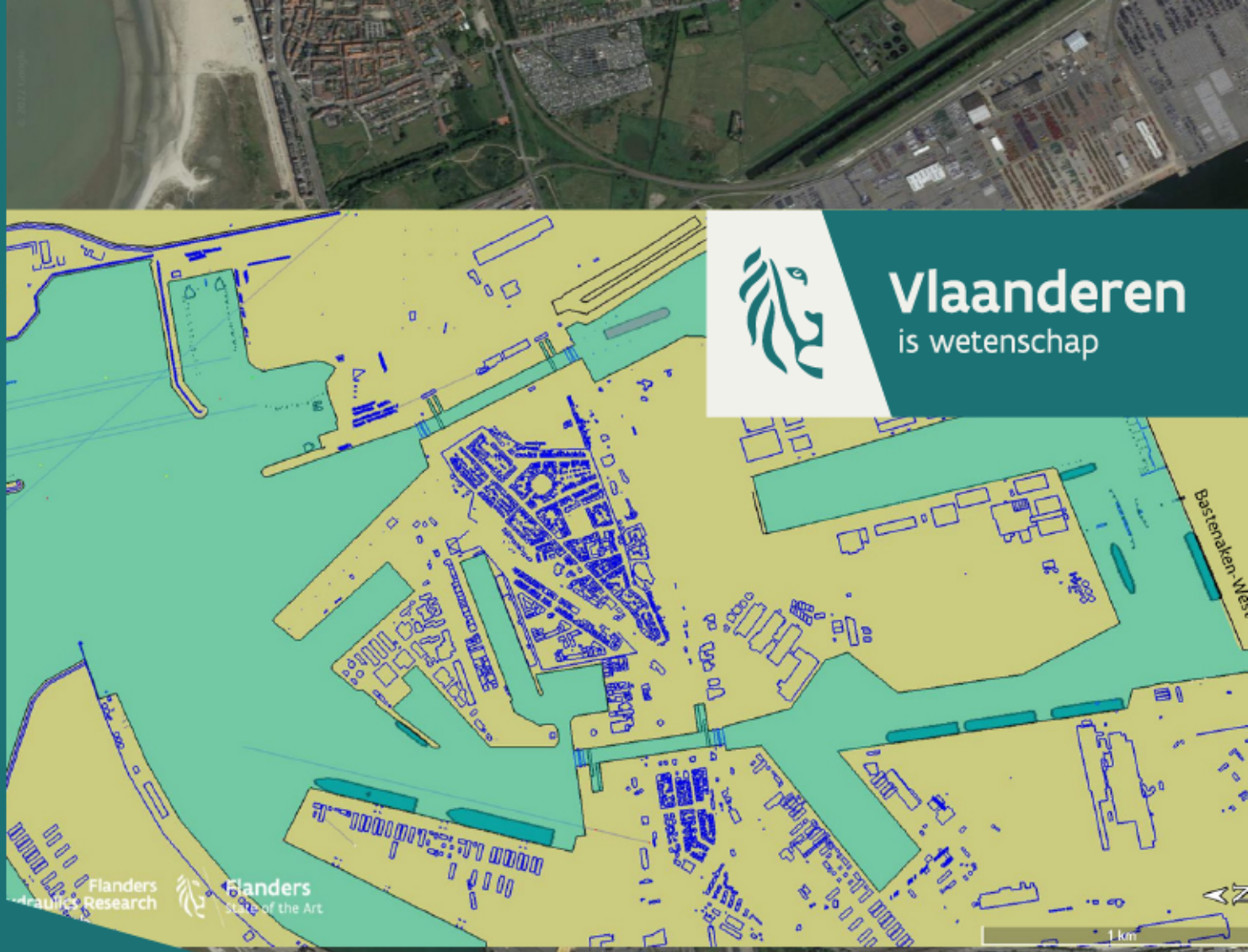


Vlaanderen
is wetenschap

20_011_1
WL rapporten

Nautische optimalisatie
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge

Deelrapport 1
Simulatiestudie Varianten Visart

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Nautische optimalisatie
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge

Deelrapport 1 –
Simulatiestudie Varianten Visart

Verwilligen, J.; Eloot, K.

Waterbouwkundig Laboratorium
Vlaanderen is wetenschap

Cover figuur © Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2022
D/2022/3241/131

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Verwilligen, J.; Eloot, K. (2022). Nautische optimalisatie CP Nieuwe Sluis Zeebrugge: Deelrapport 1 – Simulatiestudie Varianten Visart. Versie 6.0. WL Rapporten, 20_011_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Afdeling Maritieme Toegang	Ref.:	WL2022R20_011_1
Trefwoorden (3-5):	Vaarsimulaties, vaarwegontwerp, sluis, RoRo-ferry		
Kennisdomeinen:	Havens en vaarwegen > Manoeuvreergedrag > Wind > Simulaties Havens en vaarwegen > Scheepsbeweging > Ontwerp vaarweg en haven > Simulaties		
Tekst (p.):	68	Bijlagen (p.):	88
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Verwilligen, J.

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Eloot, K.	Getekend door:Katrien Eloot (Signature) Getekend op:2022-08-26 11:20:24 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Katrien Eloot
Projectleider:	Verwilligen, J.	Getekend door:Jeroen Verwilligen (Signat Getekend op:2022-08-26 13:27:25 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Jeroen Verwilligen

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign Getekend op:2022-08-29 13:00:18 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Abdelkarim Bellafkih

Abstract

In de periode januari 2020 tot oktober 2020 werden binnen het Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge (CP NSZ) verschillende varianten gedefinieerd voor de realisatie van een zeesluis op de locatie Visart. In eerste instantie werden varianten gedefinieerd in overeenstemming tussen de opdrachtgever en het havenbedrijf MBZ. Hierbij werd uitgegaan van twee varianten (0 en 1) voor de buitenhaven en drie varianten voor de binnenhaven (A, B en C). Op basis van de vaarsimulaties met RoRo-ferries werden optimalisaties doorgevoerd aan de varianten voor de Achterhaven, welke resulteerden in de varianten D, E en F. Hierbij stelt variant E het minimale ontwerp voor vereist voor de toegankelijkheid van de sluis door het ontwerpschip (265 m x 40 m) voor de sluis. Variant F (mits gecombineerd met afgemeerde schepen die maximaal 32.2 m breed zijn) stemt overeen met het minimale ontwerp waarbij er scheepsontmoetingen uitgevoerd kunnen worden in de nabijheid van de sluis. Het ontwerpschip voor ontmoetingen betrof het langste schip dat op heden naar de Achterhaven vaart (265 m x 32.2 m).

Voor de buitenhaven toonden de simulaties een uitgesproken voorkeur aan voor variant 1. Voorgestelde optimalisaties aan deze variant betreffen de aanpassing van de bestaande lichtenlijn en het voorzien van een afgescheiden vaarweg voor kleine pleziervaart.

Inhoudstafel

Abstract III
Inhoudstafel V
Lijst van de tabellen VIII
Lijst van de figuren IX
1 Inleiding 1
1.1 Opdrachtspecificatie 1
1.2 Varianten Buitenhaven 2
1.3 Varianten Achterhaven 3
1.4 Methodologie 5
2 Studieschepen 6
2.1 Ontwerpschip Manoeuvreerstudie Nieuwe Sluis Zeebrugge 6
2.2 Ontwerpschip Ontmoetingen Verbindingskanaal 7
2.3 Sleepboten 8
3 Simulatieomgevingen 9
3.1 Aannames ontwikkelingen vaargebieden 9
3.1.1 Ontwikkelingen Buitenhaven 9
3.1.2 Ontwikkelingen Achterhaven 9
3.2 Bathymetrie, waterstanden en tijcondities 9
3.3 Windcondities 10
3.4 Geleidingsconstructies 11
3.5 Sluisfendering 13
3.6 Afgemeerde schepen 13
4 Uitvoering en analyse 14
4.1 Organisatie 14
4.2 Uitgevoerde simulaties 14
4.3 Analyse en verwerking 16
4.3.1 Beoordeling door loodsen 16
4.3.2 Grafieken 16
4.3.3 KMZ-output 17
5 Resultaten Achterhaven 18
5.1 Variant A 18

5.1.1 Simulatie VA_05 20
5.1.2 Simulatie VA_08 20
5.2 Variant B 22
5.2.1 Simulatie VB_01 23
5.2.2 Simulatie VB_02 23
5.2.3 Simulatie VB_03 24
5.2.4 Simulatie VB_04 24
5.2.5 Simulatie VB_07 25
5.3 Variant C 26
5.3.1 Simulatie VC_06 27
5.4 Variant D 28
5.4.1 Simulatie VD_09 30
5.4.2 Simulatie VD_10 30
5.4.3 Simulatie VD_11 30
5.4.4 Simulatie VD_12 31
5.4.5 Simulatie VD_13 31
5.4.6 Simulatie VD_14 32
5.4.7 Simulatie VD_15 32
5.4.8 Simulatie VD_16 32
5.5 Variant E 34
5.6 Variant F (ontmoetingen) 35
5.6.1 Simulatie VF_17 36
5.6.2 Simulatie VF_18 37
5.6.3 Simulatie VF_19 38
6 Resultaten Buitenhaven 43
6.1 Variant 0 43
6.1.1 Simulatie V0_01 45
6.1.2 Simulatie V0_02 46
6.1.3 Simulatie V0_03 46
6.1.4 Simulatie V0_04 47
6.1.5 Simulatie V0_05 47
6.1.6 Simulatie V0_17 48
6.1.7 Simulatie V0_18 50
6.2 Variant 1 51
6.2.1 Simulatie V1_06 53
6.2.2 Simulatie V1_07 53

6.2.3 Simulatie V1_08 54
6.2.4 Simulatie V1_09 54
6.2.5 Simulatie V1_10 55
6.2.6 Simulatie V1_11 55
6.2.7 Simulatie V1_12 55
6.2.8 Simulatie V1_13 56
6.2.9 Simulatie V1_14 56
6.2.10 Simulatie V1_15 57
6.2.11 Simulatie V1_16 58
7 Samenvatting en conclusies 62
7.1 Manoeuvre sluisinvaart 62
7.2 Achterhaven 63
7.3 Buitenhaven 64
7.4 Algemene opmerkingen sluisontwerp 66
7.5 Vervolgonderzoek 66
8 Referenties 68
Bijlage 1 Pilot Card simulatieschepen B1
Car Carrier NSZ (NSZ) B1
Odyssea (Mark-V) B3
Bijlage 2 Standaardgrafieken B5
Bijlage 3 Handleiding gebruik KMZ-bestanden B85

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Algemene kenmerken ontwerpschepen voor manoeuvreerstudie CP NSZ 6
Tabel 2 – Procentuele verdeling van de werkelijke wind over de Beaufortklassen voor terreinklasse 3..... 11
Tabel 3 – Overzicht uitgevoerde simulaties en condities..... 14
Tabel 4 – Aantal uitgevoerde simulaties per variant van de Achterhaven 18
Tabel 5 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant A (Achterhaven)..... 40
Tabel 6 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant B (Achterhaven)..... 40
Tabel 7 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant C (Achterhaven)..... 41
Tabel 8 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant D (Achterhaven)..... 41
Tabel 9 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant F (Achterhaven) 42
Tabel 10 – Aantal uitgevoerde simulaties per variant van de Buitenhaven..... 43
Tabel 11 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant 0 (Buitenhaven) 60
Tabel 12 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant 1 (Buitenhaven) 61

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Projectgebied Nieuwe Sluis Zeebrugge met terminologie toegepast in rapport 1
Figuur 2 – Weergave varianten 0 (geel) en 1 (blauw) aangeleverd door aMT (begin 2020) 2
Figuur 3 – Weergave variant A voor Achterhaven (rood) vergeleken met Visart-ontwerp uit onderzoeksfase (groen) 4
Figuur 4 – Weergave variant B voor Achterhaven 4
Figuur 5 – Weergave variant C voor Achterhaven 5
Figuur 6 – Visualisaties 3D-model CarCar_265_400_NSZ 7
Figuur 7 – Visualisaties 3D-model Odyssea 7
Figuur 8 – Windroos te Zeebrugge (2010 – 2019) voor alle windsterktes (links) en voor windsterktes vanaf 5 Bft (rechts) 11
Figuur 9 – Sluisgeleiding op het Kielkanaal (Duitsland) te sluis Brunsbüttel als inspiratie voor ontwerp in simulaties 12
Figuur 10 – Sluisgeleiding (200 m) zoals toegepast tijdens de simulaties 12
Figuur 11 – Variant A (Achterhaven) 19
Figuur 12 – Variant A (Achterhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken 19
Figuur 13 – Contact tussen achterschip en oostelijke oever voorhaven bij sluisuitvaart in simulatie VA_08 21
Figuur 14 – Variant B (Achterhaven) 22
Figuur 15 – Sluisnadering in simulatie VB_04 25
Figuur 16 – Sluisnadering in simulatie VB_07 26
Figuur 17 – Variant C (Achterhaven) 27
Figuur 18 – Eindpositie schip in sluis in simulatie VC_06 28
Figuur 19 – Variant D (Achterhaven) 29
Figuur 20 – Variant D (Achterhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken 8° 29
Figuur 21 – Alternatieve uitvoering oostelijke oever Verbindingskanaal zoals onderzocht in simulatie VD_16 33
Figuur 22 – Variant E (Achterhaven) 34
Figuur 23 – Variant F (Achterhaven) 36
Figuur 24 – Ontmoeting tussen twee schepen in simulatie VF_17 37
Figuur 25 – Ontmoeting tussen twee schepen in simulatie VF_18 38
Figuur 26 – Ontmoeting tussen twee schepen in simulatie VF_19 39
Figuur 27 – Variant 0 (Buitenhaven) 44
Figuur 28 – Variant 0 (Buitenhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken 45
Figuur 29 – Sluisnadering in simulatie V0_01 46
Figuur 30 – Sluisnadering langs geleidingsconstructie in simulatie V0_05 48

Figuur 31 – Sluisnadering in simulatie V0_17 49

Figuur 32 – Sluisnadering in simulatie V0_17 (2) 49

Figuur 33 – Ruimtebeslag in simulatie V0_18 50

Figuur 34 – Variant 1 (Buitenhaven) 52

Figuur 35 – Variant 1 (Buitenhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken 52

Figuur 36 – Sluiscontact in simulatie V1_07 54

Figuur 37 – Simulatie V1_15: toepassing van noodsteiger voor scheiding zeevaart en pleziervaart in voorhaven 58

Figuur 38 – Simulatie V1_16: toepassing van noodsteiger voor scheiding zeevaart en pleziervaart in voorhaven met vooropgestelde lichtenlijn 59

Figuur 39 – Presentation of Achterhaven_VB_01_Uit_Manoeuvring.kmz in Google Earth Pro™ (full simulation) B85

Figuur 40 – Presentation of Achterhaven_VB_01_Uit_Manoeuvring.kmz in Google Earth Pro™ (time selection) B86

Figuur 41 – Presentation of the simulation trajectories in the left panel B87

Figuur 42 – Presentation of Achterhaven_VB_01_Uit_Manoeuvring.kmz in Google Earth Pro™ (PLAY functionality) B88

Figuur 43 – Layers menu in Google Earth™ B88

1 Inleiding

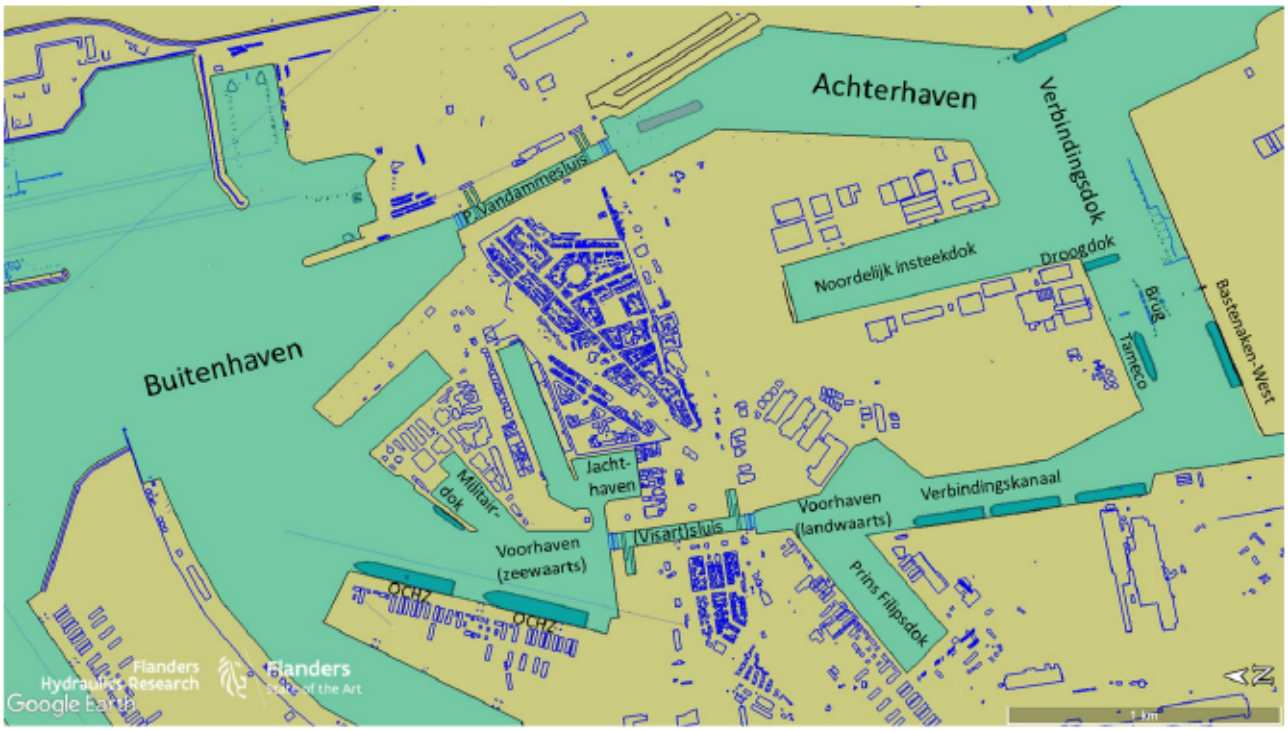
1.1 Opdrachtspecificatie

Op vraag van de afdeling Maritieme Toegang (aMT) onderzoekt het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) de nautische optimalisatie van de voorkeurslocatie 'Visart' vastgelegd door de Vlaamse Regering voor Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge (CP NSZ) (Vlaamse Overheid, 2019).

Nadat de resultaten uit een eerste deskstudie (Verwilligen *et al.*, 2020) besproken werden met de beide betrokken loodswezens (DAB Loodswezen en CVBA Brabo) werd beslist om in 2020 een eerste realtime simulatiestudie uit te voeren.

De uitgevoerde simulatiestudie bevat een beoordeling van verschillende ontwerpvarianten voor zowel Buitenhaven als Achterhaven te Zeebrugge. Voor de Achterhaven werden bovendien zowel de enkele vaart door het nautische ontwerpschip, als sluisuitwisseling tussen kleinere scheepstypes in rekening gebracht.

Voor een overzicht van het projectgebied, met aanduiding van de relevante locaties en bijhorende naamgeving in het rapport, wordt verwezen naar Figuur 1.



Figuur 1 – Projectgebied Nieuwe Sluis Zeebrugge met terminologie toegepast in rapport

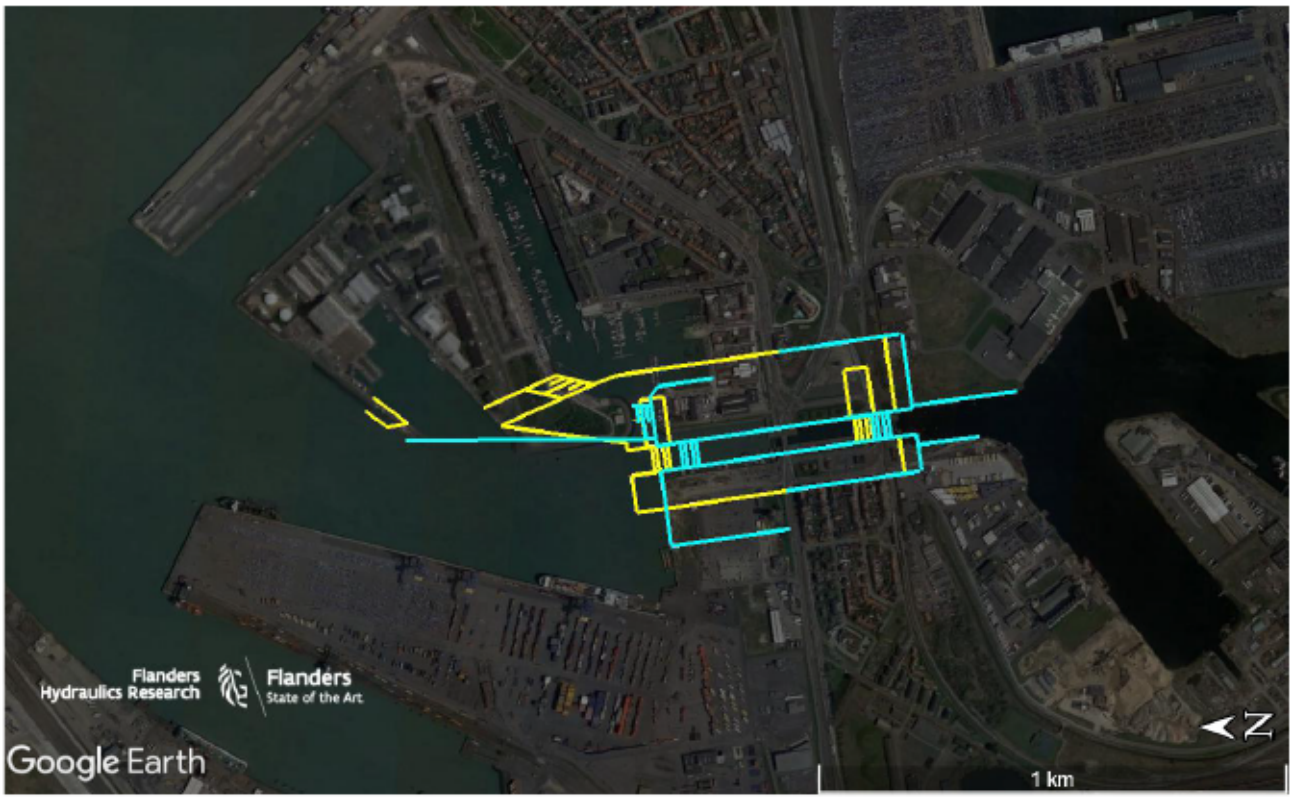
1.2 Varianten Buitenhaven

De basis voor de nautische optimalisatie van CP NSZ betroffen twee ontwerpen welke begin 2020 gedefinieerd werden door aMT (zie Figuur 2). Deze varianten onderscheiden zich voornamelijk in de Buitenhaven.

De nulvariant (**V0**, geel) stemt overeen met het basisalternatief uit het voorkeursbesluit voor CP NSZ. In variant 0 wordt de toegang van de jachthaven verlegd naar het Militair Dok. De positie van de sluis verschuift hierbij 63 m in afwaartse (noordelijke) richting. De korte afstand tot de tegenoverliggende kaai OCHZ en de bijhorende beperkte afstand om het schip naar de sluis op te lijnen, wordt in variant 0 gecompenseerd door een bredere voorhaven waardoor er ingesneden wordt in zowel de oever aan het Visserskruis als in een deel van de noordelijke havendam van het Militair Dok.

Een variant op het basisalternatief (**V1**, blauw) veronderstelt het behoud van de bestaande ingang tot de jachthaven (Prins Albertdok). Hiertoe werd het afwaartse sluishoofd gepositioneerd ter hoogte van de zuidelijke havendam van de jachthaven. Een kleinere oeverinname ter hoogte van het Visserskruis dan in variant 0 wordt voorzien aangezien de sluis zich op een zuidelijkere positie bevindt en er aldus een langere voorhaven ontstaat.

In Verwilligen *et al.* (2020) werd opgemerkt dat beide varianten voor de buitenhaven onvoldoende ruimte bieden voor de sleepbootassistentie van een schip aan de oostelijke zijde, waardoor er rekening houdend met de conclusie uit het SHIP-project (Vos *et al.*, 2012 en Vos *et al.*, 2012), een beperkte toegankelijkheid van de sluis verwacht werd bij sterke westelijke windcondities. In het onderzoek werd de meerwaarde onderzocht van een geleidingsconstructie aansluitend op de oostelijke kolkmuur.



Figuur 2 – Weergave varianten 0 (geel) en 1 (blauw) aangeleverd door aMT (begin 2020)

1.3 Varianten Achterhaven

De varianten voor de Achterhaven worden in de simulatiestudie steeds gecombineerd met variant 1 voor de Buitenhaven aangezien deze variant overeenstemt met de meest zuidelijke positie van het bovenhoofd. De sluisvarianten werden bovendien gecombineerd met enkele besliste ontwikkelingen in de Achterhaven (zie §3.1.2).

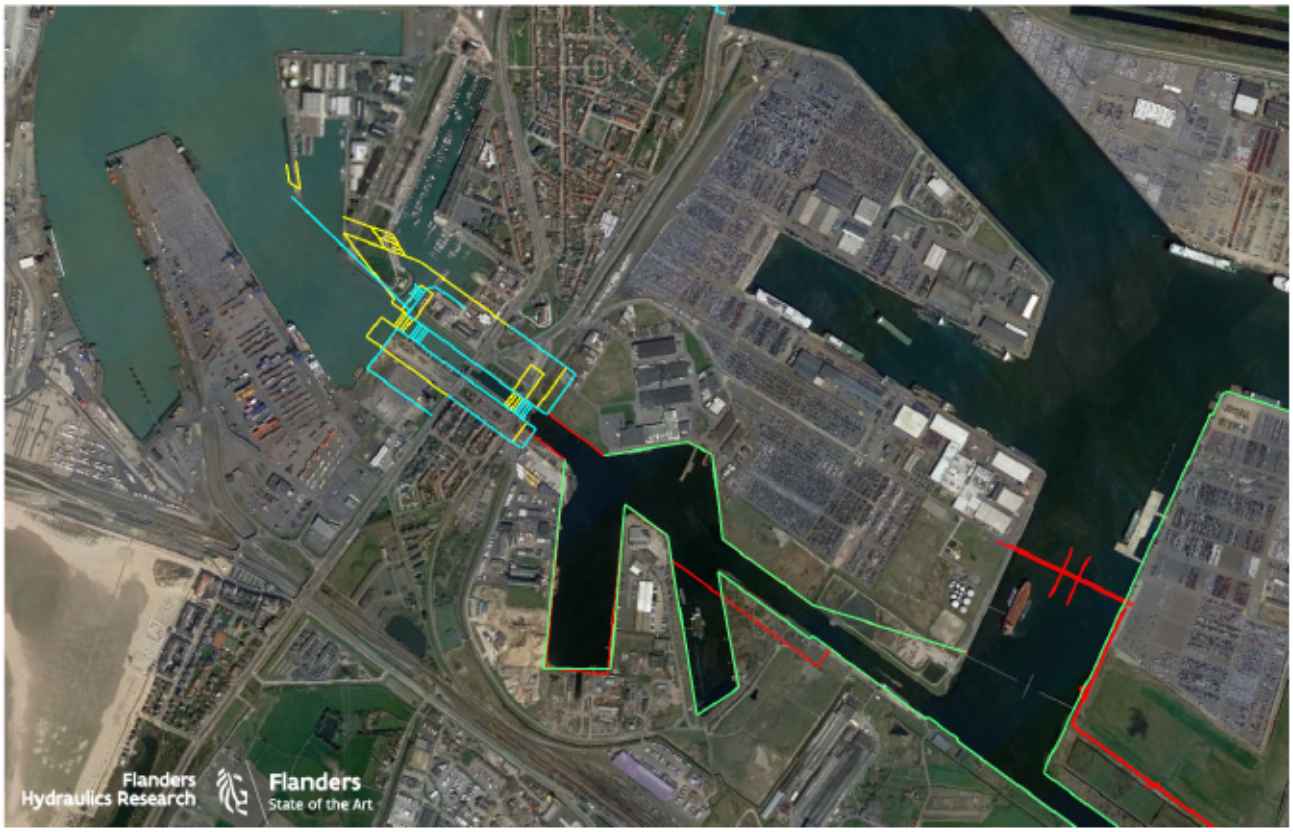
De gekozen sluislocatie Visart impliceert een grote afstand tussen de sluis en het Verbindingsdok. Het kanaal tussen sluis en Achterhaven (verder *Verbindingskanaal* genoemd) dient hiertoe verbreed te worden. Voor het ontwerp van het Verbindingskanaal wordt in eerste instantie uitgegaan van het Visart-ontwerp toegepast in de onderzoeksfase (Vos *et al.*, 2017) welke gepaard gaat met een doorvaartbreedte van ca. 90 m wat overeenkomt met het basisalternatief uit het voorkeursbesluit voor CP NSZ. In tegenstelling tot de onderzoeksfase wordt nu aangenomen dat er over een beperkte lengte, afmeerkaaien voorzien worden aan de westelijke oever, zoals vooropgesteld door het havenbedrijf MBZ. Het aldus bekomen ontwerp voor de binnenhaven wordt aangeduid met **variant A** (zie Figuur 3).

In Verwilligen *et al.* (2020) werd aangetoond dat een breedte gelijk aan 90 m voor het Verbindingskanaal en voor de opwaartse voorhaven van de sluis, een erg kleine waarde is. Tijdens de simulatiestudie werden bijgevolg ook enkele varianten voor de binnenhaven onderzocht met een grotere breedte van het Verbindingskanaal.

In **variant B** (zie Figuur 4) wordt een verruiming van het Verbindingskanaal in westelijke richting vooropgesteld. Hierbij wordt de voorhaven van de sluis zodanig verbreed in westelijke richting, opdat aan deze zijde een duwende sleepboot zou kunnen assisteren. Bovendien wordt de westelijke kaaimuur voor afgemeerde schepen zoals voorzien in Alternatief A, doorgetrokken tot aan de sluis. Alternatief B zal gesimuleerd worden zowel met als zonder geleidingsconstructie aan de oostzijde van de sluis. Over de volledige lengte van het Verbindingskanaal (uitgezonderd aansluitend op de sluis) bedraagt de breedte minimaal 145 m, waarbij de westelijke kaaimuur deels ingenomen wordt door afgemeerde schepen (breedte 40 m).

In **variant C** (zie Figuur 5) wordt de westelijke uitbreiding uit variant B gecombineerd met een beperkte oostelijke uitbreiding van het Verbindingskanaal die als initieel doel had om bij belangrijke westelijke windcondities een duwende sleepboot aan de oostzijde toe te passen. Hiervoor wordt een minimale oostelijke verbreding van de voorhaven met 40 m vereist geacht. Alternatief C dient tijdens de sluismanoeuvres de assistentie van een duwende sleepboot aan beide zijden toe te laten. Dit was één van de aanbevelingen uit voorafgaand simulatieonderzoek naar het SHIP-project (Vos *et al.*, 2012 en Vos *et al.*, 2012). De breedte van het Verbindingskanaal bedraagt in variant C 185 m (opnieuw beperkt door afgemeerde schepen aan de westelijke kaaimuur). Variant C stemt in feite overeen met het alternatief *Visart-Oost* uit de onderzoeksfase. Het alternatief *Visart-Oost* werd in het voorkeursbesluit weggeschreven, derhalve kan variant C niet als redelijk alternatief worden meegenomen. Variant C wordt enkel onderzocht om de vergelijking te kunnen maken met variant B met geleidingsconstructie. Zo kan variant B met geleidingsconstructie geëvalueerd worden tegenover de nautisch gunstiger/wenselijker situatie waarbij er voldoende water is aan de oostkant.

Na uitvoering van zowel de eerste als de tweede simulatiedag werden er bijkomende varianten gedefinieerd voor de Achterhaven. Deze varianten worden besproken in de rapportering van de simulatieresultaten voor de Achterhaven (zie H5). Initieel werd hierbij uitgegaan van de optimalisering van eenrichtingsvaart voor het nautische ontwerpschip van NSZ. Op een laatste simulatiedag werden echter ook varianten voor het Verbindingskanaal onderzocht welke ontmoetingen dienen toe te laten tussen schepen met een kleinere scheepsbreedte.



Figuur 3 – Weergave variant A voor Achterhaven (rood) vergeleken met Visart-ontwerp uit onderzoeksfase (groen)



Figuur 4 – Weergave variant B voor Achterhaven

1.4 Methodologie

Op de simulatoren in het WL werden vaarsimulaties uitgevoerd door kustloodsen (DAB Loodswezen) en havenloodsen (CVBA Brabo). De sleepboten werden bediend door een ervaren sleepbootkapitein (Boluda Towage NV). Verschillende varianten werden onderzocht waarbij de simulaties begeleid, geanalyseerd en gerapporteerd werden door een onderzoeker van het WL.

De te onderzoeken varianten werden door WL geïmplementeerd in de simulator op basis van plannen aangeleverd door aMT, gecombineerd met de ontwerpafspraken vastgelegd op twee overlegmomenten (17/12/2019 en 16/01/2020) in aanwezigheid van de betrokken loodsdiensten, afdeling Maritieme Toegang en het havenbedrijf MBZ. Op basis van tussentijdse resultaten uit de simulatiestudie, werden er bijkomende varianten gedefinieerd welke eveneens geïmplementeerd werden in de simulator en meegenomen werden in het onderzoek.

Doel van het onderzoek was om de operationele limieten te bepalen voor verschillende ontwerpvarianten (zie §0 en §1.3). Hiervoor worden onderstaande variabelen onderzocht:

- sluismanoeuvres door ontwerpschip NSZ (in- en uitvaart);
- toegevoegde waarde geleidingsconstructies;
- windlimieten;
- sleepbootassistentie;
- ontmoetingen in het Verbindingskanaal (Achterhaven) tussen schepen met kleinere afmetingen.



Figuur 5 – Weergave variant C voor Achterhaven

2 Studieschepen

2.1 Ontwerpschip Manoeuvreerstudie Nieuwe Sluis Zeebrugge

Het ontwerpschip voor de Nieuwe Sluis Zeebrugge werd vastgelegd in de selectiefase en betreft een RoRo-ferry die de maximale lengte voor de Achterhaven (265 m) combineert met de maximale breedte voor de Achterhaven (40 m). Het simulatieschip werd gemodelleerd in Vos *et al.* (2017) en wordt opnieuw toegepast in de huidige studie. Tabel 1 presenteert de belangrijkste eigenschappen van het ontwerpschip voor CP NSZ. Aangezien niet alle RoRo-ferries uitgerust zijn met een hekschroef, werd deze tijdens de simulatiestudie niet toegepast.

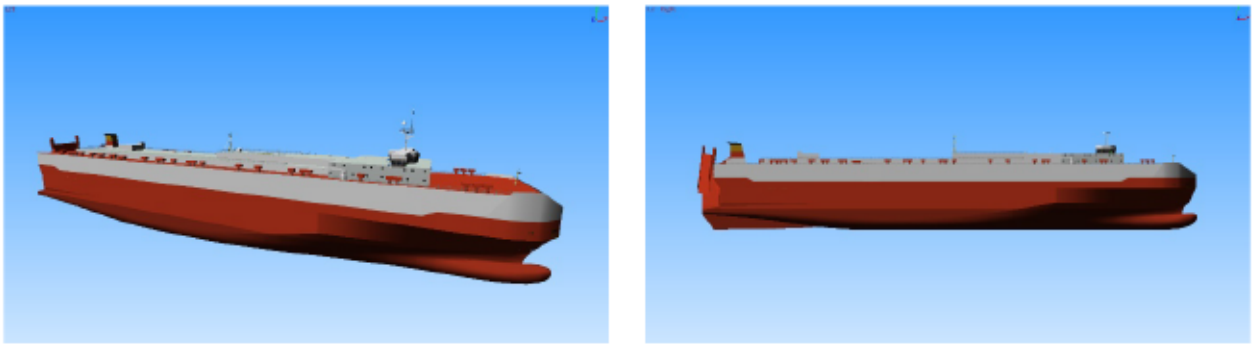
Een uitgebreid overzicht van de scheepseigenschappen wordt weergeven in de Pilot Card in Bijlage 1.

Figuur 6 toont enkele visualisaties van het 3D-model van het schip zoals gemodelleerd in de simulator.

De aandacht wordt gevestigd op de verschillende afmetingen van de ontwerpschepen toegepast voor de manoeuvreersimulaties en van het maximale schip voor het sluisontwerp. Dit laatste betreft een Neo Panamax schip met afmetingen 366 m x 49 m x 15.3 m.

Tabel 1 – Algemene kenmerken ontwerpschepen voor manoeuvreerstudie CP NSZ

Parameter	CP NSZ	Ontmoetingen Verbindingskanaal
Scheepsnaam [-]	CarCar_265_400_NSZ	Odyssea
Scheepstype [-]	NSZ	Mark-V
L_{oa} [m]	265	265
L_{pp} [m]	247	247
B [m]	40	32.2
T [m]	9.5	11.0
Massa [ton]	45781	42659
Aantal schroeven	1	1
Aantal roeren	1	1
Vermogen boegschroef [pk]	2800	2800
Vermogen hekschroef [pk]	2800	2800
Awx [m^2]	1442	988
Awy [m^2]	7916	7294

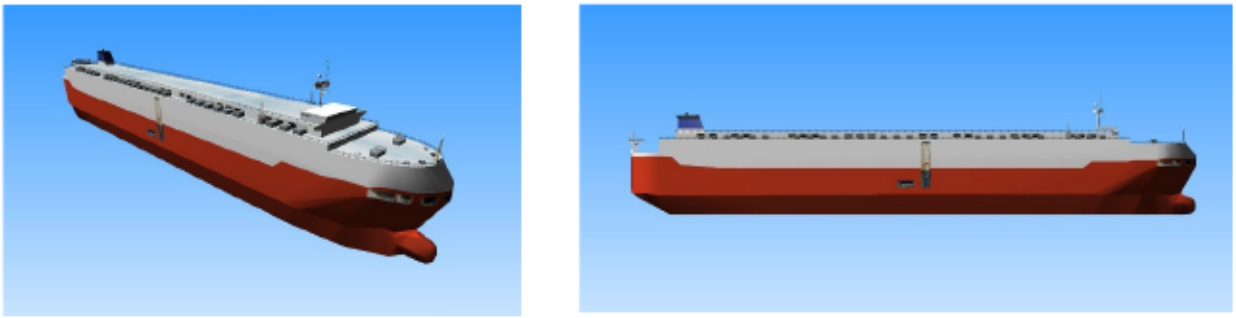


Figuur 6 – Visualisaties 3D-model CarCar_265_400_NSZ

2.2 Ontwerpschip Ontmoetingen Verbindingskanaal

Op een laatste simulatiedag werden ontmoetingen in het Verbindingskanaal onderzocht. Hierbij werden de twee scheepsmanoeuvreersimulatoren van WL met elkaar gekoppeld opdat twee schepen in een zelfde omgeving gesimuleerd konden worden. Zoals bepaald door de opdrachtgever (aMT) en de haven (MBZ) werden ontmoetingen in het Verbindingskanaal uitgevoerd met het langste schip dat op vandaag de Achterhaven aandoet. Het betreft een RoRo-ferry van het type Mark-V die een lengte gelijk aan 265 m combineert met een breedte gelijk aan 32.2 m (scheepsnaam in simulator is Odyssea). Het maatgevende schip voor ontmoetingen ging dus gepaard met een kleinere breedte (32.2 m) dan het ontwerpschip voor NSZ (40.0 m). Voor beide schepen worden de belangrijkste eigenschappen weergegeven in Tabel 1. Doordat een Mark-V schip een bestaand scheepstype is dat steeds uitgerust is met zowel boeg- als hekschroef konden beide toegepast worden tijdens de simulaties.

Visualisaties van het 3D-model van het schip Odyssea worden weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7 – Visualisaties 3D-model Odyssea

2.3 Sleepboten

Sleepboten werden tijdens de simulatiestudie bediend door een ervaren sleepbootkapitein (Boluda Towage NV) door middel van een vereenvoudigde bedieningsconsole. Hierbij werden de sleepboten gesimuleerd door middel van een realistische vectormodellering met verschillende invloedsparameters (snelheid, sleeprichting, etc.).

Bij de start van de simulatie wordt het gebruik van sleepboten beslist in overleg tussen de deelnemende loodsen, de sleepbootkapitein en de projectleider. Er worden sleepboten ter beschikking gesteld met een bollard pull gelijk aan 65 ton en 80 ton overeenkomstig de minimale vereisten uit de concessie voor sleepdiensten Zeebrugge (NV Maatschappij van de Brugse Zeehaven, 2019).

Als basisconfiguratie voor de sleepboten werd uitgegaan van een voorboot met BP 65 ton en een achterboot met BP 80 ton. Indien deze sleepbootconfiguratie gepaard ging met onvoldoende reserves, dan werd deze aangepast.

3 Simulatieomgevingen

In volgend hoofdstuk wordt beschreven op welke manier de verschillende ontwerpvarianten gemodelleerd werden in een simulatieomgeving.

3.1 Aannames ontwikkelingen vaargebieden

3.1.1 Ontwikkelingen Buitenhaven

Er worden in de Buitenhaven geen belangrijke ontwikkelingen verondersteld die een impact hebben op de toegankelijkheid van de Visart-site. Onderstaande bijkomende obstructies werden toegevoegd aan de Buitenhaven:

- afgemeerde containerschepen aan OCHZ (scheepsbreedte 51.2 m);
- afgemeerd marineschip met breedte 18.0 m aan buitenzijde Militair dok

3.1.2 Ontwikkelingen Achterhaven

Het havenbedrijf MBZ voorziet verschillende ontwikkelingen welke interfereren met de toegankelijkheid van het Verbindingskanaal. Deze aanpassingen werden opgenomen in de alternatieven voor de Achterhaven.

Het betreffen:

1. de constructie van afmeerkaaien aan westelijke oever Verbindingskanaal;
2. de bouw van een nieuwe brug over het Verbindingsdok met doorvaarbreedte 55 m met bijhorende navigatielichten in het verlengde van de bruggeleidingen;
3. de installatie van een droogdok in het Verbindingsdok ten noordoosten van de brug;
4. de ontwikkeling van een RoRo-terminal in het Verbindingsdok ten zuidwesten van de brug (Bastenaken-West);
5. de verbreding van het zuidelijke Boudewijnkanaal met inrichting RoRo-terminals op de oostelijke oever (deze ontwikkeling werd enkel geïmplementeerd in variant C).

Bijkomend werd bij het onderzoek naar ontmoetingen in het Verbindingskanaal (variant F) ook aan de oostzijde van het Verbindingskanaal een kaaimuur ingetekend op basis van mogelijke ontwikkelingen door MBZ.

3.2 Bathymetrie, waterstanden en tijcondities

Het projectgebied werd verdiept volgens de ontwerpdieptes welke golden bij de start van het onderzoek (begin 2020). Hierbij werd tot aan de waterlijn uitgegaan van een maximale verdieping van het projectgebied, behalve in de hieronder bepaalde gevallen:

- Buitenhaven
  - -15.1 m TAW in Buitenhaven
  - -3.0 m TAW in jachthaven (Prins Albertdok)
- Achterhaven
  - -15.1 m TAW in Verbindingskanaal
  - -4.2 m TAW in Prins Filipsdok
  - -4.7 m TAW in Oud-Ferrydok
  - -3.7 m TAW aan Vismijn
  - -15.1 m TAW in Verbindingsdok

Samenvattend kan gesteld worden dat de vaaromgevingen naar NSZ, gepaard gingen met een diepte gelijk aan -15.1 m TAW. Rekening houdend met een dokpeil gelijk aan +3.4 m TAW (Achterhaven) en een gemiddelde tijvariatie tussen +0.56 m TAW en +4.21 m TAW (Buitenhaven), stemmen de ontwerpdieptes overeen met ruime kielspelingen voor de diepgangen van ontwerpschepen gedefinieerd voor de manoeuvreersimulaties (d.i. 9.5 m tot 11.0 m). Anderzijds stemt de ontwerpdiepte -15.1 m TAW overeen met een tijafhankelijke toegankelijkheid van het ontwerpschip voor de sluis (diepgang 15.3 m).

Bij aanvang van de studie werd verondersteld dat de stroomsnelheden in de afwaartse voorhaven van de sluis erg beperkt zijn. Bijgevolg werd als maatgevende tijconditie een laagwater conditie geselecteerd bij een waterstand gelijk aan 0 m LAT (= -0.23 m TAW).

Simulaties uitgevoerd naar varianten van de Achterhaven werden uitgevoerd bij een waterstand overeenkomstig het dokpeil (+3.4 m TAW).

In de Project Onderzoeksnota van 10 november 2020 (Vlaamse Overheid, 2020) wordt ook een alternatieve diepte voor het Verbindingskanaal vermeld (-13.1 m TAW). Rekening houdend met het dokpeil (+3.4 m TAW) stemt deze alternatieve bodemdiepte overeen met een waterdiepte gelijk aan 16.5 m. Deze waterdiepte is ruim voor het nautische ontwerpschip, dat gepaard gaat met een maximale diepgang gelijk aan 11.0 m. De toepassing van de alternatieve diepte voor de Achterhaven (-13.1 m TAW) zal bijgevolg geen invloed hebben op de conclusies uit voorliggend onderzoek. Met betrekking tot het ontwerpschip voor de sluis (diepgang 15.3 m) stemt de verminderde bodemdiepte overeen met een kielspeling gelijk aan 1.2 m (8%) welke overeenstemt met de minimale kielspeling in vergelijkbare (niet tijgebonden) vaaromgevingen.

3.3 Windcondities

Simulaties werden uitgevoerd bij belangrijke windcondities waarvan aangenomen kan worden dat zij de sluismanoeuvres door het ontwerpschip dienen te faciliteren.

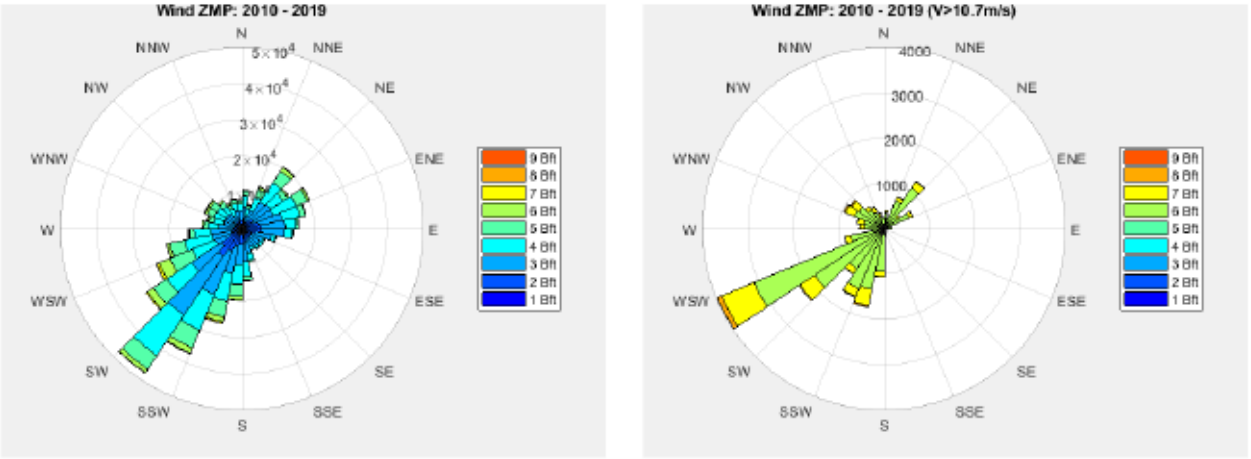
Uit Figuur 8 blijkt dat de dominante windrichting voor de hogere Beaufort-klasses westzuidwestelijk georiënteerd is. Deze windrichting gaat bovendien gepaard met een dwarse invalshoek ten opzichte van de sluis en is nautisch ongunstig. Beide factoren (frequentie van voorkomen en oriëntatie ten opzichte van de sluis) leidden ertoe dat het merendeel van de simulaties uitgevoerd werd bij een westzuidwestelijke windrichting bij een kracht gelijk aan 6 Bft.

De wind werd gesimuleerd door middel van een uniform windveld (dus geen afscherming van bruggen, afgemeerde schepen of gebouwen) en met een variërende vlagerigheid. De windconditie werd gedefinieerd op basis van de synoptisch gemiddelde waarde voor de windsnelheid en de windrichting, gecombineerd met een ruwheidsfactor welke de vlagerigheid van het windveld bepaalt. De vlagerigheid werd berekend op basis van een Von Karmanspectrum, waarvan de spreiding afhankelijk is van de terreinruwheid volgens de ruwheidsklassen van Davenport (Davenport, 1967). Voor de simulatieomgeving Zeebrugge werd de ruwheidsklasse 3[1] toegepast.

Om de windcondities te relateren aan de Beaufortschaal werd de synoptisch gemiddelde windsnelheid bepaald als de gemiddelde windsnelheid welke geldt voor de Beaufortklasse. Ten gevolge van de vlagerigheid echter zal de effectieve windsnelheid in de simulatieomgeving niet steeds overeenkomen met de ingestelde Beaufortklasse. Zo kan, bij het optreden van windvlagen, de windsnelheid kortstondig waarden aannemen overeenkomstig een hogere beaufortklasse. De procentuele verdeling van de werkelijke wind over de Beaufortklassen wordt weergegeven in Tabel 2. Voor een gekozen Beaufortklasse van 6 Bft tijdens de simulaties zal bijvoorbeeld volgens Tabel 2 gedurende 16 % van de tijd de windsnelheid overeenkomen met 7 Bft. Omdat het evalueren van de windsterkte voor de toegankelijkheid van scheepvaart in werkelijkheid

[1] De Davenport ruwheidsklasse 3 wordt beschreven als: open ruimte, zeer korte begroeiing, enkele alleenstaande hindernissen (hoogte < 10% van de afstand tot het meetpunt). Vb. vliegveld.

gebaseerd wordt op de geregistreerde windsnelheden op de windmeters van de schepen of VTS, blijken tijdens simulaties de gemiddelde windklassen sterker te zijn dan in werkelijkheid. Een gemiddelde windkracht van 6 Bft tijdens de simulaties zal dus door de loodsen door de pieken mogelijks als een 7 Bft klasse geïnterpreteerd worden. Deze laatste opmerking moet men begrijpen als enerzijds een objectieve meting van de windkracht met de verdeling zoals in Tabel 2 en de subjectieve beoordeling van de windkracht door een waarnemer bij het volgen van de windmeter. In het laatste geval zal een waarnemer vooral de hoge windsnelheden waarnemen. Objectivering is echter noodzakelijk om hiermee om te gaan.



Figuur 8 – Windroos te Zeebrugge (2010 – 2019) voor alle windsterktes (links) en voor windsterktes vanaf 5 Bft (rechts)

Tabel 2 – Procentuele verdeling van de werkelijke wind over de Beaufortklassen voor terreinklasse 3

Gemiddelde windsnelheid		Procentuele verdeling van de werkelijke wind over de Beaufortklassen						
Bft	m/s	3 Bft	4 Bft	5 Bft	6 Bft	7 Bft	8 Bft	9 Bft
5	9.4	0.2	16.5	61.3	19.0	0.1	0.0	0.0
6	12.3	0.0	0.06	15.8	67.9	16.2	0.0	0.0

3.4 Geleidingsconstructies

Met name voor de alternatieven in de Buitenhaven werd de meerwaarde van een geleidingsconstructie voor sluismanoeuvres onderzocht. Ook in variant B voor de Achterhaven werd de optionele toepassing van een geleidingsconstructie onderzocht.

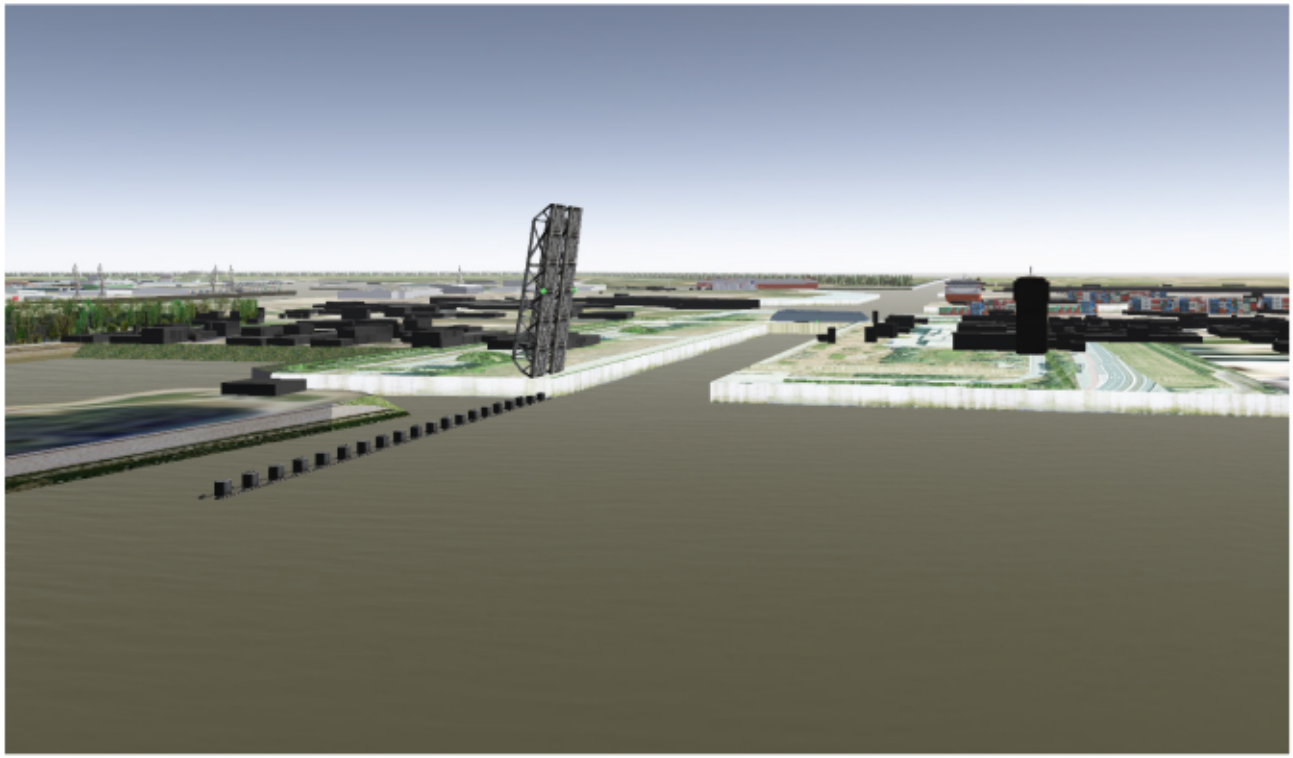
Voor toepassing van de geleidingsconstructies in de simulator werd gebruik gemaakt van een ontwerp bestaande uit drijframen welke via schokdempende constructies verbonden worden met buispalen. Hierbij dienden de geleidingsconstructies te Brunsbüttel (DE) als voorbeeld (zie Figuur 9). De botskarakteristieken van deze geleidingsconstructies worden gekozen in overeenstemming met deze van drijframen in sluizen (de bijkomende demping door schokdempende constructies werd niet gemodelleerd).

Er werden varianten van de geleidingsconstructie voorzien met lengte 150 m en 200 m (zie Figuur 10) welke op verschillende manieren gecombineerd werden.

Voor de eerder genoemde varianten (0, 1 en B) werden buitenbeelden en botskarakteristieken gemodelleerd opdat simulaties uitgevoerd konden worden met en zonder de geleidingsconstructies.



Figuur 9 – Sluisgeleiding op het Kielkanaal (Duitsland) te sluis Brunsbüttel als inspiratie voor ontwerp in simulaties



Figuur 10 – Sluisgeleiding (200 m) zoals toegepast tijdens de simulaties

3.5 Sluisfendering

Er werd in deze simulatiestudie geen sluisfendering in rekening gebracht (met uitzondering van de geleidingsconstructies in de voorhaven). De botskarakteristieken van de sluis werden gedefinieerd in overeenstemming met de betonnen sluismuren.

3.6 Afgemeerde schepen

Tijdens de simulatiestudie werden er schepen afgemeerd op onderstaande locaties:

- OCHZ: containerschepen met breedte 51.2 m
- Buitenzijde Militair Dok: marineschip met breedte 18.0 m
- Tameco-steiger (NW Verbindingsdok): tanker met breedte 32.2 m
- RoRo-terminal Bastenaken-West (ZW Verbindingsdok): RoRo-Ferry met breedte 40 m
- NO Verbindingsdok: droogdok met lengte 138 m

De varianten voor de Achterhaven worden uitgerust met kaaimuren langsheen het Verbindingsdok. In varianten A, B, C, D en E worden schepen afgemeerd aan de westelijke oever van het Verbindingskanaal, terwijl in variant F er schepen afgemeerd werden aan de beide zijden van het Verbindingskanaal. De kaaimuren in het Verbindingskanaal werden voorzien voor RoRo-ferries met breedte variërend tussen 32.2 m en 40.0 m. Schepen afgemeerd langs het Verbindingskanaal respecteerden steeds een voldoende afstand tot de sluis. Dit was noodzakelijk om de sluismanoeuvres niet te hinderen.

Tijdens de simulatiestudie werd opgemerkt dat bij belangrijke aflandige wind, afgemeerde schepen gedurende lange tijd opgedrukt worden door sleepboten. Het bijhorende ruimtebeslag door deze sleepboten wordt niet in rekening gebracht in de simulatiestudie.

4 Uitvoering en analyse

4.1 Organisatie

Er werden in het kader van deze studie vier simulatiedagen georganiseerd in juni 2020 en een halve simulatiedag in oktober 2020. Gedurende twee simulatiedagen in juni, werd de Buitenhaven onderzocht en werden er 18 simulaties uitgevoerd door kustloodsen van DAB Loodswezen. Op twee andere dagen in juni, werd de toegankelijkheid van de Achterhaven onderzocht door middel van 16 simulaties uitgevoerd door havenloodsen uit Zeebrugge. Bovendien werden er in oktober 2020 ook ontmoetingen gesimuleerd in de Achterhaven. Hiervoor werden er gedurende een halve simulatiedag drie simulaties uitgevoerd met gekoppelde simulatoren.

Tijdens alle simulaties werd een sleepbootkapitein (Boluda Towage NV) ingezet om een realistische toepassing van de sleepboten te garanderen. In geval van gekoppelde simulaties, werden de sleepboten van het opvarende schip (sluisuitvaart) bediend door de projectleider van WL.

4.2 Uitgevoerde simulaties

Een overzicht van de condities waarbij de simulaties uitgevoerd werden, wordt weergegeven in Tabel 3. De simulaties worden chronologisch genummerd met een afzonderlijke nummering voor de Achterhaven en de Buitenhaven.

De naamgeving van de simulaties bevat bovendien de identificatiecode van de gesimuleerde ontwerpvarianten (d.i. V1, V2, VA, VB, VC, VD en VF).

Voor gekoppelde simulaties in de Achterhaven worden de simulaties op beide simulatoren vermeld in Tabel 3. Deze simulaties kregen eenzelfde naam, maar onderscheiding zich in het vaartraject naar of van de sluis.

Tabel 3 – Overzicht uitgevoerde simulaties en condities

Locatie	Datum	Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]
Achterhaven	11/06/20	VB_01	Uit	NSZ	65+80	32.2	6	WZW
Achterhaven	11/06/20	VB_02	Uit	NSZ	65+80	32.2	6	WZW
Achterhaven	11/06/20	VB_03	In	NSZ	65+80	32.2	6	WZW
Achterhaven	11/06/20	VB_04	In	NSZ	65+80	32.2	6	WZW
Achterhaven	11/06/20	VA_05	In	NSZ	65+80	40	6	WZW
Achterhaven	11/06/20	VC_06	In	NSZ	65+80	40	6	WZW
Achterhaven	11/06/20	VB_07	In	NSZ	65+80	40	6	O
Achterhaven	11/06/20	VA_08	Uit	NSZ	65+80	40	6	NW
Achterhaven	19/06/20	VD_09	In	NSZ	65+80	40	6	WZW

Locatie	Datum	Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]
Achterhaven	19/06/20	VD_10	Uit	NSZ	65+80	40	6	WZW
Achterhaven	19/06/20	VD_11	In	NSZ	65+80	40	6	O
Achterhaven	19/06/20	VD_12	In	NSZ	65+80	40	6	NO
Achterhaven	19/06/20	VD_13	In	NSZ	65+80	40	6	NW
Achterhaven	19/06/20	VD_14	Uit	NSZ	80+80	40	6	NW
Achterhaven	19/06/20	VD_15	Uit	NSZ	80+80	40	6	NO
Achterhaven	19/06/20	VD_16	In	NSZ	65+80	40	6	WZW
Achterhaven	29/10/20	VF_17	In	Mark-V	65+80	40	5	WZW
Achterhaven	29/10/20	VF_18	In	Mark-V	65+80	40	5	WZW
Achterhaven	29/10/20	VF_19	In	Mark-V	65+80	32.2	6	WZW
Achterhaven	29/10/20	VF_17	Uit	Mark-V	65+80	40	5	WZW
Achterhaven	29/10/20	VF_18	Uit	Mark-V	65+80	40	5	WZW
Achterhaven	29/10/20	VF_19	Uit	Mark-V	65+80	32.2	6	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V0_01	In	NSZ	65+80	51.2	5	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V0_02	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V0_03	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V0_04	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V0_05	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V1_06	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V1_07	In	NSZ	65+80	51.2	6	NO
Buitenhaven	12/06/20	V1_08	In	NSZ	80+80+65	51.2	6	WZW
Buitenhaven	12/06/20	V1_09	In	NSZ	65+80	51.2	6	NW
Buitenhaven	26/06/20	V1_10	In	NSZ	65+80	51.2	5	WZW
Buitenhaven	26/06/20	V1_11	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	26/06/20	V1_12	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	26/06/20	V1_13	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW
Buitenhaven	26/06/20	V1_14	In	NSZ	65+80	51.2	6	O
Buitenhaven	26/06/20	V1_15	In	NSZ	65+80	51.2	6	O
Buitenhaven	26/06/20	V1_16	In	NSZ	65+80	51.2	6	O
Buitenhaven	26/06/20	V0_17	In	NSZ	65+80	51.2	6	O
Buitenhaven	26/06/20	V0_18	In	NSZ	65+80	51.2	6	WZW

4.3 Analyse en verwerking

De simulaties leiden tot onderstaande output:

- Beoordeling van de simulatie door loodsen en sleepbootkapitein;
- Overzichtsgrafieken met tijdsevolutie van de belangrijkste parameters;
- KMZ-weergave voor geanimeerde replay van simulatie.

De output van de simulaties wordt hieronder in meer detail gepresenteerd.

4.3.1 Beoordeling door loodsen

Na elke simulatie werd door de onderzoeker een nabespreking gevoerd met de loodsen en sleepbootkapitein waarbij het uitgevoerde manoeuvre geëvalueerd werd. Behalve een mondelinge bespreking van het manoeuvre werd de simulatie cijfermatig beoordeeld op reserve en moeilijkheidsgraad. Hiervoor werd onderstaande waardeschaal gehanteerd:

- Reserves:
    1. gelukt met veel reserve;
    2. gelukt met voldoende reserve;
    3. gelukt met weinig reserve;
    4. ten einde gebracht met incidenten (geen schade)
    5. niet gelukt met schade;
    6. niet gelukt/opgegeven.
- Moeilijkheidsgraad:
    1. het werd vlot uitgevoerd;
    2. het werd normaal uitgevoerd;
    3. meer dan normale moeilijkheid;
    4. het was moeilijk;
    5. het was uiterst moeilijk;
    6. onuitvoerbaar.

Bovendien werd een ja/neen vraag gesteld of het gesimuleerde manoeuvre ook in realiteit uitgevoerd zou worden.

Bij de bespreking van de simulaties worden deze beoordelingen in tabelvorm voorgesteld per scenario.

4.3.2 Grafieken

Het verloop van de belangrijkste parameters tijdens de simulatie wordt weergegeven aan de hand van grafieken (zie Bijlage 2). In deze grafieken worden op twee pagina's de belangrijkste parameters voorgesteld in functie van de tijd:

- Pagina 1: Manoeuvreercondities:
    - Snelheid
        - langsscheepse snelheid van het schip gemeten over de grond [kn];
        - dwarsscheepse snelheid van het schip gemeten over de grond (positief naar stuurboord) [kn];
        - giersnelheid van het schip gemeten over de grond (positief over stuurboord) [°/min];

- Roerwerking
  - stand hoofdroer (positief naar bakboord) [°];
- Schroefwerking
  - schroeftoerental van hoofdschroef [rpm];
- Boegschroef en hekschroef
  - Toerental boegschroef (positief naar stuurboord) [rpm];
  - Toerental hekschroef (positief naar stuurboord) [rpm];
- Sleepbootassistentie
  - Stuwkracht geleverd door elk van de sleepboten die deelnamen aan de simulatie [ton]

- Pagina 2: Omgevingscondities:
  - Stroom
    - langsscheepse stroomsnelheid [kn];
    - dwarsscheepse stroomsnelheid (positief naar stuurboord) [kn];
    - giersnelheid van de stroom (positief over stuurboord) [°/min];
  - Relatieve wind
    - relatieve windsnelheid [m/s];
    - windrichting t.o.v. schip (positief naar stuurboord) [°];
  - Absolute wind
    - absolute windsnelheid [m/s];
    - windrichting t.o.v. Noorden (positief in wijzerzin) [°];
  - Waterdiepte
    - Diepte midscheeps [m]

4.3.3 KMZ-output

De meeste intuïtieve manier om het verloop van de simulaties voor te stellen is een presentatie van de simulaties in Google Earth™ door middel van de KMZ-bestanden die digitaal toegevoegd werden aan dit rapport. In deze KMZ-bestanden wordt het vaartraject weergegeven samen met dezelfde grafieken welke deel uit maken van Pagina 1: Manoeuvreercondities, beschreven in §4.3.2.

Bijlage 3 biedt een handleiding bij het gebruik van de KMZ-bestanden in Google Earth™.

5 Resultaten Achterhaven

Er werden tijdens deze studie 19 simulaties uitgevoerd in verschillende varianten van de Achterhaven. Drie simulaties betroffen gekoppelde simulaties waarbij ontmoetingen onderzocht werden in variant F. Variant E betreft een variant die niet gesimuleerd werd, maar welke opgesteld werd op basis van de simulaties uitgevoerd in variant D. De verdeling van de uitgevoerde simulaties over de verschillende varianten wordt weergeven in Tabel 4.

Tabel 4 – Aantal uitgevoerde simulaties per variant van de Achterhaven

Locatie	Variant	Simulaties sluisvaart	Gekoppelde simulaties
Achterhaven	A	2	0
Achterhaven	B	4	0
Achterhaven	C	1	0
Achterhaven	D	8	0
Achterhaven	E	0	0
Achterhaven	F	0	3

5.1 Variant A

Variant A (zie Figuur 10) stemt overeen met de voorkeursvariant Visart zoals bekomen in de onderzoeksfase die gecombineerd werd met een westelijke kaaimuur in het Verbindingskanaal zoals vooropgesteld door MBZ.

De voorkeursvariant uit de onderzoeksfase ging gepaard met een beschikbare vaarwegbreedte in het Verbindingskanaal gelijk aan 90 m. In variant A werd aan de westelijke oever een 570 m lange kaaimuur ingetekend voor schepen tot 40 m breed. Doordat deze kaaimuur ingetekend werd rekening houdend met een veiligheidsafstand tot de afgemeerde schepen, bedroeg de breedte van het Verbindingskanaal hier 107 m, gemeten van de oostelijke oever (verticaal uitgevoerd) tot de rand van de afgemeerde schepen. Hierbij dient echter ook rekening gehouden te worden met de landtong die noordelijk aansluit op de afmeerplaatsen. De dwarsafstand tussen de landtong en de oostelijke oever uit variant A bedraagt slechts 93 m.

Bovendien gaat de voorhaven aansluitend op de sluis gepaard met een breedte gelijk aan 84 m welke voornamelijk aan de oostzijde gepaard gaat met een erg beperkte ruimte voor de sluismanoeuvres. Aan oostelijke zijde bedraagt de openingshoek van de voorhaven slechts 1° (zie Figuur 11) ten opzichte van 10.7° aan de westzijde.

Variant A werd slechts in twee simulaties onderzocht. De bijhorende condities worden voorgesteld in Tabel 5. Voor de simulaties uitgevoerd naar de Achterhaven werd een afzonderlijke beoordeling gegeven voor de toegankelijkheid van de brug in het Verbindingsdok en voor de toegankelijkheid van de sluis.



Figuur 11 – Variant A (Achterhaven)



Figuur 12 – Variant A (Achterhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken

5.1.1 Simulatie VA_05

Simulatie 05 betreft een sluisinvaart naar variant A bij de windconditie die het meest onderzocht werd in deze simulatiestudie. Dit is een westzuidwestelijke windrichting met kracht zes Beaufort.

De simulatie werd aangevat ter hoogte van het Noordelijk Insteekdok (zie startpositie schip weergegeven in Figuur 10). Het naderen van de sluis vereist achtereenvolgens het passeren van de brug over het Verbindingsdok, het varen door het Verbindingskanaal en het invaren van de sluis. Deze twee laatste manoeuvres gingen in deze simulatie gepaard met een belangrijke dwarswind.

Net als in de meeste andere simulaties werd de gangbare sleepbootassistentie, bestaande uit één voorboot met kracht 65 ton en één achterboot met kracht 80 ton, toegepast.

Tijdens de simulatie werd de aanloop naar de brug verstoord doordat de loods een foutieve roerhendel hanteerde. Hierdoor werd het roer lange tijd maximaal naar stuurboord toegepast, terwijl de loods dacht dat hij het roer reeds midscheeps geplaats had. In deze simulatie was het contact tussen schip en de brug uitsluitend het gevolg van de foutieve handeling van de loods en is deze niet toe te schrijven aan de simulatiecondities. Ondanks het contact met de brug, werd - rekening houdend met de resultaten van andere simulaties – gesteld dat de brugpassage bij een westzuidwestelijke wind met kracht 6 Bft gepaard gaat met voldoende reserves en een normale moeilijkheidsgraad.

Het varen in het Verbindingskanaal werd uitgevoerd aan een vaarsnelheid gelijk aan ca. 5 kn waarbij een belangrijk gebruik van de achterste sleepboot opvalt. De dwarswind werd gecompenseerd door de toepassing van een opstuurhoek (drifthoek), door de boegschroef herhaaldelijk toe te passen naar bakboord en door het toepassen van 50% van de kracht van de voorboot.

Bij het naderen van het Verbindingskanaal werd opgemerkt dat de insprong van de westelijke kaaimuur gerealiseerd dient te worden door middel van een uitloophelling (bijvoorbeeld parallel aan de oostelijke oever). De passeerafstand tussen de boeg en rechte hoek van de insprong bedroeg slechts 15 m. Verder werd gesteld dat de beschikbare ruimte in het Verbindingskanaal onvoldoende is en dat hier op de limiet gevaren werd.

Bij het oplijnen naar en invaren van de sluis werd de achterboot onder een beperkte hoek naar bakboord gebruikt om de dwarswind te compenseren. Deze techniek zou in realiteit ook gebruikt worden. Het schip voer de sluis in met een opstuurhoek ten opzichte van de wind. Hierdoor bleef het achterschip oostelijk van de boeg. De beperkte overbreedte aan de oostelijke zijde van de voorhaven wordt door de loodsen problematisch bevonden en laat niet toe om de gewenste opstuurhoek tot de sluis toe te passen. Hoewel in simulatie 05 het schip de sluis kon invaren zonder contact te maken, toont het gelijktijdige gebruik van maximaal boegschroef, voorboot en achterboot, dat de reserves in deze simulatie onaanvaardbaar waren.

Er werd geconcludeerd dat de simulatie niet realistisch is. Deze conclusie is in eerste instantie ingegeven door de beperkte breedte van de voorhaven in oostelijke richting. Ook de breedte in het Verbindingskanaal werd onvoldoende bevonden.

5.1.2 Simulatie VA_08

In Simulatie 08 werd een sluisuitvaart gesimuleerd. Bij de start van sluisuitvaart ligt het schip stil in de sluis tegen de benedenwindse kolkwand. In simulatie 08 werd een noordwestelijke windrichting onderzocht. Hierdoor werd de simulatie opgestart met het schip tegen de oostelijke kolkwand. De windrichting heeft een eerder beperkte dwarscomponent ten opzichte van de sluis, maar gaat gepaard met een belangrijke dwarswind tot de brug.

Ondanks de beperkte dwarswind bij het uitvaren van de sluis, bleek er in simulatie 08 toch contact op te treden tussen het achterschip en de oostelijke oever van de voorhaven (zie Figuur 12). Hierbij dient

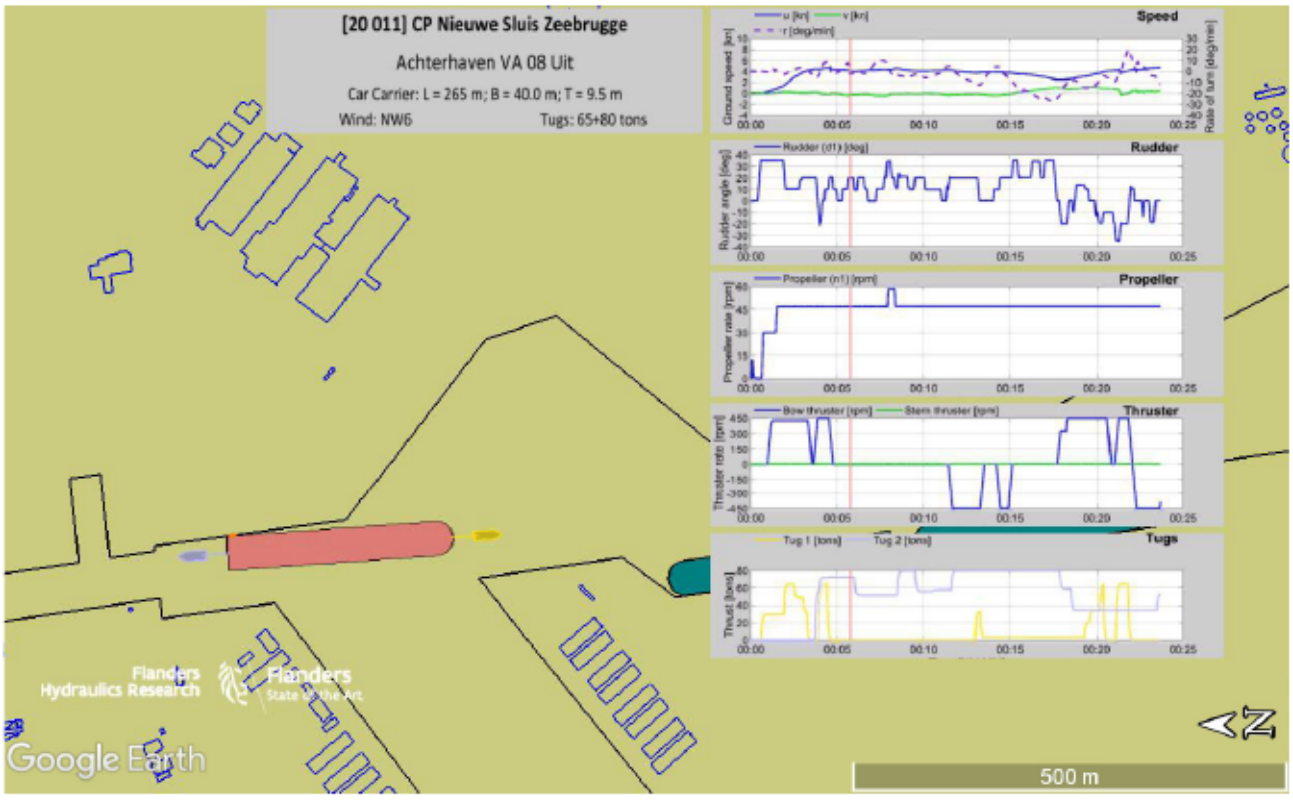
opgemerkt te worden dat er voorafgaand aan dit contact, slechts een erg beperkte toepassing van de beschikbare hulpmiddelen toegepast werd. Men kan stellen dat een er nog voldoende marge was op het roer (maximaal tot 20° gebruikt) of de achterste sleepboot (enkel recht achteruit gebruikt) om het achterschip op te werken tegen de wind en het contact te vermijden. Desondanks illustreert het contact het gebrek aan ruimte aan de oostelijke zijde van de voorhaven.

Ook bij het invaren van het Verbindingskanaal werd op relatief korte afstand gevaren van de afgemeerde schepen (18 m). Er werd herhaald dat de beschikbare breedte van het Verbindingskanaal onvoldoende is.

De noordwestelijke wind is een ongunstige windrichting ten opzichte van de brug over het Verbindingsdok. Hoewel het schip op een gecontroleerde en eerder vlotte manier (ca. 3 kn) de brug nadert, bleek het niet mogelijk om de brug te passeren zonder contact te maken met de zuidelijke geleiding.

De eerdere bezwaren bij de beschikbare ruimte in de voorhaven werden bevestigd (zie §5.1.1) voor een minder ongunstige windrichting. De simulatie bevestigde de onaanvaardbaar kleine ruimte aan de oostelijke zijde van de voorhaven.

Voor de toegankelijkheid van de brug over het Verbindingsdok werd geconcludeerd dat een brugpassage niet uitvoerbaar is bij een dwarse windrichting met windkracht 6 Bft of hoger.



Figuur 13 – Contact tussen achterschip en oostelijke oever voorhaven bij sluisuitvaart in simulatie VA_08

5.2 Variant B

Variant B (zie Figuur 13) verschilt van variant A in de uitvoering van de westelijke oever van het Verbindingskanaal. In variant B wordt de kaaimuur in het Verbindingskanaal verlengd in zowel noordelijke (tot aan de voorhaven van de sluis) als zuidelijke (tot aan het Verbindingsdok) richting. De beschikbare afstand voor het afmeren van schepen wordt beperkt tot 400 m opwaarts het sluishoofd.

Behalve de afwezigheid van de landtong wordt er in variant B ook bijkomende breedte van het Verbindingskanaal gegeneerd door enkele simulaties uit te voeren met afgemeerde schepen met breedte 32.2 m in plaats van 40.0 m. Ook werd onderzocht of aan oostelijke zijde de aanwezigheid van een geleidingsconstructie wenselijk zou zijn.

Merk op dat variant B geen oplossing biedt voor het belangrijkste knelpunt uit variant A: de oostelijke oever van de voorhaven is in beide varianten identiek.

Er werden vijf simulaties uitgevoerd in variant B waarvan één gewenningsvaart[2]. Het betroffen twee sluisuitvaarten en drie sluisinvaarten. In drie simulaties werd bovendien de meerwaarde van een geleidingsconstructie onderzocht en op de laatste simulatie na, werd de breedte van de afgemeerde schepen in het Verbindingskanaal beperkt tot 32.2 m.



Figuur 14 – Variant B (Achterhaven)

[2] Een gewenningsvaart betreft de eerste simulatie die uitgevoerd werd door de loodsen die deelnamen aan het onderzoek. Deze eerste simulatie heeft vaak afwijkende resultaten ten gevolge van de onbekende condities die onderzocht worden en mogelijks ook door beperkte simulatorervaring van de deelnemers.

5.2.1 Simulatie VB_01

Simulatie VB_01 betrof de eerste simulatie naar de Achterhaven die binnen deze studie uitgevoerd werd. Door de beperkte ervaring van de loodsen met zowel het (fictieve) schip, de vaaromgeving en de positiebepaling op simulator werd deze simulatie beschouwd als een gewenningssimulatie. De resultaten van simulatie 01 werden in hoge mate bepaald door onvoldoende aandacht voor het ophouden van het achterschip tegen de wind en door de moeilijkere positiebepaling van het schip door de onbekendheid van de omgeving enerzijds en door de beperktere oriëntatiekenmerken in de omgeving anderzijds.

Er werden aan simulatie VB_01 geen conclusies verbonden.

5.2.2 Simulatie VB_02

Simulatie VB_02 betrof eveneens een sluisuitvaart bij windconditie WZW6. Nu echter werd, rekening houdend met de erg beperkte oostelijke breedte van de voorhaven, een geleidingsconstructie van 200 m voorzien in het verlengde van de oostelijke kolkmuur. Bij een sluisuitvaart bij belangrijke westelijke wind zou het schip langs deze geleidingsconstructie kunnen glijden tot wanneer het ruimere vaarwater ter hoogte van de Vismijn bereikt werd (hierbij werd abstractie gemaakt van eventuele dieptebeperkingen in de Vismijn).

Ondanks de beschikbaarheid over een geleidingsconstructie, achten de loodsen het niet wenselijk om contact te houden met deze geleiding. Een uitvoering glijdend langs een geleidingsconstructie zal immers steeds aanleiding geven tot (verf-)schade aan het schip en zal in realiteit vermeden worden.

In simulatie VB_02 werd getracht om door een intensief gebruik van de hulpmiddelen het schip tegen de wind op te werken om een contact met de geleiding (en dus ook de oostelijke oever) te vermijden. Zo werd reeds in de sluis de voorboot tot volle kracht toegepast over stuurboord, waardoor het schip tot tegen de bovenwindse kolkmuur verplaatst werd (en zelf een zacht contact maakte met het achterschip).

Door de hoge uitvaarpositie uit de sluis, werd er op ruime afstand van de geleidingsconstructie gevaren. De vaart in het Verbindingskanaal werd uitgevoerd aan 4 kn. Doordat de landtong in het Verbindingskanaal verwijderd werd en doordat de breedte van de afgemeerde schepen beperkt werd tot 32.2 m, was de beschikbare breedte van het Verbindingskanaal in simulatie VB_02 gelijk aan 115 m. Om het schip door middel van het roer op te houden tegen de wind, bleek het roer gecombineerd te moeten worden met een schroeftoerental overeenkomstig telegraafstand Slow Ahead (getuige hiervan de herhaaldelijk maximale roerhoeken naar bakboord tijdens de doorvaart van het Verbindingskanaal). Om te vermijden dat het schip vervolgens te veel zou versnellen, diende een belangrijk achterwaarts gebruik van de achterste sleepboot toegepast te worden. Tijdens de vaart door het Verbindingskanaal werd de achterboot intensief gebruikt (tussen 75% en 100%). Ook de voorboot werd continu op 50% van de beschikbare kracht toegepast.

De positie van het schip in het Verbindingskanaal was gunstig, de loodsen oordelen dat de beschikbare vaarwegbreedte in het Verbindingskanaal (breedte 115 m) een passage mogelijk maakt, maar dat deze gepaard gaat met weinig reserves en een meer dan normale moeilijkheidsgraad.

Het naderen van de brug verliep vlot (ca. 4 kn) en werd door de loods positief onthaald (in die zin dat het aanlopen van de brug vanuit het Verbindingskanaal vlotter uitgevoerd kon worden dan oorspronkelijk gedacht). Toch trad tijdens de brugpassage een contact op tussen het schip en de zuidelijke bruggeleiding. De loods schreef dit contact echter toe aan een moeilijkere positionering op simulator en stelde dat de brugpassage in realiteit aanvaardbaar zou zijn. Door de korte oplijnafstand tot de brug bij afvaart wordt echter een lagere vaarsnelheid aangeraden tijdens het bochten en tijdens het oplijnen tot de brug (zie simulatie VA_08, §5.1.2). In simulatie VB_02 werd geoordeeld dat het brugmanoeuvre gepaard ging met weinig reserves en een meer dan normale moeilijkheidsgraad.

5.2.3 Simulatie VB_03

In simulatie VB_03 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie VB_02, maar voor een sluisinvaart. De simulatie werd aangevat op een positie in het Noordelijk Insteekdok waardoor het naderen van de brug op een gelijkaardige manier (bochtend) uitgevoerd diende te worden als in geval van de sluisuitvaart onderzocht in simulatie VB_02. Een belangrijk verschil is vanzelfsprekend dat in simulatie VB_03 het schip de wind op kop heeft wat een gunstigere conditie is dan de rugwind uit simulatie VB_02.

In simulatie VB_03 werd de brug genaderd aan een snelheid gelijk aan 3 kn. Eénmaal een gunstige positie en koers ten opzichte van de brug bekomen werd, werd de snelheid opgebouwd tot 4.5 kn. De passage van de brug kon in simulatie VB_03 gunstig uitgevoerd worden. Er werd gesteld dat bij de westzuidwestelijke wind een passage van de brug van oost naar west gepaard ging met een normale moeilijkheidsgraad en voldoende reserves.

Het schip opdraaien naar het Verbindingskanaal werd uitgevoerd aan een vaarsnelheid gelijk aan 3 tot 4 kn maar de vaarsnelheid werd vervolgens opgebouwd tot 6 kn waarbij de boeg tot op 14 m van de afgemeerde schepen passeerde. De vaarsnelheid tot 6 kn werd te hoog geacht voor een vaart door het Verbindingskanaal, te meer omdat het afbouwen van de snelheid aanleiding geeft tot onvoldoende controle over het schip (kleine schroeftoerentallen verminderen de effectiviteit van het roer en de stuurbaarheid van het schip).

Ook voor het invaren van de sluis wenste de loods geen gebruik te maken van de beschikbare geleidingsconstructie. Doordat getracht werd om het achterschip vrij te houden van de geleiding, landde de boeg tegen de oostelijke kolkmuur op het ogenblik dat de boeg zich ca. een kwart in de sluis bevond. Vervolgens maakte ook het achterschip een hard contact met de geleidingsconstructie. De sluisinvaart werd bijgevolg uitgevoerd zonder gebruik te maken van de geleidingsconstructie maar kon op die manier niet op een gecontroleerde manier uitgevoerd worden. De loodsen oordeelden dat de ongecontroleerde sluisinvaart deels veroorzaakt werd door de te hoge vaarsnelheid in het Verbindingskanaal. Bijgevolg werden de condities uit deze simulatie herhaald in een volgende simulatie.

5.2.4 Simulatie VB_04

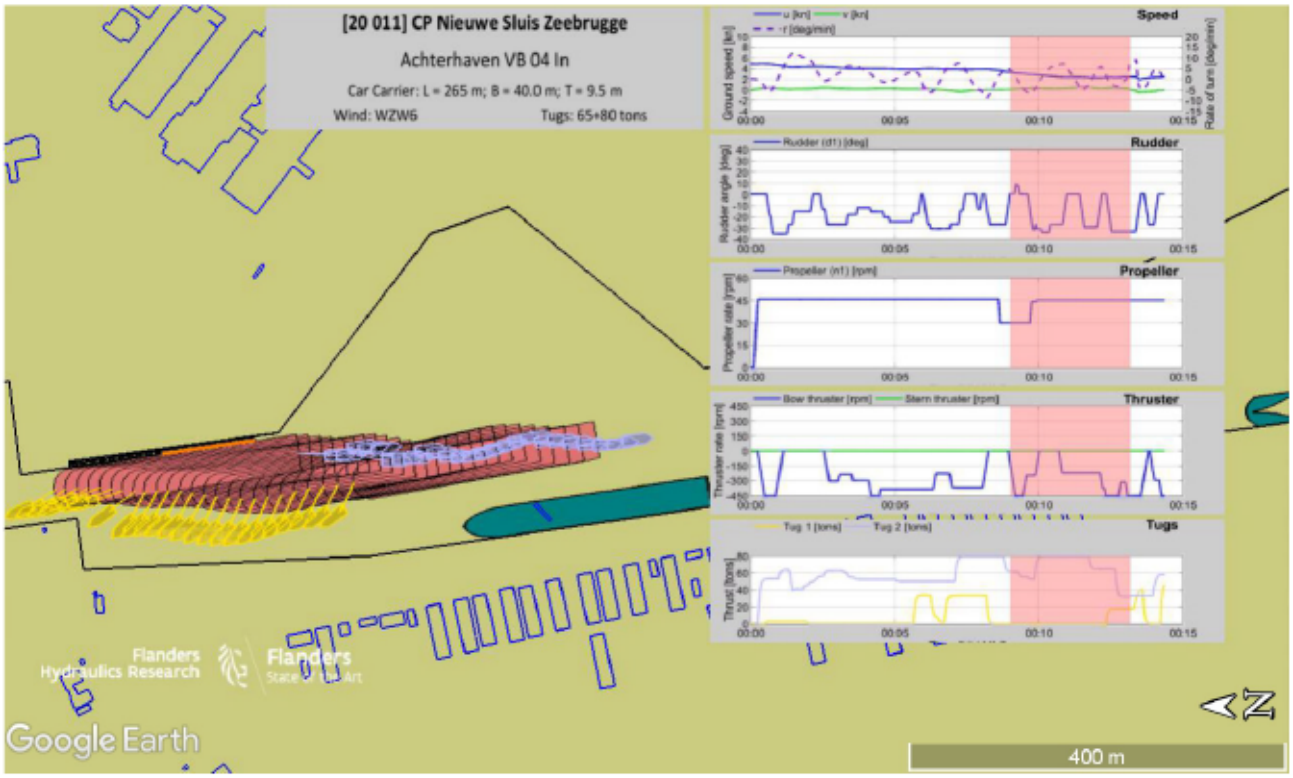
In simulatie VB_04 werd de sluisinvaart uit simulatie VB_03 hernomen. De simulatie werd aangevat bij het opdraaien naar het Verbindingskanaal waarbij een vaarsnelheid gelijk aan 5 kn ingesteld werd. Er werd geen initiële zwaaibeweging verondersteld.

Tijdens het varen in het Verbindingskanaal verminderde de loods de vaarsnelheid tot 4 kn. Er werd herhaald dat de beschikbare breedte in het Verbindingskanaal (115 m) een passage toelaat, maar gepaard gaat met weinig reserves.

De sluis werd hoog aan de wind genaderd (zie Figuur 14), om op die manier meer reserve te behouden bij het invaren van de sluis. Wanneer de boeg de sluis bereikt, kan de voorste sleepboot slechts een kleine hoek ten opzichte van de wind hanteren. Hierdoor dient het evenwicht tussen boeg en wind mogelijks gecompenseerd te worden door het achterschip te laten doorzwaaien naar de benedenwindse zijde van de sluis. Door de aanwezigheid van de geleidingsconstructie (en de onmiddellijk daarachter liggende oostelijke grens van de voorhaven) is deze uitvoering niet mogelijk en landde het schip tegen het geleidingswerk.

Na uitvoering van de simulaties 02, 03 en 04 werd geconcludeerd dat de havenloodsen de toepassing van een geleidingswerk voor het uitvoeren van de sluismanoeuvres onwenselijk achten. De sluismanoeuvres vereisen voldoende ruimte in de voorhaven van de sluis om het schip op een varende manier op te lijnen en te positioneren naar de sluis. De beperkte ruimte aan de oostelijke zijde van de voorhaven faciliteert dit gewenste sluismanoeuvre niet. Er werd geconcludeerd dat variant B (zowel met als zonder geleidingsconstructie) geen aanvaardbaar sluisinvaarten toelaat bij een westelijke wind met kracht 6 Bft.

Bovendien werd opgemerkt dat de positie van het meest noordelijk afgemeerde schip hinderlijk was voor de sluisinvaart. Er werd gesteld dat er geen schepen afgemeerd mogen worden tot minimaal twee scheepslengtes (=530 m) van de sluis.



Figuur 15 – Sluisnadering in simulatie VB_04

5.2.5 Simulatie VB_07

In simulatie VB_07 werd een sluisinvaart gesimuleerd bij een oostenwind met kracht 6 Bft. De breedte in het Verbindingskanaal was beperkt tot 107 m doordat de afgemeerde schepen een breedte gelijk aan 40 m hadden.

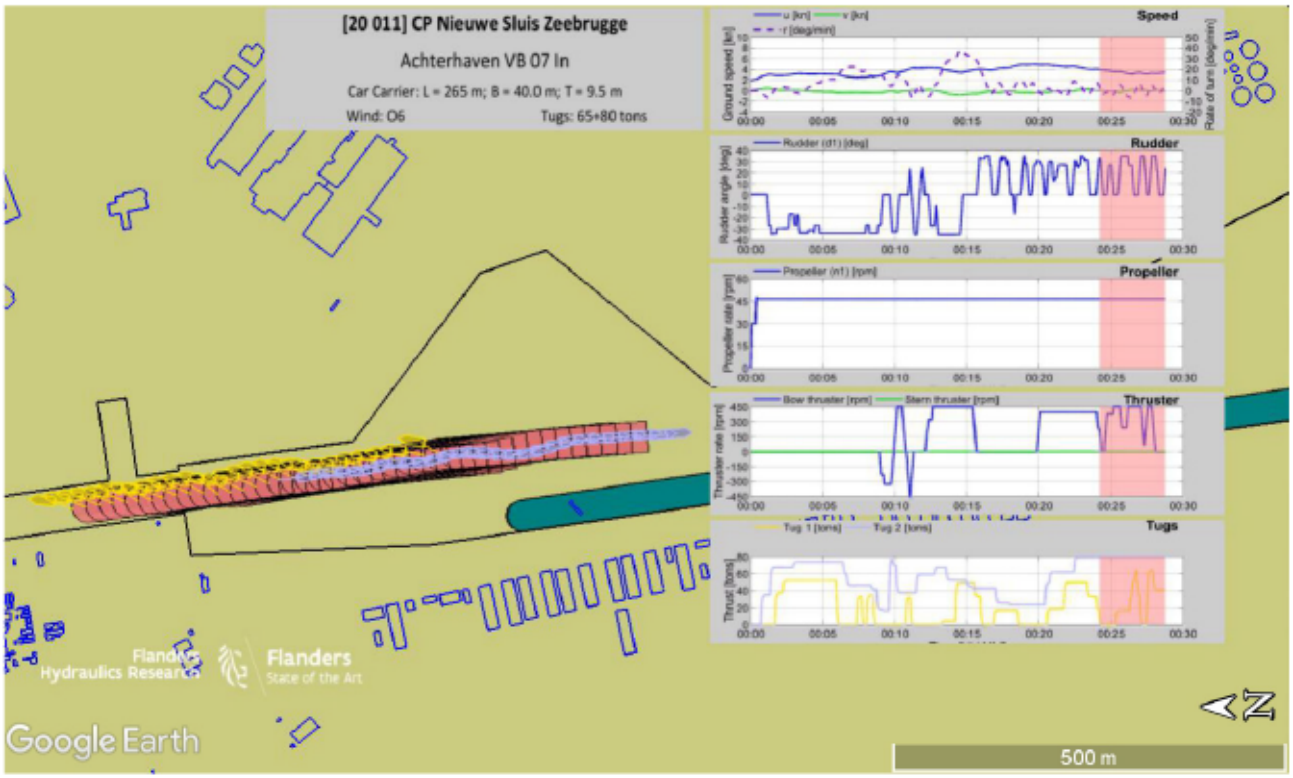
Ook bij oostenwind (beperkte dwarscomponent ten opzichte van de brug) kon een aanvaardbare passage van de brug gerealiseerd werden. Dit vereiste wel een korte passeerafstand tot het droogdok (13 m) maar deze werd door de loods aanvaardbaar geacht. Eenzelfde (gunstige) beoordeling werd gegeven als voor de westzuidwestelijke windrichting voor wat betreft de passage van de brug.

De vaart door het Verbindingskanaal werd uitgevoerd aan 4 tot 5 kn en ging bij het invaren van het kanaal gepaard met een afstand tot de oostelijke oever gelijk aan 12 m. Er werd gesteld dat de breedte van het Verbindingskanaal (in deze simulatie 107 m) onvoldoende was. De loodsen stellen dat een minimale breedte gelijk aan 130 m vereist zou zijn.

De voorhaven van de sluis wordt ook voor oostelijke windrichting door de loodsen ongunstig geacht doordat deze niet toelaat om hoog aan de wind de sluis te naderen. In simulatie 07 kon nochtans een gunstige sluisinvaart uitgevoerd worden door toepassing van een intensief gebruik van de sleepboten, de boegschroef, het roer en de schroef en door het schip zo goed als mogelijk op te lijnen naar de sluis (dus zonder drifthoek). Uit Figuur 15 blijkt dat de sluisinvaart uitgevoerd kon worden met een minimale ruimte-inname in de voorhaven, maar door een intensief gebruik van de hulpmiddelen. Er werd geconcludeerd dat de sluisinvaart bij windconditie O6 uitvoerbaar is, maar gepaard gaat met weinig reserves en een meer dan normale moeilijkheidsgraad. De eerder gunstige resultaten in simulatie 07 zijn mede het resultaat van de ervaring die in de eerdere simulaties opgebouwd werd.

In meerdere simulatiestudies die door WL uitgevoerd werden, bleek een uitgelijnde sluisinvaart (zoals gehanteerd in simulatie 07) de geprefereerde uitvoering. Echter dient de ruimte in de voorhaven de mogelijkheid te bieden om de positie te compenseren door gepaste bewegingen van het achterschip en een

voldoende bewegingsvrijheid voor de sleepboten. Rekening houdend met de beschikbare ruimte ter hoogte van de Pierre Vandammesluis wordt gesteld dat de minimale openingshoek van de voorhaven 8° dient te bedragen.



Figuur 16 – Sluisnadering in simulatie VB_07

5.3 Variant C

Variant C bouwt verder op variant B en voorziet behalve in een westelijke uitbreiding van het Verbindingskanaal ook in een oostelijke verruiming van zowel Verbindingskanaal als voorhaven van de sluis.

De positie van de oostelijke oever werd ingetekend op de positie van het alternatief Visart-Oost zoals niet weerhouden werd in de onderzoeksfase van CP NSZ.

De breedte van het Verbindingskanaal in variant C bedraagt 150 m ten opzichte van schepen met breedte 40.0 m afgemeerd aan de westelijke kaaimuur. De oostelijke openingshoek van de voorhaven bedraagt in variant C 10.3° (ten opzichte van 1.0° in varianten A en B).

Variant C werd bovendien gecombineerd met de geplande ontwikkeling van het Boudewijnkanaal ten zuiden van het Verbindingsdok. Deze ontwikkeling heeft echter geen impact op de manoeuvres die in deze studie gesimuleerd worden.

Doordat variant C overeenstemt met een niet-weerhouden variant uit de onderzoeksfase werd er slechts één simulatie in deze variant uitgevoerd.



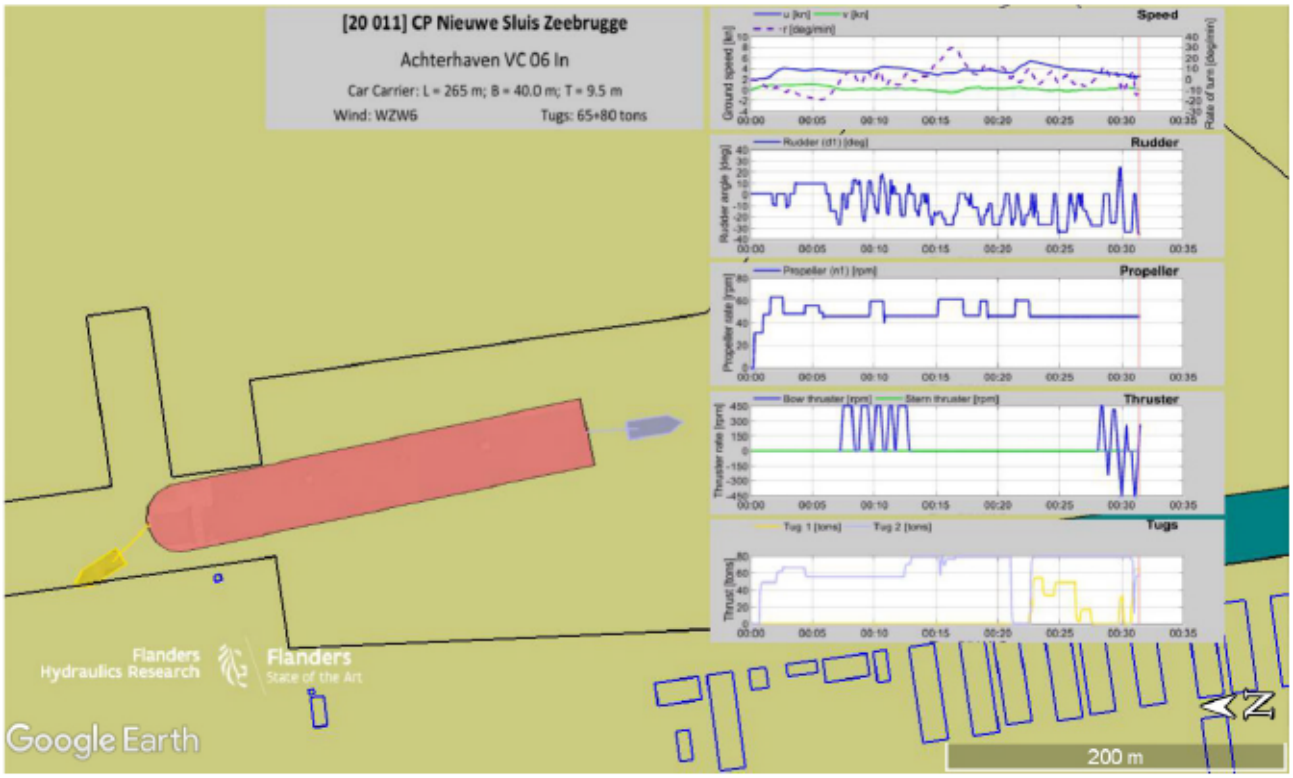
Figuur 17 – Variant C (Achterhaven)

5.3.1 Simulatie VC_06

Variant C werd slechts in één simulatie onderzocht. In simulatie 06 werd net als het merendeel van de andere simulaties windconditie WZW 6 gedefinieerd.

De grote breedte van het Verbindingskanaal geeft aanleiding tot opvallend ruime passeerafstanden en werd uitgevoerd zonder toepassing van de boegschroef. De boegschroef werd wel gehanteerd bij de brugpassage en tijdens het sluismanoeuvre.

De sluis werd genaderd vanuit een hoge positie. Wanneer de boeg de sluis bereikte, werd het achterschip naar stuurboord bewogen om de boeg tegen de wind in te bewegen. Het achterschip neemt in dit manoeuvre een oostelijke positie ten opzichte van de sluis in (zie Figuur 17), welke niet beschikbaar is in de varianten A en B. De eindpositie in simulatie VC_06 (zie Figuur 17) is illustratief voor de vereiste oostelijke openingshoek van de voorhaven. Een contact tussen de boeg van het schip en de benedenwindse sluishoek kon in deze simulatie niet vermeden worden, waardoor een gepaste fendering (bvb. wielfenders) op deze locatie vereist is. Er dient verder opgemerkt te worden dat een stabiele sluisinvaart waarbij het schip opgelijnd blijft met de sluis steeds te verkiezen is. De situatie weergegeven in Figuur 17 is dus niet wenselijk maar wel realistisch (bij extreme dwarswind) en dient gefaciliteerd te worden door de afmetingen van de voorhaven.



Figuur 18 – Eindpositie schip in sluis in simulatie VC_06

5.4 Variant D

Op de eerste simulatiedag werden de varianten A, B en C onderzocht. Hieruit bleek dat de voorhaven van de sluis een minimale openingshoek van 8° diende te hebben ten opzichte van de sluiskolk en dat een minimale breedte van 130 m vereist geacht werd voor het Verbindingskanaal. Hoewel variant C voldoet aan deze vereisten, gaat deze variant gepaard met een groot ruimtebeslag aan de oostelijke oever en meer bepaald ter hoogte van de Vismijn. Om een aanvaardbare variant te bekomen met beperktere inname van de oostelijke oever werd variant D ontwikkeld (zie Figuur 18).

Variant D wordt gekenmerkt door onderstaande ontwerpkeuzes:

- de noordelijke kaaimuur van de Vismijn werd ingesneden volgens een openingshoek van 8° ten opzichte van de oostelijke kolkmuur (zie Figuur 19).
- de oostelijke oever van het Verbindingsdok werd parallel aan de sluisas getekend, in het verlengde van de noordelijke hoek van de Vismijn (welke ingesneden werd volgens de bovenvermelde methode).
- De landtong tussen het Prins Filipsdok en de nieuwe kaaimuur op de westelijke oever wordt behouden
- De kaaimuur op de westelijke oever wordt in zuidelijke richting verlengd tot de aansluiting op het verbindingsdok zoals toegepast in variant B. Hierdoor ontstaat een beschikbare kaailengte gelijk aan 890 m.

De ligging van de oostelijke oever van het Verbindingsdok gaat in variant D gepaard met een beschikbare breedte van het Verbindingsdok gelijk aan 136 m ten opzichte van de 40.0 m brede afgemeerde schepen en gelijk aan 122 m ten opzichte van de landtong.

Variant D vormde het onderwerp van alle acht simulaties uitgevoerd op de tweede simulatiedag naar de Achterhaven. De onderzochte condities en bijhorende beoordeling van deze simulaties worden weergegeven in Tabel 8.



Figuur 19 – Variant D (Achterhaven)



Figuur 20 – Variant D (Achterhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken 8°

5.4.1 Simulatie VD_09

Simulatie 09 was de eerste simulatie die uitgevoerd werd op de tweede simulatiedag naar de Achterhaven. Eén van de twee loodsen die op de tweede simulatiedag deelnam, nam eerder ook deel aan de eerste simulatiedag.

De simulatie werd uitgevoerd bij de windconditie WZW6.

Net als in eerder onderzochte varianten bij dezelfde windconditie bleek een zuidwestelijke windrichting een aanvaardbare brugpassage toe te laten bij een windkracht tot en met 6 Bft. Ook de vaart in het Verbindingskanaal (beschikbare breedte 136 m) kon uitgevoerd worden bij aanvaardbare vaarsnelheid en zonder gebruik te maken van boegschroef of voorste sleepboot. Dit resultaat is gunstiger dan tijdens simulaties in eerdere varianten. Toch stelde de loods dat de beschikbare breedte in het Verbindingskanaal smal aanvoelde en dat de achterste sleepboot onder een hoek tegen de wind ingezet diende te worden. Ook blijkt duidelijk dat de westelijke vaarwegbeperking ter hoogte van de landtong tot gevolg heeft dat het schip een oostelijkere (en dus benedenwindse) vaarpositie aanneemt wanneer de voorhaven van de sluis bereikt wordt. Er werd gesteld dat de landtong niet toelaat om de sluis op de gewenste manier te naderen. De lage naderingspositie tot de sluis impliceerde tijdens de sluisinvaart een contact met de oostelijke sluishoek.

De aanwezigheid van de landtong op korte afstand van de sluis en het daaruit volgende harde contact met de sluis, resulteerde in een opvallend negatieve beoordeling van deze conditie. Er werd wel genuanceerd dat deze negatieve beoordeling volledig ingegeven is door de aanwezigheid van de landtong. Een verwijdering van de landtong (en dus het noordelijk verlengen van de westelijke kaaimuur (zie variant B)) wordt vereist geacht. Ook een gepaste fendering van de sluishoeken (bestaande uit een rol- of wielfender in lijn met de drijframen) wordt vereist geacht.

Doordat deze simulatie de eerste van de dag betrof, werden dezelfde condities ook later nog gesimuleerd in simulatie VD_16.

5.4.2 Simulatie VD_10

Simulatie 10 betrof een sluisuitvaart bij dezelfde condities als simulatie 09. Deze simulatie was de eerste simulatie uitgevoerd door deze loods.

Het uitvaren van de sluis werd gunstig uitgevoerd, maar ondanks de ruimere breedte van het Verbindingskanaal in variant D, voer het schip in simulatie 10 toch op korte afstand (12 m) van de oostelijke oever. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat tijdens de vaart door het Verbindingskanaal er geen sleepboten en geen boegschroef ingezet werden. Uit eerdere simulaties is bekend dat het gebruik van (minimaal) de achterste sleepboot (al dan niet met een hoek tegen de wind) noodzakelijk was voor de vaart door het Verbindingskanaal. De kleine afstand tot de oostelijke oever in simulatie 10 kan bijgevolg toegeschreven worden aan de beperkte ervaring van de loods in de simulatiestudie.

Bij het opdraaien naar de brug werd een ruime bocht uitgevoerd waardoor het schip te zuidelijk uitkwam. De positie van het schip diende gecorrigeerd te worden door de vaarsnelheid af te bouwen tot bijna 0 kn. Na een positionering van het schip op korte afstand van de brug, kon een aanvaardbare brugpassage gerealiseerd worden. De beperkte vlotheid van het brugmanoeuvre kan opnieuw toegeschreven worden aan de beperkte ervaring van de loods in deze simulatie.

Uiteindelijk wordt de simulatieomgeving wel positief beoordeeld door de loodsen.

5.4.3 Simulatie VD_11

In simulatie 11 werd een sluisinvaart bij oostelijke wind onderzocht. Bij deze windrichting is de aanwezigheid van de landtong niet nadelig om een hoge naderingspositie tot de sluis te realiseren.

Door een ongelukkige opeenvolging van visualisatie-instellingen op de scheepsbrug, was het simulatorbeeld verstoord tijdens het brugmanoeuvre. Hierdoor kon het schip niet goed gepositioneerd worden ten opzichte van de brug en trad er, behalve een te hoge passagesnelheid, ook een contact op met de bruggeleiding. Door de foutieve weergave van het buitenbeeld op de simulator werd de brugpassage in simulatie 11 niet beoordeeld. Op basis van eerdere simulaties met een gunstige brugpassage bij oostelijke wind, is echter bekend dat deze windconditie een aanvaardbare brugpassage toelaat (zie §5.2.5).

Doordat de oostenwind het schip verzet naar het westen, werd in het Verbindingskanaal op een oostelijke positie gevaren. De kleine afstand tot de (bovenwindse) oostelijke oever (9 m) wordt hier niet als een onveilige situatie beschouwd, maar was net de intentie van de loods.

Het naderen en invaren van de sluis werd positief beoordeeld. Hoewel het schip tot op korte afstand van de westelijke sluishoek voer, trad er geen contact op tussen het schip en sluisconstructie. De simulatie werd stopgezet wanneer het schip zich voor de helft binnen de sluis bevond. Het invaren van de sluis kreeg een positieve beoordeling.

5.4.4 Simulatie VD_12

Simulaties 12 tot 15 werden uitgevoerd bij windrichtingen die een kleinere dwarscomponent tot de sluis hadden, maar een grotere dwarscomponent ten opzichte van de brug in het Verbindingsdok. De gesimuleerde windkracht bedroeg steeds 6 Bft. Ten opzichte van de eerdere simulaties bij westzuidwestelijke of oostelijke wind, verschuift het knelpunt in deze simulaties van de sluis naar de brug.

Simulatie 12 betrof een sluisinvaart bij noordoostelijke wind. De simulatie vatte aan in het Noordelijke Insteekdok. Enerzijds door de rugwind en anderzijds doordat de loods een ruime bocht wou maken naar de brug (om zo reeds een opstuurhoek te hebben tegen de wind) kwam het schip op korte afstand van steiger 504 terecht. Er diende een crash stop manoeuvre uitgevoerd te worden om contact met de steiger te vermijden. Vervolgens werd het schip gepositioneerd naar de brug en werd de vaarsnelheid terug opgebouwd. Uiteindelijk werd de brugpassage uitgevoerd aan een vaarsnelheid gelijk aan 5.5 kn. De afstand tussen het schip en de zuidelijke (benedenwindse) bruggeleiding was erg beperkt (< 1 m).

De hoge vaarsnelheid en de kleine afstand tot de brug, gecombineerd met het crash stop manoeuvre en het intensieve gebruik van hulpmiddelen illustreren de beperkte reserves waarmee deze brugpassage uitgevoerd werd. Toch oordeelde de loods dat de brugpassage bij een noordoostelijke wind gepaard ging met een normale moeilijkheidsgraad. Deze beoordeling wordt echter tegengesproken door de simulatieresultaten.

De vaart door het Verbindingskanaal en de sluisnadering werden gunstig uitgevoerd. Toch werd ook in deze simulatie bij noordoostenwind opgemerkt dat de aanwezigheid van de landtong in de voorhaven hinderlijk was.

De dwarscomponent ten opzichte van de sluis (oriëntatie 350°) van een noordoostelijke wind is slechts weinig kleiner dan voor een oostelijke wind. Ook in simulatie 12 was er bijgevolg een belangrijk gebruik van boegschroef en voorboot noodzakelijk om de boeg op te houden tegen de wind. Bij de sluisinvaart trad er een licht contact op met de westelijke sluishoek. Met uitzondering van de aanwezigheid van de landtong, werd de beschikbare ruimte in de voorhaven voldoende geacht voor een sluisinvaart bij noordoostenwind.

5.4.5 Simulatie VD_13

In simulatie 13 werd een afvaart onderzocht bij een noordwestelijke windrichting.

Ondanks de gunstige naderingspositie tot de brug (op korte afstand van het droogdok) en het intensieve gebruik van de beschikbare hulpmiddelen kon in simulatie 13 tot tweemaal toe (éénmaal met de boeg en éénmaal met het hek) niet vermeden worden dat het schip landde op de zuidelijke geleiding van de brug. De brugpassage bij een noordwestelijke wind met kracht 6 Bft werd dan ook onaanvaardbaar geacht door de uitvoerende loods.

Door de gunstigere oriëntatie van de wind ten opzichte van de sluis, kon de vaart in het Verbindingskanaal en de sluisinvaart op een gunstige manier uitgevoerd worden. De vereiste inzet van boegschroef en voorboot blijft wel hoog tijdens de sluisinvaart. Bijgevolg werden de beschikbare reserves voor sluisinvaart als weinig beoordeeld.

5.4.6 Simulatie VD_14

In simulatie 14 werd de noordwestelijke windconditie gecombineerd met een sluisuitvaart. Gegeven de ongunstige beoordeling van de brugpassage uit simulatie 13, werd in simulatie 14 de kracht van de voorboot verhoogd tot 80 ton. Simulatie 14 werd bijgevolg uitgevoerd door twee sleepboten met kracht 80 ton.

Rekening houdend met de resultaten uit de vorige simulatie werd de brug genaderd aan een erg lage snelheid (< 2 kn). Eenmaal het schip een gunstige positie ten opzichte van de brug had, werd het schip versneld om uiteindelijk aan ca. 5 kn door de brug te varen. Tijdens de brugpassage werd zo een groot schroefgebruik, gecombineerd met maximale roerhoeken en maximaal gebruik van de boegschroef en de voorboot. Het schip bleef uiteindelijk net vrij (afstand niet waarneembaar) van de zuidelijke bruggeleiding. De combinatie van deze factoren deed de loods besluiten dat, zelfs middels deze erg gecontroleerde brugnadering de passage van de brug risicovol is bij een noordwestelijke wind met kracht 6 Bft. De passage van de brug werd dan ook negatief beoordeeld.

5.4.7 Simulatie VD_15

In simulatie 15 werd een sluisuitvaart gesimuleerd bij een windconditie NO6 en werd de kracht van de voorboot opnieuw verhoogd tot 80 ton.

De brugpassage werd op een gelijkaardige wijze uitgevoerd als in simulatie 14, maar in simulatie 15 kon een contact met de zuidelijke bruggeleiding niet vermeden worden. Het harde contact tussen het schip (midscheeps) en de brug gaf aanleiding tot de beoordeling ‘niet gelukt met schade‘. Net als bij de noordwestelijke windconditie in simulatie 14 werd geconcludeerd dat de passage van de brug risicovol is bij een noordoostelijke wind.

Samenvattend kan, na uitvoering van simulaties 12 tot en met 15, gesteld worden dat de brugpassage niet aanvaardbaar is voor windkrachten vanaf 6 Bft voor windrichtingen met een belangrijke dwarse component ten opzichte van de brug. Voor langs gerichte winden (WZW of O) is een brugpassage wel veilig uitvoerbaar tot windkracht 6 Bft. Op basis van het gevoerde onderzoek wordt besloten dat een brugpassage enkel aanvaardbaar is bij windkracht 6 Bft indien de windrichting minder dan 20° afwijkt van de oriëntatie van de brugopening (250.7°).

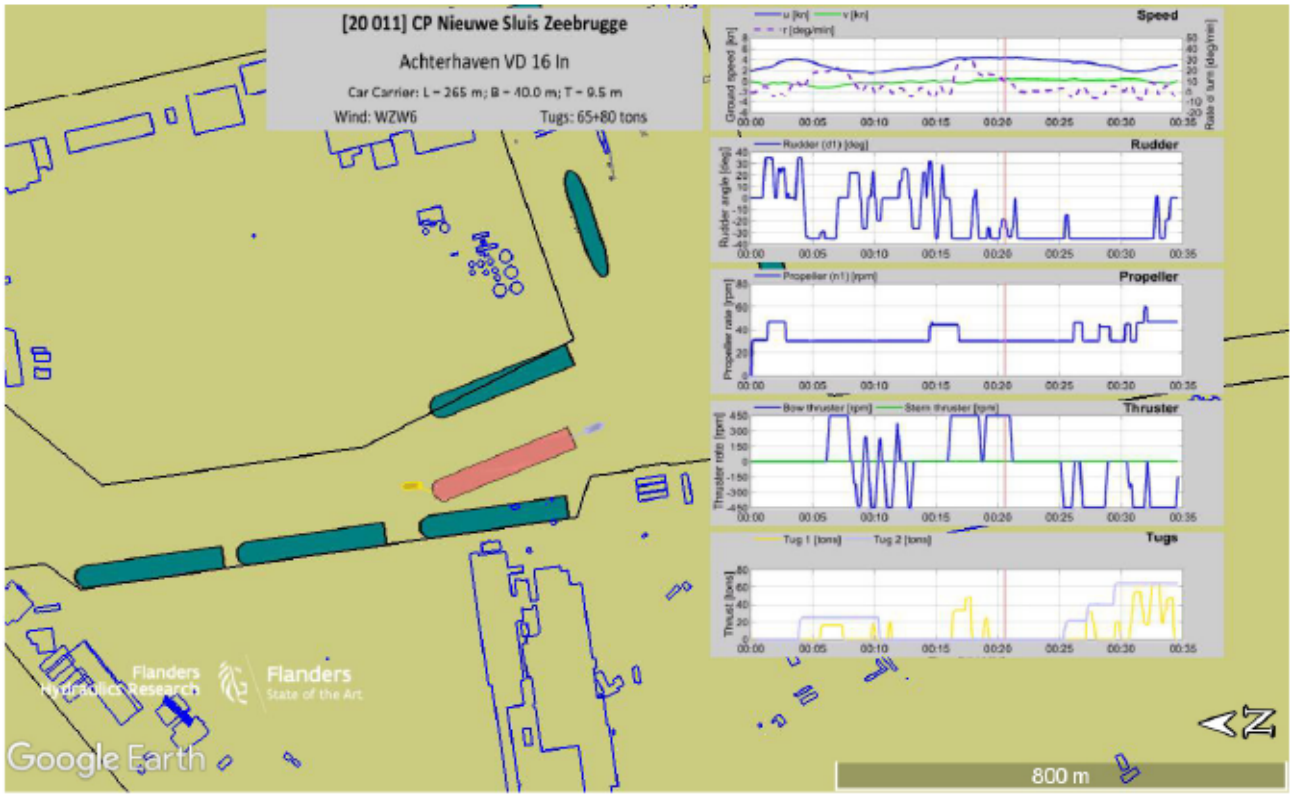
5.4.8 Simulatie VD_16

In simulatie 16 werden de condities uit simulatie 09 herhaald. De afvaart werd uitgevoerd bij een windconditie WZW6. Er werd in deze simulaties wel een bijkomende hindernis geplaatst aan de oostelijke oever van het Verbindingskanaal (zie Figuur 20). De aansluiting van het Verbindingskanaal op het Verbindingsdok werd met 40 m versmald door op deze locatie een schip af te meren. Het bijkomend afgemeerde schip werd deels op de oever afgemeerd om een andere uitvoering van de oostelijke oever te onderzoeken.

De alternatieve uitvoering van de oostelijke oever gaf aanleiding tot een korte afstand tussen het schip en de afgemeerde schepen aan de westelijke kaaimuur (22 m, zie Figuur 20) en werd ongunstig beoordeeld.

Voor de sluisinvaart werd herhaald dat de aanwezigheid van de landtong in de voorhaven nadelig is voor de sluisinvaart bij westelijke winden. Mits verwijderen van de landtong werd geoordeeld dat de voorhaven een aanvaardbare sluisinvaart toelaat. De beoordeling ‘gelukt met weinig reserves’ is voornamelijk ingegeven

door de belangrijke inzet van de hulpmiddelen die nodig is om in het Verbindingskanaal en tijdens de sluisnadering de dwarswind op het schip te compenseren.



Figuur 21 – Alternatieve uitvoering oostelijke oever Verbindingskanaal zoals onderzocht in simulatie VD_16

5.5 Variant E

Op basis van de simulaties uitgevoerd naar variant D werd besloten dat variant D een nautisch aanvaardbaar ontwerp is mits het verwijderen van de landtong aanwezig in de voorhaven van de sluis. Door in variant D deze aanpassing uit te voeren wordt variant E (zie Figuur 21) bekomen. Hoewel variant E (net als de eerdere varianten B en C) gepaard gaat met een verlenging in noordelijke richting van de westelijke kaaimuur, kunnen er aan deze kaaimuurverlenging geen bijkomende schepen afgemeerd worden. Er wordt gesteld dat er pas schepen afgemeerd mogen worden op minimaal 530 m afstand van de sluis. De beschikbare breedte van het Verbindingskanaal (gemeten tussen de verticale oostelijke oever en de afgemeerde schepen aan de westelijke oever) bedraagt 136 m.



Figuur 22 – Variant E (Achterhaven)

5.6 Variant F (ontmoetingen)

Tijdens de eerste twee simulatiedagen naar de Achterhaven werd het Visart-ontwerp geoptimaliseerd voor de toegankelijkheid van het nautische ontwerpschip voor NSZ. Hierbij werd echter opgemerkt dat variant E geen scheepsontmoetingen toelaat in het vaargebied tussen de sluis en de brug. Zowel de breedte van het Verbindingskanaal als de beperkte ruimte ten westen van de brug in het Verbindingsdok laten geen scheepsontmoetingen toe.

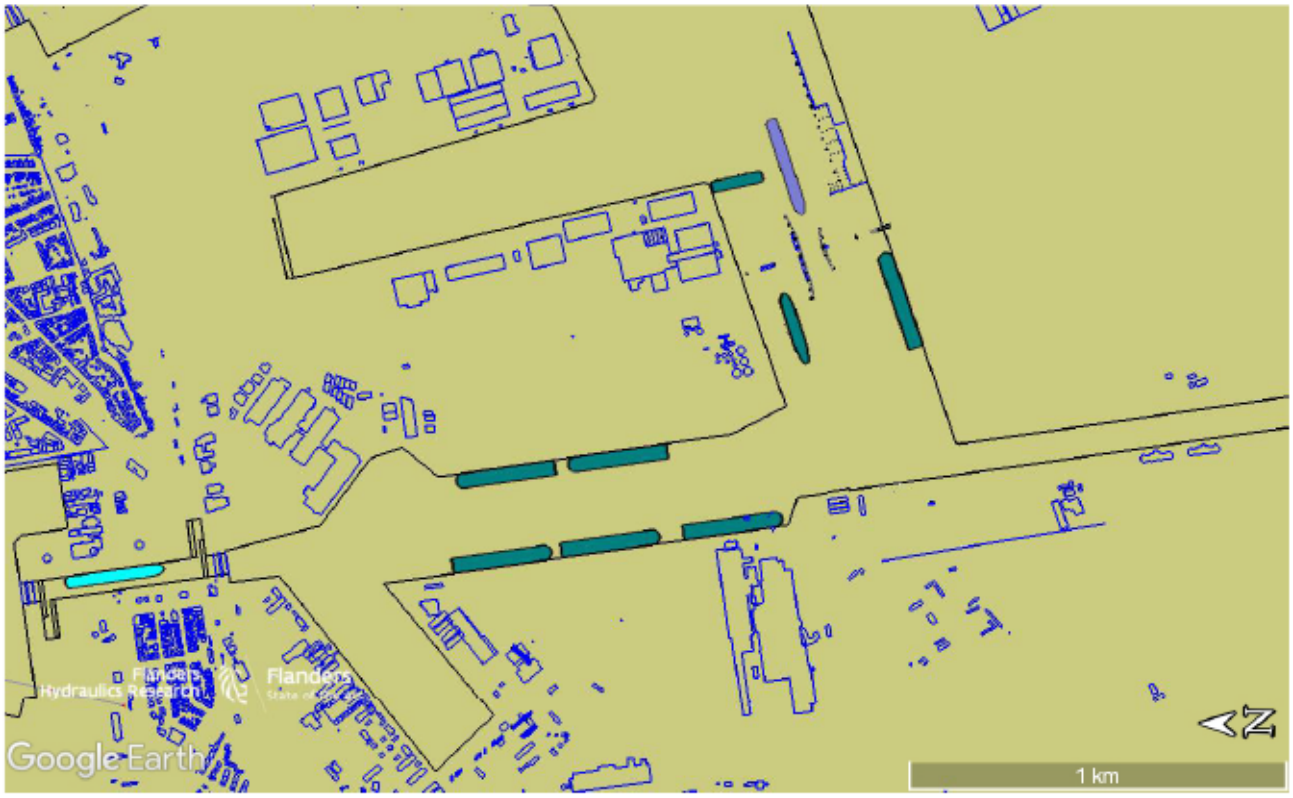
Indien zich bijgevolg de (plausibele) situatie voordoet, waarbij een afvarend schip de sluis wil invaren, terwijl er nog een opvarend schip in de sluis ligt, dan zal dit in variant E een belangrijke tijd in beslag nemen. Eerst dient het opvarende schip de volledige opvaart tot voorbij de brug uitgevoerd te hebben, vervolgens kunnen de twee schepen elkaar kruisen op een positie ten oosten van de brug en kan het afvarende schip de brug passeren en naar de sluis varen. Op basis van de uitvoeringstijden in de simulaties kan aangenomen worden dat de tijd tussen het uitvaren van de sluis door een opvarend schip (boeg uit sluis) en de tijd tussen het invaren van de sluis door een afvarend schip (boeg in sluis) ca. 60 minuten in beslag neemt. Gedurende deze tijd is de sluis onbenut. De afwezigheid van ontmoetingen in de voorhaven van de sluis of het Verbindingskanaal heeft bijgevolg een belangrijke impact op de capaciteit van de sluis.

Een bijkomend simulatieonderzoek werd uitgevoerd, waarbij het ontwerp van het Verbindingskanaal aangepast werd opdat op deze locatie twee schepen elkaar kunnen kruisen. Er werd besloten om voor deze ontwerpeis een maatgevend schip met een kleinere breedte te hanteren (zie §2.2). De mogelijkheid tot scheepsontmoetingen in het Verbindingskanaal verkort de tijd voor het wisselen van schip in de sluis tot 20 minuten (zijnde de tijdsduur waarop de boeg van het uitvarende schip de sluis verlaat tot het tijdstip waarop de boeg van het invarende schip de boeg bereikt).

Het uitvoeren van ontmoetingen in het Verbindingskanaal door twee schepen met afmetingen 265 m x 32.2 m, vereist een grotere vaarwegbreedte dan deze voorzien in variant E. In samenspraak met de haven (MBZ) werd besloten om de extra breedte te creëren aan de oostelijke oever van het Verbindingskanaal door het realiseren van een oostelijke kaaimuur in het Verbindingskanaal.

In variant F (zie Figuur 22) werd de oostelijke kaaimuur van het Verbindingskanaal op 260 m, dwars van de westelijke kaaimuur geplaatst. Aan beide kaaimuren werden schepen afgemeerd, waarbij gevarieerd werd tussen scheepsbreedtes 40 m en 32.2 m. Op die manier werd een beschikbare vaarwegbreedte (tussen de afgemeerde schepen) gelijk aan 180 m of 196 m bekomen.

De condities waarbij de simulaties naar variant F uitgevoerd werden en de bijhorende beoordeling door de loodsen, wordt weergegeven in Tabel 9. Drie gekoppelde simulaties werden uitgevoerd gedurende één halve simulatiedag in oktober 2020.



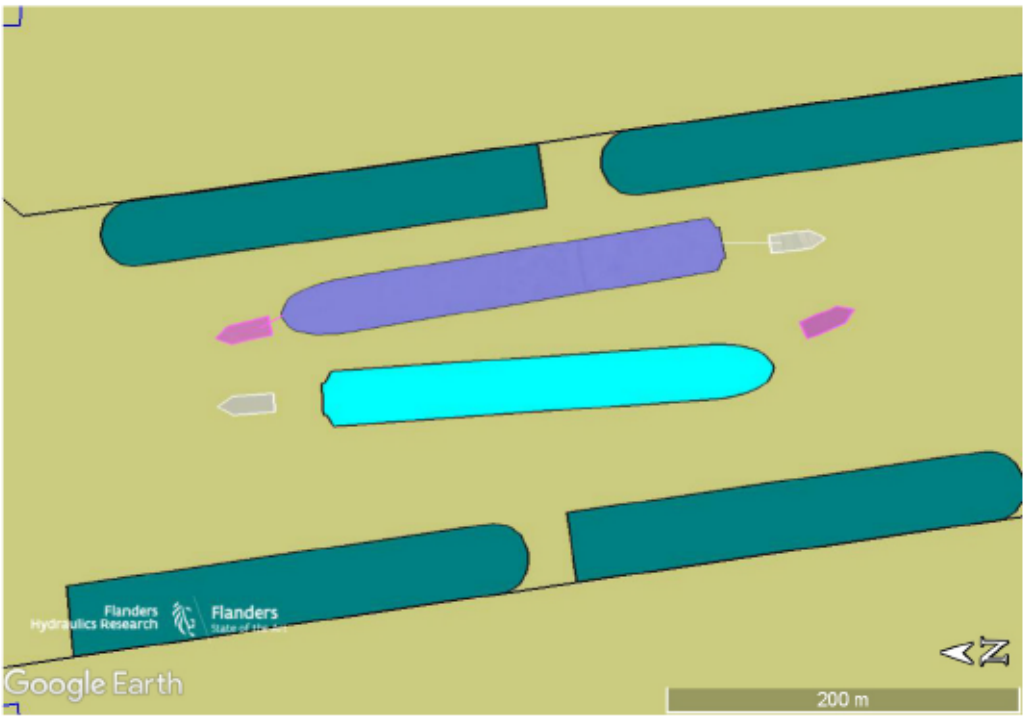
Figuur 23 – Variant F (Achterhaven)

5.6.1 Simulatie VF_17

Simulatie 17 werd uitgevoerd met schepen met breedte 40 m afgemeerd aan zowel de oostelijke als de westelijke oever van het Verbindingskanaal. Op deze manier bedroeg de beschikbare breedte van het Verbindingskanaal 180 m. De simulatie werd uitgevoerd bij een windconditie WZW5.

Bij gekoppelde simulatoren, bevindt zich op elke simulator één loods. Dit impliceert dat de loods een groter aantal handelingen zelf dient uit te voeren. Simulatie 17 betrof de eerste simulatie die door de opvarende (=sluisuitvaart) loods uitgevoerd werd. De resultaten zijn sterk bepaald door de beperkte ervaring van de loods in de vaaromgeving. Als gevolg hiervan werd na de sluisuitvaart slechts in beperkte mate het schip opgewerkt tegen de wind, waardoor het schip een relatief centrale vaarpositie aannam in het Verbindingskanaal. Het opvarende schip voer op ruime afstand van de afgemeerde schepen (> 50 m) waardoor de beschikbare passeerbreedte voor het afvarende schip beperkt was tot slechts 75 m. Deze afstand was onvoldoende om het afvarende schip veilig te laten passeren. Uiteindelijk bedroeg de afstand tussen het afvarende schip en de afgemeerde schepen slechts 12 m, terwijl de afstand tussen de twee varende schepen onderling 22 m bedroeg. Deze afstanden werden niet aanvaardbaar geacht, maar werden toegeschreven aan de ongunstige positie van het opvarende schip, dat gegeven de westzuidwestelijke windrichting een hogere positie zou moeten aannemen in het Verbindingskanaal. Gedurende de vijf minuten voorafgaand aan de ontmoeting bleek de loods op het opvarende schip geen gebruik te maken van sleepboten noch boeg- of hekschroef, wat aangeeft dat de loods weinig intentie had om het schip op te werken naar een meer westelijke positie. De centrale positie van het schip in de vaarweg had voornamelijk te maken met de moeizame positionering op simulator. Deze had zowel te maken met de beperkte ervaring van de loods op simulator als met beperktere visualisatie op sim 225.

Doordat de resultaten van simulatie 17 in grote mate bepaald werden door de moeizame positionering van het schip door de opvarende loods, werd er geen beoordeling verbonden aan deze simulatie. De condities uit simulatie 17 werden hernomen in simulatie 18.



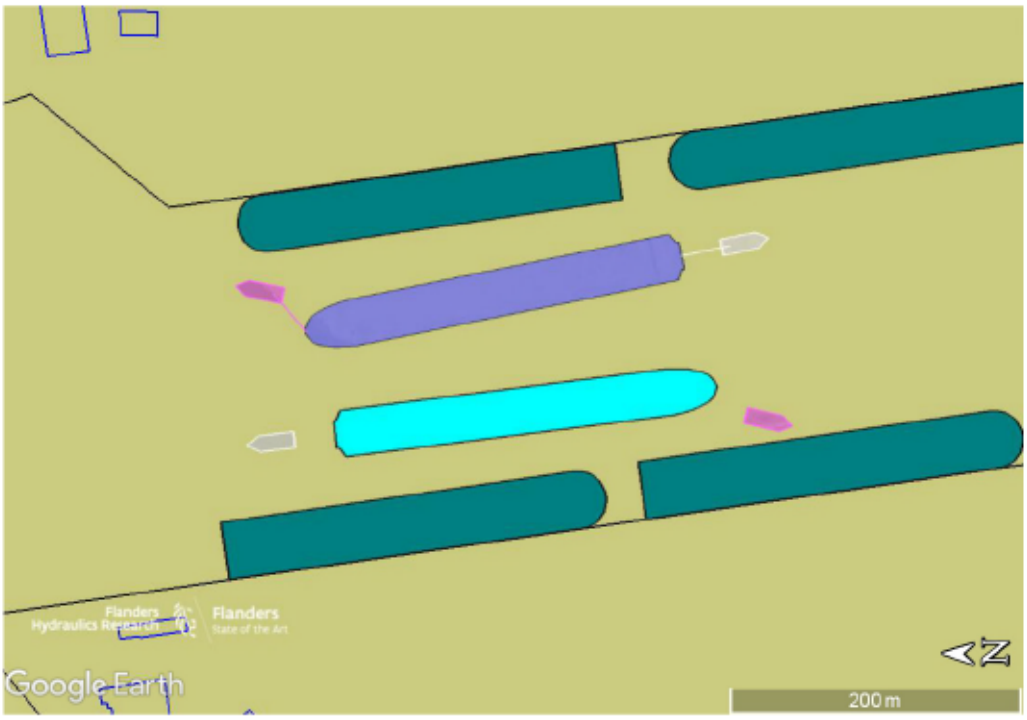
Figuur 24 – Ontmoeting tussen twee schepen in simulatie VF_17

5.6.2 Simulatie VF_18

In simulatie 18 werden dezelfde condities gesimuleerd als in simulatie 17. De loodsen wisselden van schip en dus van simulator. Hierdoor bediende de loods met de meeste ervaring op simulator, nu het schip op de simulator met de meest beperkte visualisatie.

In simulatie 18 resulteerde de ontmoeting in een aanvaardbare passeerafstand tussen beide schepen gelijk aan 37 m (zie Figuur 24). Zowel het opvarende als het afvarende schip voeren hierbij op korte afstand tot de afgemeerde schepen (respectievelijk 26 m en 23 m).

De vaartrajecten zoals uitgevoerd in deze simulaties werden beschouwd als realistisch in de gegeven simulatieomgeving. Zowel de onderlinge afstand tussen de varende schepen, als de afstanden tot de afgemeerde schepen kunnen beschouwd worden als de meest gunstige waarden die bekomen kunnen worden in de onderzochte simulatieomgeving. Hierbij werd echter opgemerkt dat de vaarafstand tot de afgemeerde schepen te kort is. De simulatie toont aan dat een ontmoeting mogelijk is, maar de loodsen stelden dat deze gepaard gaat met onvoldoende reserves in ruimte. Er werd dan ook gesteld dat de simulatie gepaard ging met weinig reserves en een moeilijk manoeuvre betrof. De beschikbare vaarwegbreedte werd dan ook niet voldoende geacht voor de gunstige uitvoering van de vooropgestelde ontmoeting.



Figuur 25 – Ontmoeting tussen twee schepen in simulatie VF_18

5.6.3 Simulatie VF_19

In simulatie 19 werd de windkracht verhoogd tot 6 Beaufort. Rekening houdend met de opmerkingen uit de vorige simulatie werd de breedte van het Verbindingskanaal verhoogd door aan beide oevers schepen af te meren met breedte 32.2 m. Hierdoor bedroeg de beschikbare breedte van het Verbindingskanaal 196 m.

De grotere breedte van het Verbindingskanaal laat toe om de aanvaardbare afstanden te realiseren in deze simulatie (zie Figuur 25). De afstand tussen de ontmoetende schepen bedroeg 38 m. Het opvarende schip respecteerde een minimale afstand gelijk aan 32 m tot de westelijk afgemeerde schepen en het afvarende schip een minimale afstand gelijk aan 36 m tot de oostelijk afgemeerde schepen.

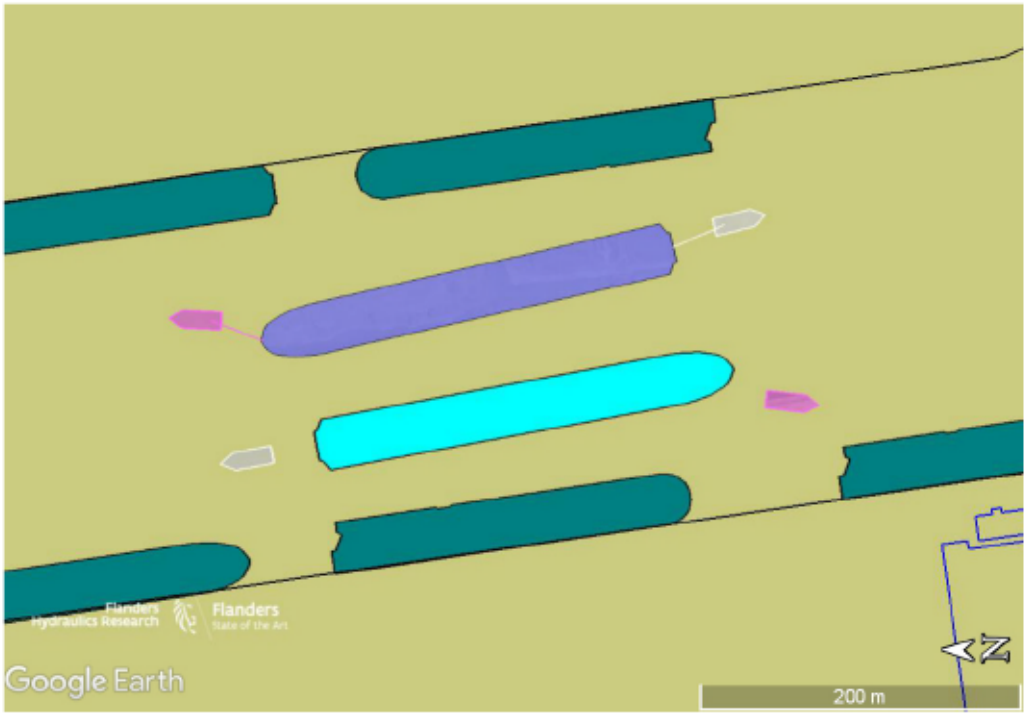
In het Verbindingskanaal werd een beschikbare ruimte gelijk aan 196 m tussen twee afgemeerde schepen voldoende geacht voor het kruisen van twee RoRo-ferries met lengte 265 m en breedte 32.2 m. Met ander woorden: variant F volstaat indien de breedte van de afgemeerde schepen beperkt wordt tot 32.2 m.

Indien aan de oevers geen afgemeerde schepen afgemeerd zouden worden dan kan aangenomen worden dat de rand van de vaarweg op breedte 196 m overeen dient te stemmen met een diepte noodzakelijk voor de ontwerpdiepgang voor een schip in het Verbindingskanaal. De overgang tot de nautisch gegarandeerde diepte van het Verbindingskanaal kan dan gerealiseerd worden volgens een oeverhelling ¼. Hierbij wordt aangenomen dat de nautische gegarandeerde diepte maximaal 10% meer bedraagt dan de ontwerpdiepgang.

De overbreedte voor de afmeerzones is afhankelijk van de maximale breedte van de ontwerpschepen voor deze kaaimuren. Indien er, zoals in de simulatiestudie van uitgegaan wordt, aan zowel westelijke als oostelijke oever schepen afgemeerd kunnen worden met breedte 40 m, dan dient de breedte tussen beide parallelle kaaimuren minimaal 276 m (= 40 m + 196 m + 40 m) te bedragen.

De aslijn van het Verbindingskanaal ligt bij voorkeur in het verlengde van de aslijn van de sluis. In variant F is hier echter niet aan voldaan. In variant F bedraagt de dwarsafstand tussen de aslijn van de sluis en de oostelijke kaaimuur 146.5 m, ten opzichte van 113.5 m tot de westelijke kaaimuur. In variant F bedraagt de

excentriciteit van het Verbindingskanaal ten opzichte van de sluis bijgevolg 16.5 m. De excentriciteit van het Verbindingskanaal ten opzichte van de sluis dient geminimaliseerd worden. De excentriciteit toegepast in variant F (16.5 m) kan beschouwd worden als een maximale waarde.



Figuur 26 – Ontmoeting tussen twee schepen in simulatie VF_19

Tabel 5 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant A (Achterhaven)

							Sluis			Brug Verbindingsdok		
Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]
VA_05	In	NSZ	65+80	40	6	WZW	3	3	Nee	2	2	Ja
VA_08	Uit	NSZ	65+80	40	6	NW	3	3	Nee	4	3	Neen

Tabel 6 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant B (Achterhaven)

							Sluis			Brug Verbindingsdok		
Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]
VB_01	Uit	NSZ	65+80	32	6	WZW	*	*	*	*	*	*
VB_02[3]	Uit	NSZ	65+80	32	6	WZW	3	3	Ja	3	3	Ja
VB_03[3]	In	NSZ	65+80	32	6	WZW	3	3	Nee	2	2	Ja
VB_04[3]	In	NSZ	65+80	32	6	WZW	3	3	Nee	*	*	*
VB_07	In	NSZ	65+80	40	6	O	3	3	Ja	2	2	Ja

[3] Simulatie werd uitgevoerd met geleidingsconstructie die echter niet toegepast werd in de simulatie

Tabel 7 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant C (Achterhaven)

							Sluis			Brug Verbindingsdok		
Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]
VC_06	In	NSZ	65+80	40	6	WZW	2	2	JA	2	2	Ja

Tabel 8 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant D (Achterhaven)

							Sluis			Brug Verbindingsdok		
Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]
VD_09	In	NSZ	65+80	40	6	WZW	5	4	Ja[4]	2	2	Ja
VD_10	Uit	NSZ	65+80	40	6	WZW	3	3	*	3	2	Ja
VD_11	In	NSZ	65+80	40	6	O	3	2	Ja	*	*	*
VD_12	In	NSZ	65+80	40	6	NO	3	2	Ja	3	2	Ja
VD_13	In	NSZ	65+80	40	6	NW	3	2	Ja	5	5	Neen
VD_14	Uit	NSZ	80+80	40	6	NW	2	2	Ja	3	5	Neen
VD_15	Uit	NSZ	80+80	40	6	NO	2	2	Ja	5	5	Neen
VD_16	In	NSZ	65+80	40	6	WZW	3	3	Ja	*	*	*

[4] Op voorwaarde dat landtong verwijderd wordt

Tabel 9 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant F (Achterhaven)

							Sluis		
Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Wind-kracht [Bft]	Wind-richting [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]
VF_17	In	Mark-V	65+80	40	5	WZW	*	*	*
VF_18	In	Mark-V	65+80	40	5	WZW	3	4	Ja
VF_19	In	Mark-V	65+80	32.2	6	WZW	3	3	Ja
VF_17	Uit	Mark-V	65+80	40	5	WZW	*	*	*
VF_18	Uit	Mark-V	65+80	40	5	WZW	3	4	Ja
VF_19	Uit	Mark-V	65+80	32.2	6	WZW	3	3	Ja

6 Resultaten Buitenhaven

Er werden tijdens deze studie 18 simulaties uitgevoerd in twee varianten van de Buitenhaven. Het betroffen allen simulaties uitgevoerd met het nautische ontwerpschip voor CP NSZ (zie §2.1) als enige varende schip (er werden dus geen ontmoetingen gesimuleerd). De verdeling van de uitgevoerde simulaties over de twee varianten wordt weergeven in Tabel 10. Voor beide varianten werd bovendien onderzocht of de aanwezigheid van een geleidingsconstructie in de voorhaven een meerwaarde zou betekenen voor de sluismanoeuvres.

Simulaties naar de buitenhaven werden uitgevoerd door tweemaal twee kustloodsen van DAB Loodswezen, waardoor vier kustloodsen rechtstreeks betrokken waren bij de simulatiestudie. Net als bij de simulaties naar de Achterhaven werden de sleepboten bediend door een ervaren sleepbootkapitein van Boluda Towage NV.

In tegenstelling tot de simulaties voor de Achterhaven, werden er gedurende de simulatiestudie geen bijkomende ontwerpvarianten gedefinieerd voor de Buitenhaven. Wel worden er aanbevelingen geformuleerd met betrekking tot de verdere detaillering van de voorhaven.

Tabel 10 – Aantal uitgevoerde simulaties per variant van de Buitenhaven

Locatie	Variant	Simulaties sluisvaart
Buitenhaven	0	7
Buitenhaven	1	11

6.1 Variant 0

Variant 0 voor de Buitenhaven (zie Figuur 26) stemt overeen met het basisalternatief uit het voorkeursbesluit voor CP NSZ en wordt verder gecombineerd met afgemeerde schepen aan de kaai OCHZ met breedte 51.2 m en een 18 m breed marineschip aan de buitenzijde van het Militair dok.

Varianten 0 en 1 gaan gepaard met eenzelfde aslijn voor de sluis, maar variant 0 stemt overeen met een sluishoofd dat zich 63 m noordelijker bevindt. De beperktere lengte van de voorhaven wordt gecompenseerd door een grotere openingshoek van de voorhaven (15.9°).

Voor een schip met breedte 40 m bedraagt de beschikbare lengte van de voorhaven[5] 623 m. Rekening houdend met het uit te voeren bochtmanoeuvre in de voorhaven en een minimale afstand die het schip steeds in acht zal nemen tot het afgemeerde schip, kan gesteld worden dat het schip slechts opgelijnd kan worden naar de sluis op het ogenblik dat de afstand tussen de sluis en de scheepsboeg ongeveer één scheepslengte bedraagt. Doordat de beschikbare afstand om het schip naar de sluis op te lijnen erg klein was, werd er in de simulatiestudie onderzocht of een geleidingsconstructie in het verlengde van de oostelijke kolkmuur het sluismanoeuvre kan faciliteren. Bij een sluisinvaart met geleidingsconstructie wordt het schip doorgaans met behulp van een duwboot tegen de geleidingsmuur gedrukt om vervolgens langs deze

[5] De lengte van de voorhaven wordt gemeten van de sluistoegang tot het achterschip van het nautische ontwerpschip in lijn met de sluisas en rakend aan de afgemeerde schepen aan OCHZ.

geleiding de sluis in te glijden. Bekende sluizen met een dergelijke sluisinvaart betreffen de Neo-Panamax sluizen in Panama en de Charles De Gaulle sluis te Duinkerke (Frankrijk).

De condities waarbij simulaties uitgevoerd werden naar de variant 0 worden weergegeven in Tabel 11. Deze tabel bevat eveneens de beoordeling van de simulaties door de loodsen. Alle simulaties uitgevoerd naar variant 0 betroffen sluisinvaarten.



Figuur 27 – Variant 0 (Buitenhaven)



Figuur 28 – Variant 0 (Buitenhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken

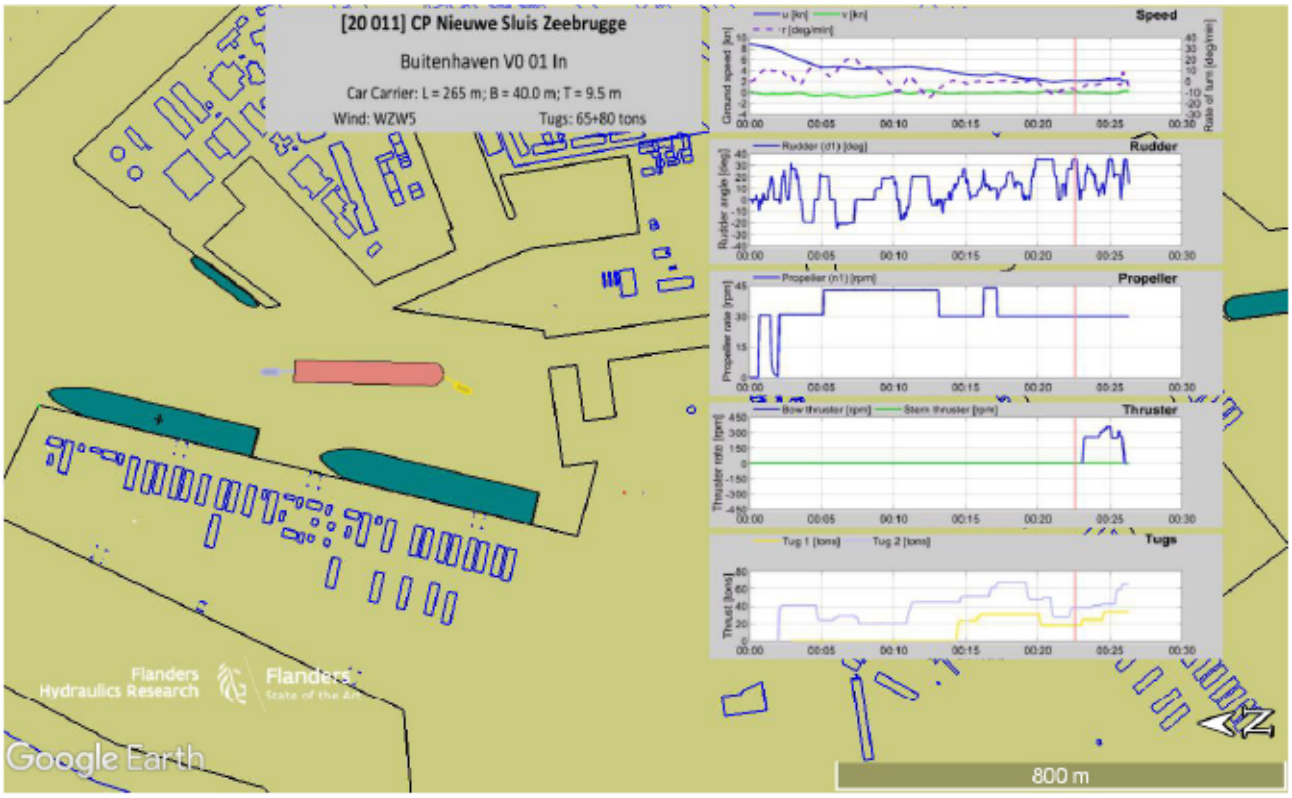
6.1.1 Simulatie V0_01

Simulatie 01 betrof de eerste simulatie uitgevoerd naar de Buitenhaven. De simulatie werd uitgevoerd bij windconditie WZW5. In deze simulatie werd optimaal gebruik gemaakt van de ruime openingshoek van de voorhaven. De voorhaven werd genaderd door op relatief korte afstand van het Militair dok te varen (passeerafstand tot het afgemeerde schip bedroeg een aanvaardbare 39 m). Als gevolg hiervan had het schip nog een belangrijke giersnelheid (ca. 9°/min) wanneer de boeg zich op slechts 180 m van de sluis bevond (zie Figuur 28). De naderingspositie naar de sluis illustreert de beperkte afmetingen van de voorhaven om het schip over een voldoende lange afstand op te lijnen naar de sluis.

Uiteindelijk ging de sluisinvaart gepaard met een hard contact tussen de scheepsboeg en de oostelijke sluishoek.

Hoewel deze simulatie een eerste simulatie betrof en dus doorgaans als gewenningsvaart behandeld zou worden, oordeelde de loodsen dat de sluisinvaart uitgevoerd werd, zoals dat ook in realiteit uitgevoerd zou worden. Toch werd gesteld dat in een volgende simulatie de bocht minder scherp aangesneden zou worden. De afstand om het schip op te lijnen werd door de loodsen te kort geacht om een evenwichtssituatie te vinden tussen de windkrachten enerzijds en de manoeuvreerhulpmiddelen anderzijds. Anderzijds werd geoordeeld dat bij een windkracht gelijk aan 5 Beaufort de sluisinvaart uitgevoerd kon worden met voldoende reserves en een normale moeilijkheidsgraad. Dit is een opvallend positieve beoordeling rekening houdend met het harde contact tijdens de sluisinvaart.

De loodsen stelden dat, gegeven de korte afstand om het schip op te lijnen, een geleidingsconstructie in deze variant aangewezen zou zijn.



Figuur 29 – Sluisnadering in simulatie V0_01

6.1.2 Simulatie V0_02

In simulatie 02 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 01, maar werd de windkracht verhoogd tot 6 Beaufort.

Zoals aangekondigd in de vorige simulatie, werd het bochtmanoeuvre naar de sluis nu ruimer uitgevoerd, waardoor het schip nu op ruimere afstand van de sluis opgelijnd kan worden. Tijdens de sluisnadering was een belangrijk gebruik van sleepboten en boegschroef noodzakelijk om het schip stabiel te houden tegen de wind. Uiteindelijk kan het schip de sluis ingevaren worden zonder contact te maken met de sluis.

Het belangrijke gebruik van sleepboten en boegschroef deed de loodsen besluiten dat de sluisinvaart gepaard ging met weinig reserves en een meer dan normale moeilijkheidsgraad. Deze beoordeling is grotendeels ingegeven door de belangrijke windkrachten, maar is eveneens een gevolg van de beperkte ruimte in de voorhaven. Ten opzichte van de aanloop naar de Pierre Vandammesluis is het nu niet mogelijk om de sluis hoog aan de wind te naderen of om het schip over een lange afstand op te lijnen naar de sluis.

De loodsen herhaalden dat een geleidingsconstructie volgens hun een meerwaarde zou betekenen.

6.1.3 Simulatie V0_03

Rekening houdend met de opmerkingen uit de simulaties 01 en 02 werden in simulatie 03 dezelfde condities onderzocht als in simulatie 02, maar werd er een 150 m lange geleidingsconstructie voorzien in het verlengde van de oostelijke kolkmuur. Er dient opgemerkt te worden dat de loodsen geen ervaring hadden met sluisinvaart langsheen een geleidingsconstructie.

In simulatie 03 werd een eerste poging ondernomen om de sluis in te varen met behulp van de geleidingsconstructie. Echter in deze simulatie werd de bocht te ruim genomen, waardoor het schip te hoog aan de wind de sluis naderde. Deze uitgangspositie was ongunstig ten opzichte van de geleiding, waardoor de simulatie afgebroken werd. Er werden aan deze simulatie geen conclusies verbonden.

6.1.4 Simulatie V0_04

In simulatie 04 werd een nieuwe poging uitgevoerd om de sluis in te varen in aanwezigheid van een 150 m lange geleidingsconstructie. De geleidingsconstructie kon in simulatie 04 op een gunstige wijze genaderd worden, maar de bewegingsvrijheid om het schip te positioneren naar de sluis is erg beperkt.

Wanneer de boeg zich reeds aan het sluishoofd bevond, maakte het schip voor het eerst contact met de geleiding. Dit gebeurde midscheeps. Vervolgens treedt er ook een contact op tussen de boeg van het schip en de sluiskolk. Dit laatste contact zou opgevangen moeten worden door een gepaste fendering van de sluishoek.

De loodsen oordeelden echter dat de landing van het schip op de geleidingsconstructie onvoldoende gecontroleerd uitgevoerd kon worden. De aanwezigheid van de geleidingsconstructie zorgt ervoor dat de bocht in de voorhaven nog scherper wordt, waarbij op korte afstand van het afwaartse uiteinde van de geleidingsconstructie gevaren dient te worden.

In simulatie 04 werd de sluisnadering uitgevoerd aan ca. 2.5 kn. De loodsen stelden echter dat voor een gecontroleerde landing op de geleidingsconstructie een nog lagere vaarsnelheid nodig is. De loodsen betwijfelden of de beschikbaarheid van een geleidingsconstructie de vlotheid van de sluismanoeuvres ten goede zou komen.

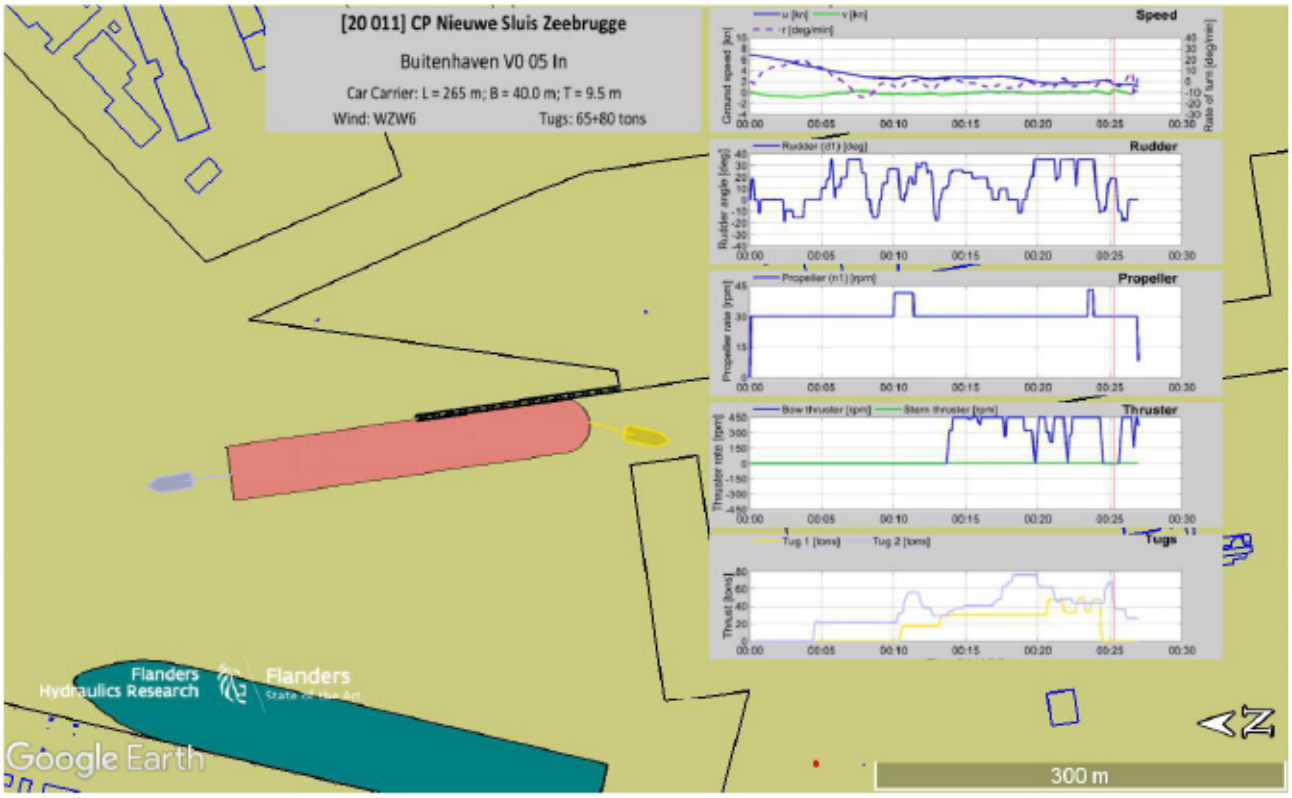
De eerste ervaringen met de geleidingsconstructie zijn niet positief. De loodsen beoordeelden de sluisinvaart met geleidingsconstructie negatiever dan simulatie 02 uitgevoerd zonder geleidingsconstructie.

6.1.5 Simulatie V0_05

In simulatie 05 werd nogmaals een sluisinvaart uitgevoerd bij windconditie WZW6 en in aanwezigheid van een 150 m lange geleidingsconstructie. Rekening houdend met de resultaten uit de vorige simulatie werd de sluisnadering aan erg lage snelheid uitgevoerd. Zo bedroeg de vaarsnelheid slechts 2 kn wanneer het schip zich op 200 m van het geleidingswerk bevond en daalde de snelheid tijdens de sluisaanloop verder tot 1.6 kn.

Het schip landde midscheeps op de geleidingsconstructie wanneer de boeg zich op ca. 45 m van het sluishoofd bevond (zie Figuur 29). Vervolgens wordt het contact met het geleidingswerk verloren, maar kan het schip uiteindelijk toch gecontroleerd langs de geleiding de sluis invaren. Er wordt echter gesteld dat de geleidingsconstructie niet bijdraagt aan een gecontroleerde sluisinvaart en dat de geleidingsconstructie een nadelige invloed heeft op de vlotheid van het manoeuvre. Andere voorbeelden van sluisinvaart langs een geleidingsconstructie (Neo-Panamax sluizen in Panama en de Charles De Gaulle sluis te Duinkerke) worden uitgevoerd met behulp van een duwboot die het schip tegen de geleiding drukt. De loodsen achten het echter niet wenselijk om de sleepboten op die manier in te zetten. De loodsen zouden een geleidingsconstructie verkiezen waartegen de boeg gecontroleerd kan glijden aan een vaarsnelheid gelijk aan ca. 3 kn. Een dergelijke uitvoering komt voor in de binnenvaart (met name bij het varen met (lege) duwbakken) maar is ongebruikelijk voor zeevaart (zou een zeer robuuste constructie met grote demping vereisen) en in het bijzonder voor RoRo-schepen (waarbij de uitwaaierende boeg aanleiding geeft tot een grote kans op (verf-)schade aan schip). Er zijn noch bij WL noch bij de loodswezens praktijkvoorbeelden bekend van een dergelijke uitvoering.

Simulatie 05 werd opnieuw minder gunstig beoordeeld als een gelijkaardige simulatie uitgevoerd zonder geleidingsconstructie. Door de lage vaarsnelheid werd geacht dat de manoeuvreerreserves gelijkaardig waren, maar werd gesteld dat de moeilijkheidsgraad van het manoeuvre hoger is met dan zonder geleidingsconstructie.



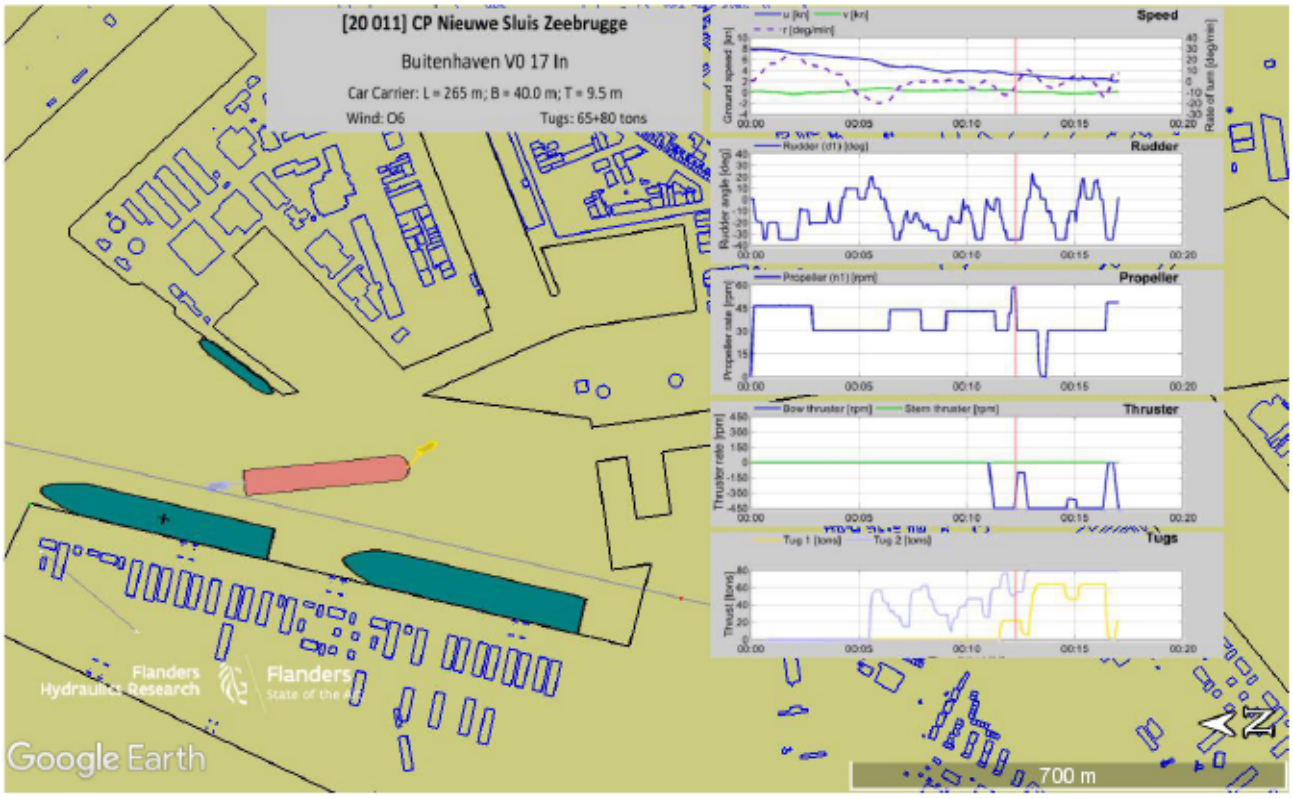
Figuur 30 – Sluisnadering langs geleidingsconstructie in simulatie V0_05

6.1.6 Simulatie V0_17

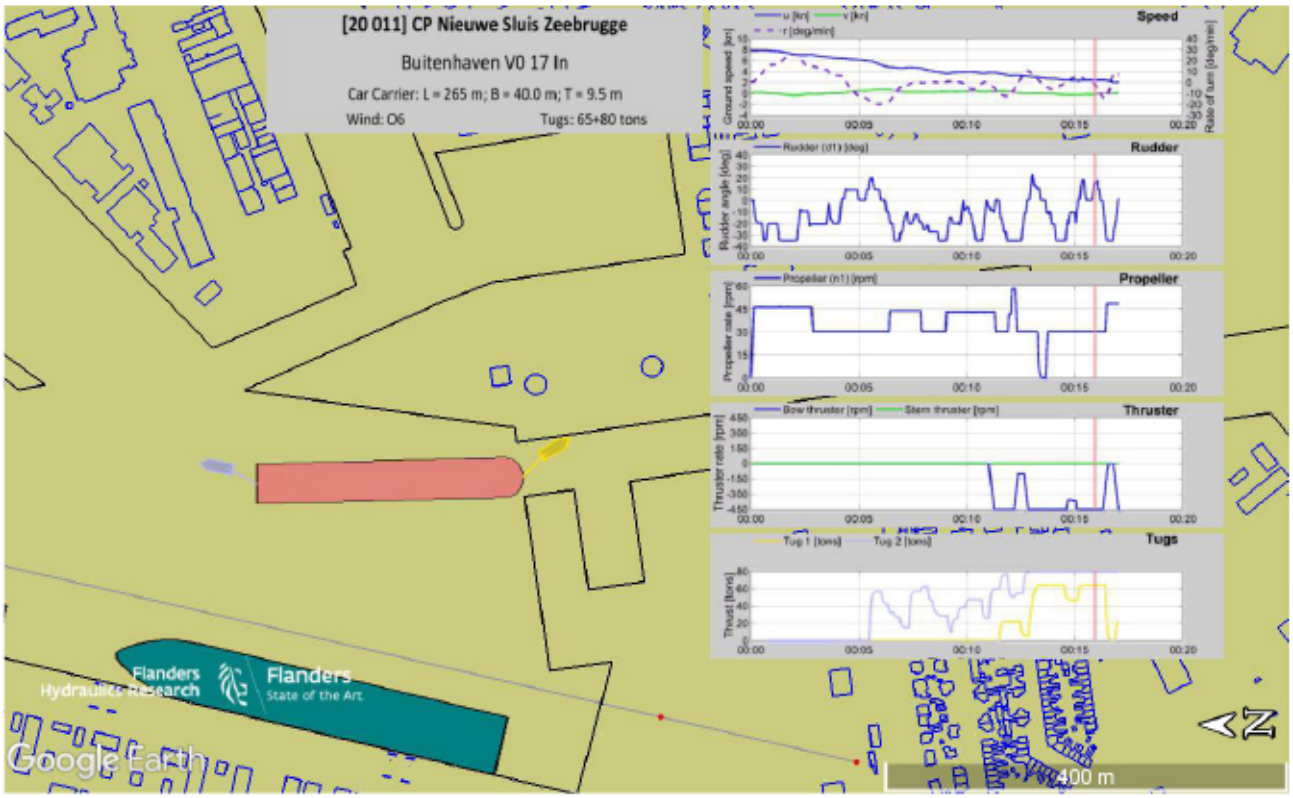
Op de tweede simulatiedag werden er twee simulaties uitgevoerd naar variant 0. Het betroffen simulaties zonder geleidingsconstructie bij twee ongunstige windrichtingen ten opzichte van de sluis.

In simulatie 17 werd een sluisinvaart gesimuleerd bij een oostelijke wind met kracht 6 Beaufort. Ondanks dat simulatie 17 de eerste simulatie was naar variant 0 op de tweede simulatiedag, kan gesteld worden dat de loodsen reeds de nodige ervaring opgebouwd hadden in de eerdere simulaties naar variant 1. Om de oplijn-afstand naar de sluis te maximaliseren werd dan ook een ruime bocht uitgevoerd naar de sluis. De afstand tot de afgemeerde schepen aan OCHZ bleef aanvaardbaar (42 m) en het schip kon opgelijnd worden naar de sluis wanneer de boeg zich op 290 m van het sluishoofd bevond (zie Figuur 30). Opnieuw werd echter opgemerkt dat deze afstand erg beperkt is om zowel de vaarsnelheid af te bouwen als om het schip te controleren ten opzichte van de wind. Het oplijnen van het schip naar de sluis ging dan ook gepaard met een maximale inzet van beide sleepboten en de boegschroef. Wanneer de boeg de sluis bereikte (zie Figuur 31) week de koers van het schip in belangrijke mate af van de sluisoriëntatie waardoor een maximaal gebruik van boegschroef en voorste sleepboot noodzakelijk was om de boeg tegen de wind te bewegen. Hierdoor landde het schip uiteindelijk op de bovenwindse sluishoek. Hoewel deze landing gecontroleerd beschouwd kan worden en opgevangen kan worden door een gepaste fendering op de sluishoek, worden de vereiste positiecorrecties op korte afstand van de sluis (of zelfs tijdens de sluisinvaart) als ongunstig beoordeeld.

Er werd gesteld dat de afstand van de voorhaven onvoldoende is voor een gecontroleerde sluisaanloop. De kortere lengte van de voorhaven in variant 0 ten opzichte van variant 1, wordt dan ook als een belangrijk nadeel gezien van variant 0. Er werd gesteld dat sluisinvaart naar variant 0 bij een belangrijke dwarswind een moeilijk manoeuvre betreft. Dit is een minder gunstige beoordeling dan wat aanvaardbaar geacht wordt bij ontwerp van vaarwegen.



Figuur 31 – Sluisnadering in simulatie V0_17



Figuur 32 – Sluisnadering in simulatie V0_17 (2)

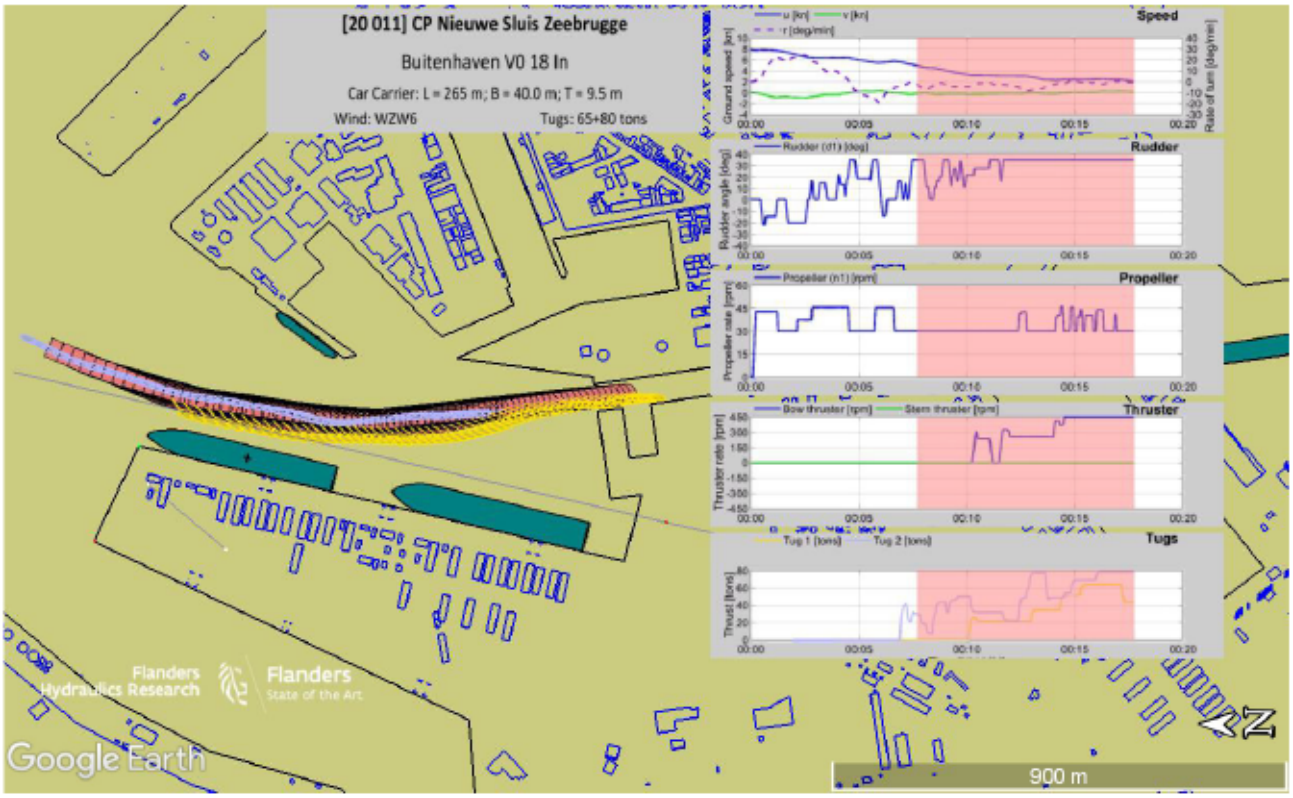
6.1.7 Simulatie V0_18

In simulatie 18 werd de sluisinvaart onderzocht zonder geleidingsconstructie bij een westzuidwestelijk wind met kracht 6 Beaufort. Dit zijn dezelfde simulatiecondities als op de eerste simulatiedag onderzocht in simulatie V0_02.

Mede door de ervaring opgebouwd gedurende de simulatiedag, kende simulatie 18 een gunstig verloop waarbij de sluis ingevaren kon worden zonder contacten met de sluishoeken. Dit had grotendeels te maken met de ervaring die de loods opgebouwd hadden met betrekking tot controleren van de windeffecten. Zo werd tijdens de sluisnadering de achterste sleepboot recht achteruit toegepast en lag het roer continu maximaal over bakboord. De snelheid werd bijgevolg gecontroleerd door de achterboot, terwijl de dwarse positie van het achterschip gecontroleerd werd door herhaaldelijke schroefstoten die de effectiviteit van het roer verhoogden. De dwarse positie van de boeg werd gecontroleerd door gebruik van voorboot en boegschroef welke beide gelijktijdig en voor langere periode op vol vermogen toegepast werden.

Zoals reeds meermaals vermeld is de beschikbare oplijnlengte naar de sluis maatgevend voor het slagen van het manoeuvre. Bijgevolg wordt de voorhaven volgens een ruime bocht uitgevoerd. Mits het aanpassen van de huidige lichtenlijn (193°) aan OCHZ (zie verder), kan hierbij een aanvaardbare afstand tot de daar afgemeerde schepen gerealiseerd worden. Anderzijds impliceert deze uitvoering dat de oostelijke uitbreiding van de voorhaven, zoals in variant 0 voorzien (zie Figuur 27) geen meerwaarde biedt voor de sluismanoeuvres. Figuur 32 illustreert de westelijke vaarpositie van het schip tijdens de sluisinvaart in simulatie 18 en het beperkte ruimtebeslag in het oostelijke deel van de voorhaven.

Simulatie 18 kan beschouwd worden als het ideale manoeuvre in de gesimuleerde condities. Op basis van de eerdere ervaringen met variant 1 werd op basis van de kortere lengte van de voorhaven in variant 0 eenzelfde beoordeling gegeven als in simulatie 17. Dit om aan te tonen dat de kortere oplijnafstand in variant 0 een significant nadeel betreft ten opzichte van variant 1.



Figuur 33 – Ruimtebeslag in simulatie V0_18

6.2 Variant 1

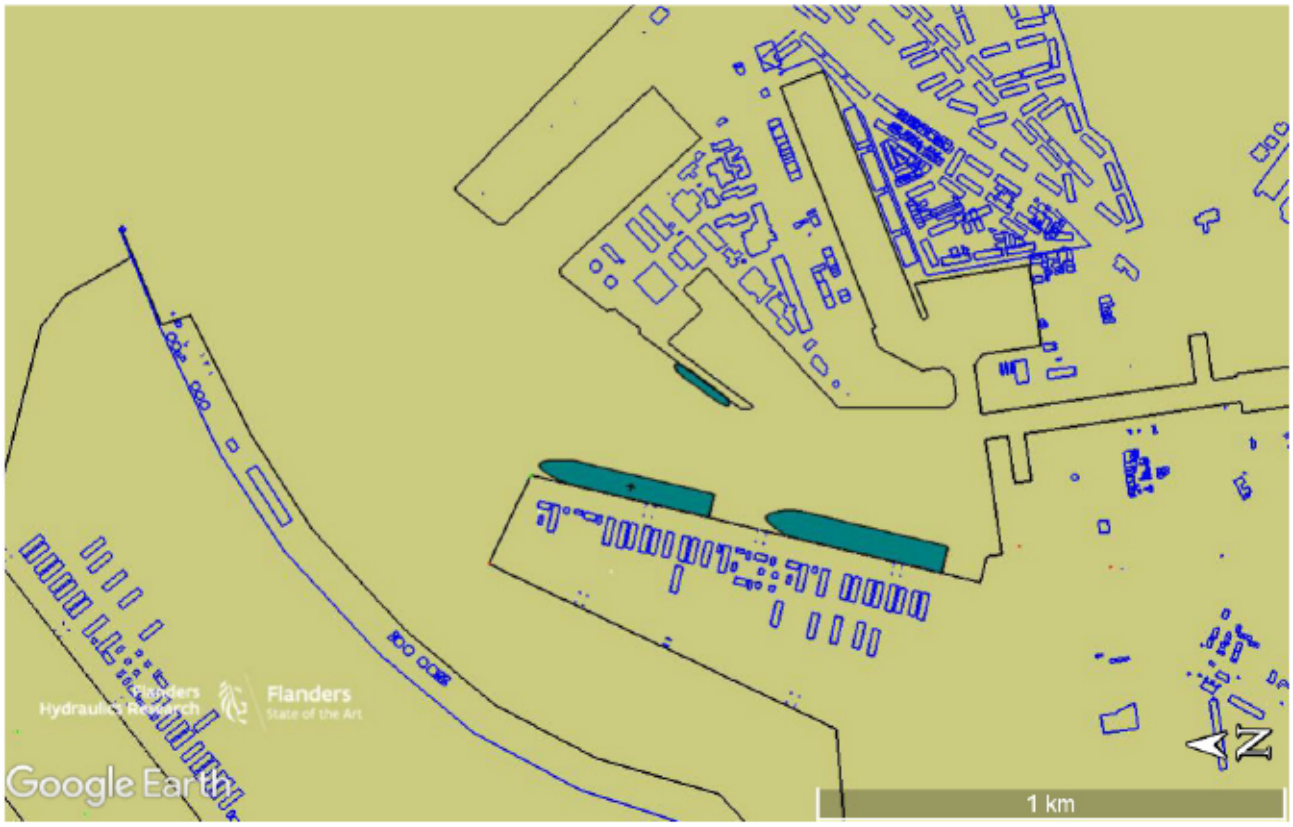
Variant 1 (zie Figuur 33) verschilt van variant 0 door een zuidelijke verplaatsing (63 m) van het benedenhoofd van de sluis. Deze verplaatsing wordt verwezenlijkt door enerzijds een beperking van de kolklengte[6] en anderzijds een zuidelijke verplaatsing van het bovenhoofd.

De zuidelijke positie van het benedenhoofd, laat toe dat de huidige toegang tot de jachthaven behouden kan blijven. De oostelijke openingshoek van de voorhaven is in variant 1 (10.7°, zie Figuur 34) kleiner dan in variant 0 (15.9°). Voor een schip met breedte 40 m bedraagt de beschikbare lengte van de voorhaven 686 m (d.i. 63 m meer dan beschikbaar in variant 0).

Er worden in de voorhaven gelijkaardige schepen afgemeerd. Door de kleinere openingshoek van de voorhaven, wordt er ook in beperktere mate ingesneden in het Militair dok, waardoor het daar afgemeerde schip een meer westelijke positie aanneemt dan in variant 0.

Ook in variant 1 werden er verschillende geleidingsconstructies onderzocht. Een overzicht van de uitgevoerde condities en de beoordeling door loodsen wordt weergegeven in Tabel 12.

[6] De aanpassing van de kolklengte heeft geen impact op de toegankelijkheid van de sluis voor het ontwerpschip zoals toegepast voor de manoeuvreersimulaties. De impact van de kleinere kolklengte op de capaciteit van de sluis werd niet onderzocht in voorliggend onderzoek.



Figuur 34 – Variant 1 (Buitenhaven)



Figuur 35 – Variant 1 (Buitenhaven): detail voorhaven van de sluis met weergave openingshoeken

6.2.1 Simulatie V1_06

Simulatie 06 werd uitgevoerd bij een westzuidwestelijke wind met kracht 6 Bft en volgde op simulatie 05 welke uitgevoerd werd bij dezelfde condities, maar dan in variant 0.

De loodsen merkten duidelijk de grotere afstand in de voorhaven om het schip op te lijnen. De ruimte in de voorhaven werd optimaal gebruikt met gelijkaardige passeerafstanden tot de schepen aan OCHZ en het Militair dok.

Variant 1 wordt duidelijk comfortabeler bevonden dan variant 0. Er wordt gesteld dat een openingshoek van de voorhaven gelijk aan 8 to 9° voldoende moet zijn voor het sluismanoeuvre.

Er wordt gesteld dat de simulatie gepaard ging met weinig reserves en een normale moeilijkheidsgraad, maar dit had voornamelijk te maken met de windconditie. Voor het schip toegepast in de simulatiestudie wordt een dwarswind met kracht 6 Bft als maximale windconditie beschouwd. Dit geldt evenzeer voor de manoeuvres naar de Pierre Vandammesluis en is niet ingegeven door het vaarwegontwerp.

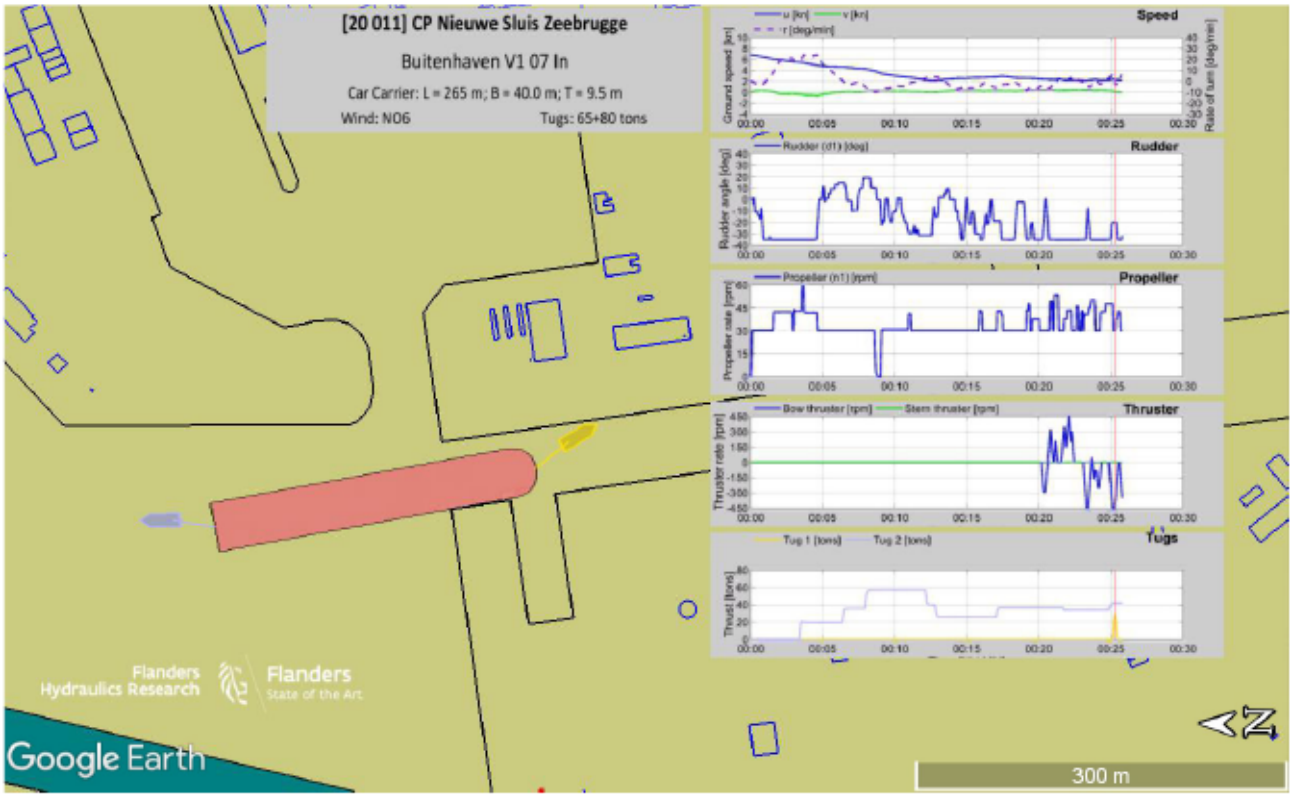
6.2.2 Simulatie V1_07

Simulatie 07 werd uitgevoerd bij een noordoostelijke windrichting. Bij deze windconditie wordt er op kortere afstand van het militair dok gepasseerd (36 m), maar gegeven de windrichting is deze afstand zeker aanvaardbaar.

De sluis werd ingevaren onder een constante opstuurhoek. Het oplijnen van het schip naar de sluis werd uitgevoerd zonder gebruik te maken van de voorste sleepboot. Dit illustreert ook de beperktere dwarskrachten door een noordoostelijke windrichting dan voor de eerder onderzochte westzuidwestelijke windrichting.

Eénmaal de boeg zich in de sluis bevond, diende het achterschip tegen de wind opgewerkt te worden en diende ook de voorboot kortstondig toegepast te worden om te vermijden dat de boeg zou verlijeren. Het schip maakte hierbij contact met de benedenwindse sluishoek (zie Figuur 35).

Ondanks het opvallend gematigder gebruik van de sleepboten, werd simulatie 07 bij noordoostelijke wind op dezelfde manier beoordeeld als simulatie 06 uitgevoerd bij westzuidwestelijke wind.



Figuur 36 – Sluiscontact in simulatie V1_07

6.2.3 Simulatie V1_08

In simulatie 08 werd de meerwaarde onderzocht van een derde sleepboot (80 ton) bij een westzuidwestelijke windconditie met kracht 6 Beaufort. De sleepbootconfiguratie was als volgt: de voorboot had een kracht gelijk aan 80 ton. Achteraan werden twee sleepboten vastgemaakt, waarvan een 80 ton sleepboot aan bakboord (voor het controleren van de vaarsnelheid) en een 65 ton sleepboot aan stuurboord (om het achterschip tegen de wind te trekken).

De extra sleepboot gaf aanleiding tot een erg gecontroleerde sluisinvaart, waarbij elk van de sleepboten slechts tot maximaal 75% ingezet werd. De controle van de positie van het achterschip blijkt erg belangrijk om het schip gecontoleerd naar de sluis te brengen. De beschikbaarheid over een bijkomende sleepboot die het achterschip ophoudt tegen de wind werd dan ook als positief ervaren.

Eerder werd opgemerkt dat de sluisinvaart langs een geleidingsconstructie ook de beschikbaarheid over drie sleepboten zou vereisen. Hiervoor is immers een duwboot vereist om het schip tegen de geleiding te houden. Op basis van simulatie 08 werd echter geoordeeld dat de toepassing van een derde vastgemaakte sleepboot te verkiezen valt boven een duwboot (al dan niet gecombineerd met geleidingsconstructie).

De bijkomende reserves door de beschikbaarheid van een extra sleepboot resulteerden in een gunstigere beoordeling van de manoeuvreerreserves in deze simulatie.

6.2.4 Simulatie V1_09

Simulatie 09 werd uitgevoerd bij noordwestenwind en opnieuw met de standaard sleepbootconfiguratie bestaande uit twee sleepboten.

Een noordwestelijke windrichting stemt overeen met een rugwind met een eerder beperkte dwarscomponent ten opzichte van de sluis. Bij het naderen van de voorhaven (opwaarts de bocht naar de

voorhaven) valt de wind wel dwars op het schip en werd opgemerkt dat het schip moeilijk te sturen is door het loefgierige karakter van het schip. Mede hierdoor werd de voorhaven op relatief korte afstand (35 m) van de afgemeerde schepen aan OCHZ uitgevoerd. De sluisnadering en -invaart kon gecontroleerd uitgevoerd worden. De rugwind vereiste een belangrijk gebruik van de achterste sleepboot, maar dit werd ook bij andere windcondities opgemerkt. Het gebruik van de voorste sleepboot was beperkt tot 25%.

De simulatie kreeg eenzelfde beoordeling als de andere sluisinvaarten in variant 1 waarbij eveneens een windkracht van 6 Beaufort gecombineerd werd met twee sleepboten.

6.2.5 Simulatie V1_10

Simulatie 10 betrof de eerste simulatie uitgevoerd op de tweede simulatiedag naar de Buitenhaven. In tegenstelling tot de eerste simulatiedag, werden de eerste simulaties uitgevoerd naar variant 1 en werd pas later op de dag variant 0 gesimuleerd.

Hoewel doorgaans de eerste simulatie van de dag als gewenningssimulatie beschouwd werd, bleek simulatie 10 geen afwijkende uitvoering te vertonen. Bijgevolg werd deze simulatie mee opgenomen in de beoordeling.

Simulatie 10 werd uitgevoerd bij een westzuidwestenwind met kracht 5 Beaufort.

Het schip voerde een ruime bocht uit naar de voorhaven en nam daarna een erg centrale positie in in de voorhaven. Vervolgens werd het naderen en invaren van de sluis erg gecontroleerd uitgevoerd door een uitgebalanceerd gebruik van de beschikbare hulpmiddelen.

Hoewel de eerste simulatie van de dag, ging simulatie 10 gepaard met een erg gunstige uitvoering. De loods onthaalde het ontwerp van de voorhaven en de beschikbare ruimte positief. Het moeilijkste aspect is het sluismanoeuvre, waarbij in een volgende simulatie een hogere vaarpositie aangenomen zou worden.

De simulatie werd beoordeeld als geslaagd met voldoende reserves en normale moeilijkheid.

6.2.6 Simulatie V1_11

In simulatie 11 werden dezelfde condities gesimuleerd als tijdens simulatie 06 op de eerste simulatiedag. Een westzuidwestenwind met kracht 6 Beaufort werd onderzocht zonder geleidingsconstructie.

In simulatie 11 trachtte de loods om het schip zodanig op te lijnen opdat de boeg op ca. 5 m van de westelijke kolkmuur zou blijven. Door een vrij abrupte snelheidsdaling op korte afstand van de sluis (gecombineerd met een verminderd gebruik van de voorste sleepboot), wordt de evenwichtssituatie verloren en landde de boeg uiteindelijk op de benedenwindse sluishoek.

Het verschil tussen een windkracht 5 en 6 Beaufort blijkt een belangrijke invloed te hebben op het gebruik van middelen, waardoor er weinig reserves beschikbaar zijn bij windkracht 6 Beaufort. Toch kon de simulatie aanvaardbaar uitgevoerd worden.

6.2.7 Simulatie V1_12

In simulatie 12 werd de meerwaarde van een geleidingsconstructie in variant 1 onderzocht. De lengte van de geleidingsconstructie bedroeg 200 m en werd uitgelijnd op de oostelijke kolkmuur. De gesimuleerde windconditie betrof opnieuw WZW6.

Uiteindelijk werd de geleidingsconstructie naar de sluis niet rechtstreeks toegepast in simulatie 12. De loods stelde wel dat de aanwezigheid van de geleidingsconstructie helpt om het schip op te lijnen doordat je een referentie hebt op korte afstand van het schip. Anderzijds beperkt de geleidingsconstructie de beschikbare

ruimte voor het uitvoeren van de manoeuvres en zijn er andere/betere hulpmiddelen die het oplijnen van het schip kunnen faciliteren[7].

Men kan stellen dat de geleiding in simulatie 12 geen meerwaarde betekende voor het manoeuvre. De simulatie werd op dezelfde manier beoordeeld als de voorgaande simulatie uitgevoerd zonder geleidingswerk.

6.2.8 Simulatie V1_13

In simulatie 13 worden de condities uit simulatie 12 herhaald.

Opnieuw werd de sluis ingevaren zonder gebruik te maken van de geleiding. In simulatie 13 werd de sluis vanuit een hogere positie genaderd, door bij het invaren van de voorhaven langer in de lichtenlijn te blijven varen. Vanuit de hoge naderingspositie kon het schip erg gecontroleerd naar de sluis gebracht worden zonder contact met de sluisconstructie of met het geleidingswerk.

Er werd gesteld dat een gunstige (lees: voldoende hoog aan de wind) naderingspositie naar de sluis en een gepaste passeerafstand tot de afgemeerde schepen gerealiseerd kan worden door het voorzien van een nieuwe lichtenlijn in de voorhaven. De lichtenlijn kan de huidige lichtenlijn (193°) vervangen en dient parallel te lopen aan de OCHZ-kaaimuur op een dwarsafstand van de kaai gelijk aan 150 m[8]. Bij westelijke dwarswind dient de voorhaven ingevaren te worden met de bakboordzij op de lichtenlijn, bij oostelijke dwarswind met de stuurboordzij op de lichtenlijn en indien geen belangrijke dwarswind dan dient de voorhaven ingevaren te worden centraal op de lichtenlijn.

Rekening houdend met de uitvoering van de sluisinvaarten bij westzuidwestenwind in simulaties 12 en 13 wordt de meerwaarde van een geleidingsconstructie in de voorhaven beperkt geacht. Er wordt gesteld dat de aanwezigheid van de geleidingsconstructie zelf nadelig is bij oostenwind.

6.2.9 Simulatie V1_14

Rekening houdend met de opmerkingen uit simulatie 13, werd in simulatie 14 de sluisinvaart onderzocht in aanwezigheid van een 200 m lang geleidingswerk en bij een oostelijke windrichting.

De oostelijke wind leidde tot een erg korte passeerafstand tot de schepen aan OCHZ (13 m) welke niet aanvaardbaar geacht wordt. De beschikbaarheid over de eerder vermelde lichtenlijnen en de vermelde uitvoering bij oostenwind, zullen een aanvaardbare afstand tot OCHZ faciliteren.

Het naderen van de sluis werd op relatief ruime afstand van de geleidingsconstructie uitgevoerd. Toch wordt opgemerkt dat de aanwezigheid van de geleidingsconstructie de bewegingsruimte voor de voorste sleepboot beperkt en de mogelijkheden beperkt om de boeg tegen de wind op te trekken. De geleidingsconstructie verhindert bovendien dat het schip de sluis kan naderen vanop een hoge positie.

Hoewel de loodsen aanvankelijke voorstander waren van de geleidingsconstructie, werd er geconcludeerd dat de geleidingsconstructie een te grote beperking inhoudt voor het ruimtegebruik door schip en sleepboten. Bovendien vereist de aanwezigheid van de geleidingsconstructie dat het bochtmanoeuvre naar de voorhaven op een kortere afstand uitgevoerd dient te worden en verhindert het de gewenste oostelijke invaart van de voorhaven bij oostelijke windrichtingen.

De moeilijkheidsgraad van een sluisinvaart bij oostelijke wind en in aanwezigheid van een geleidingsconstructie wordt dan ook als moeilijk beoordeeld.

---

[7] Hierbij wordt in eerste instantie gedacht aan Lock Approach Mode in Full SNMS. Deze werd niet toegepast tijdens de simulatiestudie.

[8] Deze lichtenlijn werd niet gesimuleerd in de simulatieomgeving. De beschikbare lichtenlijn in de simulatieomgeving betreft de huidige lichtenlijn.

6.2.10 Simulatie V1_15

Op basis van de eerdere simulaties met geleidingsconstructie in het verlengde van de kolk in variant 1 en variant 0 wordt een dergelijke constructie ongewenst geacht.

Anderzijds dient de voorhaven te voorzien in een uitwijklocatie waar het schip in geval van calamiteiten kan afmeren. Een zogenaamde noodsteiger zou gerealiseerd kunnen worden langs de oostelijke oever van de voorhaven.

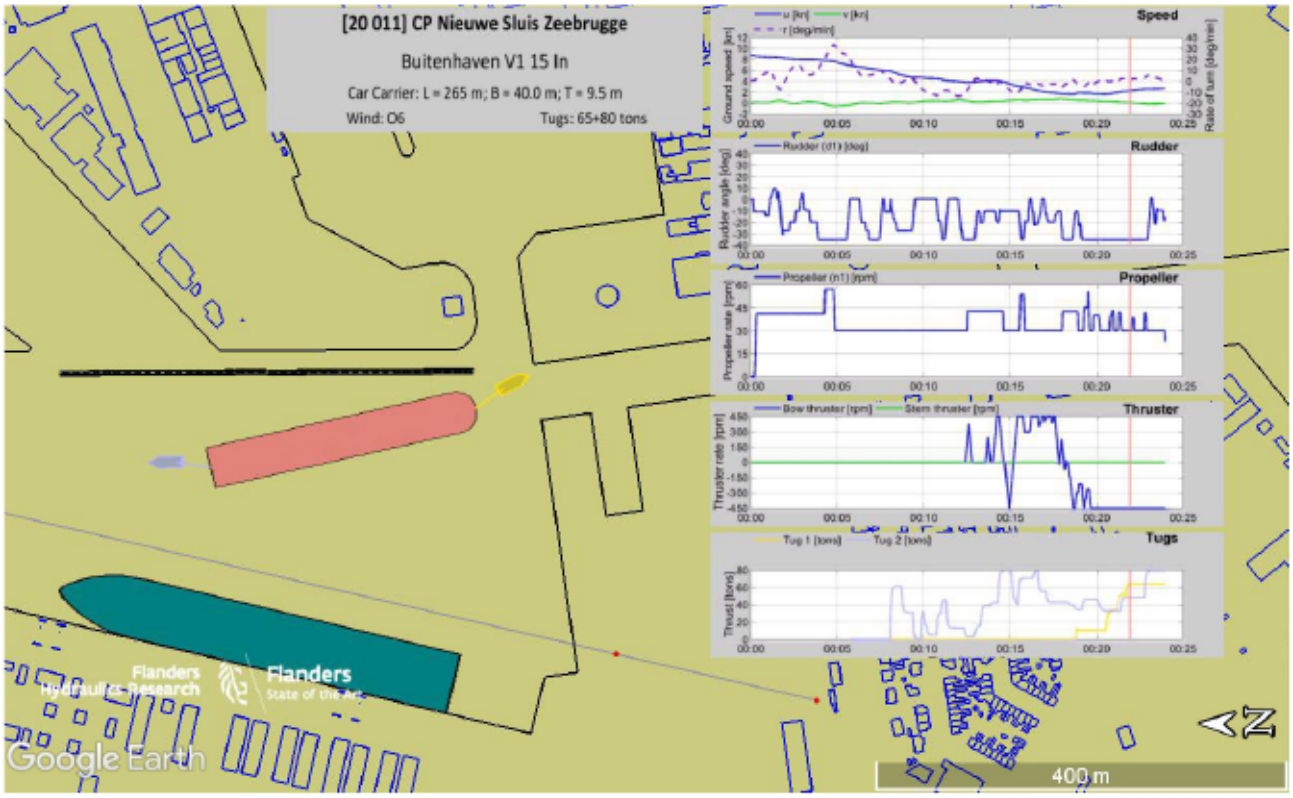
In variant 1 opereren zeevaart richting sluis en pleziervaart richting jachthaven in dezelfde vaaromgeving. Doordat de aanwezigheid van pleziervaart in de voorhaven niet toegestaan kan worden tijdens de sluismanoeuvres wordt de mogelijkheid onderzocht of aan de oostzijde van de voorhaven een aparte vaarweg voor pleziervaart voorzien kan worden (dit is een zogenaamd fietspad voor de pleziervaart). De scheiding tussen de voorhaven van de sluis en het fietspad voor de pleziervaart kan dan gerealiseerd worden door middel van een nader te dimensioneren noodsteiger.

In simulatie 15 werd een dergelijk concept gerealiseerd door de constructie die oorspronkelijk bedoeld was als geleidingsconstructie te positioneren in de voorhaven als noodsteiger. De zuidelijke rand van de noodsteiger werd uitgelijnd in het verlengde van de oostelijke kolkmuur (hier zou in realiteit een rolfender voorzien moeten worden om contacten op te vangen). De noodsteiger werd vanuit dit punt onder een openingshoek van 8° ten opzichte van de sluisoriëntatie gepositioneerd (zie Figuur 36).

Simulatie 15 werd uitgevoerd bij oostenwind aangezien bij deze windconditie het schip een oostelijke (hoge) naderingspositie ten opzichte van de sluis wil realiseren. Men kan dus aannemen dat bij deze windconditie een bijkomende obstructie in het oosten van de voorhaven het meest nadelig zal zijn.

In simulatie 15 wordt de voorhaven nu wel op een hoge positie ingevaren die zich nog meer naar bakboord bevindt, dan overeenkomstig de vooropgestelde positie in de nieuwe lichtenlijn (zie §6.2.8). De noordelijke kop van de noodsteiger werd op die manier op erg korte afstand (3 m) gepasseerd. Doordat de zuidelijke rand van de noodsteiger in simulatie 15 overeenstemt met het verlengde van de oostelijke kolk, gelden hiervoor dezelfde nadelen met betrekking tot manoeuvreerruimte voor schip en sleepboten als bij de simulaties uitgevoerd met een geleidingsconstructie. Een belangrijk verschil is wel dat in simulatie 15 de ruimtebeperking in het verlengde van de sluis beperkt is tot ca. 58 m. Toch werd opnieuw opgemerkt dat de zuidelijke rand van de noodsteiger een nadelige impact heeft op de beschikbare ruimte voor de voorste sleepboot.

De sluisinvaart kan uitgevoerd worden zonder contact met de sluisconstructie maar toch bleek het ontwerp van de noodsteiger zoals voorzien in simulatie 15 onvoldoende ruimte te laten voor de sluismanoeuvres. Er werd gesteld dat de noodsteiger zodanig gepositioneerd dient te worden opdat de gewenste openingshoek van de voorhaven (8°) gerealiseerd kan worden vanaf het sluishoofd.



Figuur 37 – Simulatie V1_15: toepassing van noodsteiger voor scheiding zeevaart en pleziervaart in voorhaven

6.2.11 Simulatie V1_16

In simulatie 16 werd een alternatieve uitvoering van de geleidingsconstructie naar de sluis onderzocht (zie Figuur 37). Rekening houdend met de opmerkingen uit simulatie 15 werd de noodsteiger nu uitgelijnd volgens een openingshoek gelijk aan 8° ten opzichte van de oostelijke sluishoek. Op deze manier wordt een smaller fietspad voor de pleziervaart bekomen dan in simulatie 15. Eventuele aanpassingen aan de oostelijke oever van de voorhaven om een fietspad met aanvaardbare breedte te bekomen dienen in vervolgonderzoek bepaald te worden. In het noorden van de voorhaven wordt de scheiding tussen pleziervaart en zeevaart aangegeven door de positie van een dukdalf in het verlengde van het militair dok en enkele gele boeien langsheen de nieuwe kaaimuur aan de buitenzijde van het militair dok.

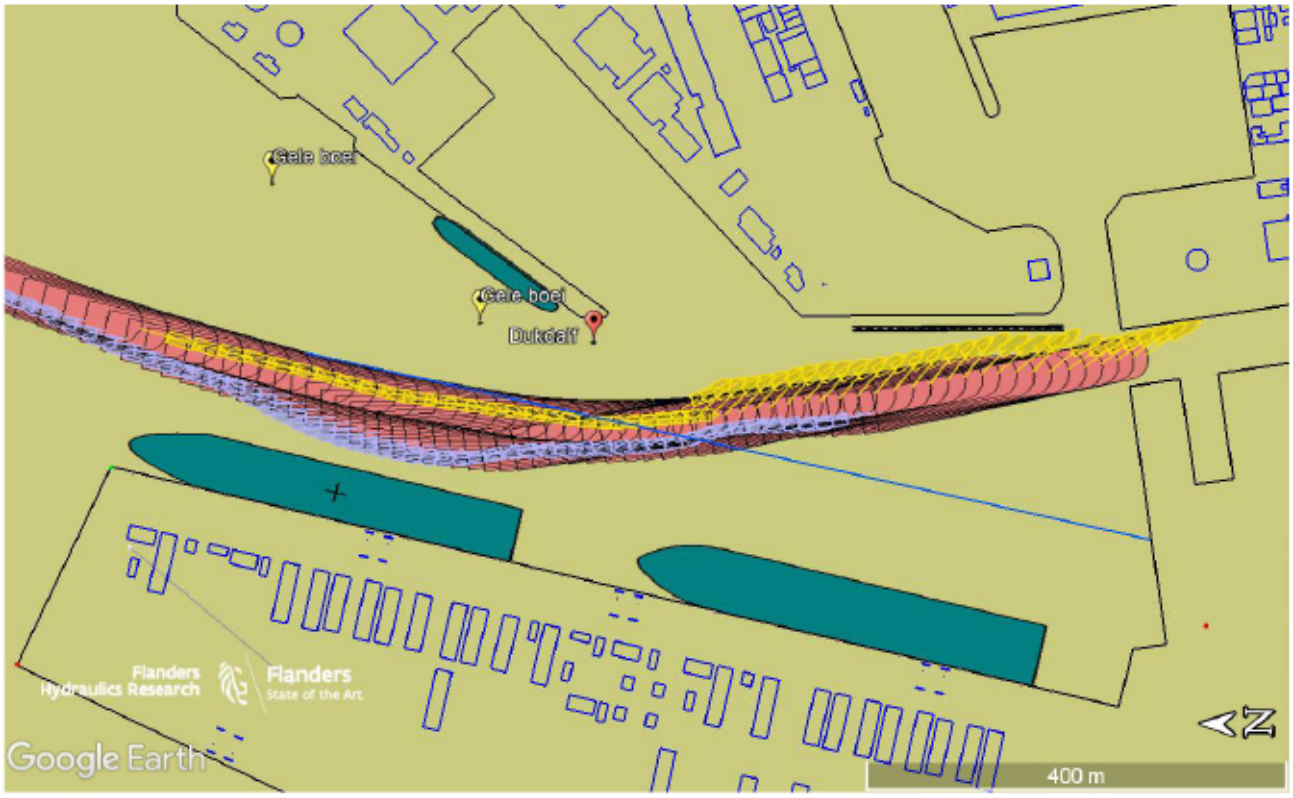
Door tussen de noodsteiger en het sluishoofd een vrije ruimte van ca. 50 m te laten, blijft er buiten het fietspad ook nog een tweede (ruimere) toegang tot de jachthaven behouden.

Behalve de inrichting van de voorhaven ter scheiding van zeevaart en pleziervaart, wordt in Figuur 37 ook de lichtenlijn ingetekend welke in §6.2.8 aanbevolen werd. Deze lichtenlijn was echter niet beschikbaar tijdens de simulatie.

In §6.2.8 werd aanbevolen om bij oostelijke windrichtingen de voorhaven in te varen met de stuurboordzij in de nieuwe lichtenlijn. Zoals weergegeven in Figuur 37 werd in simulatie 16 de voorhaven ingevaren met de bakboordzijde in de vooropgestelde lichtenlijn. Bijgevolg komt het schip op korte afstand van de afgemeerde schepen van OCHZ terecht (20 m). Er werd gesteld dat opgebouwde ervaring (op simulator of in realiteit) en de beschikbaarheid over de vooropgestelde lichtenlijn de vaarpositie in de voorhaven zal optimaliseren.

De te lage invaarpositie van de voorhaven leidde tot een minder gunstige sluisinvaart dan in eerdere simulaties. Toch werd het concept van de voorhaven zoals weergegeven in Figuur 37 positief beoordeeld. De openingshoek van 8° tussen de noodsteiger en de sluis biedt voldoende ruimte voor de voorste sleepboot.

De hoeken van de sluis dienen voorzien te worden van een gepaste fendering (bijvoorbeeld wielfenders), maar een bijkomende rolfender aan de uiteinden van de noodsteiger lijkt in dit ontwerp niet noodzakelijk.



Figuur 38 – Simulatie V1_16: toepassing van noodsteiger voor scheiding zeevaart en pleziervaart in voorhaven met vooropgestelde lichtenlijn

Tabel 11 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant 0 (Buitenhaven)

								Sluis		
Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Geleidings-constructie [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]
V0_01	In	NSZ	65+80	52		5	WZW	2	2	Ja
V0_02	In	NSZ	65+80	52		6	WZW	3	3	Ja
V0_03	In	NSZ	65+80	52	150	6	WZW	0	0	0
V0_04	In	NSZ	65+80	52	150	6	WZW	4	4	0
V0_05	In	NSZ	65+80	52	150	6	WZW	3	4	0
V0_17	In	NSZ	65+80	52		6	O	3	4	Ja
V0_18	In	NSZ	65+80	52		6	WZW	3	4	Ja

Tabel 12 – Uitgevoerde simulatiecondities en beoordeling voor variant 1 (Buitenhaven)

								Sluis		
Simu-latie	Sluis-traject	Schip	Sleep-boten [BP tons]	Afgemeerde schepen [m]	Geleidings-constructie [m]	Wind-Kracht [Bft]	Wind-richting [-]	Reserves [-]	Moeilijk-heids-graad [-]	Aanvaard-baarheid [-]
V1_06	In	NSZ	65+80	52		6	WZW	3	3	Ja
V1_07	In	NSZ	65+80	52		6	NO	3	3	Ja
V1_08	In	NSZ	80+80+65	52		6	WZW	2	3	Ja
V1_09	In	NSZ	65+80	52		6	NW	3	3	Ja
V1_10	In	NSZ	65+80	52		5	WZW	2	2	Ja
V1_11	In	NSZ	65+80	52		6	WZW	3	3	Ja
V1_12	In	NSZ	65+80	52	200	6	WZW	3	3	Ja
V1_13	In	NSZ	65+80	52	200	6	WZW	3	3	Ja
V1_14	In	NSZ	65+80	52	200	6	O	3	4	Ja
V1_15	In	NSZ	65+80	52	*400*[9]	6	O	3	3	Ja
V1_16	In	NSZ	65+80	52	*200*[9]	6	O	3	3	Ja

[9] Lengtes van een geleidingsconstructie weergeven in cursief duiden op een toepassing als noodsteiger eerder dan geleidingsconstructie

7 Samenvatting en conclusies

Op vraag van de afdeling Maritieme Toegang (aMT) onderzoekt het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) de nautische optimalisatie van de voorkeurslocatie 'Visart' vastgelegd door de Vlaamse Regering voor Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge (CP NSZ) (Vlaamse Overheid, 2019).

Nadat de resultaten uit een eerste deskstudie (Verwilligen *et al.*, 2020) besproken werden met de beide betrokken loodswezens (DAB Loodswezen en CVBA Brabo) werd beslist om in 2020 een eerste realtime simulatiestudie uit te voeren. De simulaties werden uitgevoerd op de scheepsmanoeuvreersimulatoren van WL.

De uitgevoerde simulatiestudie bevat een beoordeling van verschillende ontwerpvarianten voor zowel Buitenhaven als Achterhaven te Zeebrugge. Voor de Achterhaven werd bovendien zowel de enkele vaart door het nautische ontwerpschip, als sluisuitwisseling tussen kleinere scheepstypes in rekening gebracht.

Het nautische ontwerpschip voor CP NSZ betreft een RoRo-ferry met de grootste lengte (265 m) en de grootste breedte (40.0 m) van de huidige vloot door de Pierre Vandammesluis. Een RoRo-ferry met dergelijke afmetingen komt in werkelijkheid (nog) niet voor, maar werd ontwikkeld op basis van gelijkaardige schepen. Een afzonderlijk ontwerpschip werd gedefinieerd voor de eis met betrekking tot ontmoetingen in de Achterhaven. Er werd gesteld dat ontmoetingen op korte afstand van de sluis georganiseerd moeten kunnen worden voor de twee langste schepen die op heden door de Pierre Vandammesluis varen. Deze ontmoetingen werden gesimuleerd met een RoRo-ferry van het type Mark-V welke een lengte gelijk aan 265 m combineert met een breedte gelijk aan 32.2 m.

Vrijwel alle simulaties werden uitgevoerd met de beschikbaarheid over twee sleepboten, waarbij een 65 ton sleepboot vooraan vastgemaakt werd en een 80 ton sleepboot achteraan. De bediening van de sleepboten werd uitgevoerd door een ervaren sleepbootkapitein van Boluda Towage NV.

Het merendeel van de simulaties werd uitgevoerd bij een windkracht gelijk aan 6 Beaufort. De windrichting werd gevarieerd, maar er werden voornamelijk westzuidwestelijke windrichtingen geselecteerd, dit op basis van de frequentie van voorkomen (zie §3.3) en de nadelige richting ten opzichte van de sluisoriëntatie.

7.1 Manoeuvre sluisinvaart

Bij het uitvoeren van een sluisinvaart is een stabiele uitlijning van het schip naar de sluis een cruciale factor. Desalniettemin dient de beschikbare ruimte in de voorhaven van de sluis gebeurlijke afwijkingen op een uitgelijnde positie te faciliteren. Met name in de Buitenhaven gaan de twee varianten gepaard met een beperkte lengte en dus met een beperkte afstand om het schip op te lijnen naar de sluis.

Een stabiele uitlijning van het schip naar de sluis vereist het stabiliseren van de (dwarse) scheepspositie van het schip ten opzichte van de wind. Bij een dwarse wind met kracht 6 Bft, bleek uit de simulaties een belangrijke inzet van de beschikbare hulpmiddelen vereist om de windkrachten te compenseren. Door het loefgierige karakter van de RoRo-ferries bleek voornamelijk de controle van het achterschip belangrijk voor een stabiele uitlijning van de sluis. Op basis van de simulaties bleken onderstaande uitvoeringsmethode tot de meest gecontroleerde sluisaanloop te leiden.

Het roer wordt continu ingesteld op de maximale hoek waarmee het achterschip in de richting van de wind bewogen wordt. Het schroeftoerental wordt gevarieerd om de dwarse positie van het achterschip te controleren (hogere toerentallen geven een hogere kracht op het roer). De achterste sleepboot wordt recht achteruit toegepast voor het controleren van de vaarsnelheid van het schip. Een voorbeeld van een dergelijke uitvoering wordt gegeven in simulatie V0_18 (zie §6.1.7 op p. 50)

Deze methode heeft als belangrijk voordeel dat de functies van de beschikbare hulpmiddelen eenduidig zijn. Tijdens het oplijnen worden de schroef en het roer enkel toegepast om het achterschip uit te lijnen tot de sluis (dwarse positie), terwijl de achterste sleepboot enkel toegepast wordt voor de controle van de langsscheepse vaarsnelheid.

Los van de toegepaste inzet van de hulpmiddelen dient gesteld te worden dat de gesimuleerde windconditie een limietconditie betrof voor de toegankelijkheid van het nautische ontwerpschip (zowel voor de huidige P. Vandammesluis als voor de sluisvarianten voor NSZ). Uit de simulaties blijkt een beperkte reserve in hulpmiddelen bij een dwarse windrichting met kracht 6 Bft waardoor de inzet van een derde sleepboot wenselijk geacht wordt. Met uitzondering van één simulatie echter werden de sluisinvaarten uitgevoerd met beschikbaarheid over twee sleepboten (wat de gebruikelijke sleepbootassistentie is). Indien een derde sleepboot beschikbaar gesteld zou worden, dan verkiezen de loodsen om deze als een tweede achterboot toe te passen. Hierbij wordt één achterboot recht achteruit gebruikt voor het controleren van de vaarsnelheid, en één achterboot zo dwars mogelijk gebruikt voor de controle over de dwarse positie van het achterschip. Een voorbeeld van een toepassing van drie sleepboten bij een sluisinvaart wordt weergegeven in simulatie V1_08 (zie §6.2.3 o p. 54).

7.2 Achterhaven

De Visart-locatie stemt overeen met een grote afstand tot het Verbindingsdok. De vaarweg tussen het Verbindingsdok en de Visartsluis dient verruimd te worden om grotere zeeschepen te ontvangen. Deze vaarweg wordt verder het Verbindingskanaal genoemd en stemt overeen met het noordelijke deel van het Boudewijnkanaal.

De simulaties naar varianten in de Achterhaven werden gecombineerd met een aantal besliste of mogelijke ontwikkelingen in de haven. De belangrijkste zijn:

1. de constructie van afmeerkaaien aan de westelijke oever Verbindingskanaal;
2. de bouw van een nieuwe brug over het Verbindingsdok met doorvaarbreedte 55 m;
3. de installatie van een droogdok in het Verbindingsdok ten noordoosten van de brug;
4. de ontwikkeling van een RoRo-terminal in het Verbindingsdok ten zuidwesten van de brug (Bastenaken-West);
5. de verbreding van het zuidelijke Boudewijnkanaal met inrichting RoRo-terminals op de oostelijke oever (deze ontwikkeling werd enkel geïmplementeerd in variant C).

Bijkomend werd bij het onderzoek naar ontmoetingen in het Verbindingskanaal (variant F) ook aan de oostzijde van het Verbindingskanaal een kaaimuur ingetekend op basis van mogelijke ontwikkelingen door MBZ.

In eerste instantie werden simulaties uitgevoerd naar de voorkeursvariant Visart zoals gedefinieerd in de onderzoeksfase (Variant A). De beperkte breedte van de voorhaven aan de oostelijke zijde van de sluis maakt echter dat deze variant nautisch niet aanvaardbaar is. De simulaties tonen aan dat de voorhaven van de sluis een minimale openingshoek van 8° dient te maken ten opzichte van de sluis. Deze eis vereist een inname van de oostelijke oever van het Verbindingskanaal.

Tijdens een iteratief proces werd het vaarwegontwerp voor de voorhaven van de sluis en het Verbindingskanaal geoptimaliseerd totdat een nautisch aanvaardbaar ontwerp bekomen werd voor de enkele vaart door het ontwerpschip van CP NSZ. Dit ontwerp betreft variant E (zie Figuur 21 op p. 34) welke gepaard gaat met een breedte van het Verbindingskanaal gelijk aan 136 m (gemeten tussen de afgemeerde schepen en de oostelijke oever). De voorhaven van de sluis dient vrij te zijn van afgemeerde schepen tot op een langsafstand van twee scheepslengtes (d.i. 530 m) tot de sluis.

Het vaarwegontwerp volgens variant E laat een enkele vaart toe door het ontwerpschip van CP NSZ. Ontmoetingen tussen dergelijke schepen in op- en afvaart kunnen echter pas uitgevoerd worden ten oosten

van de brug over het Verbindingsdok. Dit maakt dat de tijd tussen de sluisuitvaart door een opvarend schip en de sluisinvaart door een afvarende schip ca. 60 minuten bedraagt. Deze hoge wisseltijden in de sluis hebben een nadelig effect op de sluiscapaciteit.

Om hieraan tegemoet te komen werden er gekoppelde simulaties uitgevoerd in een aangepaste ontwerpvariant (variant F met verschillende breedtes afgemeerde schepen) en met een aangepast ontwerpschip (zie eerder).

In het Verbindingskanaal werd een beschikbare ruimte gelijk aan 196 m tussen afgemeerde schepen aan beide oevers voldoende geacht voor het kruisen van twee RoRo-ferries met lengte 265 m en breedte 32.2 m. Het ontwerp van de voorhaven (aansluitend op de sluis) blijft hierbij identiek aan variant E. De mogelijkheid tot kruisen in het Verbindingskanaal reduceert de tijd tussen de sluisuitvaart door een opvarend schip en de sluisinvaart door een afvarende schip tot ca. 20 minuten.

Er werden voor het Verbindingskanaal uiteindelijk twee aanvaardbare varianten bekomen. Het betreffen variant E voor de enkele vaart door een RoRo-ferry met afmetingen 265 m x 40 m, en variant F voor ontmoetingen tussen twee RoRo-ferries met afmetingen 265 m x 32.2 m.

Indien de oevers niet ingericht zouden worden als kaaimuren voor afgemeerde schepen, dan kan aangenomen worden dat de rand van de vaarweg op breedte 196 m overeen dient te stemmen met een diepte noodzakelijk voor de ontwerpdiepgang voor een schip in het Verbindingskanaal. De overgang tot de nautisch gegarandeerde diepte van het Verbindingskanaal kan dan gerealiseerd worden volgens een oeverhelling ¼.

De overbreedte voor de afmeerzones is afhankelijk van de maximale breedte van de ontwerpschepen voor deze kaaimuren. Indien er, zoals in de simulatiestudie van uitgegaan wordt, aan zowel westelijke als oostelijke oever schepen afgemeerd kunnen worden met breedte 40 m. Dan dient de breedte tussen beide parallelle kaaimuren minimaal 40 m + 196 m + 40 m = 276 m te bedragen.

De aslijn van het Verbindingskanaal ligt bij voorkeur in het verlengde van de aslijn van de sluis. In variant F is hier echter niet aan voldaan. In variant F bedraagt de excentriciteit van het Verbindingskanaal ten opzichte van de sluis 16.5 m. De excentriciteit van het Verbindingskanaal ten opzichte van de sluis dient geminimaliseerd te worden maar de excentriciteit toegepast in variant F (16.5 m) kan beschouwd worden als een maximale waarde.

Met betrekking tot het ontwerp van de kaaimuren van de voorhaven (oostzijde) wordt verder opgemerkt dat deze voorzien dienen te worden van een horizontale fendering. De oostelijke oever van de voorhaven doet dienst als noodsteiger voor de Achterhaven.

Met betrekking tot de toegankelijkheid van de brug over het Verbindingsdok wordt geconcludeerd dat brugpassages door het ontwerpschip van CP NSZ mogelijk zijn tot een windkracht gelijk aan 5 Beaufort. Windkracht 6 Bft blijkt mogelijk indien de windrichting maximaal 20° afwijkt van de voorligging van de brug (d.i. 250.7°).

7.3 Buitenhaven

Simulaties naar de Buitenhaven werden uitgevoerd naar twee varianten die begin 2020 gedefinieerd werden door aMT (zie Figuur 2 op p. 2).

De nulvariant (V0) stemt overeen met het basisalternatief uit het voorkeursbesluit voor CP NSZ. In variant 0 wordt de toegang van de jachthaven verlegd naar het Militair Dok. De positie van het benedenhoofd van de sluis bevindt zich 63 m meer afwaarts (noordelijk) dan in variant 1. De korte afstand tot de tegenoverliggende kaai OCHZ en de bijhorende beperkte afstand om het schip naar de sluis op te lijnen, wordt in variant 0 gecompenseerd door een bredere voorhaven waardoor er ingesneden wordt in zowel de oever aan het Visserskruis als in een deel van de noordelijke havendam van het Militair Dok.

Een variant op het basisalternatief (V1) veronderstelt het behoud van de bestaande ingang tot de jachthaven (Prins Albertdok). Hiertoe werd het afwaartse sluishoofd gepositioneerd ter hoogte van de opwaartse havendam van de jachthaven. Een kleinere oostelijke oeverinname wordt voorzien dan in variant 0.

Tijdens de simulaties werden beide varianten gecombineerd met verschillende ontwerpen van geleidingsconstructies om de sluismanoeuvres te faciliteren.

De 63 m langere voorhaven in variant 1 bleek een significant voordeel te zijn vergeleken met de korte voorhaven uit variant 0. Doordat de invaart van de voorhaven zodanig uitgevoerd wordt opdat het schip over een zo lang mogelijke afstand in lijn kan liggen met de sluis, bleek de oostelijke uitbreiding van de voorhaven in variant 0 geen meerwaarde te vormen. Ook het voorzien van een geleidingsconstructie in het verlengde van de oostelijke kolkmuur bleek een eerder nadelige invloed te hebben op de sluismanoeuvres en werd bijgevolg niet weerhouden.

Praktijkvoorbeelden van sluisinvaart langs een geleidingsconstructie (Neo-Panamax sluizen in Panama en de Charles De Gaulle sluis te Duinkerke) worden uitgevoerd met behulp van een duwboot die het schip tegen de geleiding drukt. De loodsen achten het echter niet wenselijk om de sleepboten op die manier in te zetten. De loodsen zouden een geleidingsconstructie verkiezen waartegen de boeg gecontroleerd kan glijden aan een vaarsnelheid gelijk aan ca. 3 kn. Een dergelijke uitvoering komt voor in de binnenvaart (met name bij het varen met duwbakken) maar is ongebruikelijk voor zeevaart (dit zou een zeer robuuste constructie met grote demping vereisen) en in het bijzonder voor RoRo-schepen (waarbij de uitwaaierende boeg aanleiding geeft tot een grote waarschijnlijkheid op (verf-)schade aan schip). Er zijn noch bij WL noch bij de loodswezens praktijkvoorbeelden bekend van een dergelijke uitvoering. Wanneer in een latere simulatie een bijkomende sleepboot aangeboden werd, dan werd verkozen om deze als tweede achterboot te gebruiken, boven de combinatie van een duwboot en een geleidingsconstructie.

De combinatie van een duwboot met een geleidingsconstructie werd door de loodsen als ongewenst beoordeeld en werd bijgevolg niet verder onderzocht in de simulatiestudie. Indien geen duwboot toegepast wordt, dan biedt een geleidingsconstructie geen meerwaarde voor de sluisinvaart.

De simulaties tonen een uitgesproken voorkeur voor variant 1. In deze variant bevindt de monding van de jachthaven zich onmiddellijk afwaarts het sluishoofd. Hierbij gelden onderstaande aandachtspunten:

- De verkeersstroom naar de sluis door zeevaart en naar de jachthaven door pleziervaart dient zoveel als mogelijk van elkaar gescheiden te worden.
- Bij afgaand getij worden op heden belangrijke uitstroomsnelheden waargenomen uit de jachthaven. Dergelijke dwarsstroom op korte afstand van de sluis (zoals voorzien in variant 1) is nadelig voor een sluisinvaart. Hoewel de verdieping van het onderzoeksgebied de dwarsstroom aan de Visartsluis zal verminderen is er bijkomend onderzoek vereist over de mogelijke hinder voor sluismanoeuvres. De stroomsnelheden in de voorhaven bij de ontwerpdieptes uit variant 1 dienen gemodelleerd te worden over een representatieve tijcyclus om de impact op de sluismanoeuvres te bepalen.

Tijdens de uitvoering van sluismanoeuvres door zeevaart, dient de voorhaven van de sluis vrij te zijn van andere scheepvaart (inclusief pleziervaart). Indien de pleziervaart naar de jachthaven dezelfde vaarweg deelt als de zeevaart naar de sluis, dan zal dit een belangrijke beperking vormen voor de toegankelijkheid van de jachthaven. Om dit te vermijden werd er in variant 1 een alternatief uitgewerkt waarbij de verkeersstromen van elkaar gescheiden worden door aan de oostzijde van de voorhaven een smal toegangskanaal naar de jachthaven te voorzien. Dit toegangskanaal wordt in voorliggend rapport het fietspad voor pleziervaart genoemd. Het fietspad voor pleziervaart wordt in variant 1 gerealiseerd door een noodsteiger te voorzien aan de oostzijde van de sluis (zie Figuur 37 op p. 59). De noodsteiger werd uitgelijnd volgens een openingshoek gelijk aan 8° ten opzichte van de oostelijke sluishoek. De vereiste breedte van het fietspad voor de pleziervaart dient bepaald te worden op basis van het gewenste ontwerpschip en vereist mogelijks een aanpassing aan de oostelijke oever van de voorhaven. In het noorden van de voorhaven wordt de scheiding tussen pleziervaart en zeevaart aangegeven door de positie van een dukdalf in het verlengde van het militair dok en enkele gele boeien langsheen de nieuwe kaaimuur aan de buitenzijde van het Militair dok

(zie Figuur 37 op p. 59). Door tussen de noodsteiger en het sluishoofd een vrije ruimte van ca. 50 m te laten, blijft er buiten het fietspad ook nog een tweede (ruimere) toegang tot de jachthaven behouden. In simulatie V1_16 werd dit ontwerp van de voorhaven onderzocht en werd de aanvaardbaarheid voor de sluismanoeuvres bevestigd.

Met betrekking tot de invaart van de voorhaven wordt gesteld dat een aanpassing van de bestaande lichtenlijn (193°) vereist is. De nieuwe lichtenlijn dient parallel te lopen aan de OCHZ-kaaimuur op een dwarsafstand van de kaai gelijk aan 150 m. Bij westelijke dwarswind dient de voorhaven ingevaren te worden met de bakboordzij op de lichtenlijn, bij oostelijke dwarswind met de stuurboordzij op de lichtenlijn en indien geen belangrijke dwarswind dan dient de voorhaven ingevaren te worden centraal op de lichtenlijn. De positie van de lichtenlijn wordt eveneens aangeduid in Figuur 37 op p. 59.

De Visart-locatie van CP NSZ stemt overeen met een beperkte lengte van de voorhaven, waardoor de afstand om het schip op te lijnen beperkt is. De beschikbaarheid over een Full SNMS positiebepalingssysteem met Lock Approach Mode is hierbij een belangrijk hulpmiddel om het schip nauwkeurig te positioneren tot de sluis. De beschikbaarheid over een dergelijk systeem wordt sterk aanbevolen voor de sluisinvaart door maatgevende schepen.

De beperkte lengte van de voorhaven impliceert eveneens dat hier geen kruisend verkeer mogelijk is. Schepen van en naar de sluis kunnen elkaar slechts ontmoeten afwaarts OCHZ. De tijd tussen het ogenblik dat een afvarend schip de sluis verlaat (boeg uit sluis) en een opvarend schip de sluis invaart (boeg in sluis) bedraagt hierdoor ca. 30 minuten.

7.4 Algemene opmerkingen sluisontwerp

Met betrekking tot het sluisontwerp werden onderstaande opmerkingen geformuleerd:

1. De sluishoeken dienen beschermd te worden door een gepaste fendering (vb. wielfenders)
2. Ondanks de beperking van de nuttige breedte van de kolk, wordt de aanwezigheid van drijframen in de sluis door de meeste loodsen wenselijk geacht. Indien aanwezig dan dient de fendering van de sluishoeken hieraan aangepast te worden.
3. De ledverlichting van het sluisplateau dient afgestemd te worden op de manoeuvres (de huidige led-verlichting op de Pierre Vandammesluis zou hinderlijk zijn voor de sluisinvaarten).
4. De sluisbruggen en -deuren dienen voorzien te worden van referentiemerken (en lichten) die het midden van de sluis aanduiden.
5. Vanuit nautisch standpunt is het aanbevolen om de basculebruggen aan de oostzijde te plaatsen, dit om een plotse verandering in windkrachten te beperken bij de dominante windrichting (westelijk).

7.5 Vervolgonderzoek

Op basis van de simulatiestudie worden onderstaande aanbevelingen geformuleerd voor bijkomende onderzoek:

- De aanbevelingen in voorliggende rapport dienen toegepast te worden om een nautische optimalisatie door te voeren van het Visart-ontwerp voor CP NSZ inclusief een fenderingsplan voor de sluis.
- Voor het Visart-ontwerp van CP NSZ dienen de stroomsnelheden in de voorhaven bepaald te worden voor een springtij-cyclus. Speciale aandacht dient uit te gaan naar de uitstroom van de jachthaven bij afgaand getij. Een correcte definitie van de aansluiting van de jachthaven op de voorhaven en het bijhorende diepteprofiel is dan ook van belang.
- Een simulatiestudie naar het nautische geoptimaliseerd Visart-ontwerp voor CP NSZ. Detaillering van sluisontwerp, fendering en stroomcondities.

- Voor het nautisch ontwerpschip bedragen de vaarsnelheden in het Verbindingskanaal 4 tot 5 kn. De hinder van varende scheepvaart op de afgemeerde schepen aan de kaaimuren langs het Verbindingskanaal, dient onderzocht te worden. De focus light hierbij op een beoordeling van de verwachte troskrachten ten gevolge van scheepspassages en de bijhorende aanvaardbaarheid.
- De hinder van scheepvaart in het Verbindingskanaal op afgemeerde vissersboten ter hoogte van de Vismijn dient onderzocht te worden. Hierbij dienen naast de passage van het nautische ontwerpschip ook de impact van snel varende schepen (bvb. sleepboten) onderzocht te worden. Behalve troskrachten dienen ook golfslag aan de kaaimuur en de bijhorende scheepsbewegingen van afgemeerde schepen onderzocht te worden.

8 Referenties

Davenport, A. (1967). Gust Loading Factors. *J. Struct. Div. Proc. ASCE 93*(*ST3*): 11–34

NV Maatschappij van de Brugse Zeehaven. (2019). Concessie van openbare dienst: Sleepdiensten in de haven van Brugge-Zeebrugge en haar toegangswegen

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Mostaert, F. (2020). Nieuwe Sluis Zeebrugge (NSZ): deelrapport 2. Nautisch advies Varianten Visart 2019. Versie 5.0. *WL Rapporten*, 17_002_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Vlaamse Overheid. (2019). Besluit van de Vlaamse Regering houdende de definitieve vaststelling van het voorkeursbesluit betreffende het complexe project `Verbetering van de nautische toegankelijkheid tot de haven van Zeebrugge', Belgisch S

Vlaamse Overheid. (2020). Geactualiseerde Project Onderzoeksnota (PON). Verbetering nautische toegankelijkheid tot de (achter)haven van Zeebrugge. Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge. 1.6. Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken: Zeebrugge

Vos, S.; Eloot, K.; Mostaert, F. (2017). Nieuwe Sluis Zeebrugge (NSZ): nautische screening alternatieven met vaarsimulaties. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 17_002_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=317286

Vos, S.; Eloot, K.; Verwilligen, J.; Mostaert, F. (2012). Haven van Zeebrugge: toegankelijkheid van de SHIP zone met beperkte open getijzone en sluis: simulatiestudie. Versie 2.0. *WL rapporten*, 801_09. Waterbouwkundig Laboratorium

Bijlage 1 Pilot Card simulatieschepen

Car Carrier NSZ (NSZ)

carCar_265_400_NSZ_95 PRINCIPLE CHARACTERISTICS
based on fast-time simulations

Name	carCar_265_400_NSZ_95.shi	
Project	20_011	
Main Dimensions		
L_{OA}	[m]	265
L_{PP}	[m]	246.96
B	[m]	40
T	[m]	9.5
m	[ton]	4.58E+04
$A_{wind\ frontal}$	[m²]	1442
$A_{wind\ lateral}$	[m²]	7916
Propeller		
#	[-]	1
n_{max}	[1/s]	1.4
CPP		No
Rotation	Right	
Thruster		
Bow thruster	[-]	1
Total Power	[HP]	2800
Max Propeller Rate	[°/min]	450
Stern Thruster	[-]	1
Total Power	[HP]	2800
Max Propeller Rate	[°/min]	450
Rudders		
#	[-]	1
d_{max}	[°]	35
Time from +35 to -35	[s]	23.3



Manoeuvring speeds				
	RPM	UKC=300%	UKC=20%	
	[-]	[kn]	[kn]	
Manoeuvring Full Ahead	84	17.9	17.8	
Half Ahead	66	14.0	13.9	
Slow Ahead	48	10.2	10.1	
Dead Slow Ahead	30	6.4	6.3	

Stopping specifications				
	Time		Distance	
UKC=300%	[s]	[mm:ss]	[m]	
From Man. Full Ahead to Full Astern	310	05:10	1818	
From Slow Ahead to to Full Astern	119	01:59	351	

Turning specifications				
	Advance	Transfer	Tact Diam	
UKC=300%	[m]	[m]	[m]	
Manoeuvring Full Ahead	658	311	750	
Slow Ahead	636	310	744	
UKC=20%				
Manoeuvring Full Ahead	677	459	941	
Slow Ahead	655	460	930	

ZigZag 20/20				
	1st Overshoot	2nd Overshoot	Period	
UKC=300%	[deg]	[deg]	[s]	
Manoeuvring Full Ahead	-164.5	-163.9	241	
Slow Ahead	-167.4	-166.4	397	
UKC=20%				
Manoeuvring Full Ahead	-174.5	-174.5	201	
Slow Ahead	-175.9	-175.9	331	

Odyssea (Mark-V)

Odyssea PRINCIPLE CHARACTERISTICS

based on fast-time simulations

Name	Odyssea.shi
Project	20_011

Main Dimensions			
L_{OA}	[m]	265	
L_{PP}	[m]	246.96	
B	[m]	32.2	
T	[m]	11	
m	[ton]	42659	
$A_{wind\ frontal}$	[m²]	988	
$A_{wind\ lateral}$	[m²]	7294	

Propeller		
#	[-]	1
n_{max}	[1/s]	0.92
CPP		No
Rotation	Right	

Thruster		
Bow thruster	[-]	1
Total Power	[HP]	2500
Max Propeller Rate	[°/min]	450
Stern Thruster	[-]	1
Total Power	[HP]	2500
Max Propeller Rate	[°/min]	450

Rudders		
#	[-]	1
d_{max}	[°]	35
Time from +35 to -35	[s]	23.3





Manoeuvring speeds			
	RPM	UKC=300%	UKC=20%
	[-]	[kn]	[kn]
Manoeuvring Full Ahead	55	12.0	12.0
Half Ahead	45	9.8	9.8
Slow Ahead	35	7.6	7.6
Dead Slow Ahead	25	5.5	5.5

Stopping specifications			
	Time		Distance
UKC=300%	[s]	[mm:ss]	[m]
From Man. Full Ahead to Full Astern	279	04:39	980
From Slow Ahead to to Full Astern	161	02:41	333

Turning specifications			
	Advance	Transfer	Tact Diam
UKC=300%	[m]	[m]	[m]
Manoeuvring Full Ahead	655	350	789
Slow Ahead	643	351	788
UKC=20%			
Manoeuvring Full Ahead	733	524	1019
Slow Ahead	720	525	1017

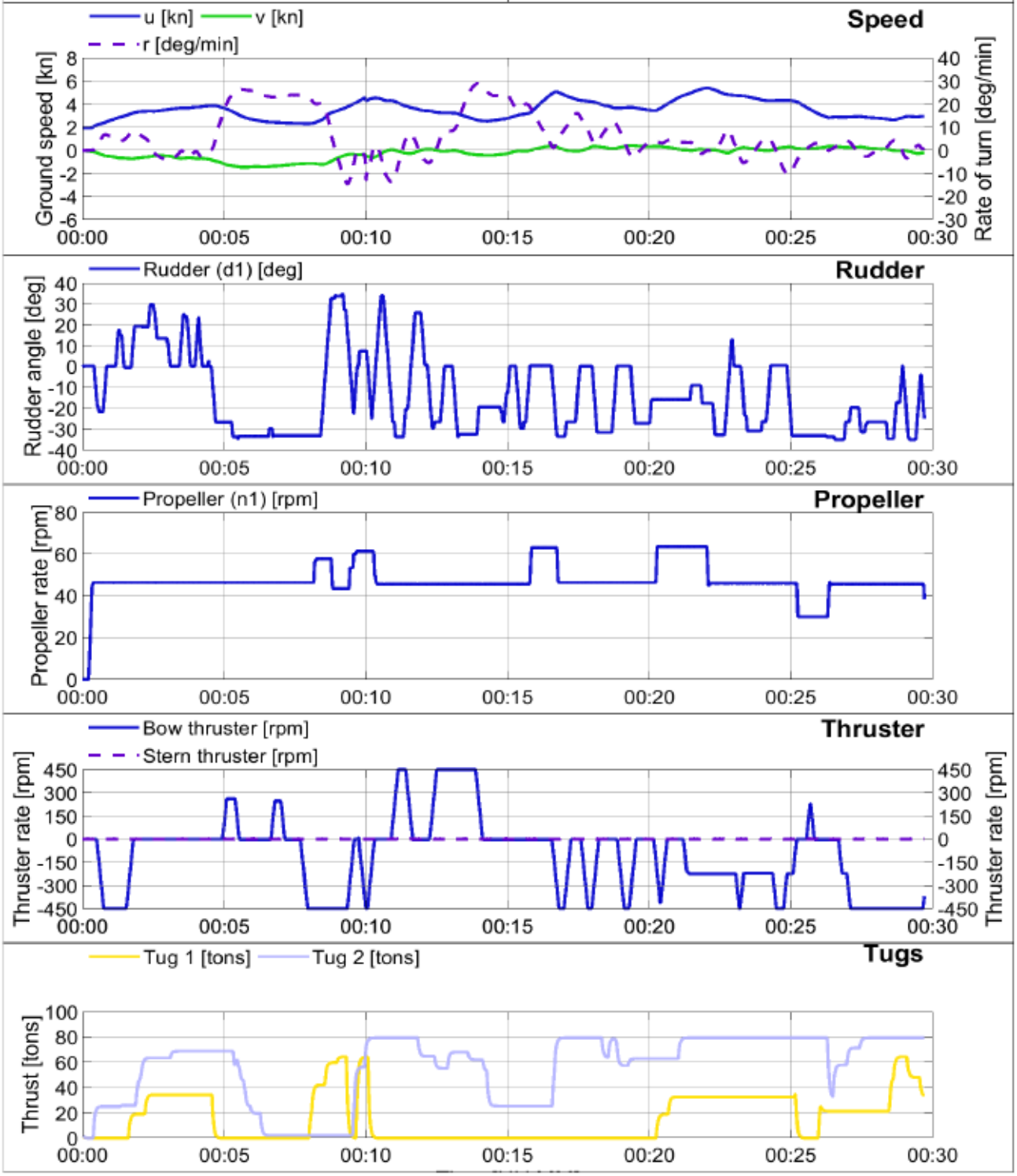
ZigZag 20/20			
	1st Overshoot	2nd Overshoot	Period
UKC=300%	[deg]	[deg]	[s]
Manoeuvring Full Ahead	11.4	12.7	342
Slow Ahead	10.0	11.4	519
UKC=20%			
Manoeuvring Full Ahead	3.4	3.4	324
Slow Ahead	2.8	2.8	494

Bijlage 2 Standaardgrafieken

CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

Manoeuvreereigenschappen

Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m	Tugs: 65+80 tons
Simulatie: Achterhaven VA 05	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -

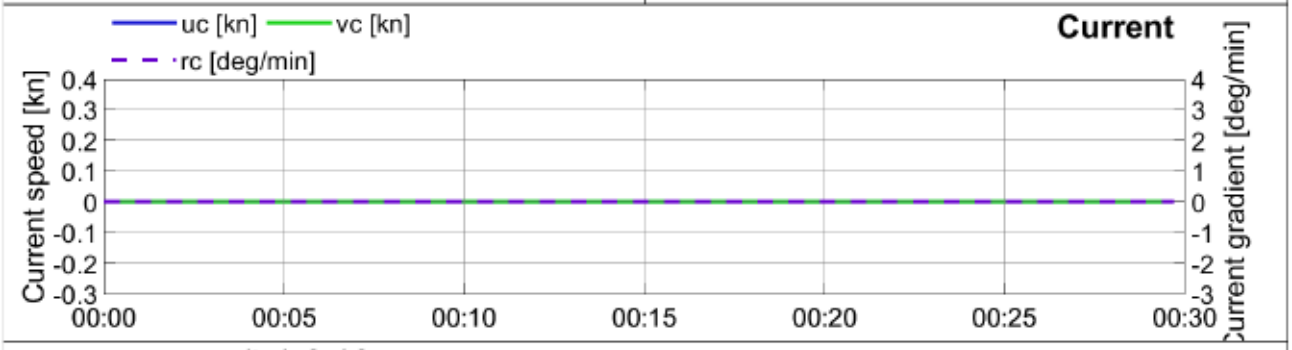


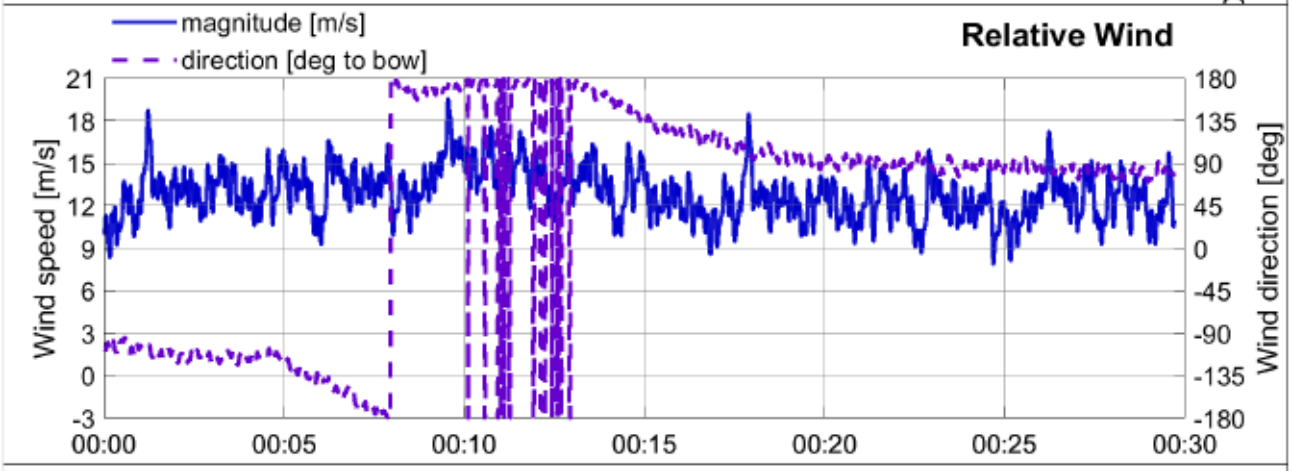
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

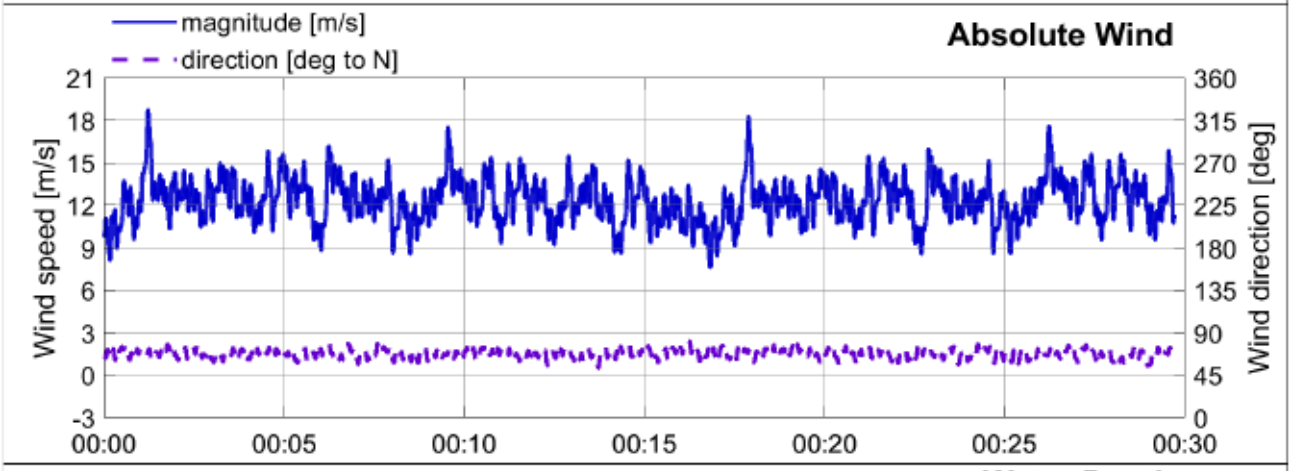
Omgevingscondities

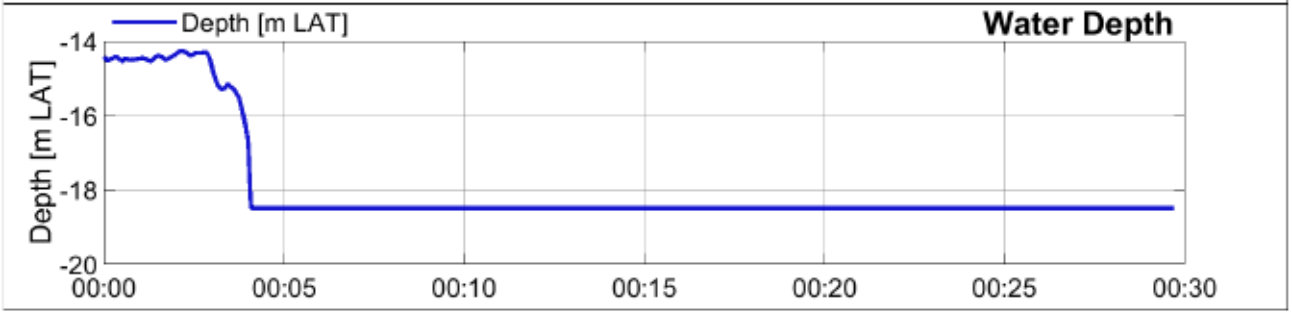
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VA 05	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







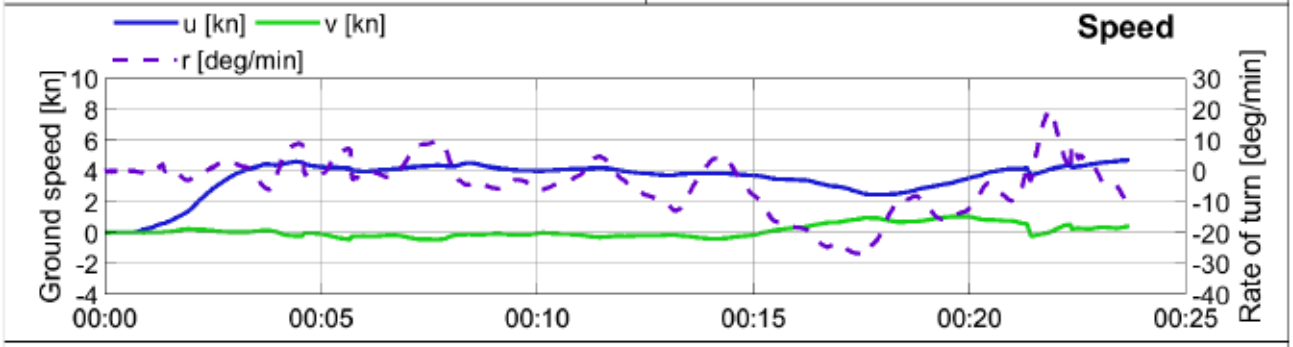


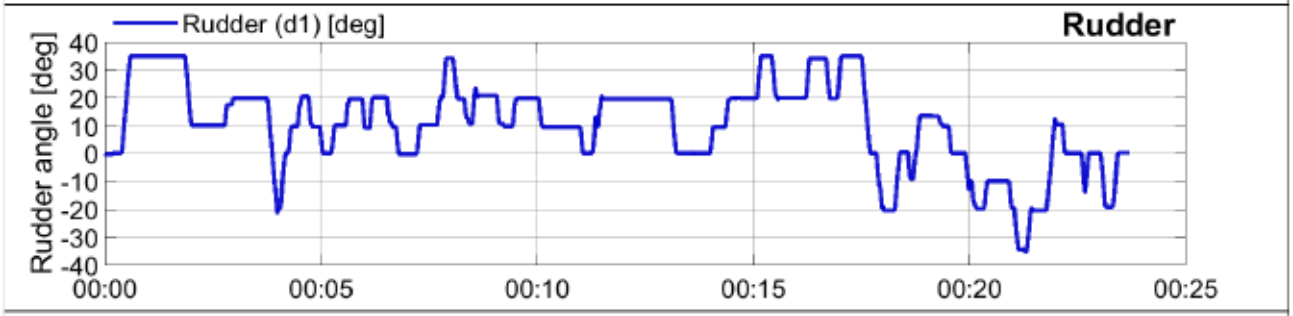
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

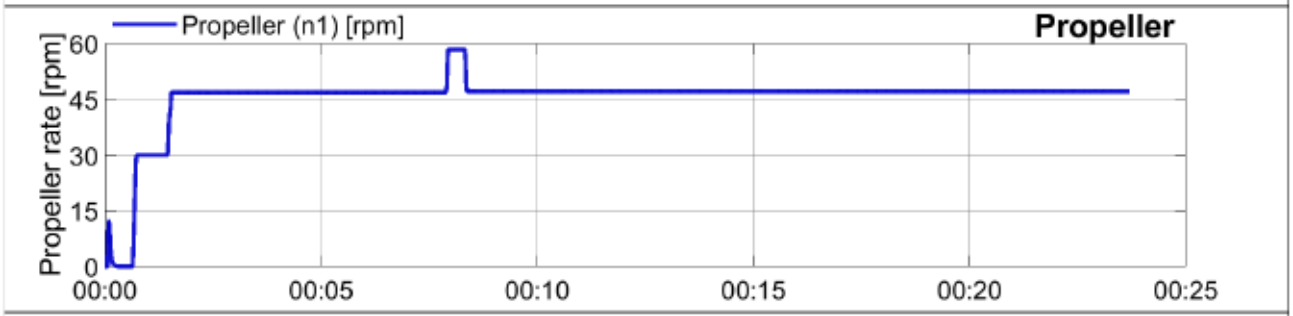
Manoeuvreereigenschappen

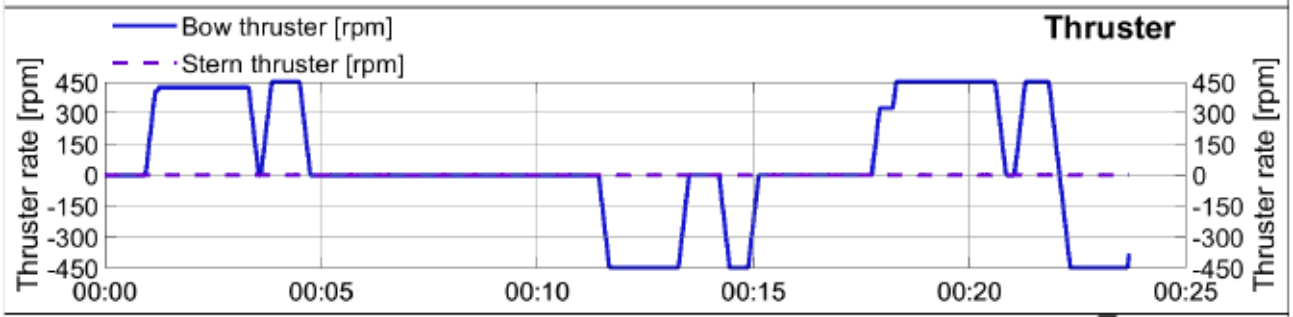
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

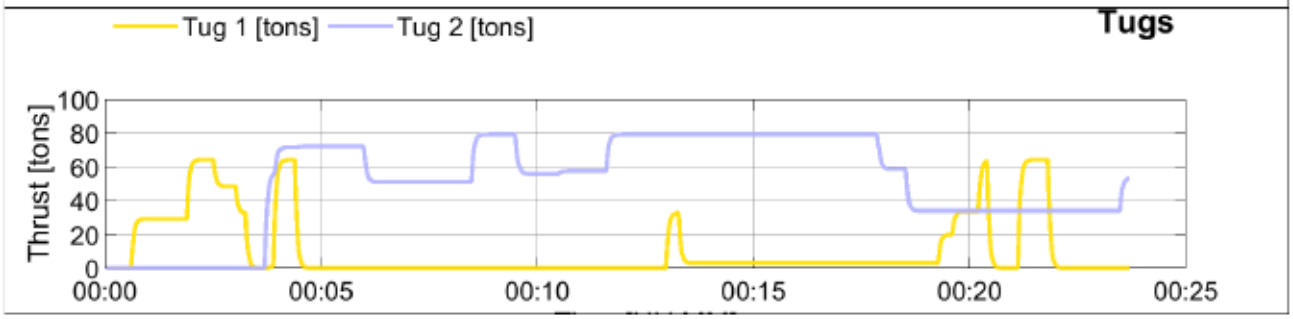
Simulatie: Achterhaven VA 08	Wind: NW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









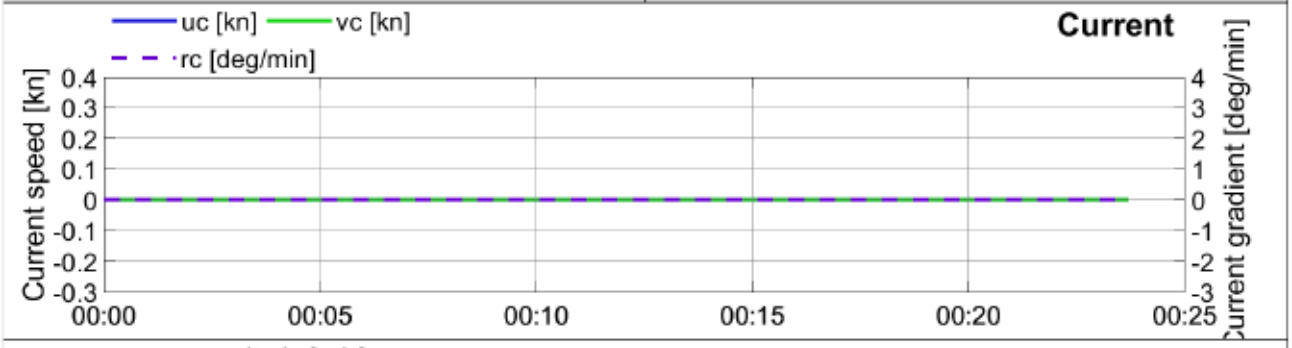


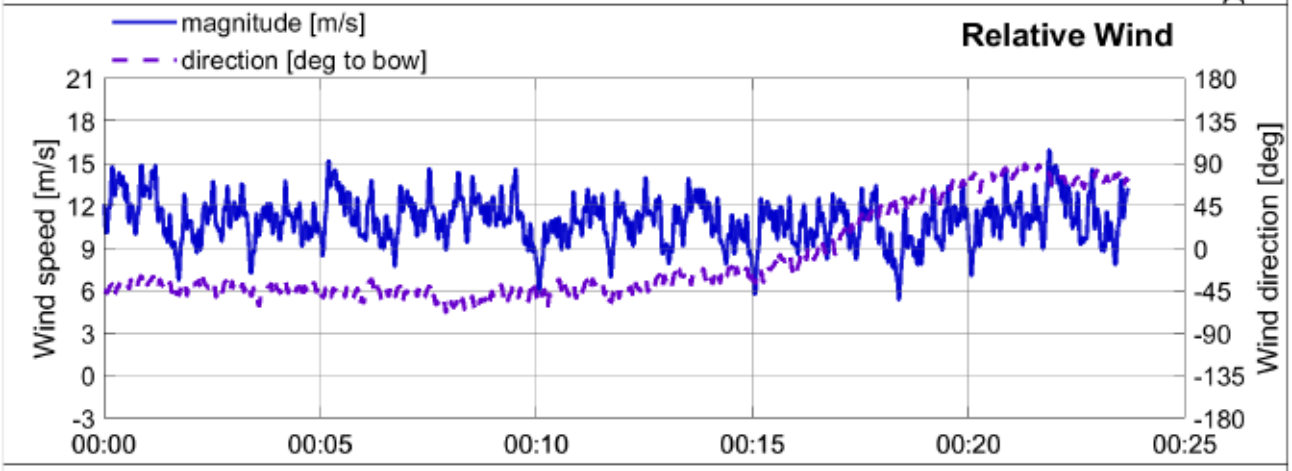
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

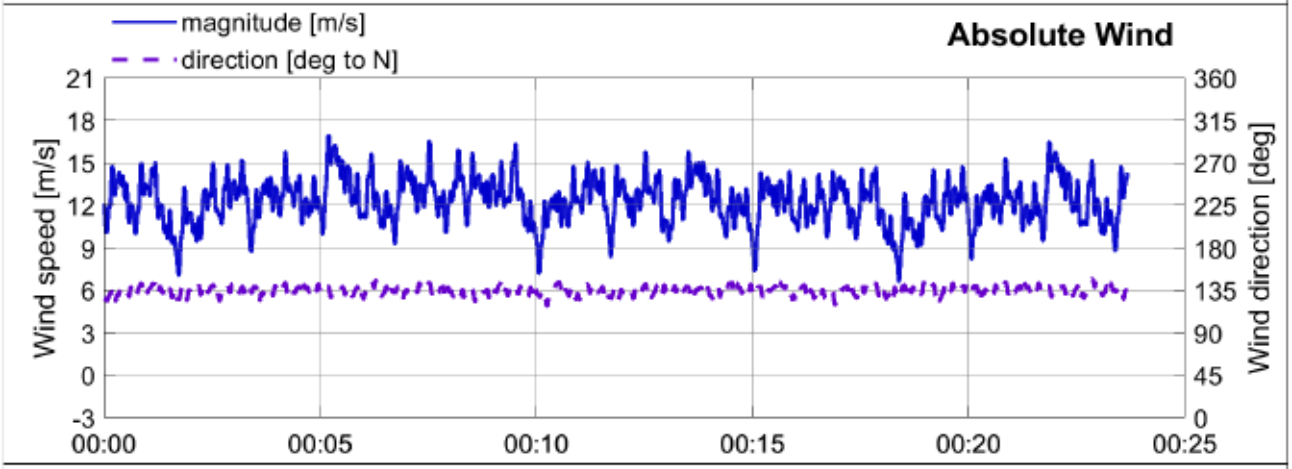
Omgevingscondities

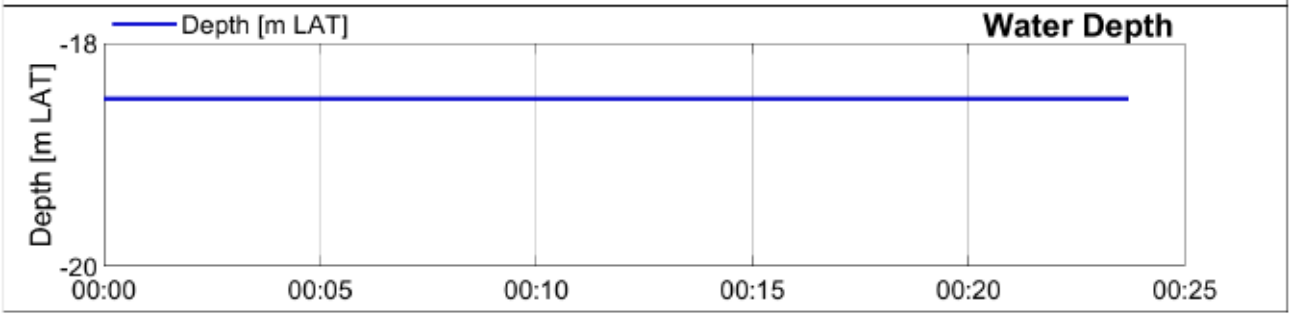
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VA 08	Wind: NW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







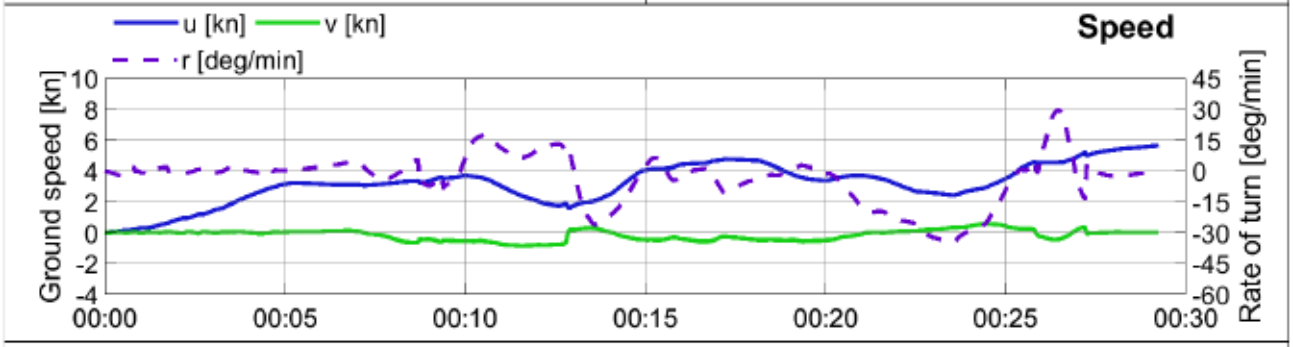


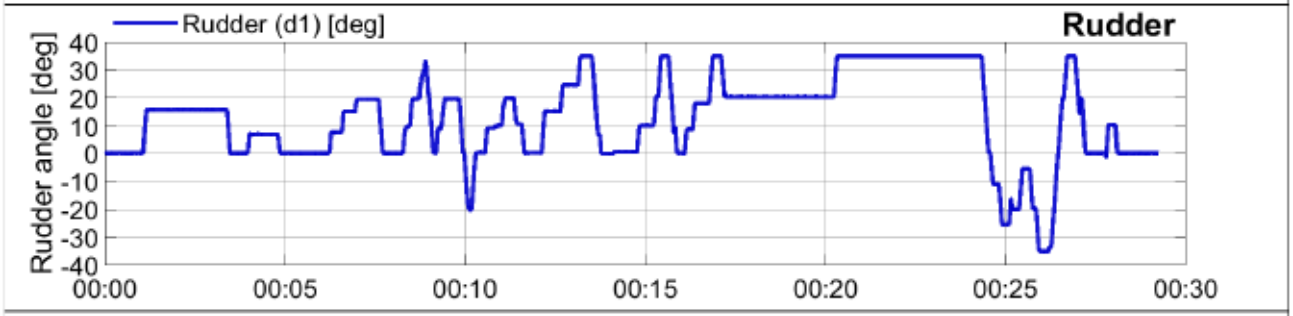
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

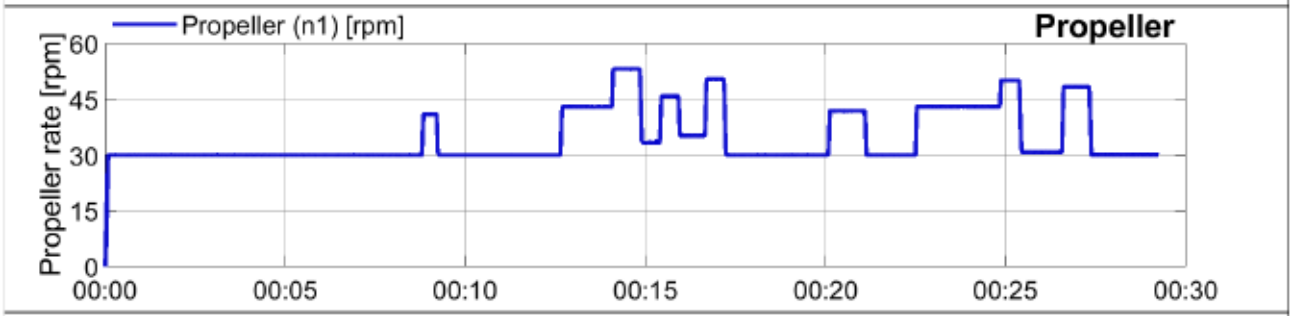
Manoeuvreereigenschappen

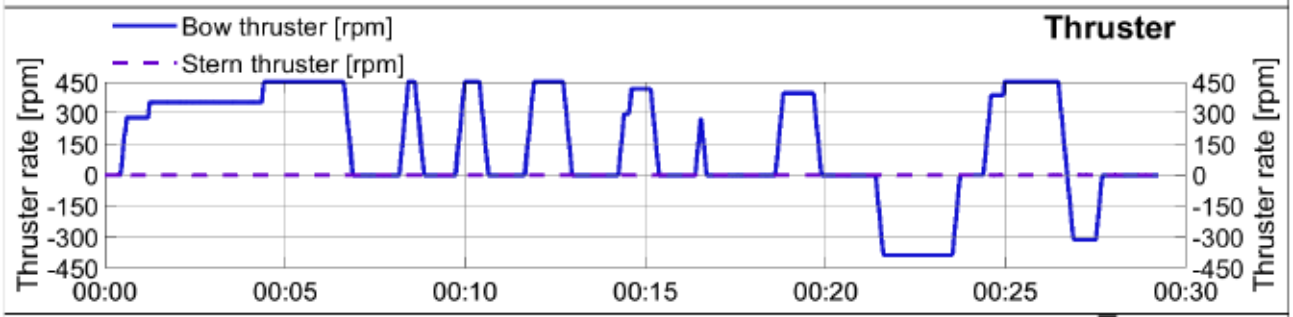
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

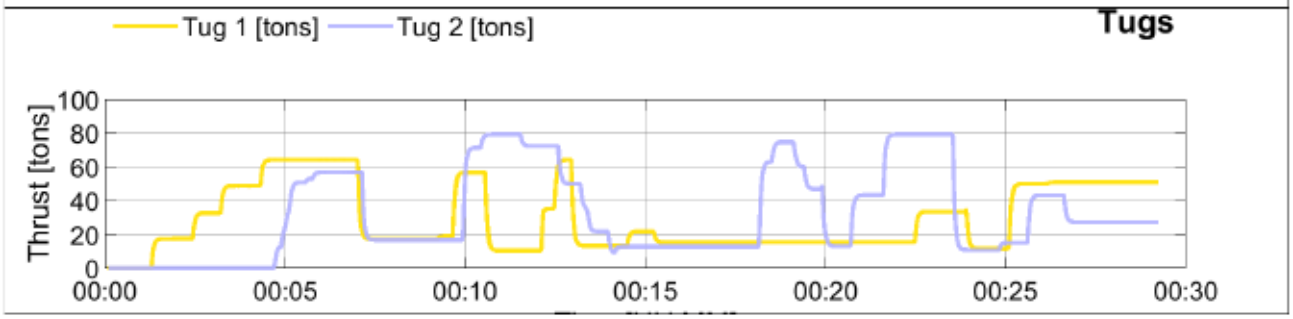
Simulatie: Achterhaven VB 01	Wind: WZW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: -









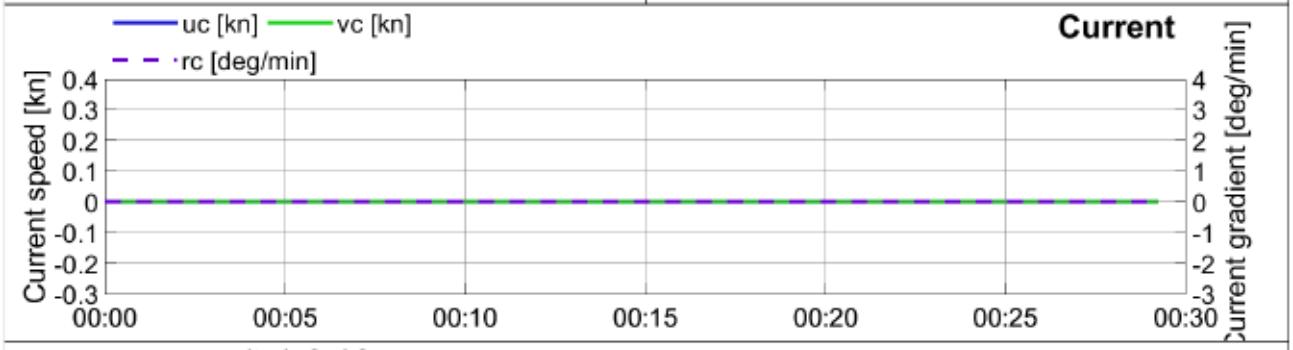


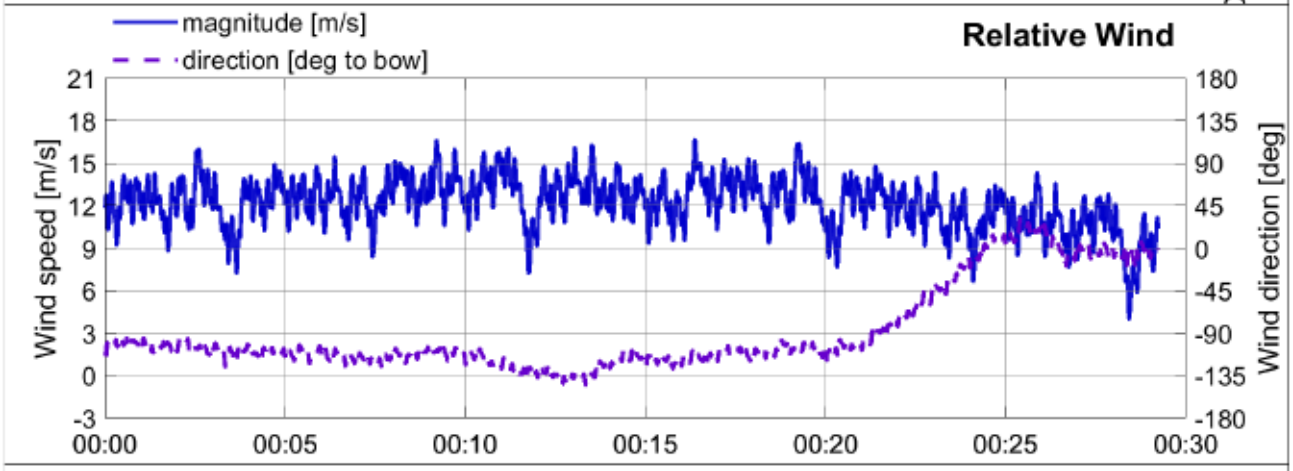
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

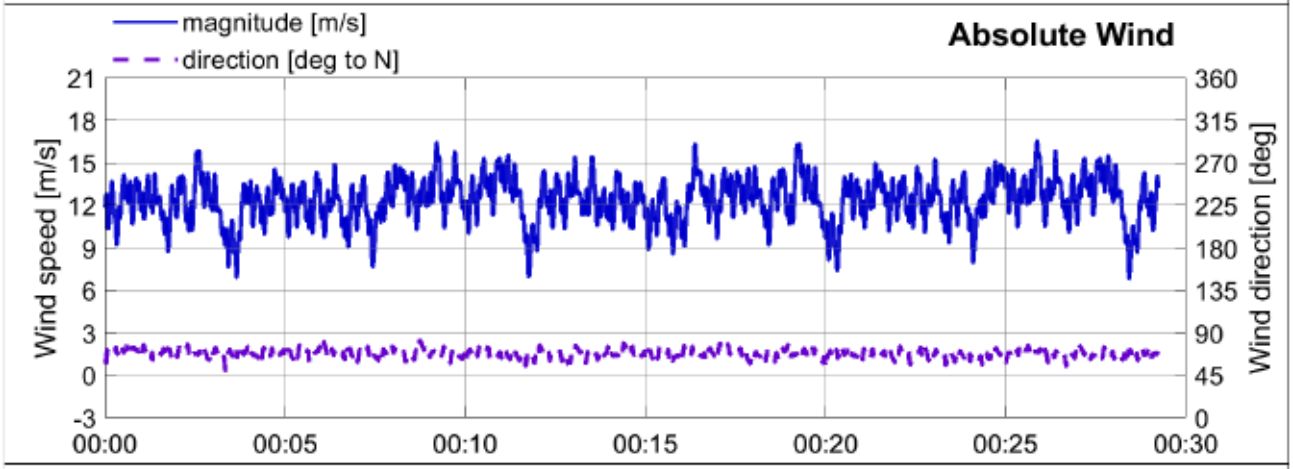
Omgevingscondities

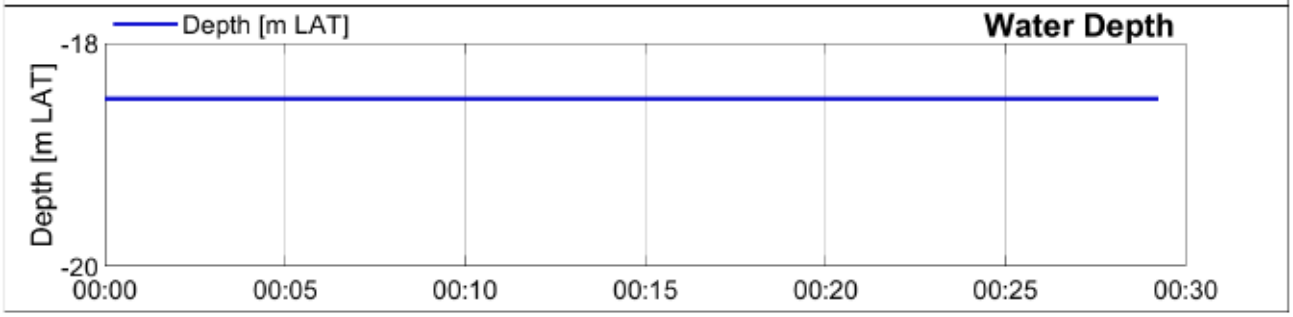
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VB 01	Wind: WZW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: -







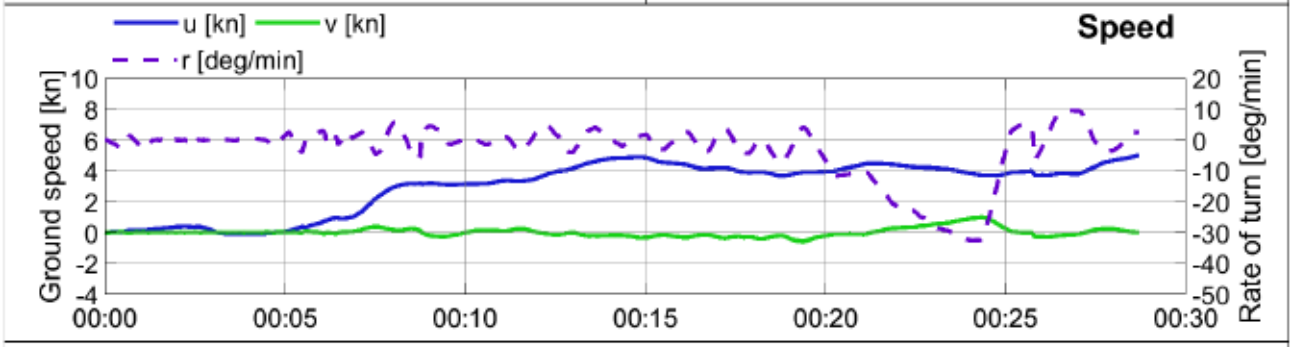


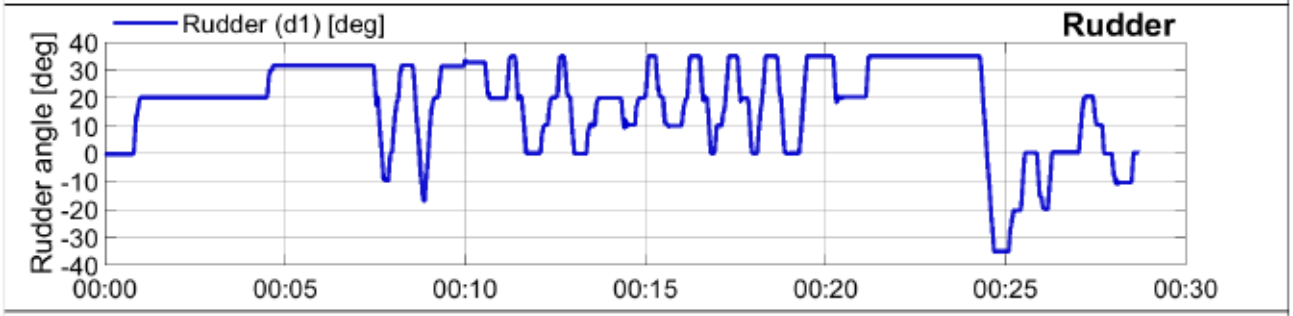
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

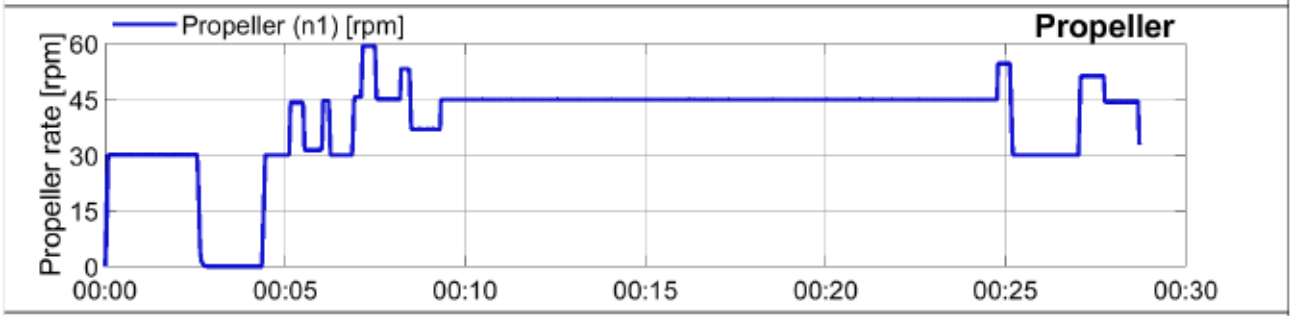
Manoeuvreereigenschappen

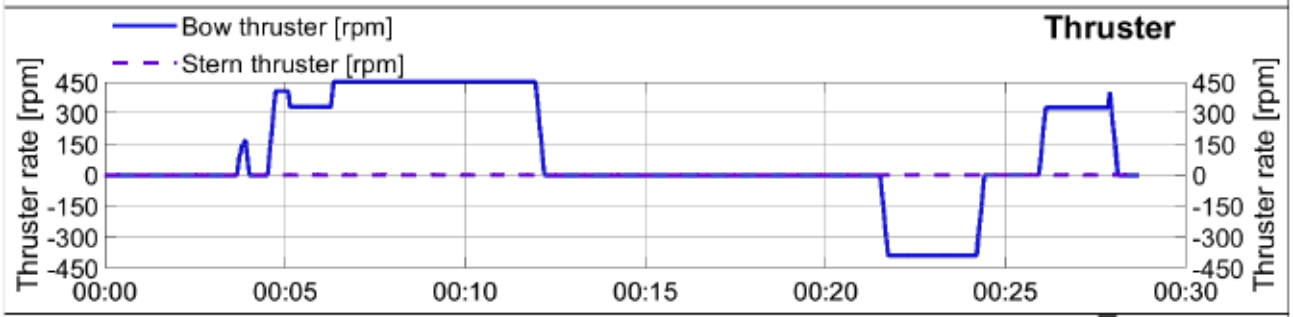
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

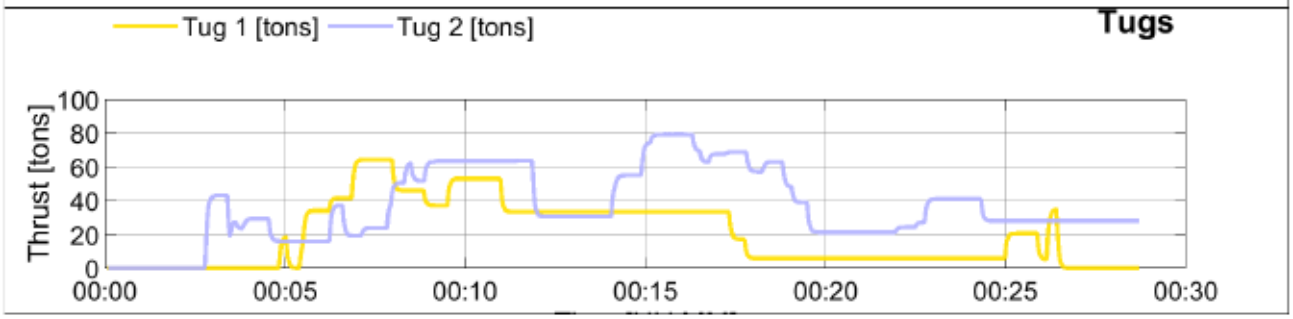
Simulatie: Achterhaven VB 02	Wind: WZW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









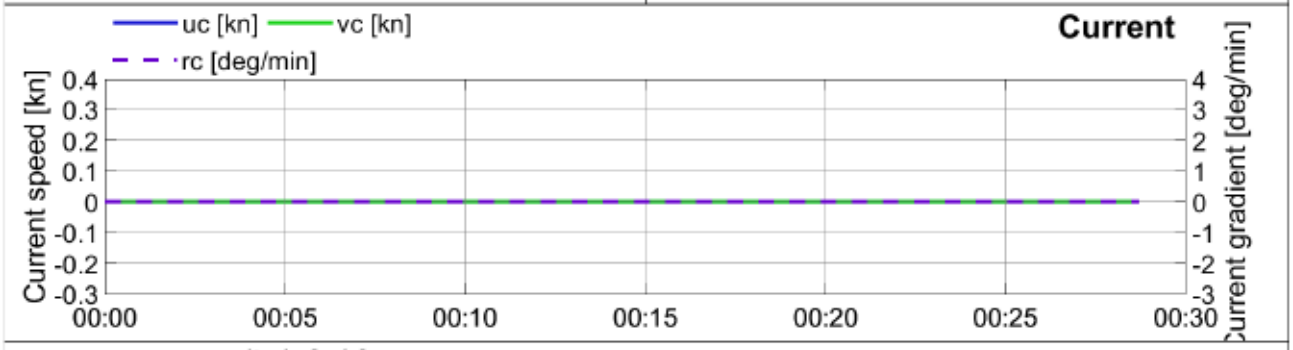


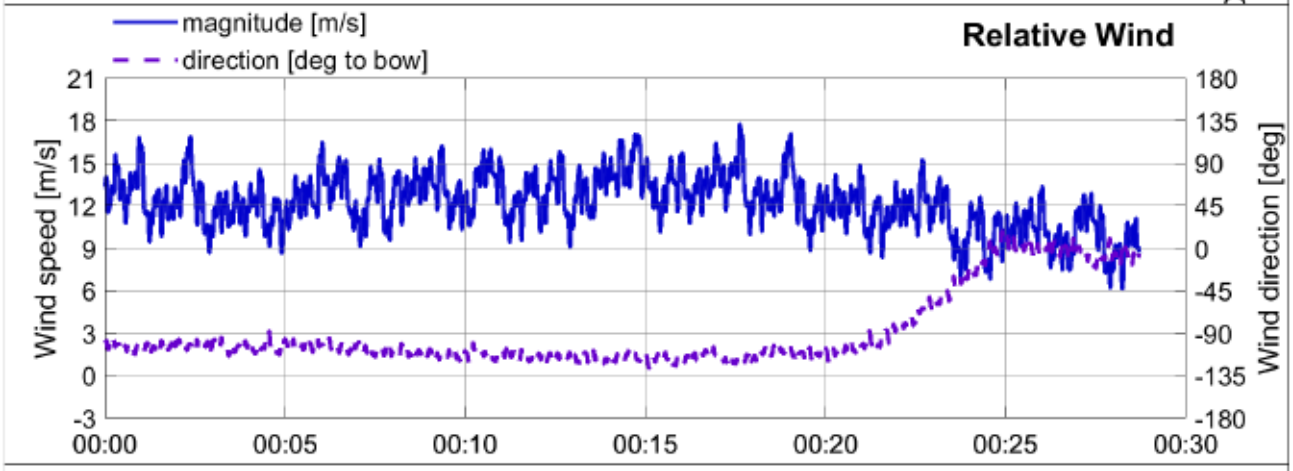
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

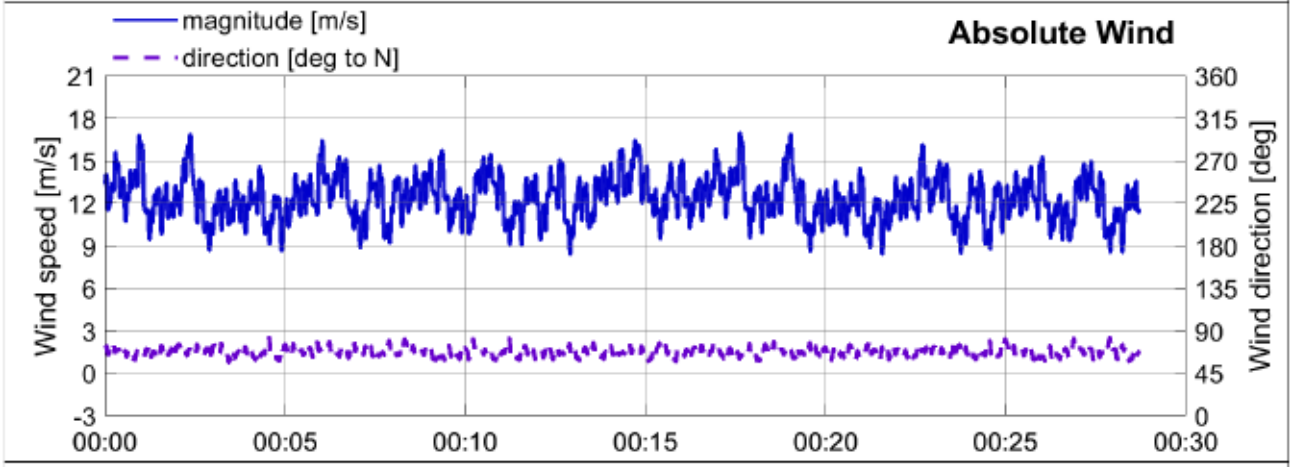
Omgevingscondities

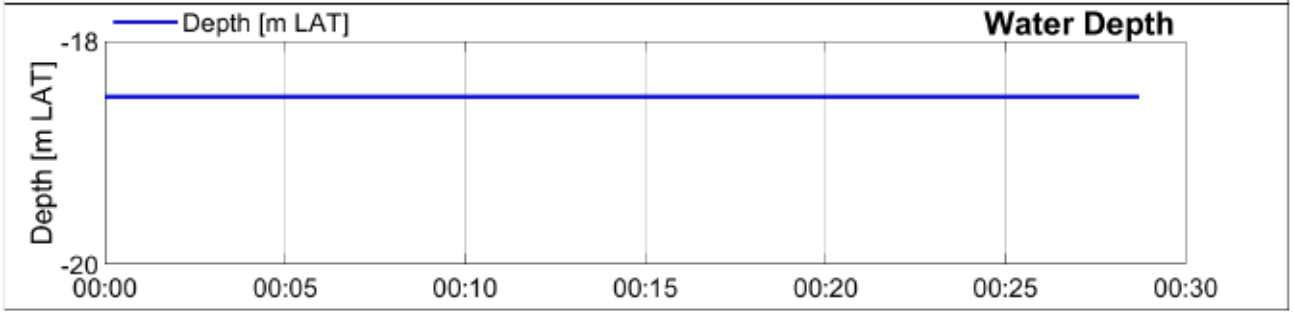
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VB 02	Wind: WZW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m







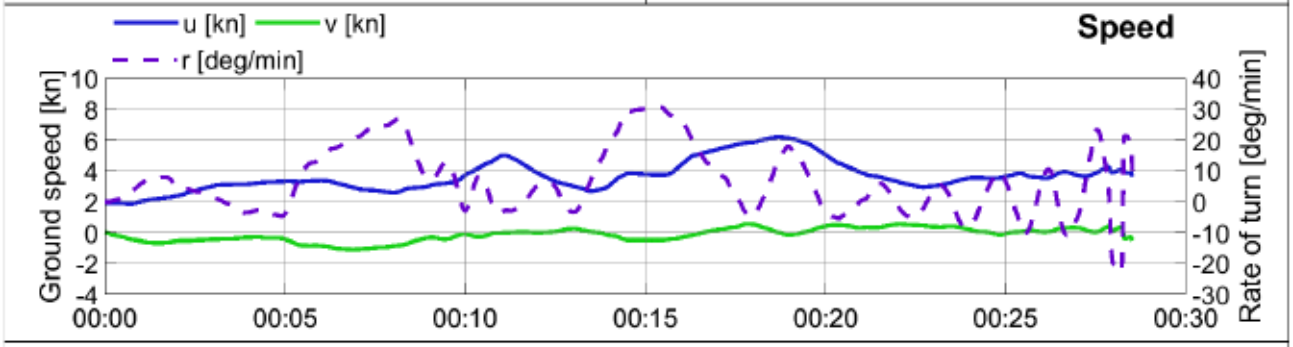


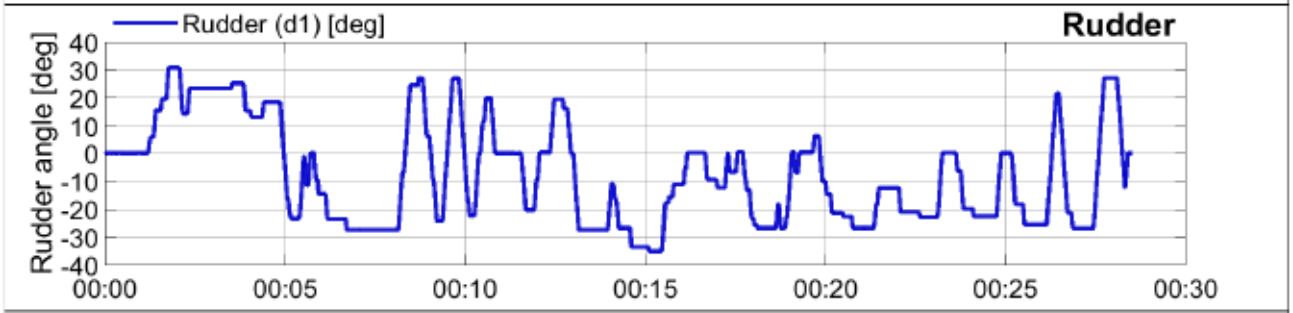
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

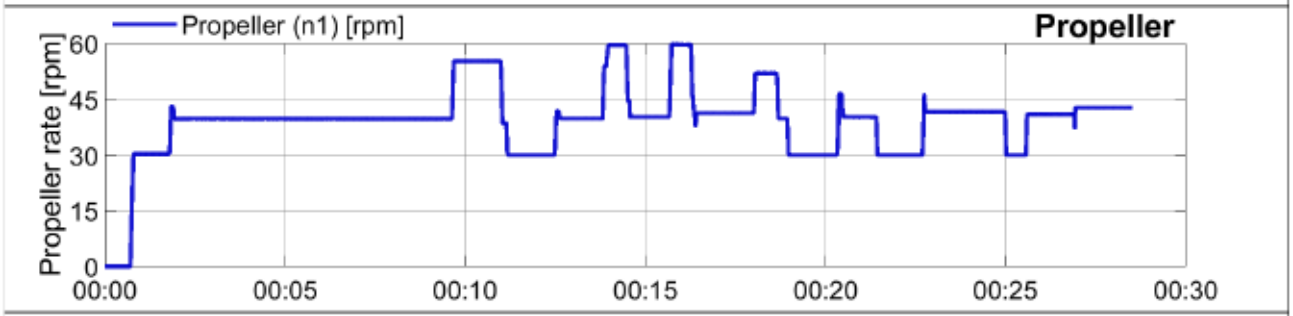
Manoeuvreereigenschappen

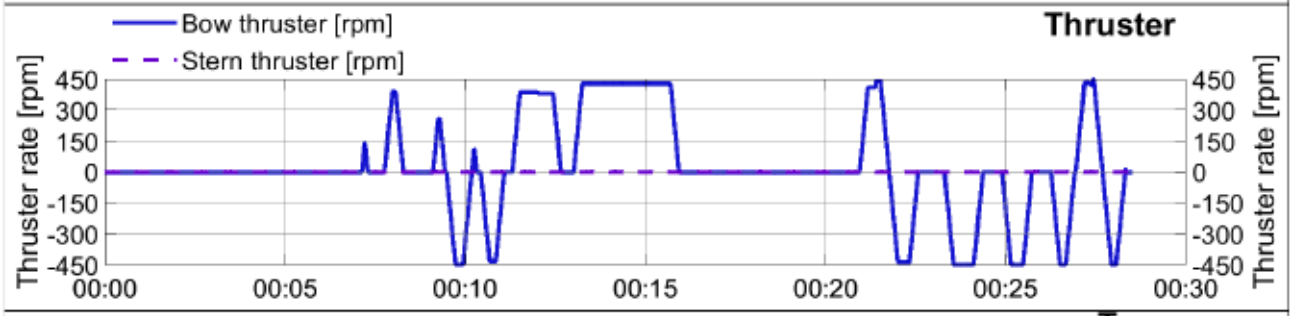
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

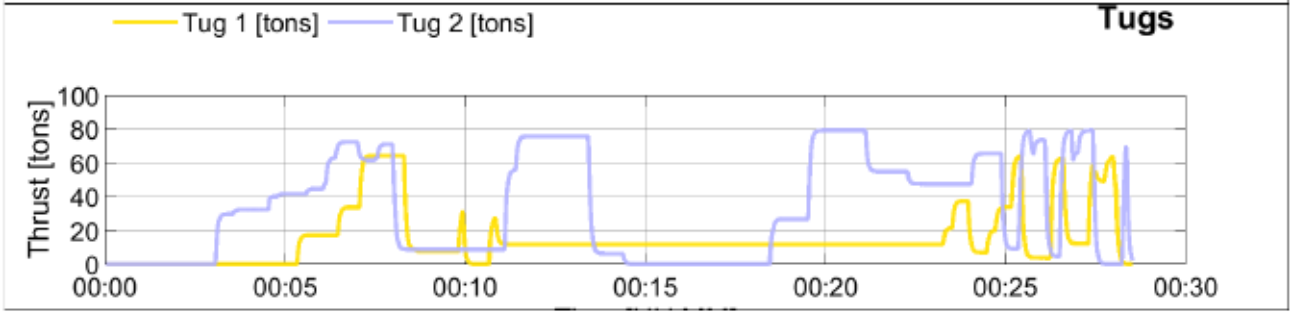
Simulatie: Achterhaven VB 03	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









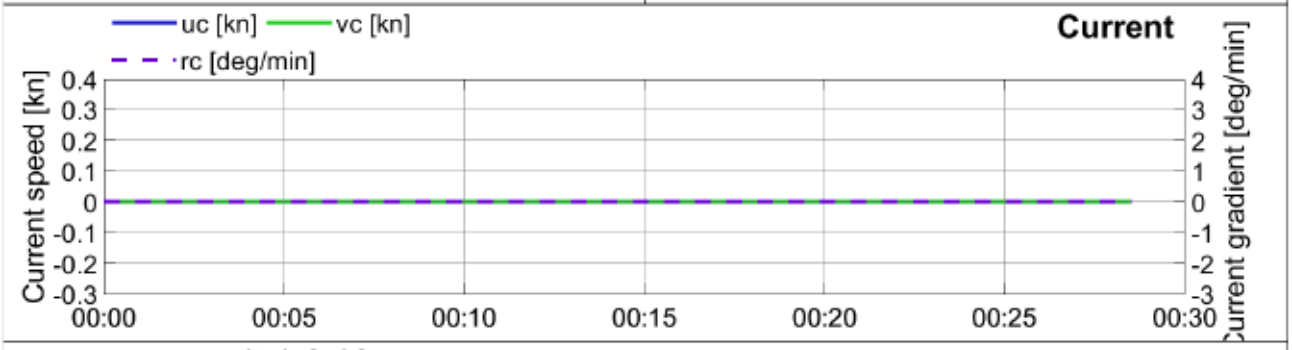


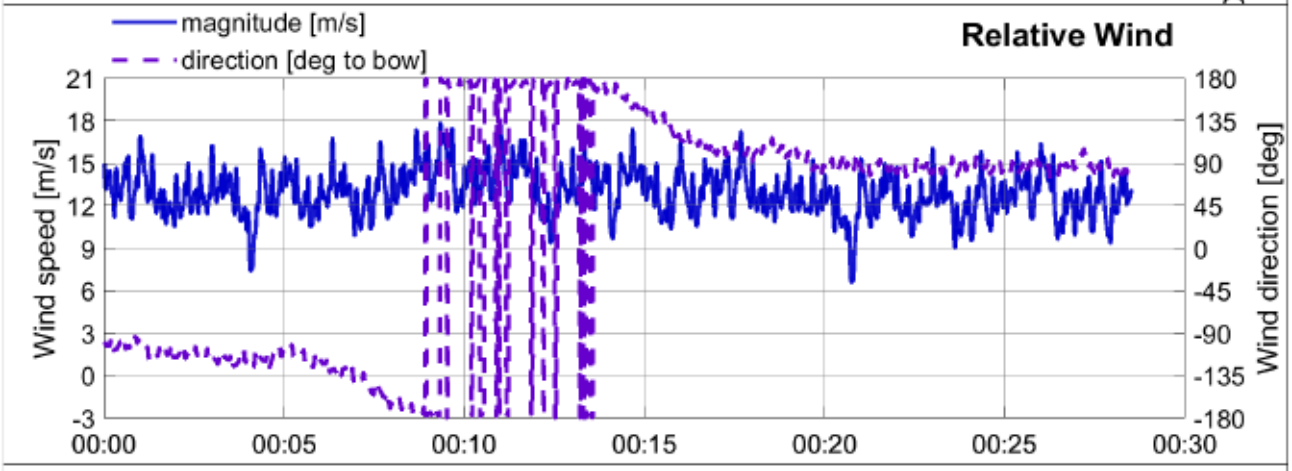
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

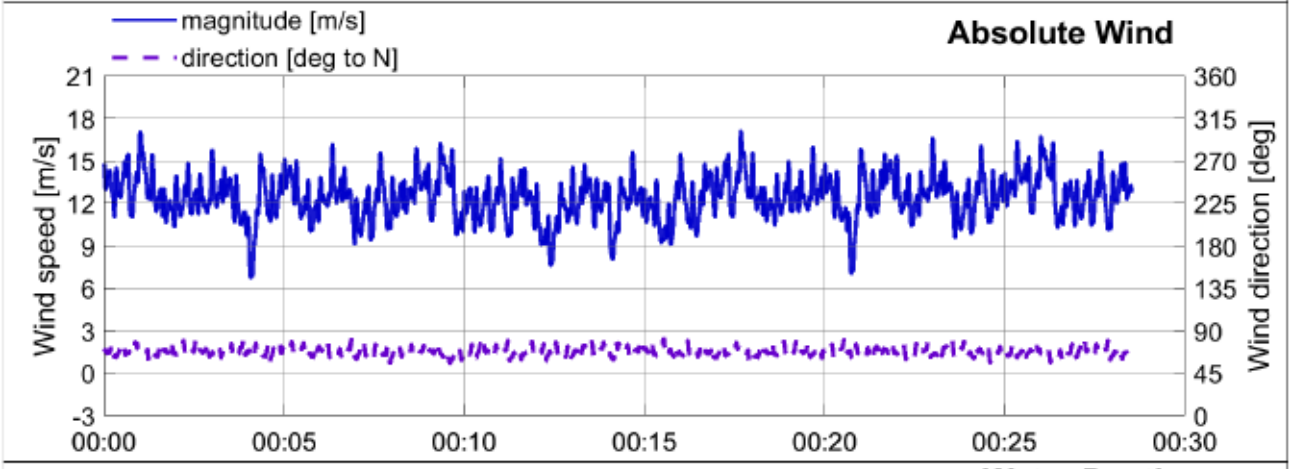
Omgevingscondities

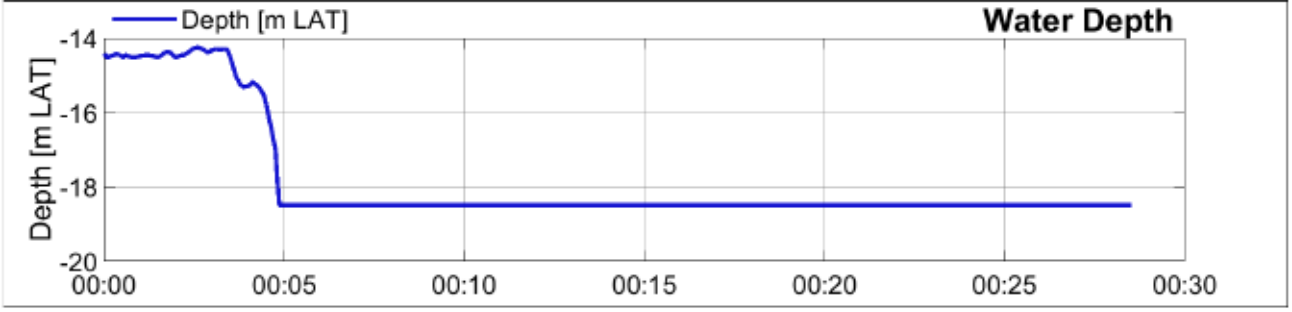
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VB 03	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m







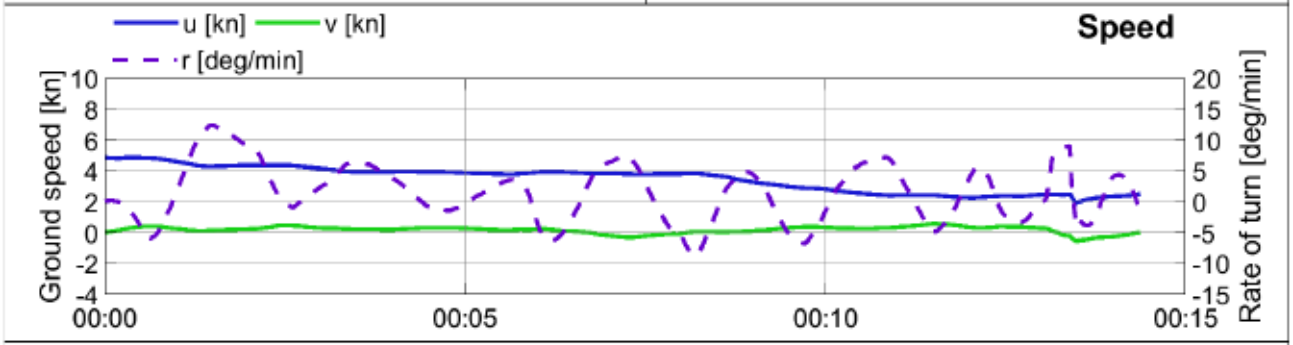


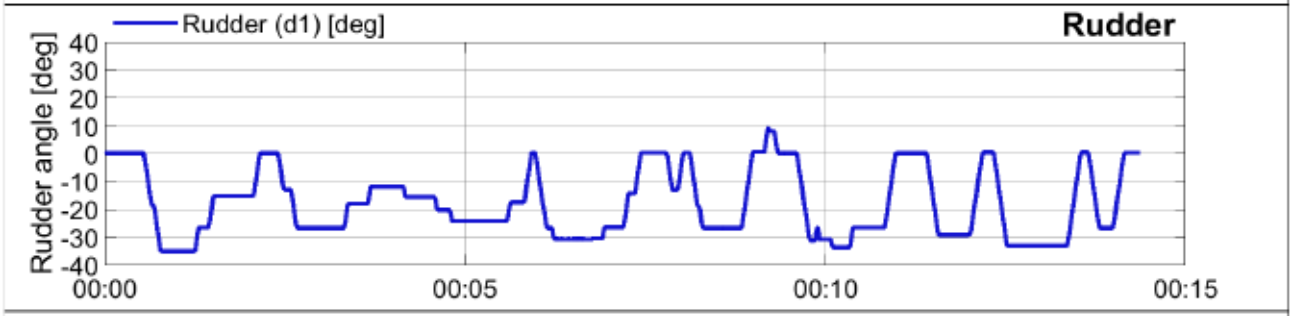
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

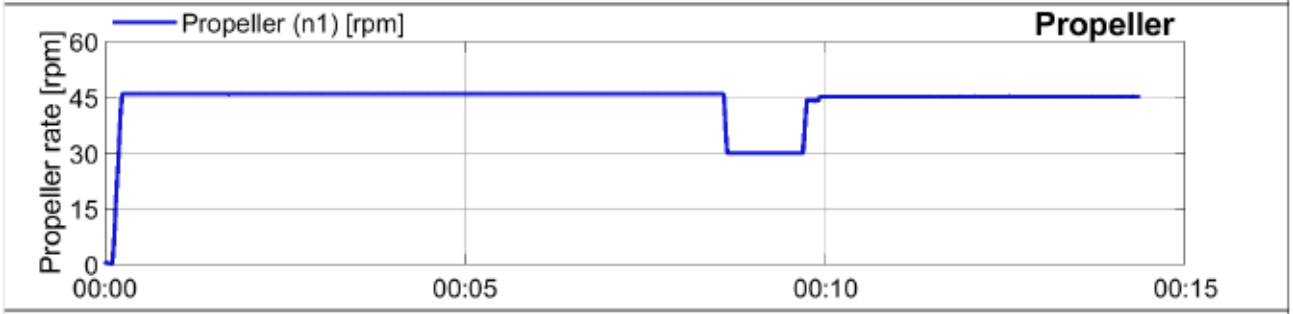
Manoeuvreereigenschappen

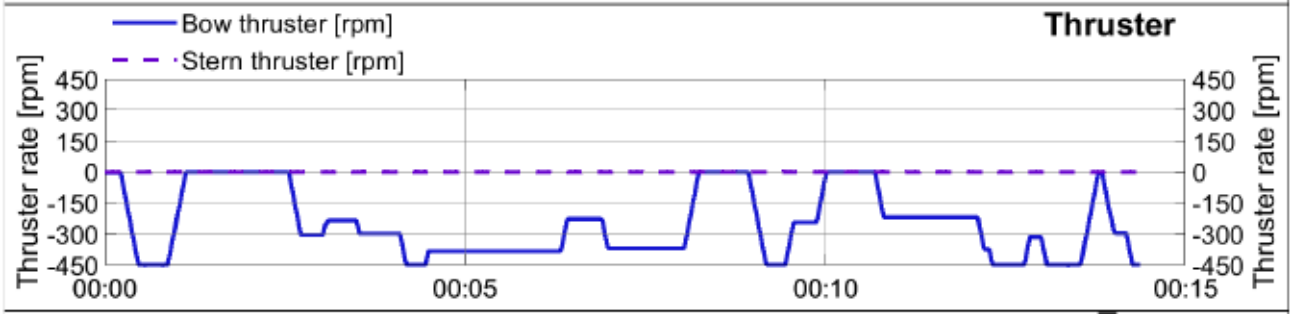
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

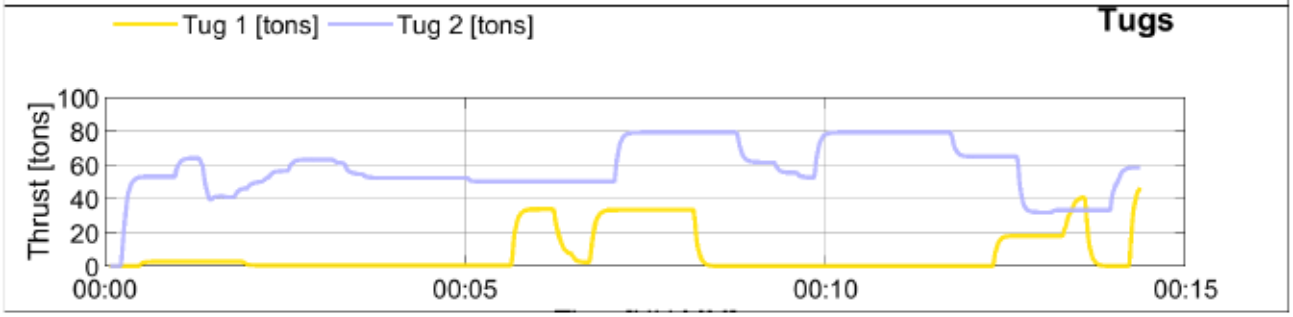
Simulatie: Achterhaven VB 04	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









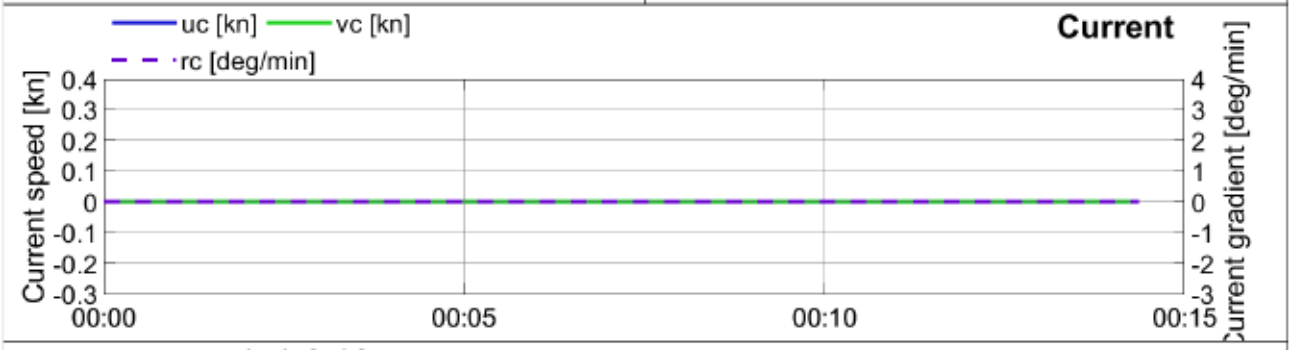


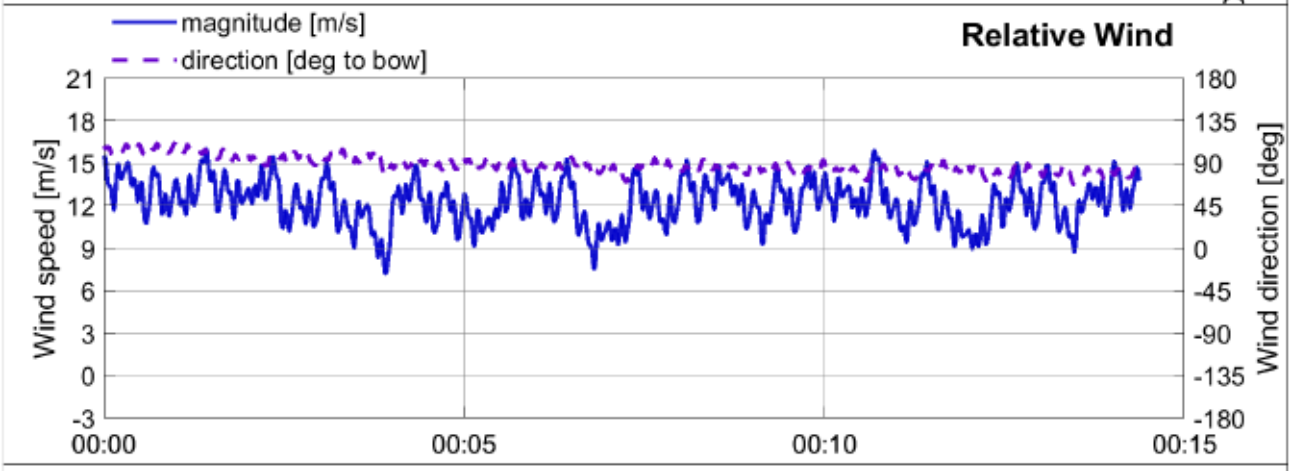
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

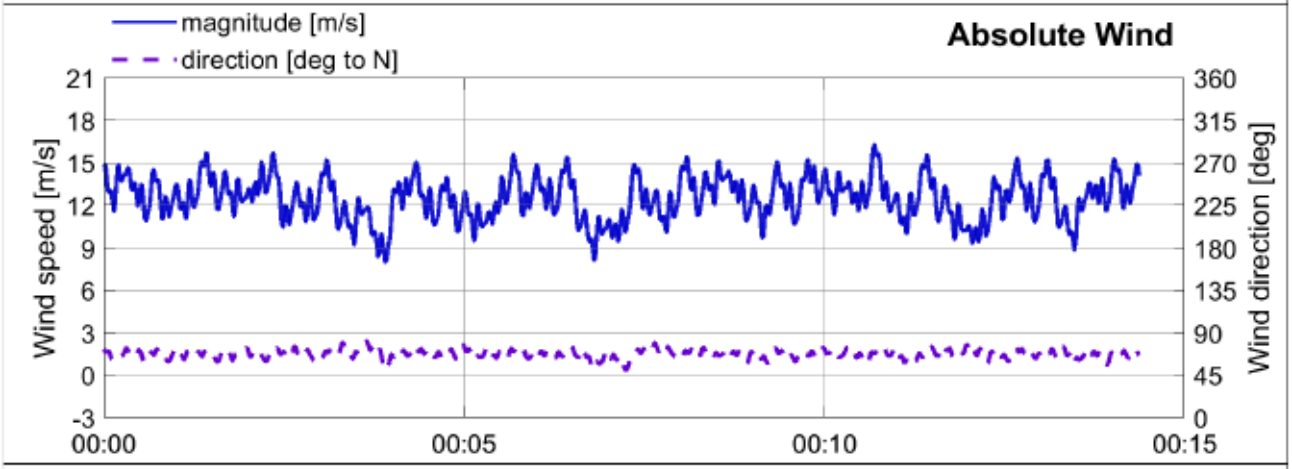
Omgevingscondities

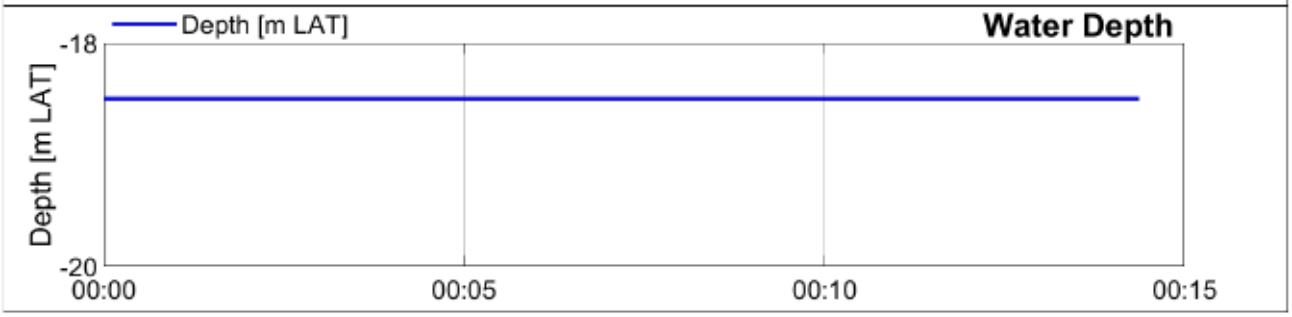
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VB 04	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 32 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m







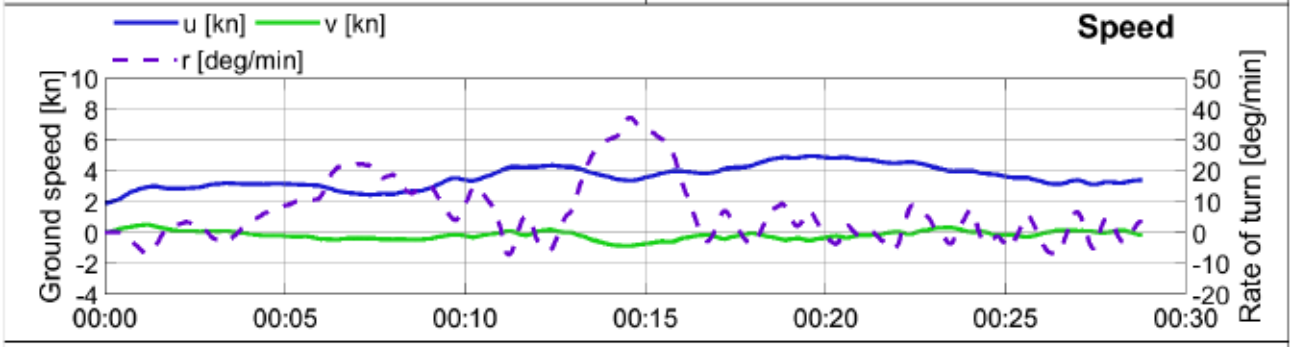


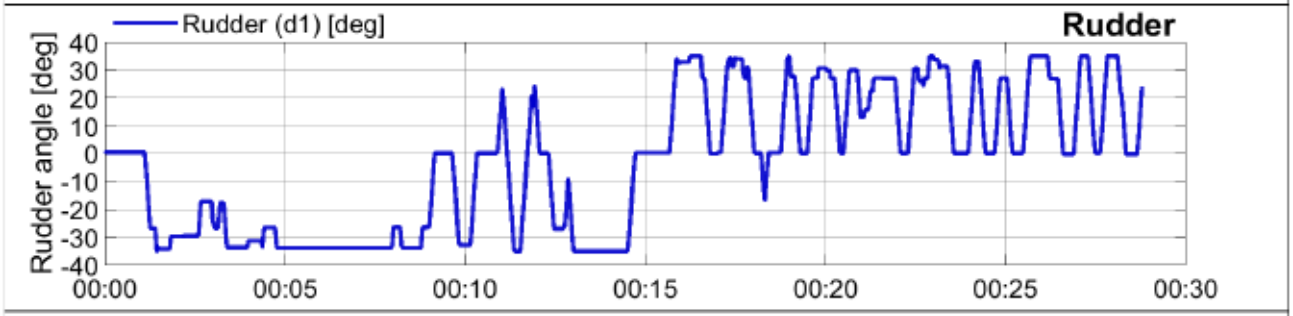
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

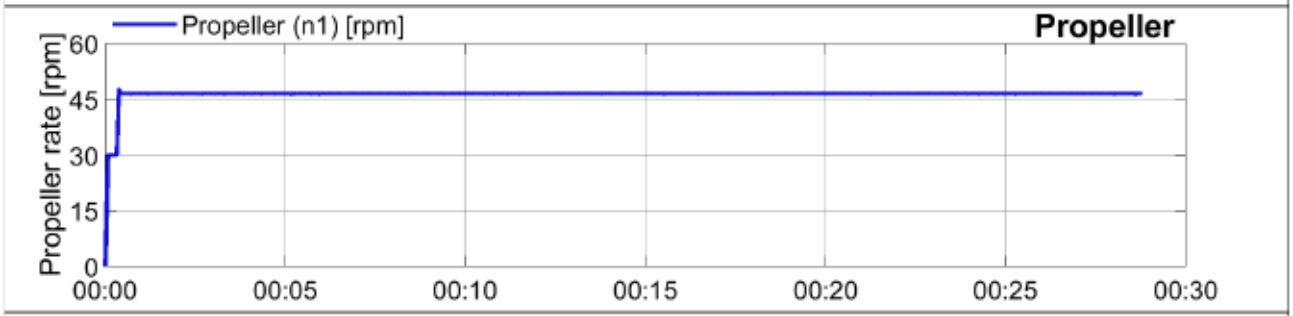
Manoeuvreereigenschappen

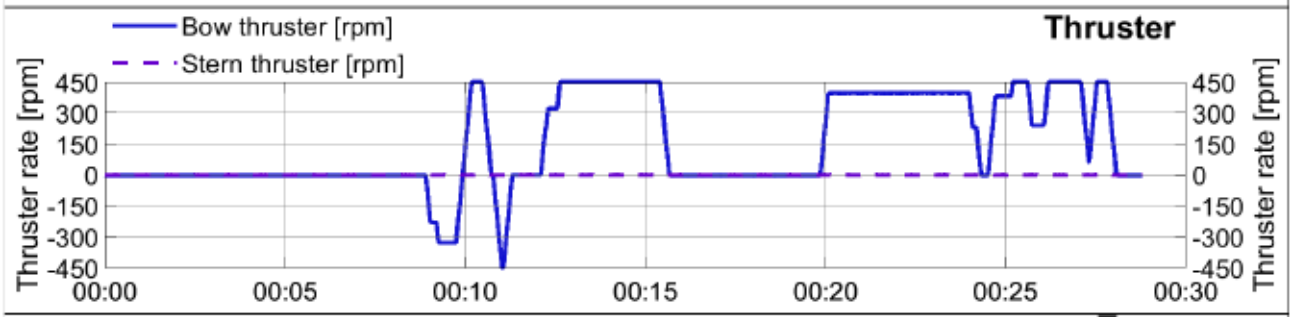
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

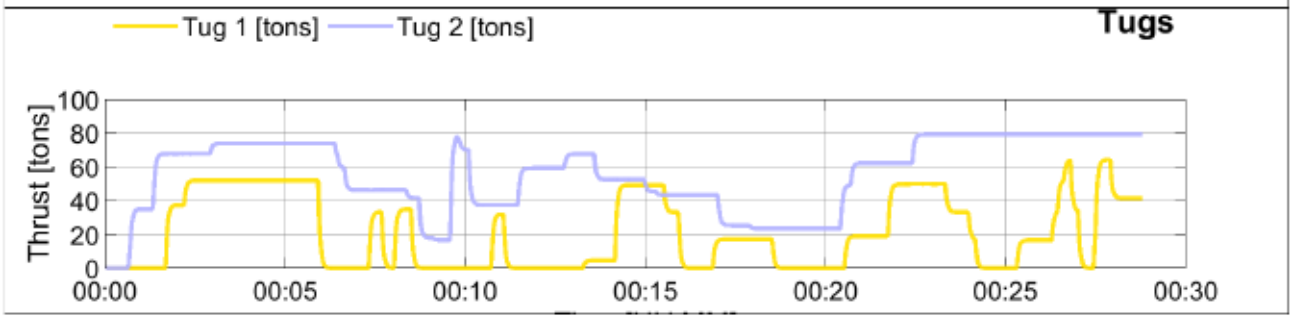
Simulatie: Achterhaven VB 07	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









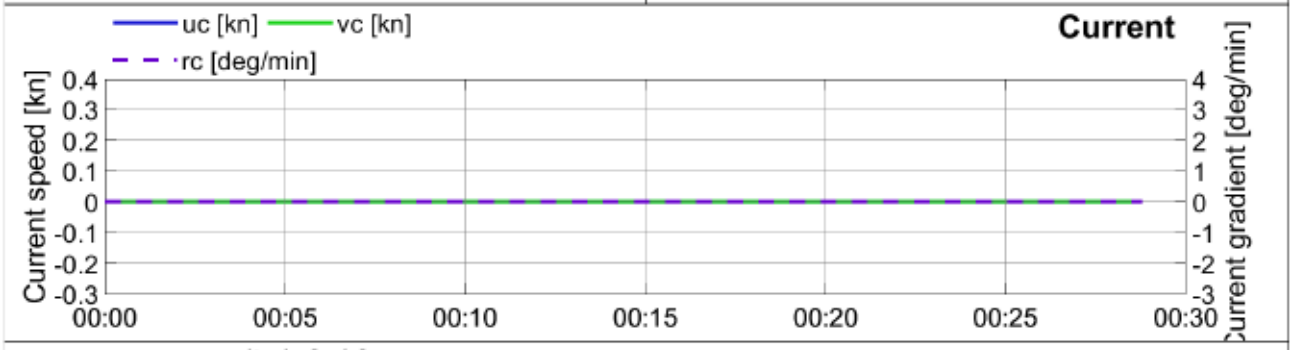


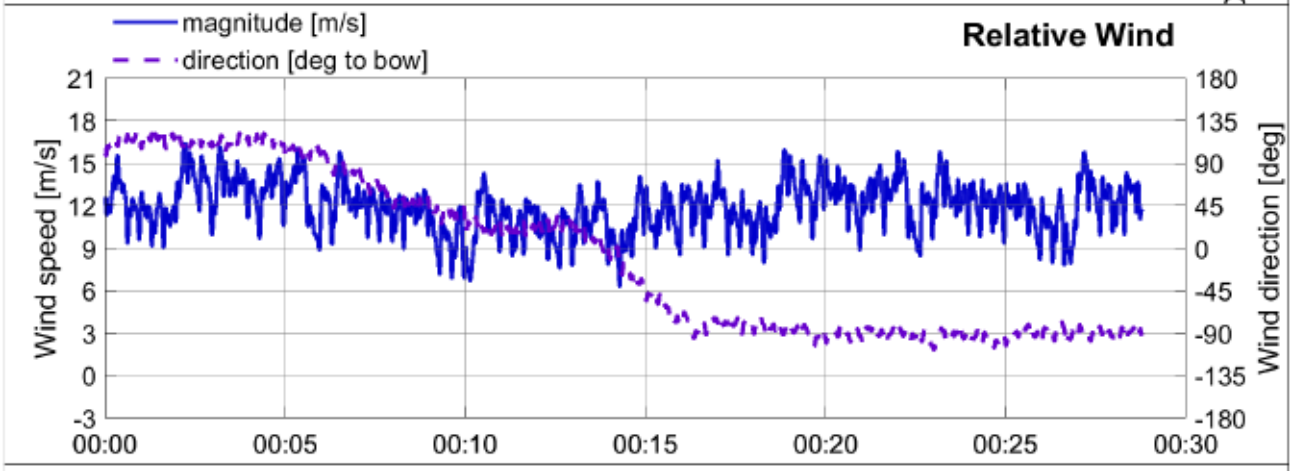
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

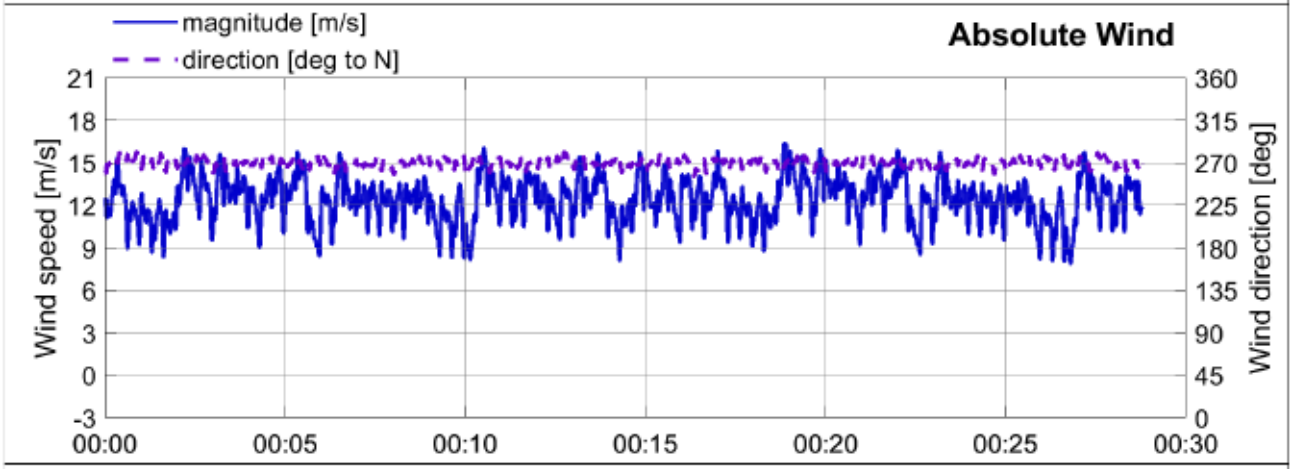
Omgevingscondities

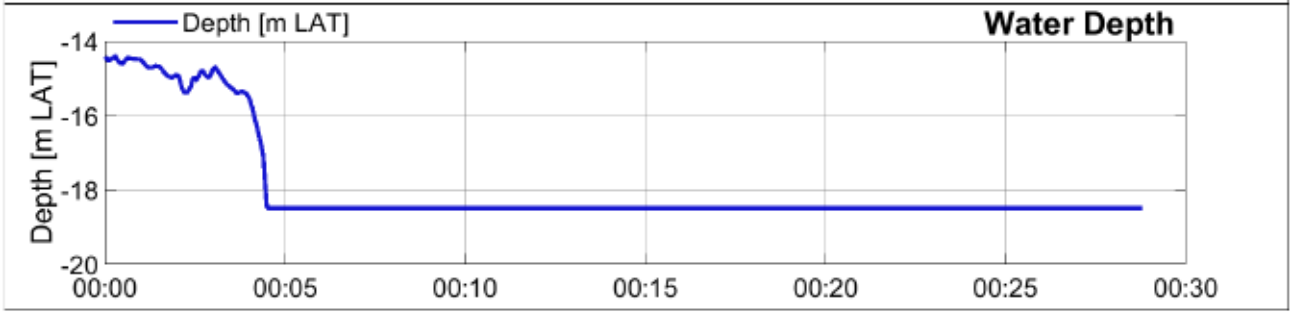
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VB 07	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







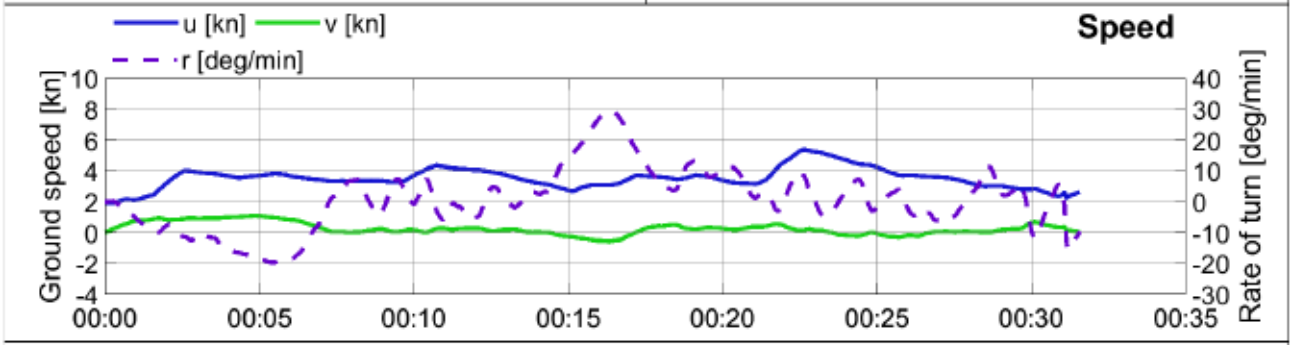


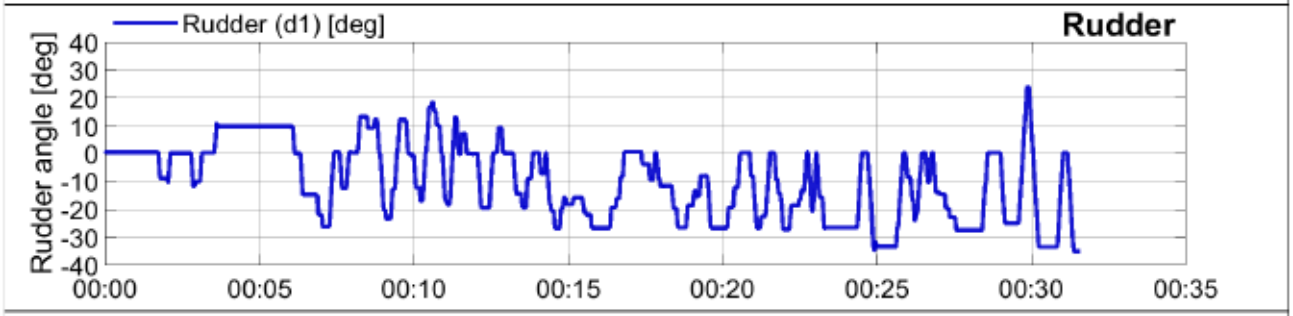
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

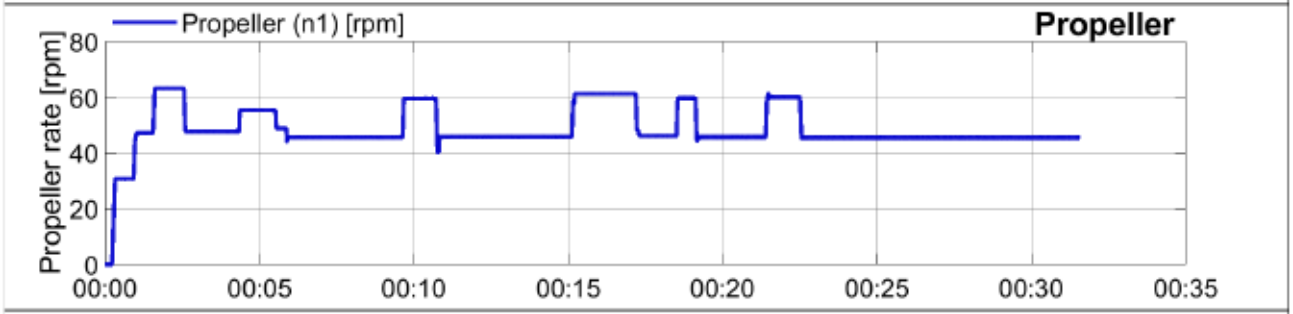
Manoeuvreereigenschappen

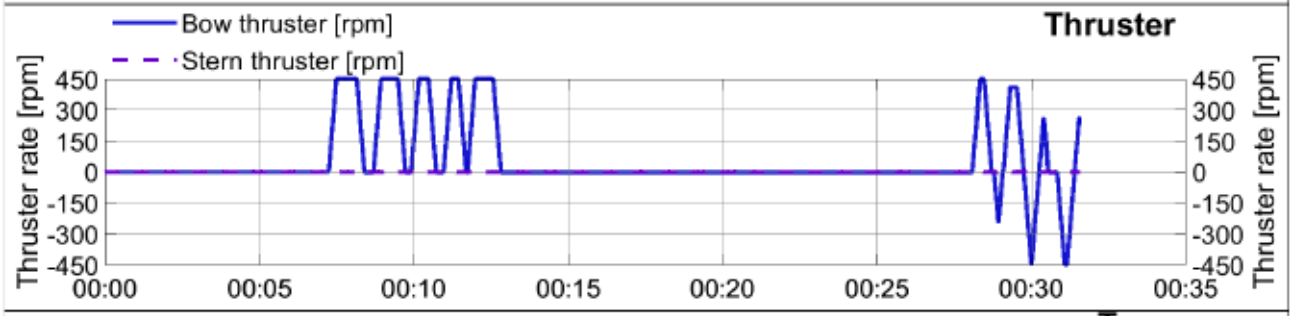
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

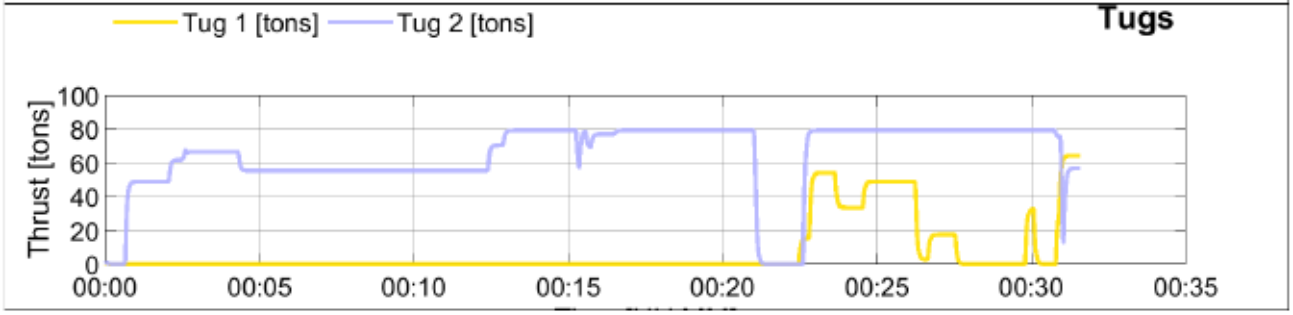
Simulatie: Achterhaven VC 06	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









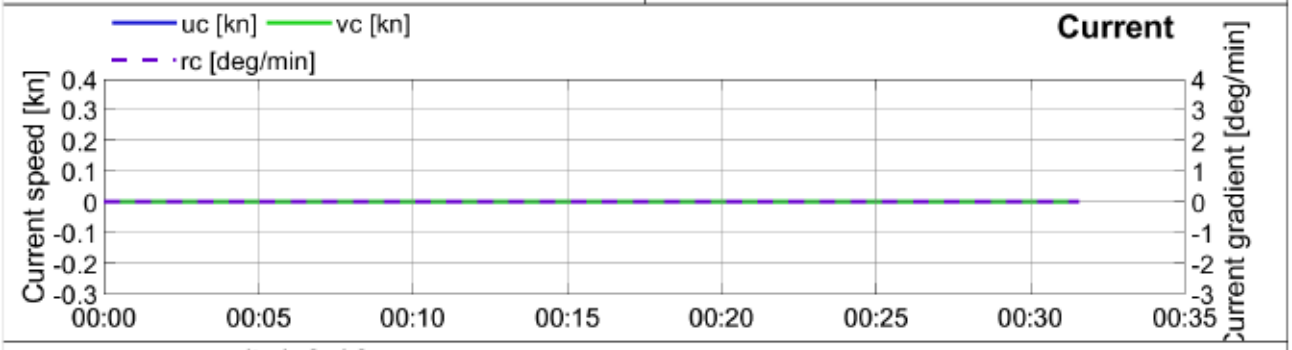


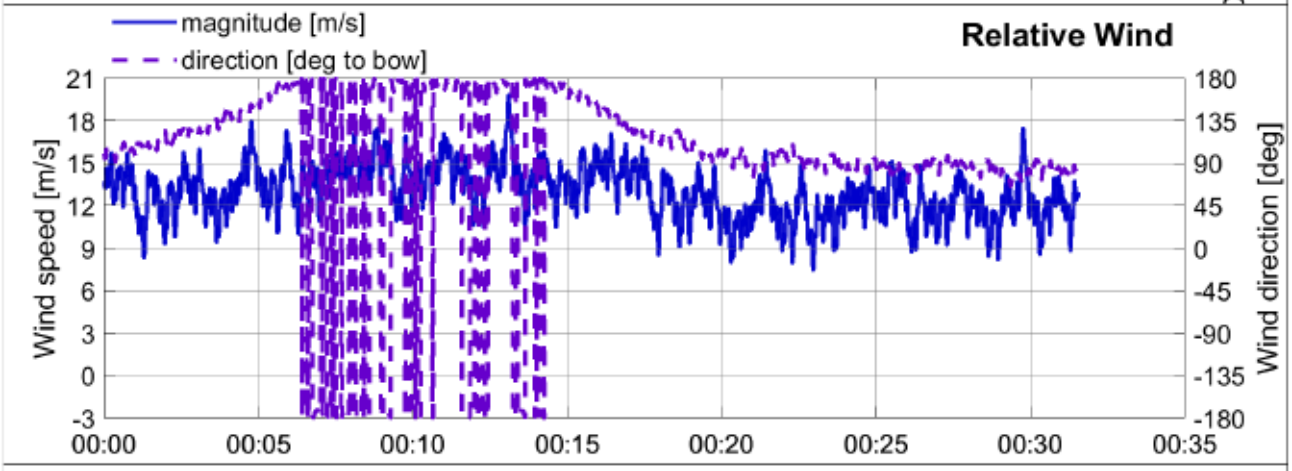
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

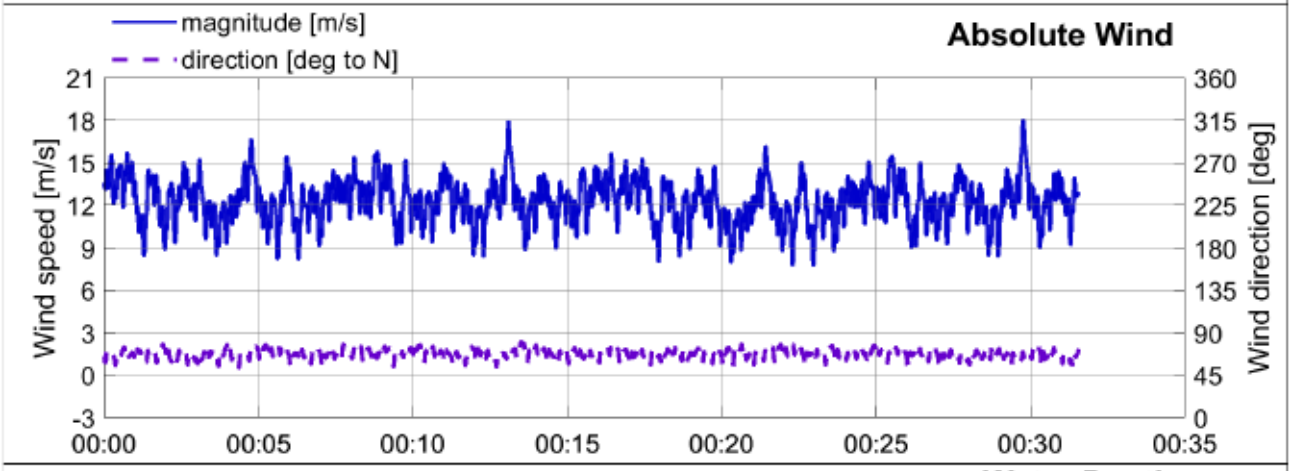
Omgevingscondities

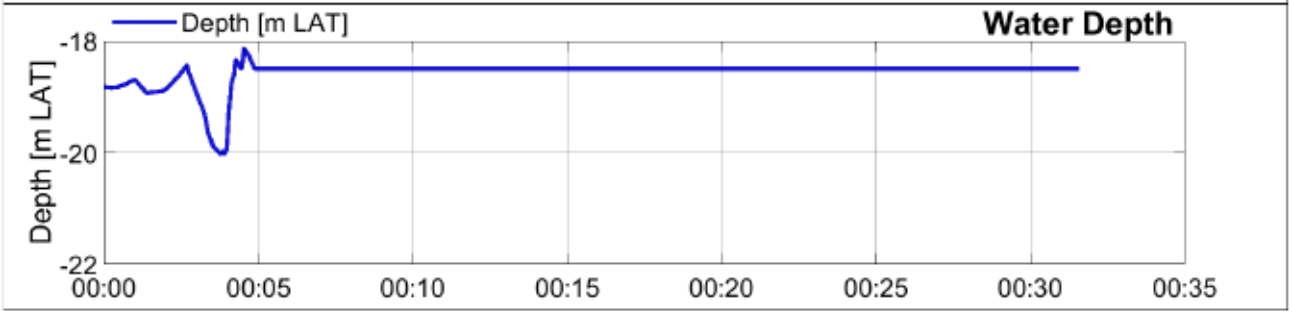
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VC 06	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 11/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







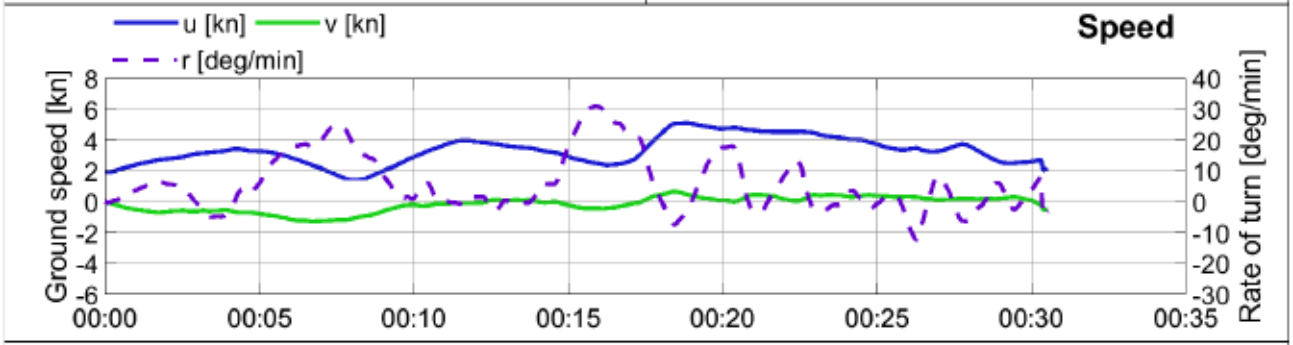


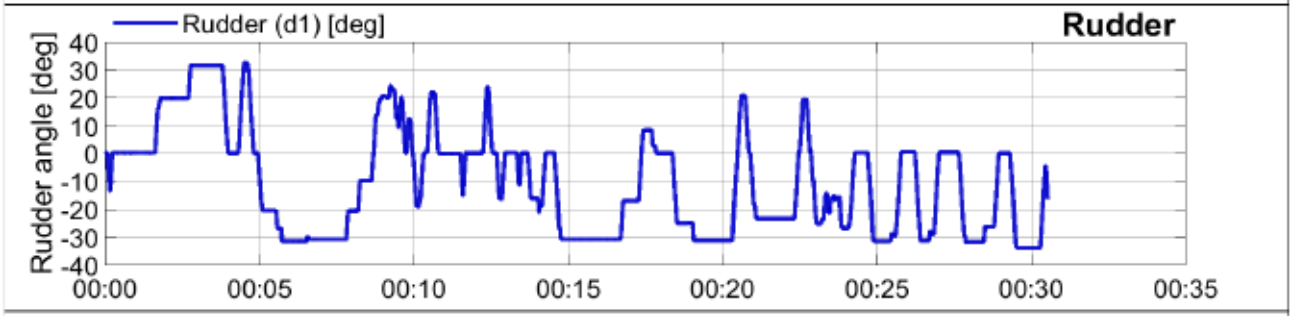
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

Manoeuvreereigenschappen

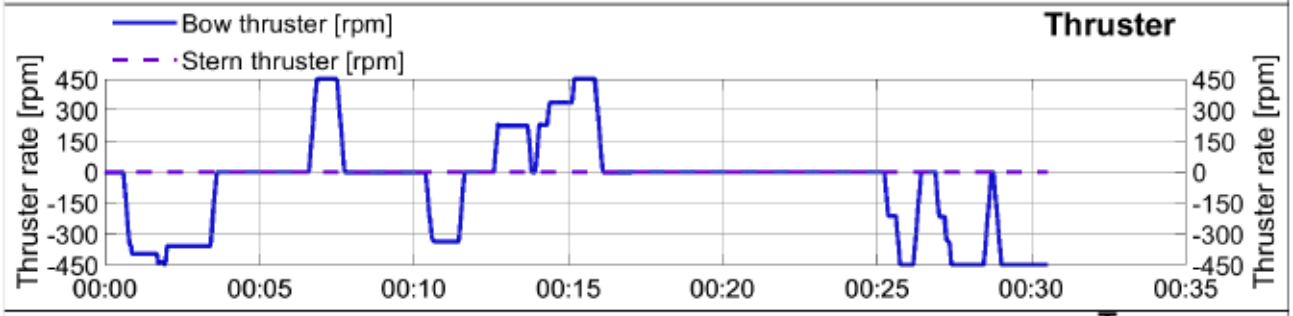
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

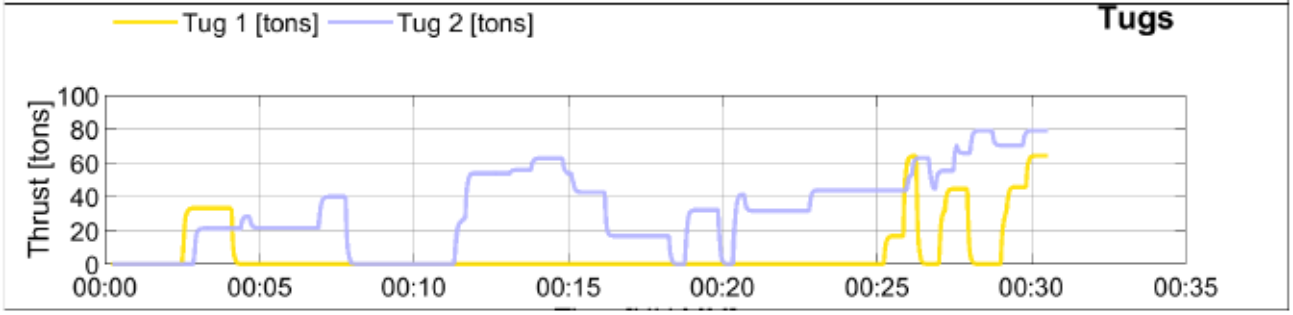
Simulatie: Achterhaven VD 09	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









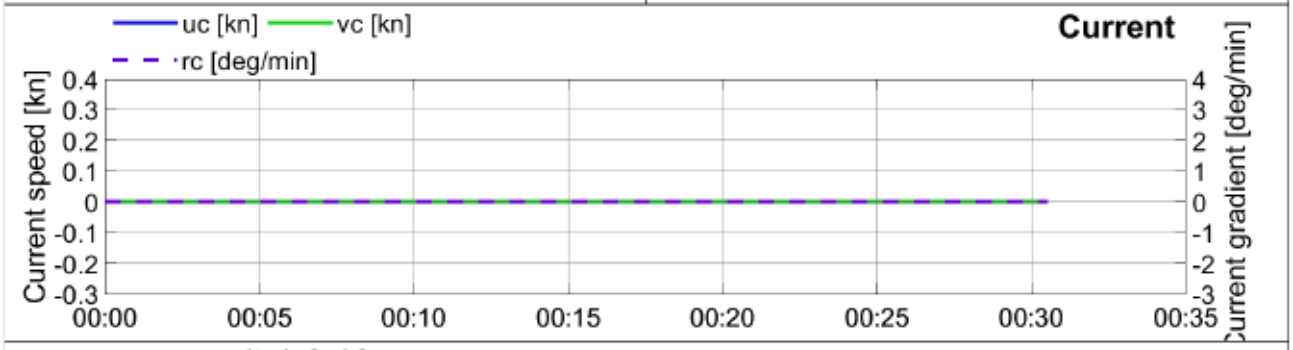


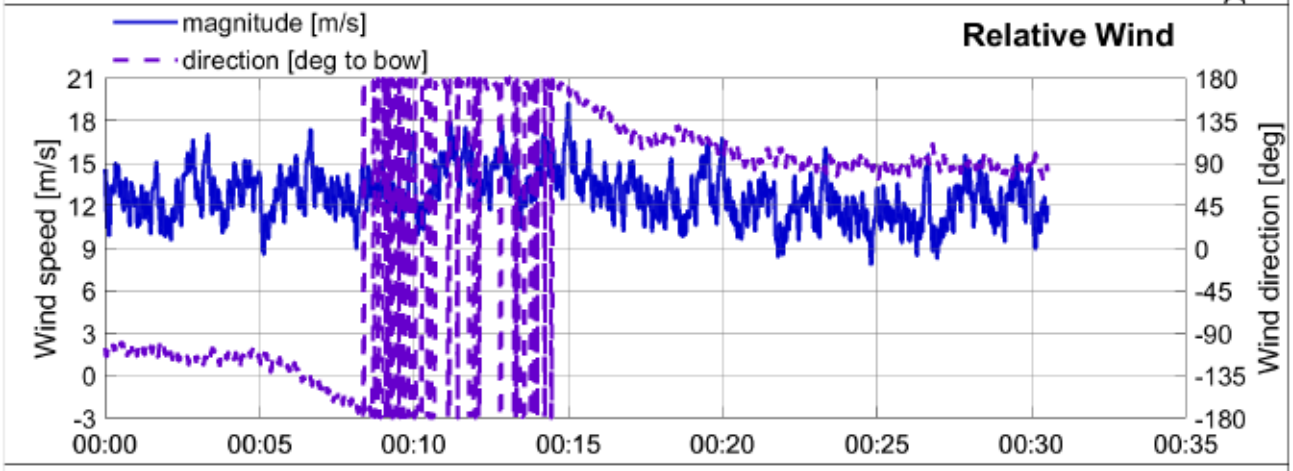
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

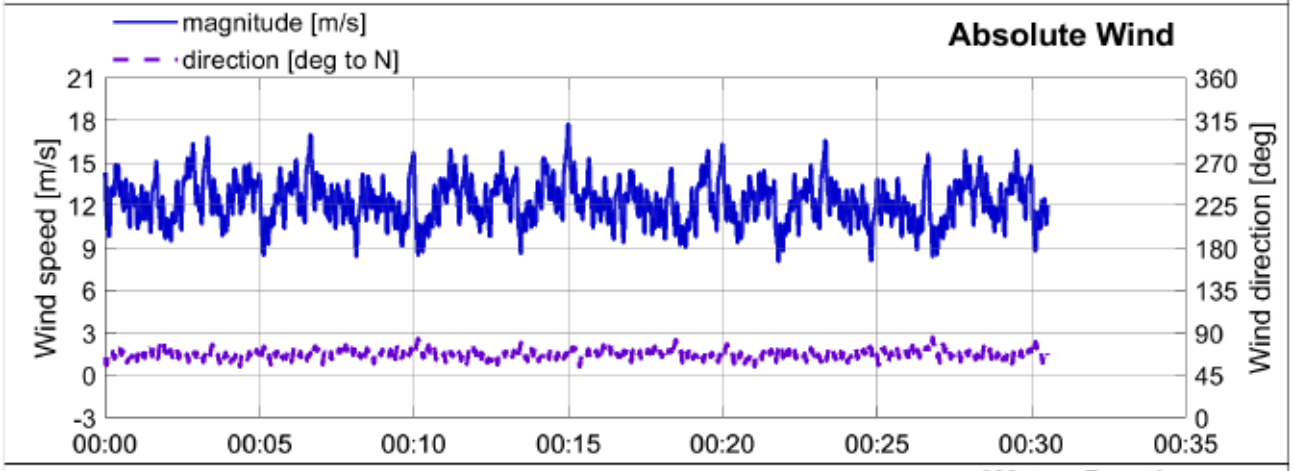
Omgevingscondities

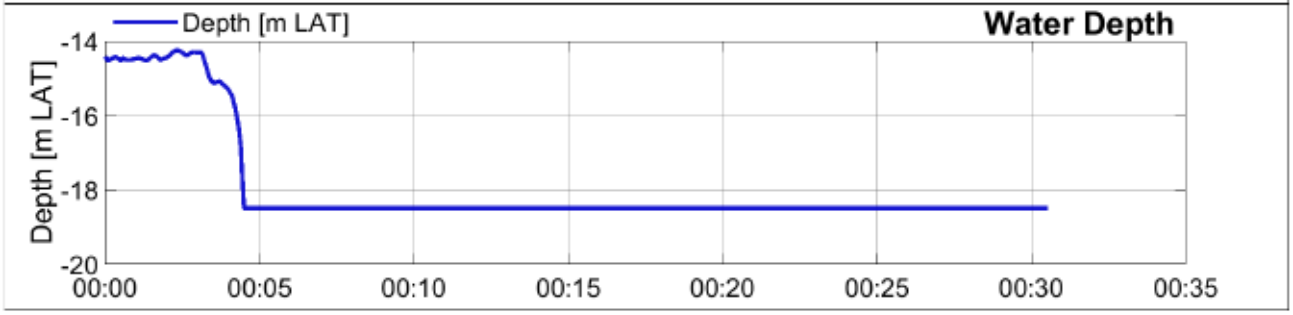
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 09	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







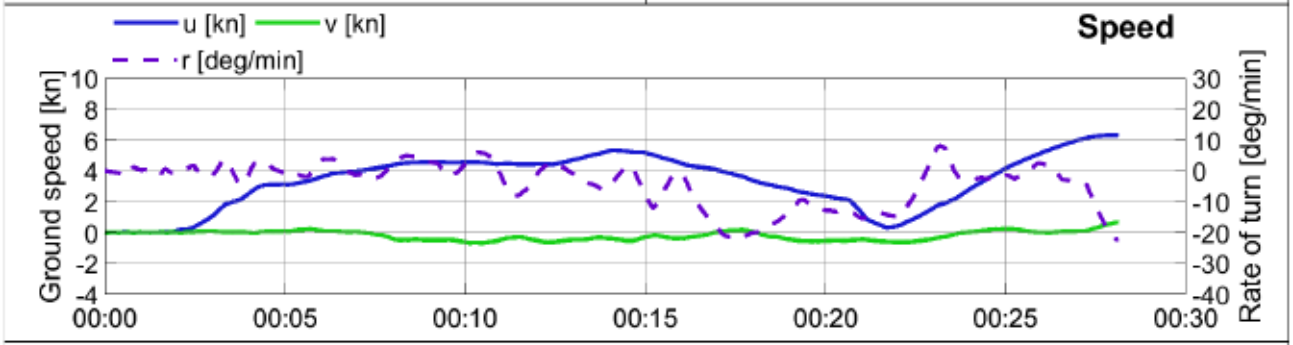


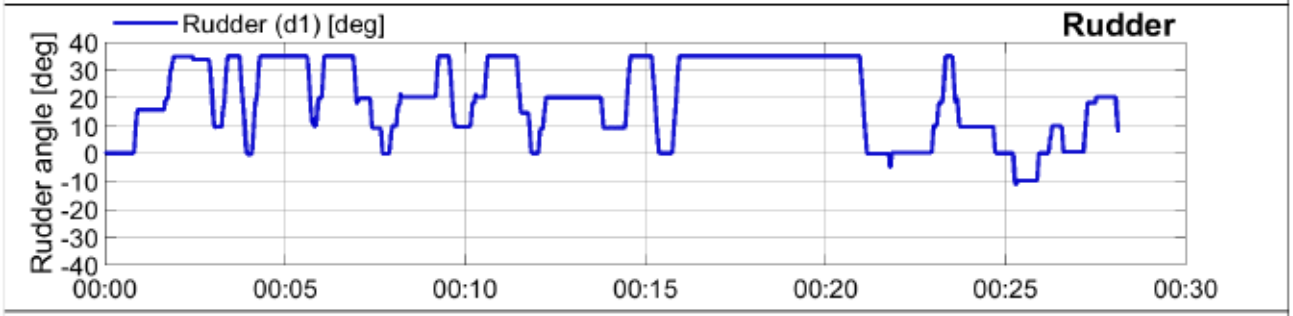
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

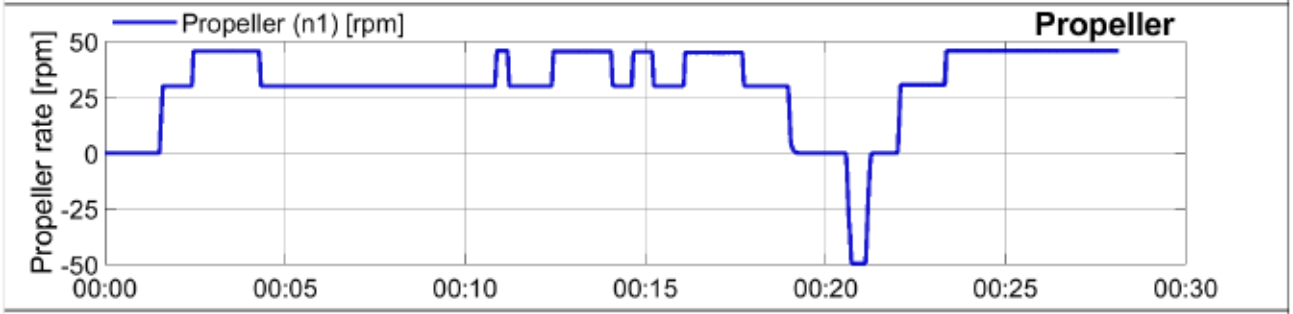
Manoeuvreereigenschappen

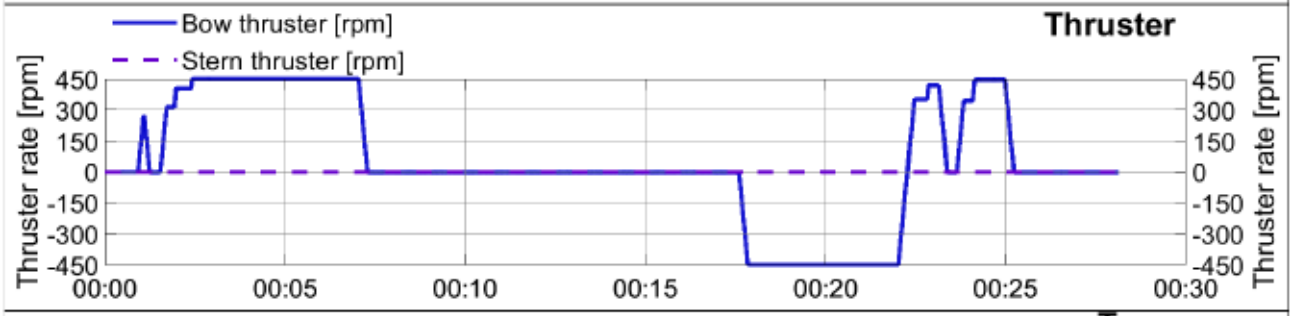
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

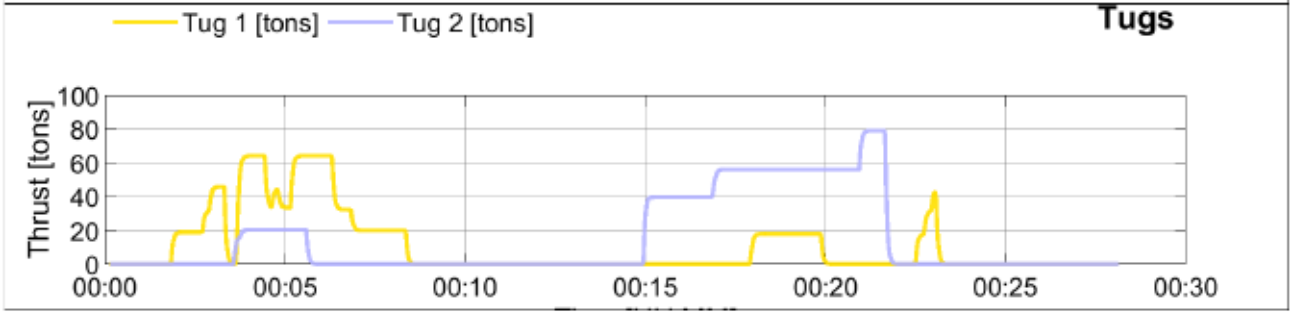
Simulatie: Achterhaven VD 10	Wind: WZW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









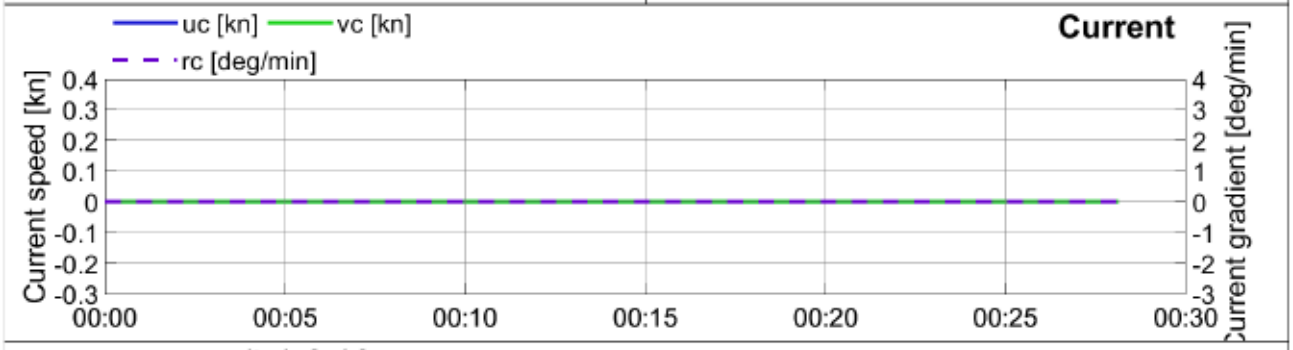


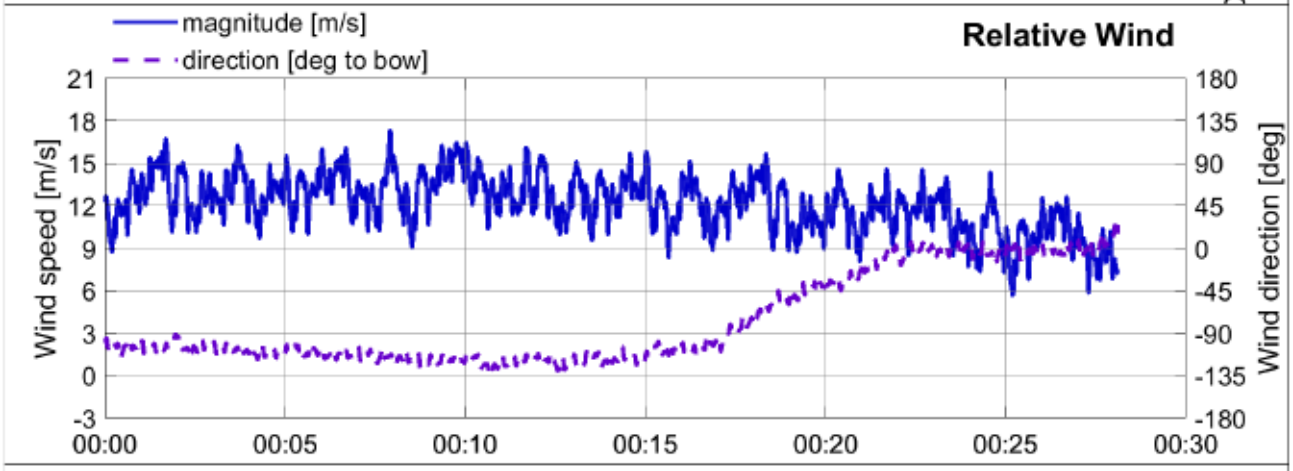
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

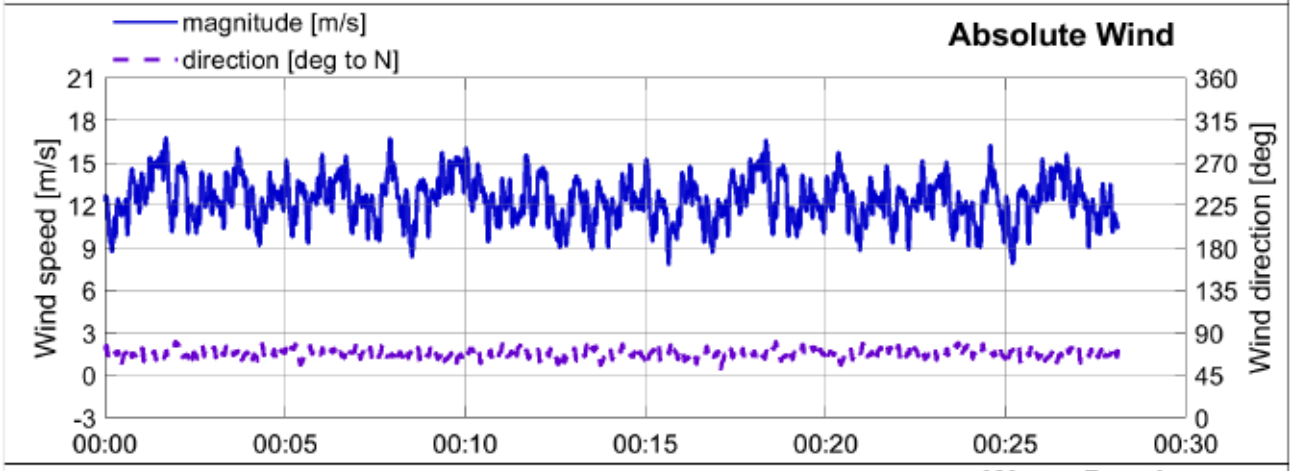
Omgevingscondities

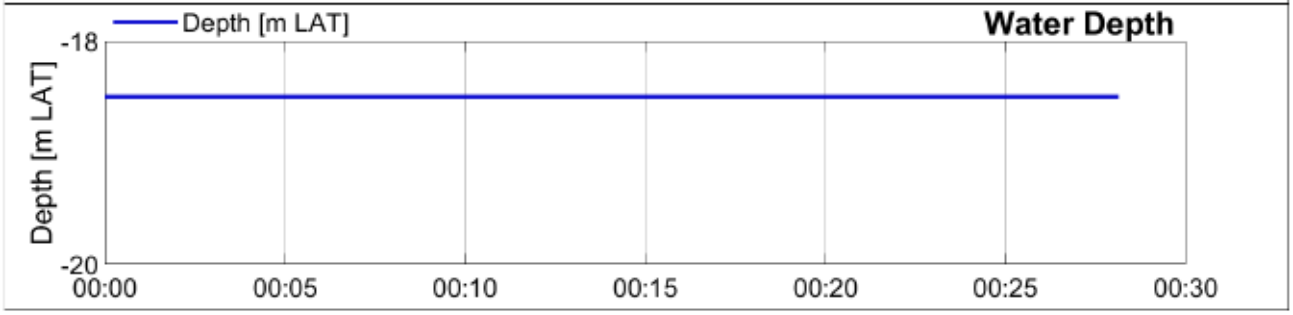
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 10	Wind: WZW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







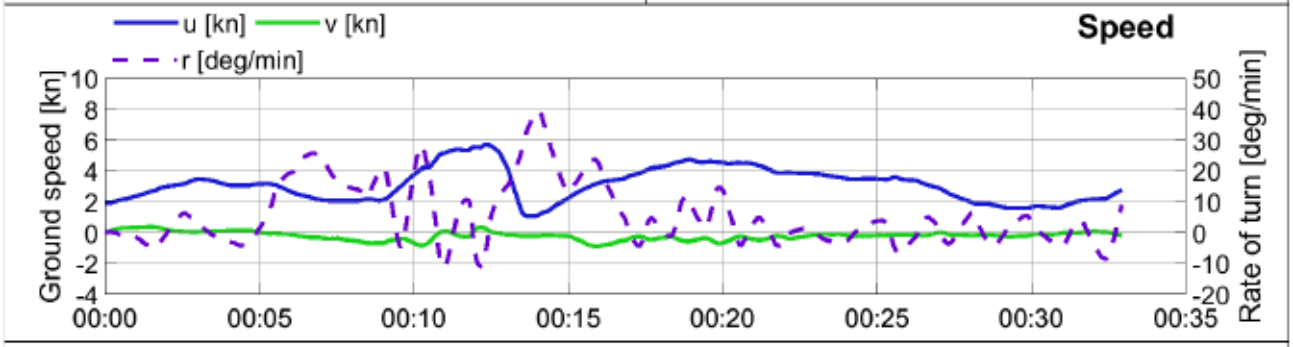


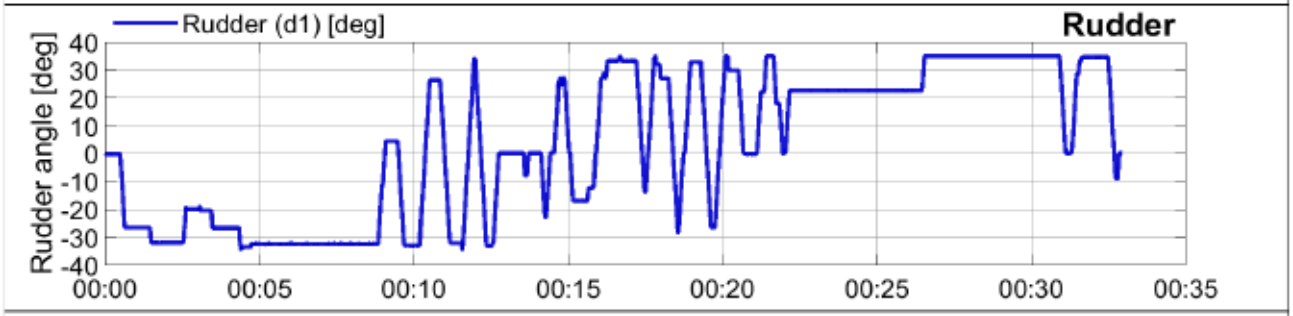
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

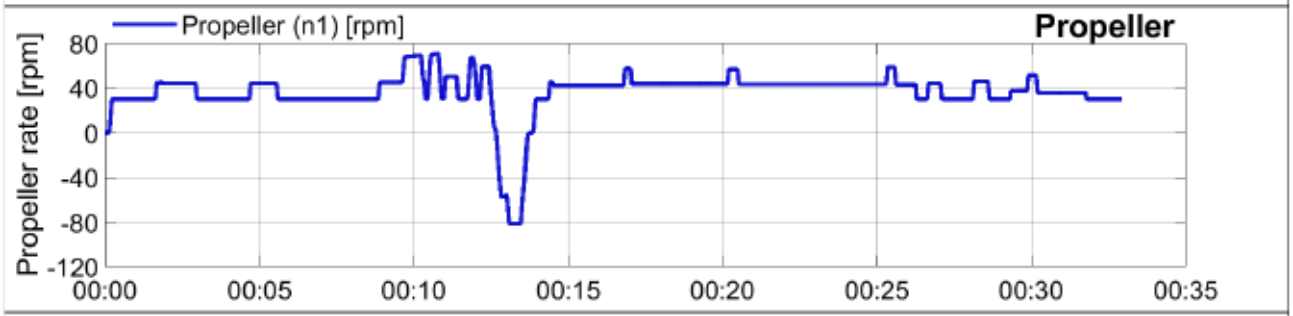
Manoeuvreereigenschappen

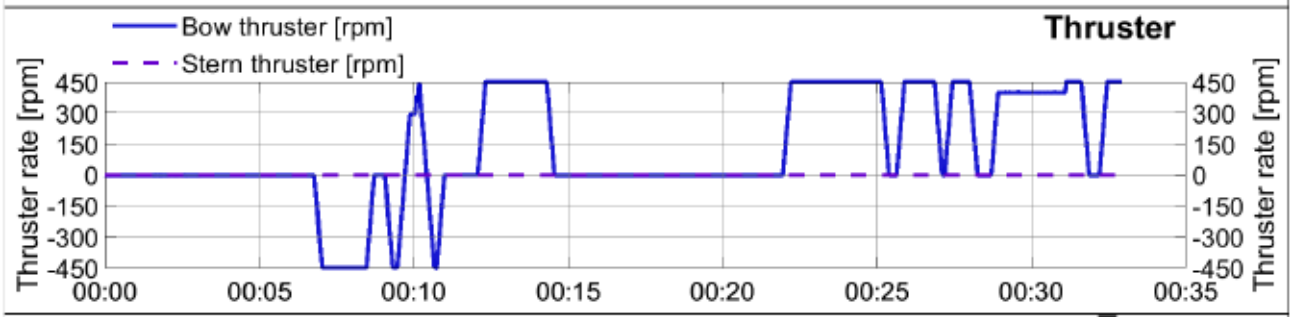
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

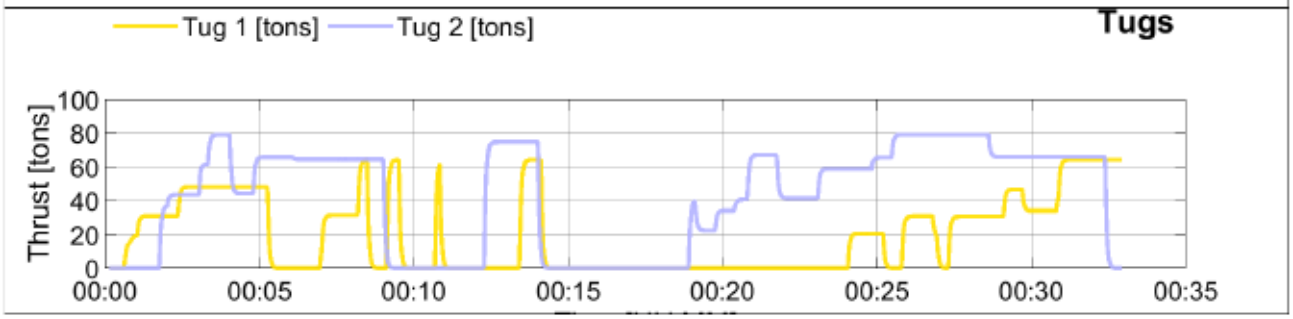
Simulatie: Achterhaven VD 11	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









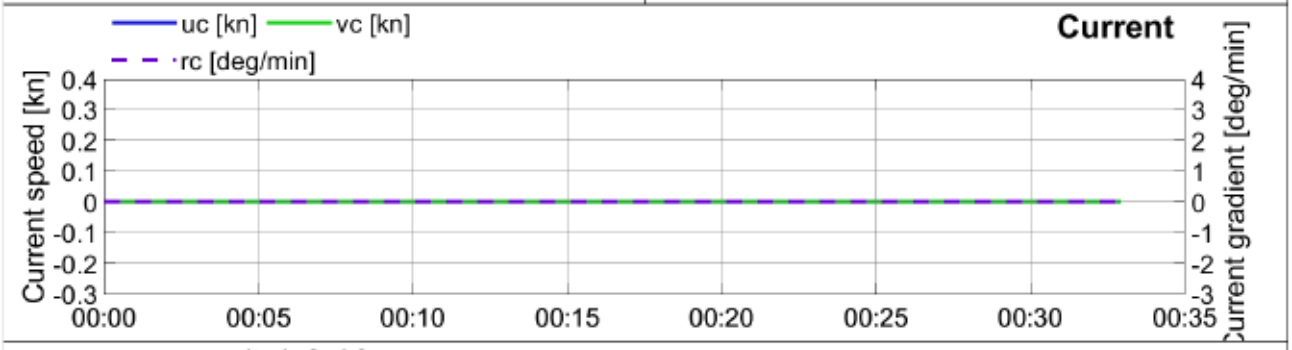


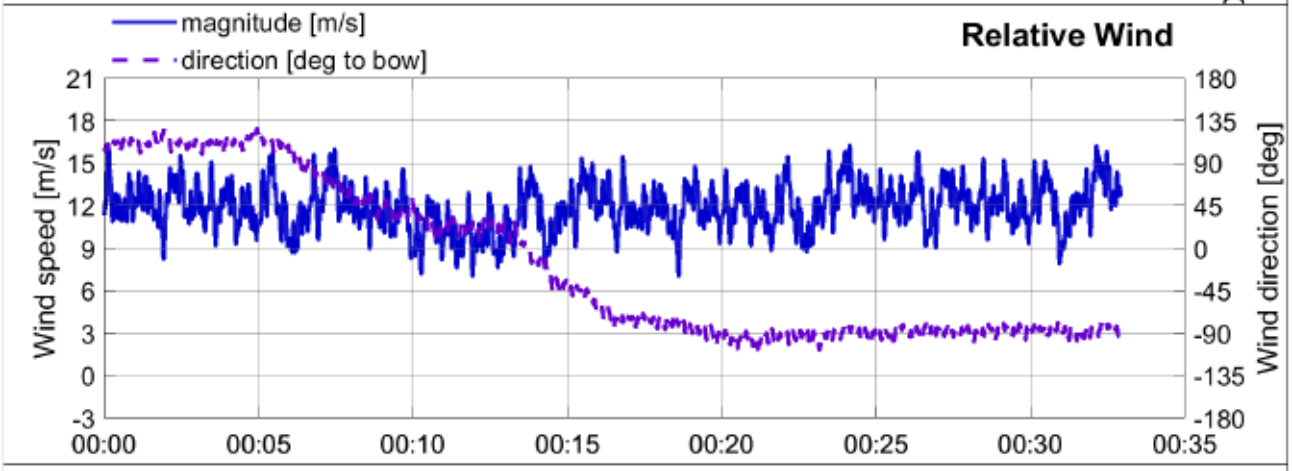
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

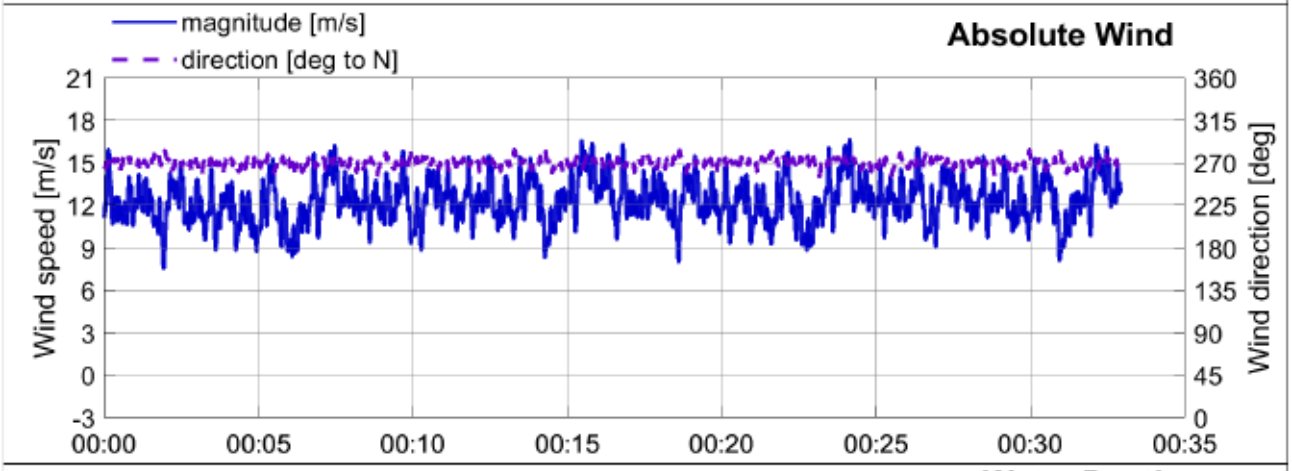
Omgevingscondities

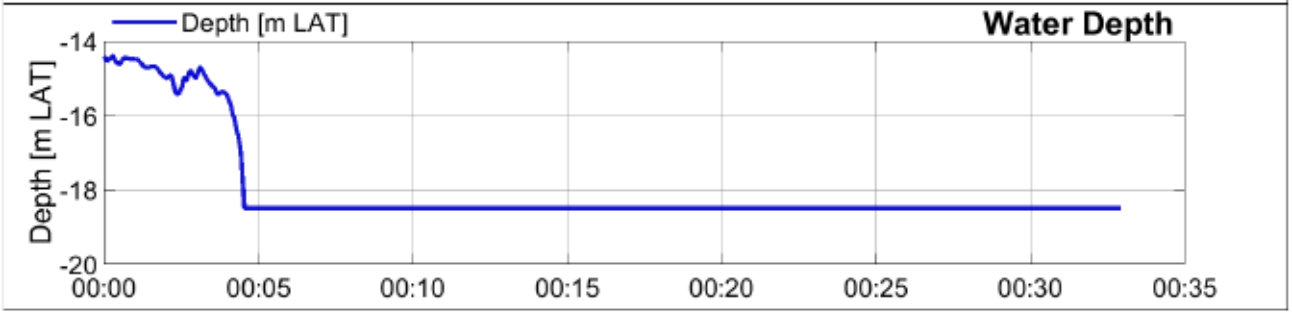
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 11	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







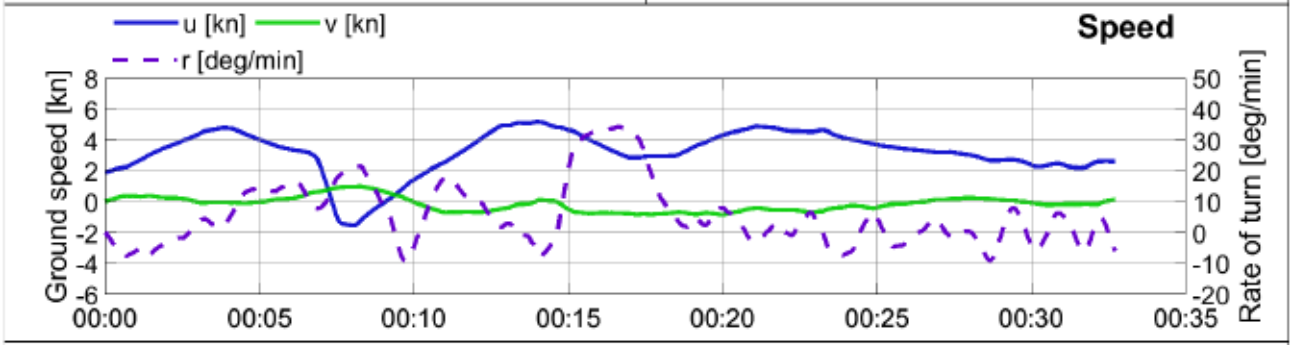


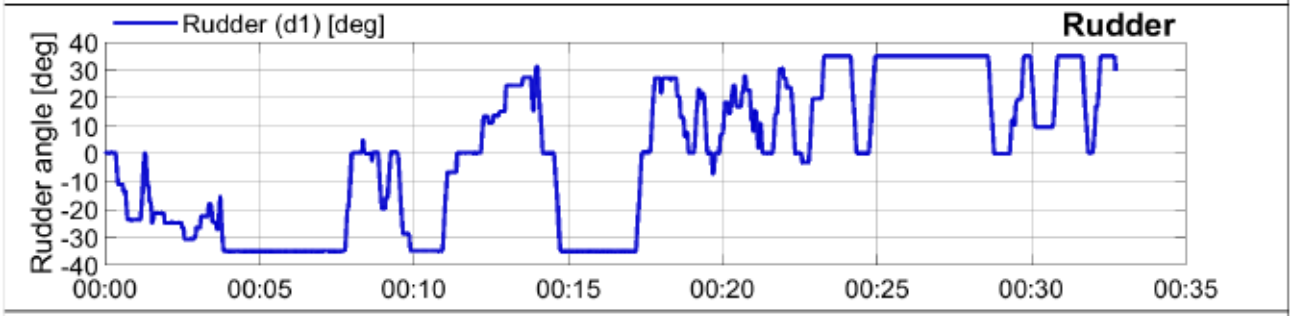
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

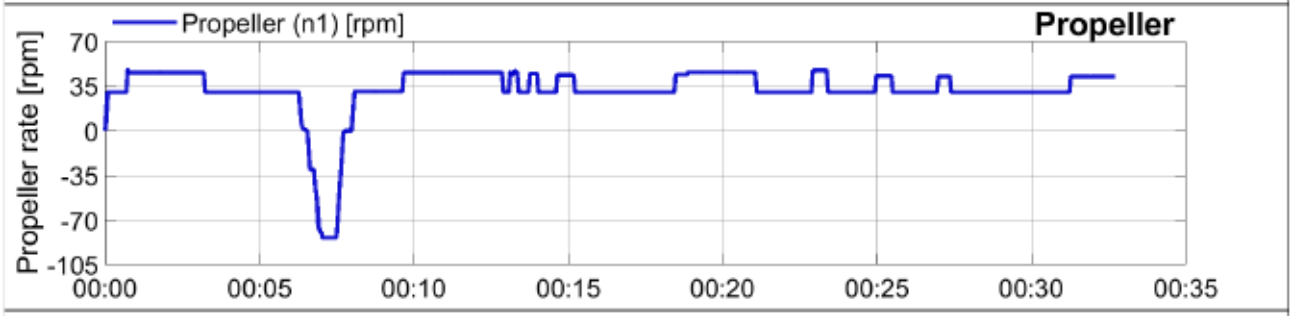
Manoeuvreereigenschappen

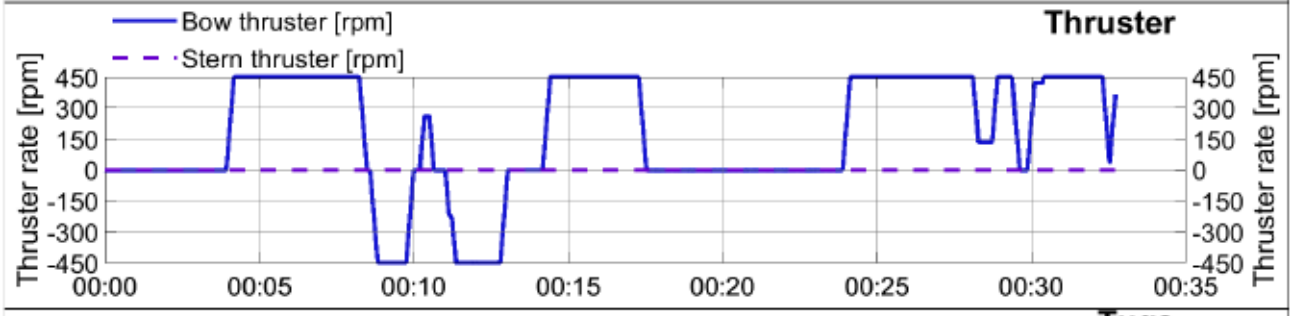
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

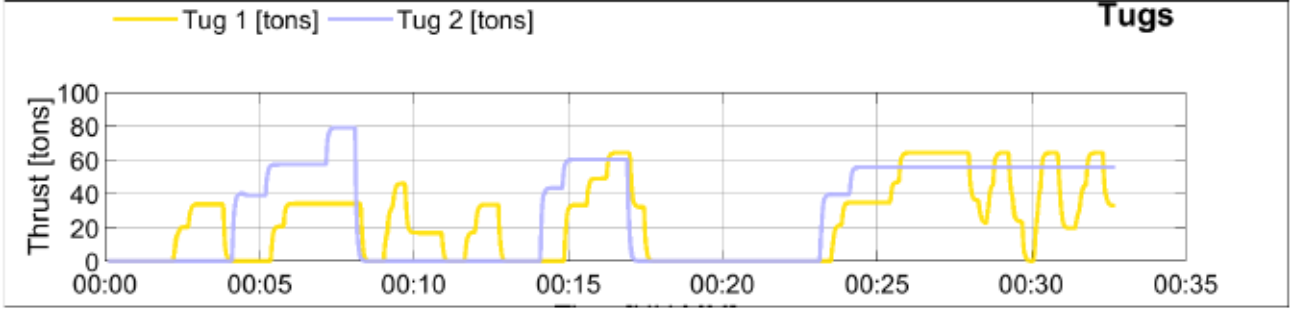
Simulatie: Achterhaven VD 12	Wind: NO6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









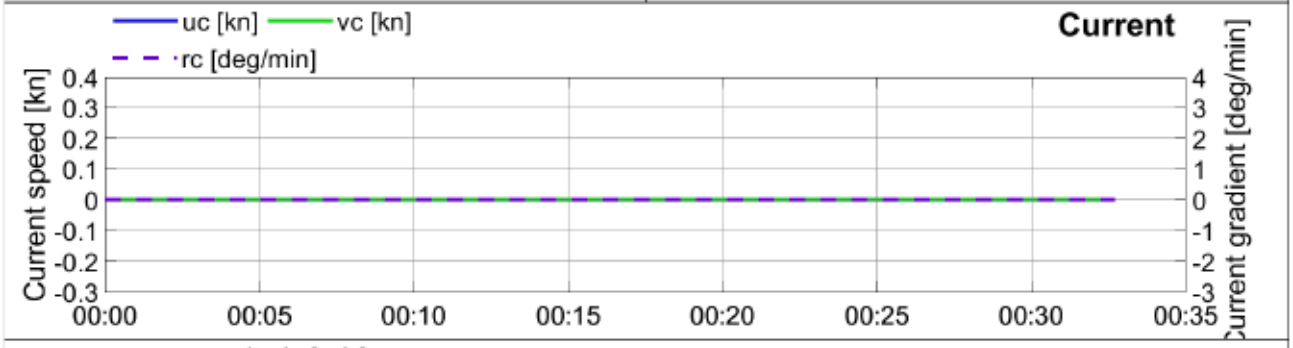


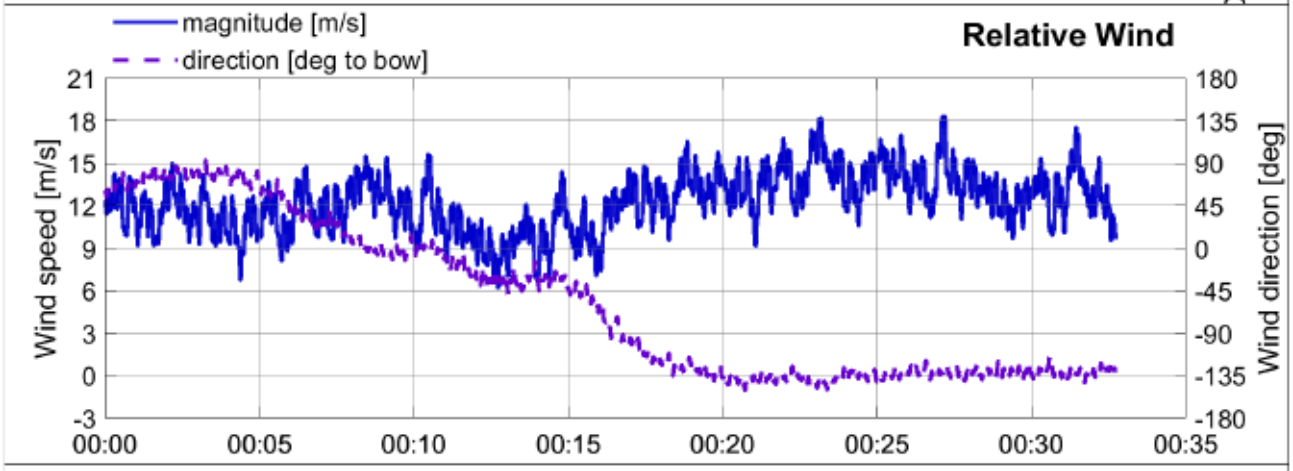
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

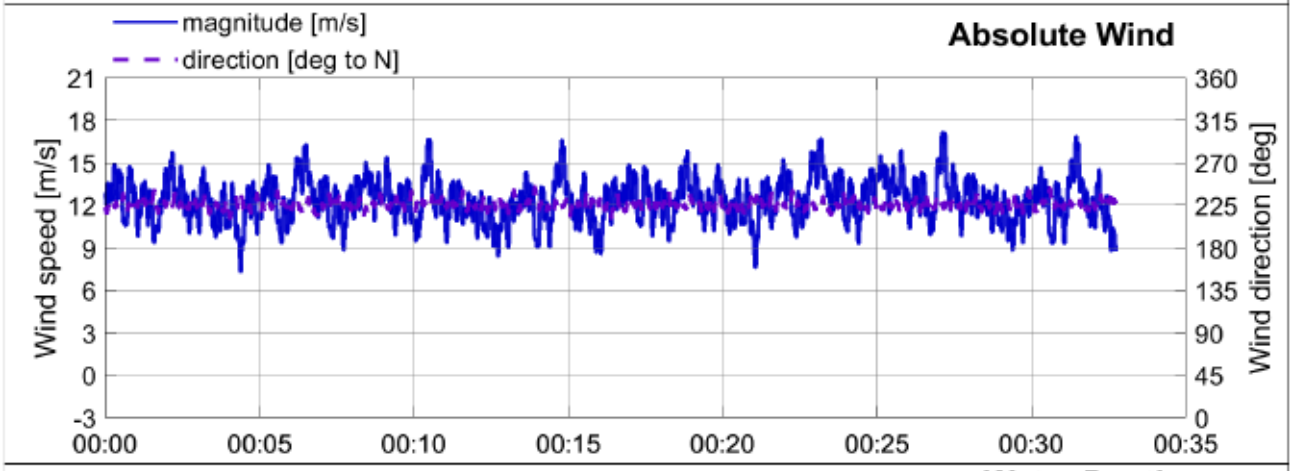
Omgevingscondities

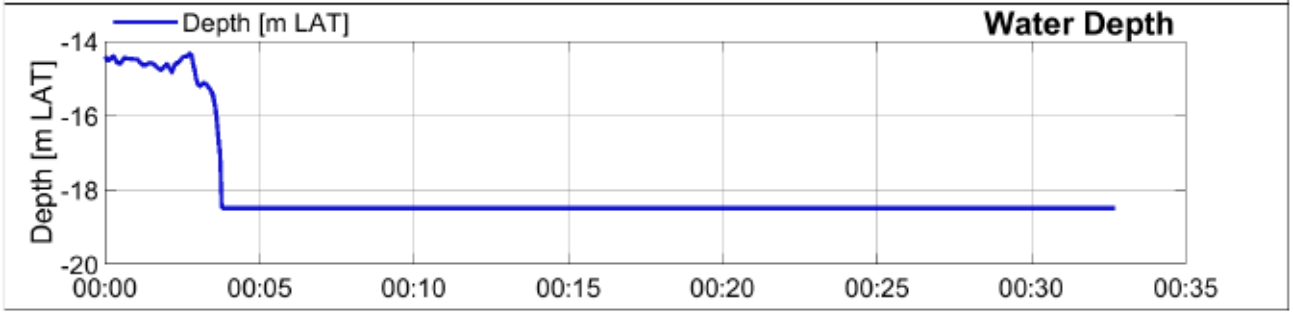
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 12	Wind: NO6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







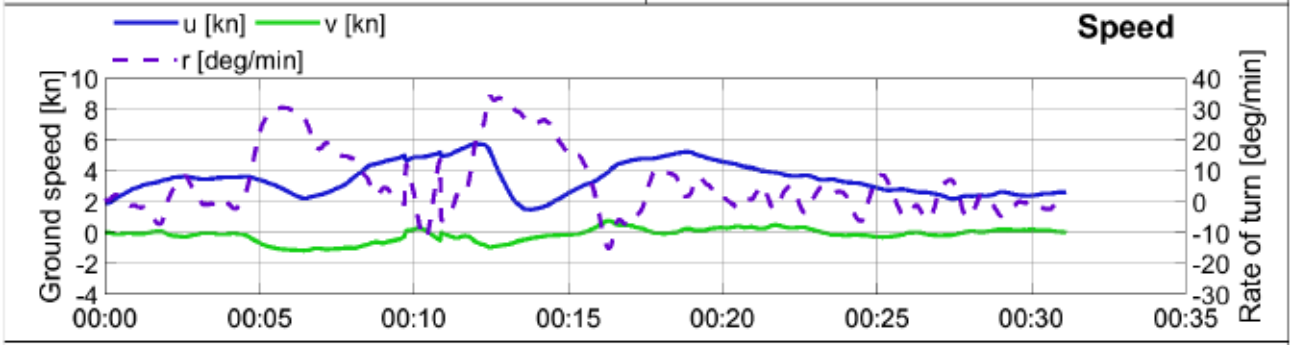


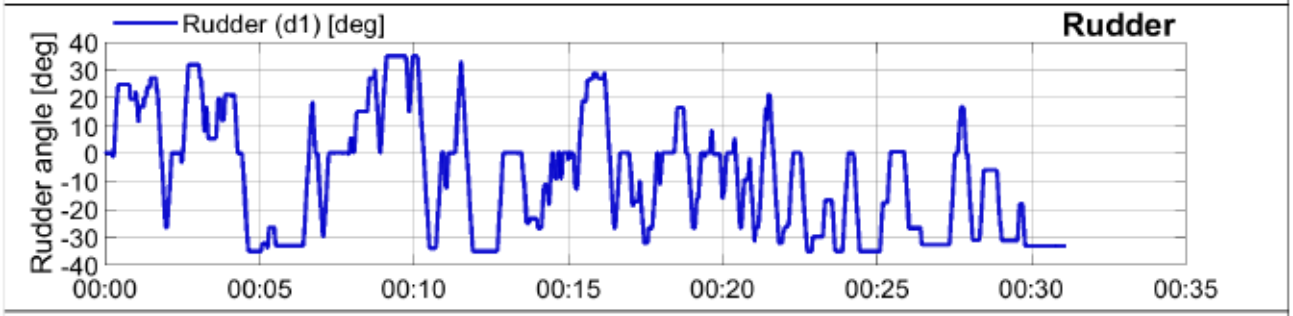
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

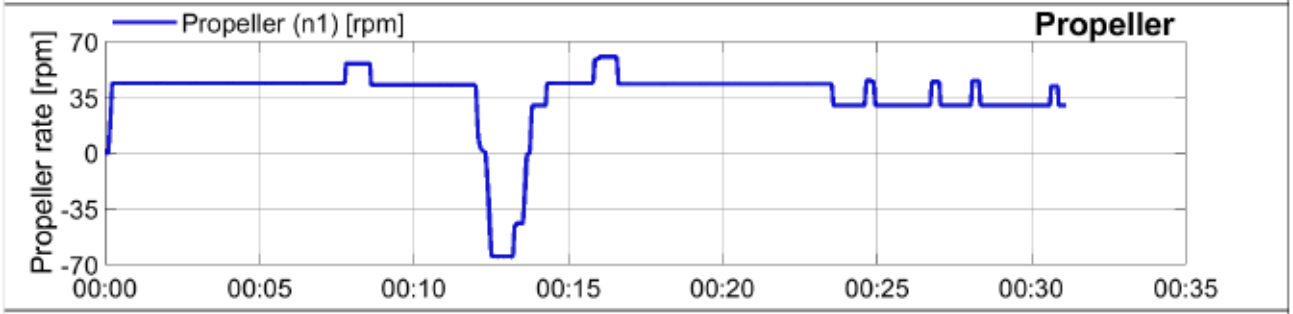
Manoeuvreereigenschappen

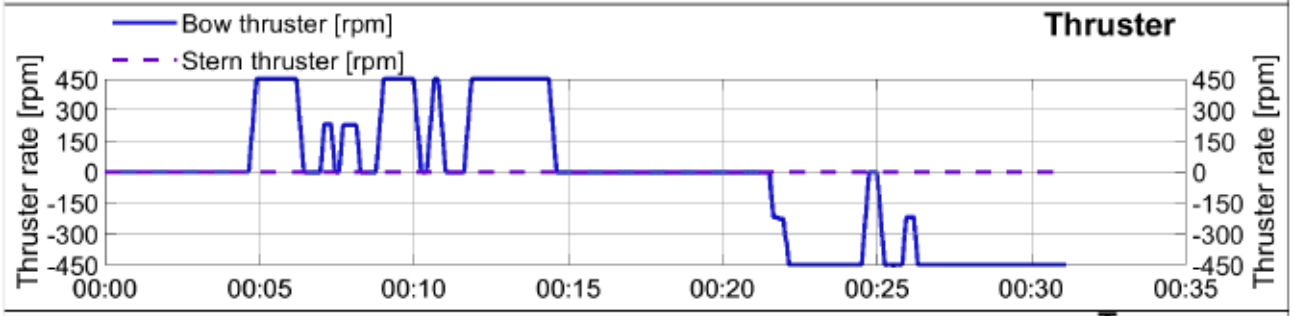
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

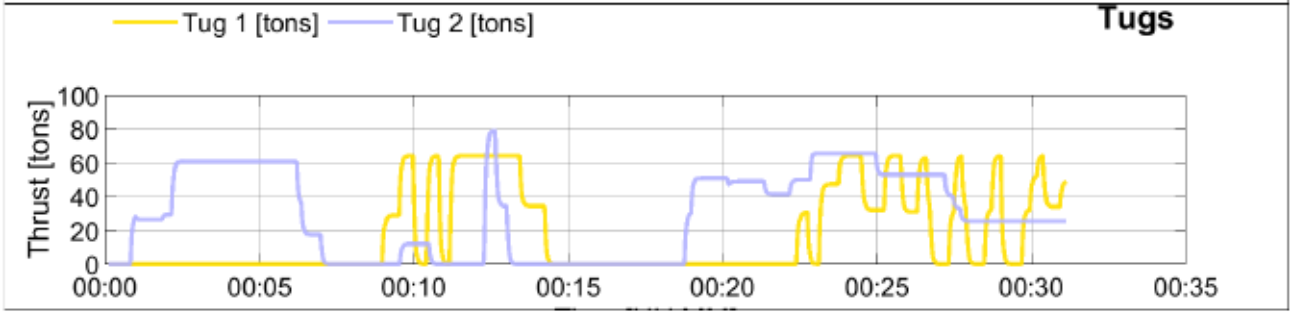
Simulatie: Achterhaven VD 13	Wind: NW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









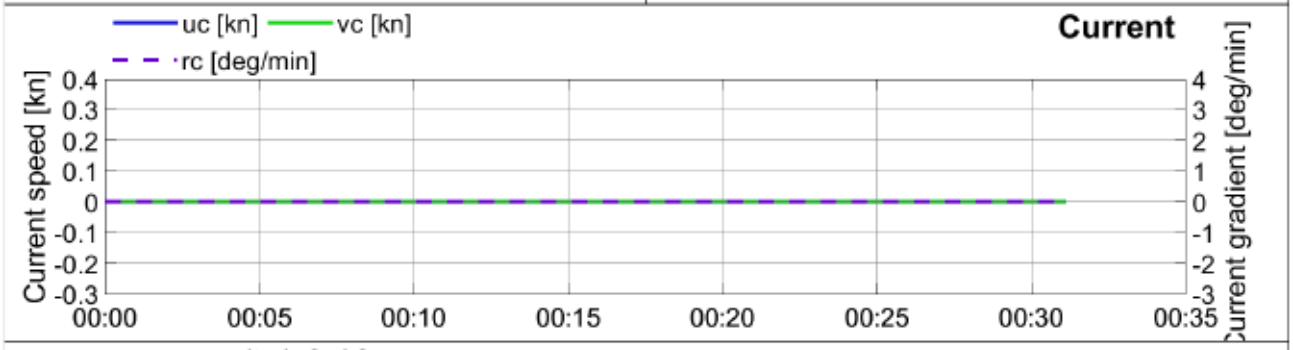


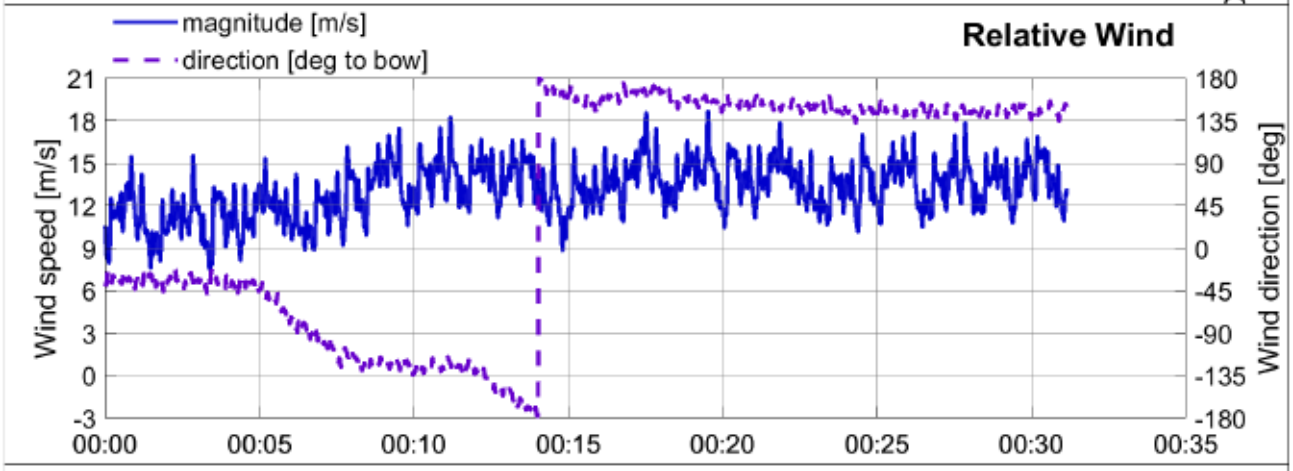
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

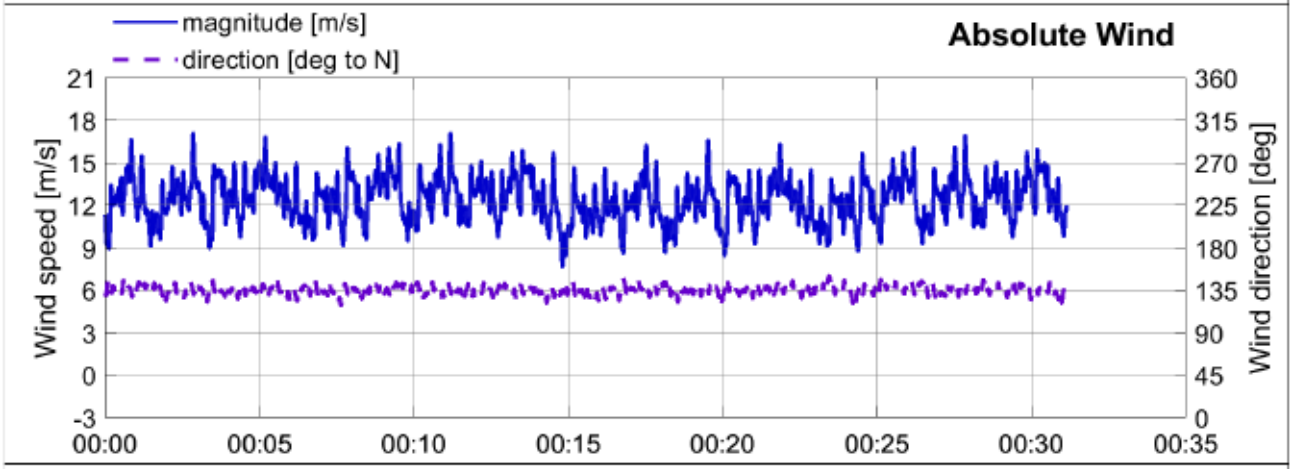
Omgevingscondities

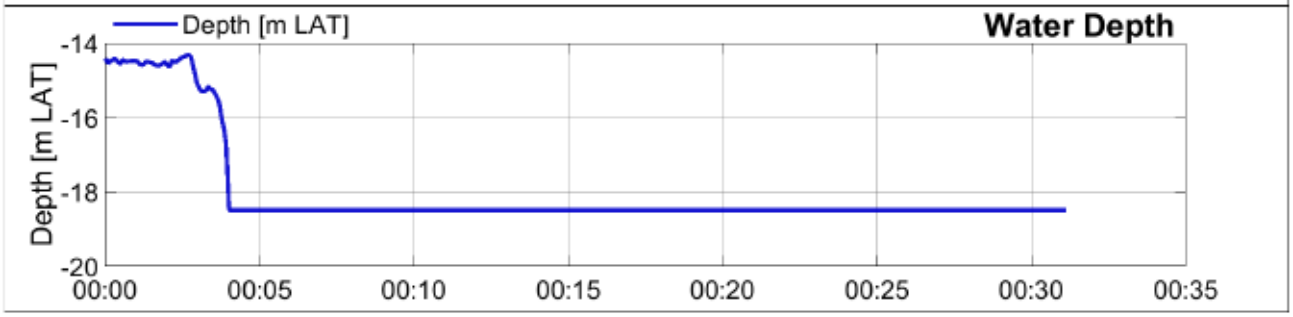
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 13	Wind: NW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







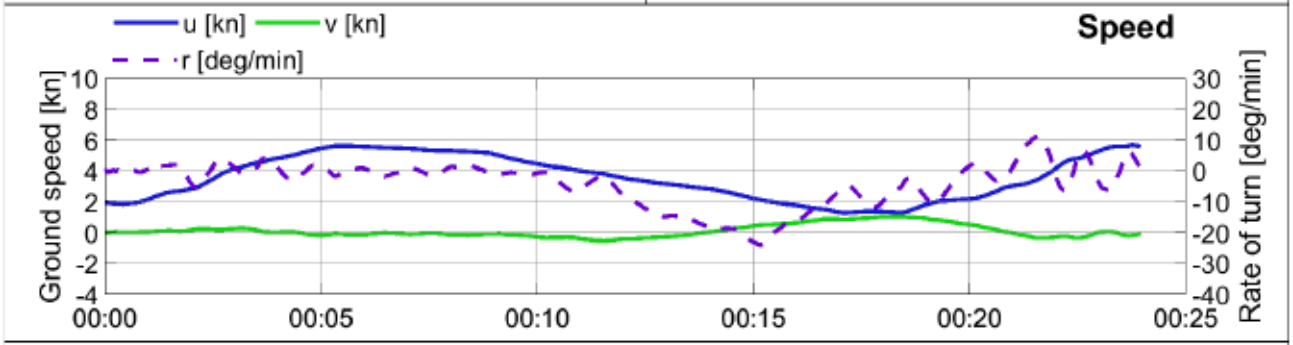


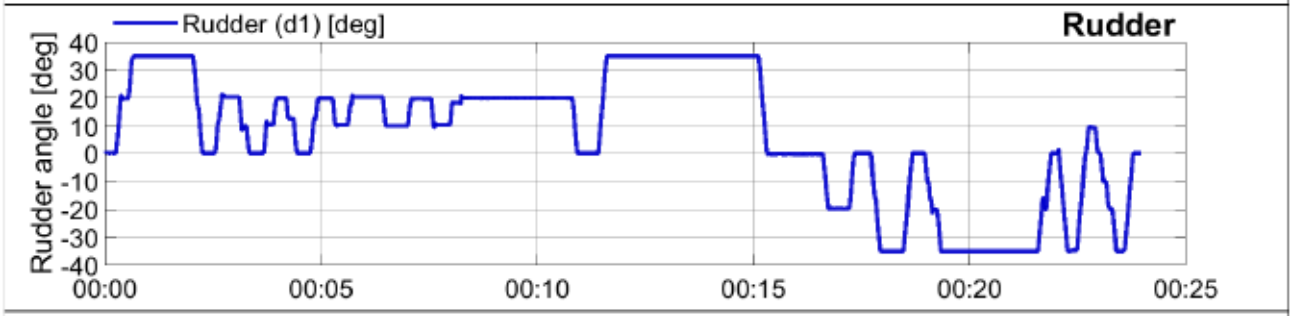
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

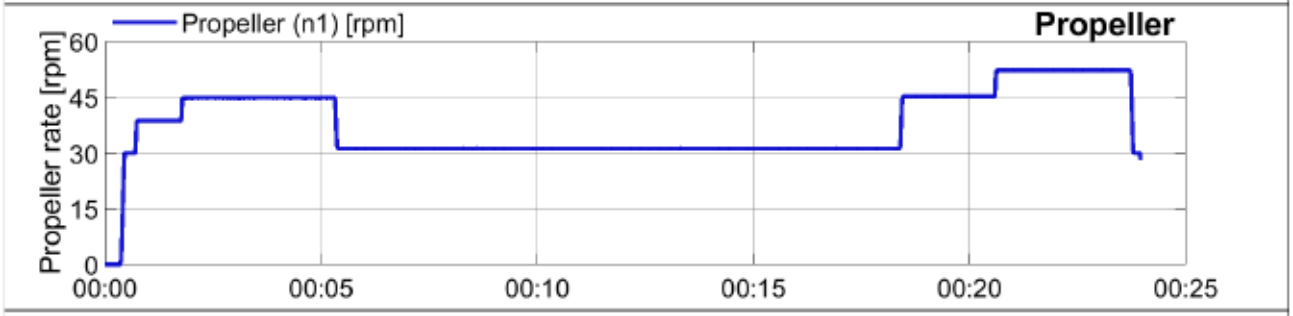
Manoeuvreereigenschappen

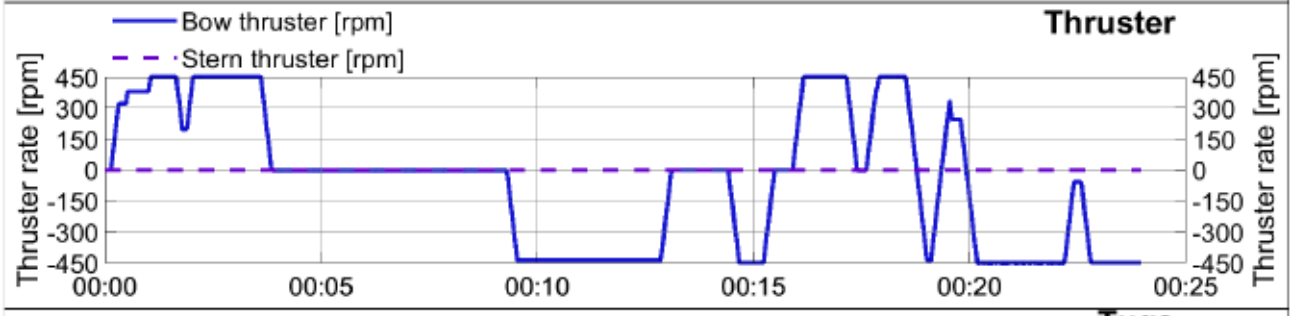
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 80+80 tons

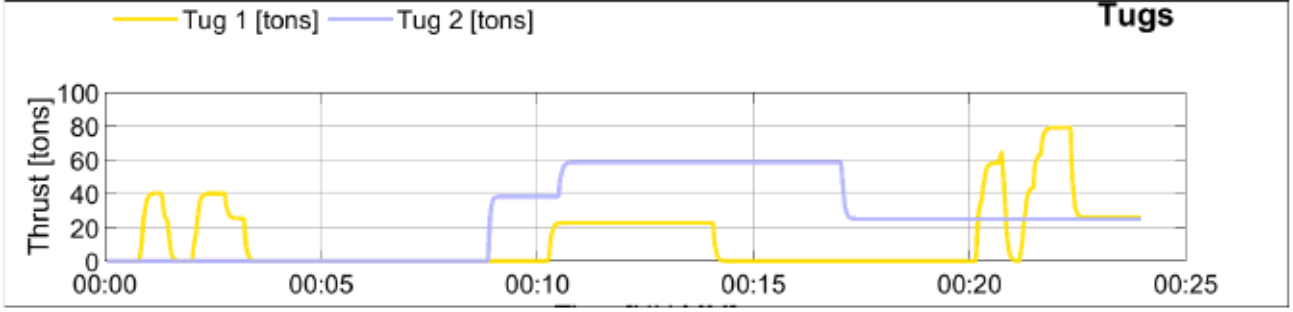
Simulatie: Achterhaven VD 14	Wind: NW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









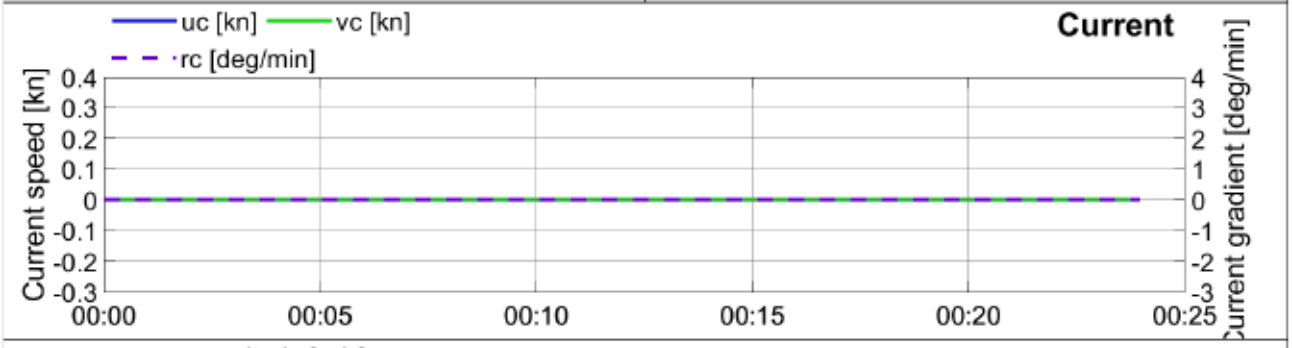


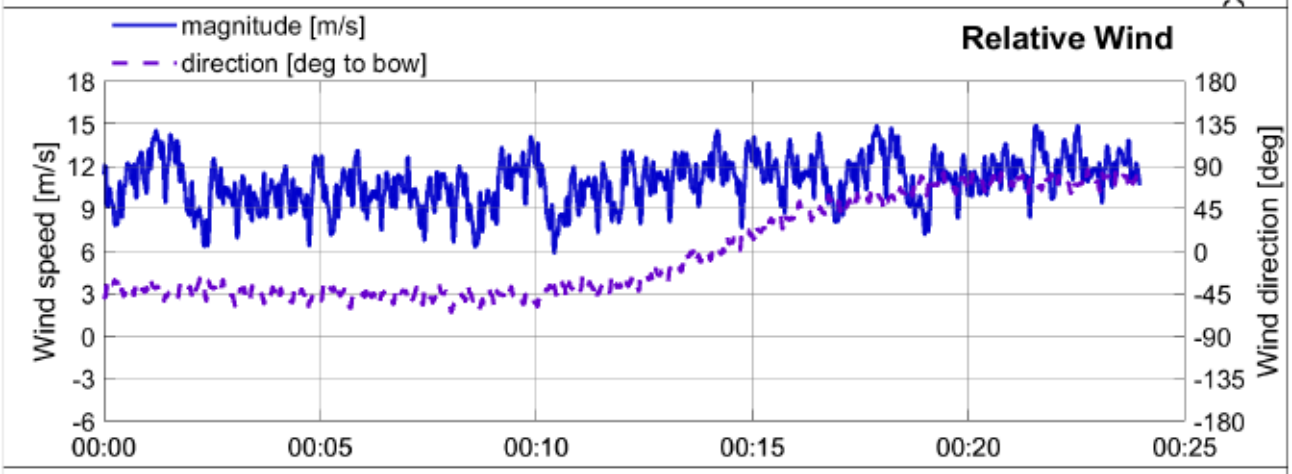
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

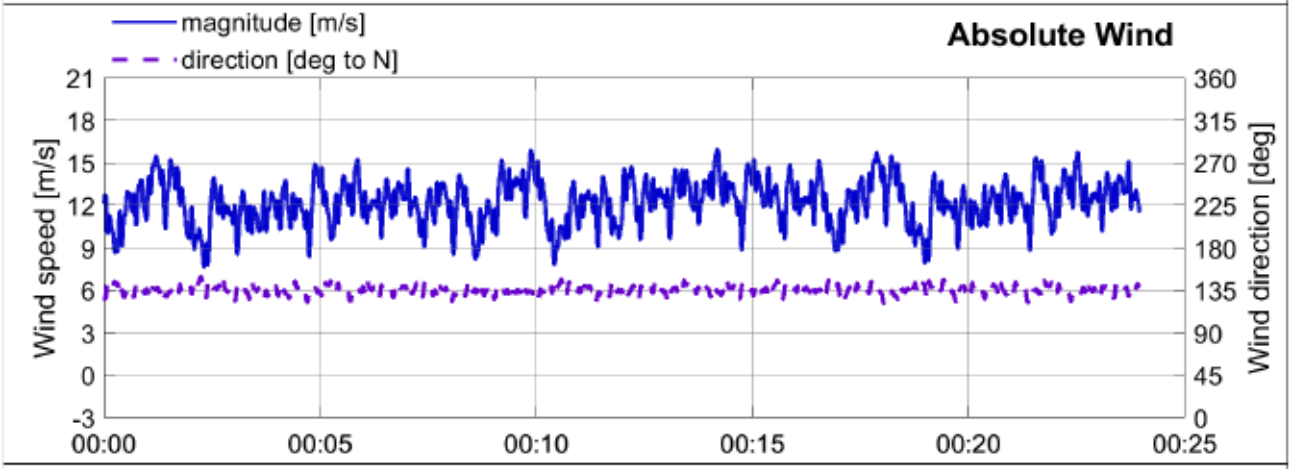
Omgevingscondities

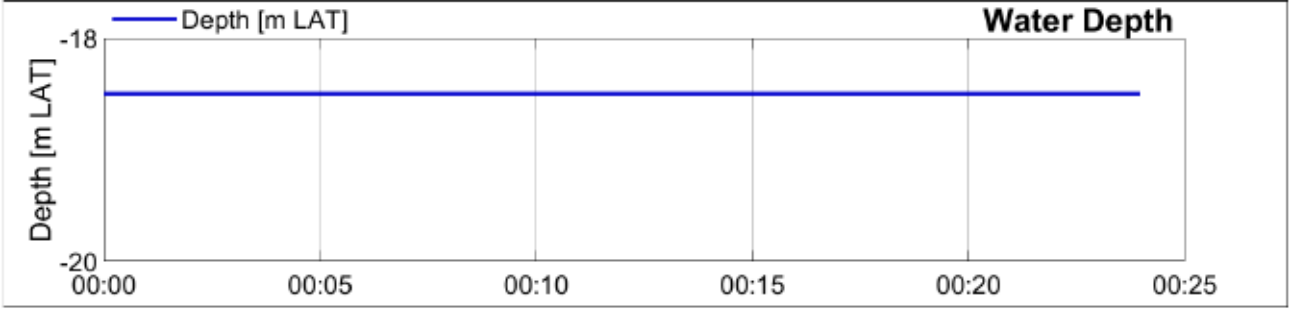
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 80+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 14	Wind: NW6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







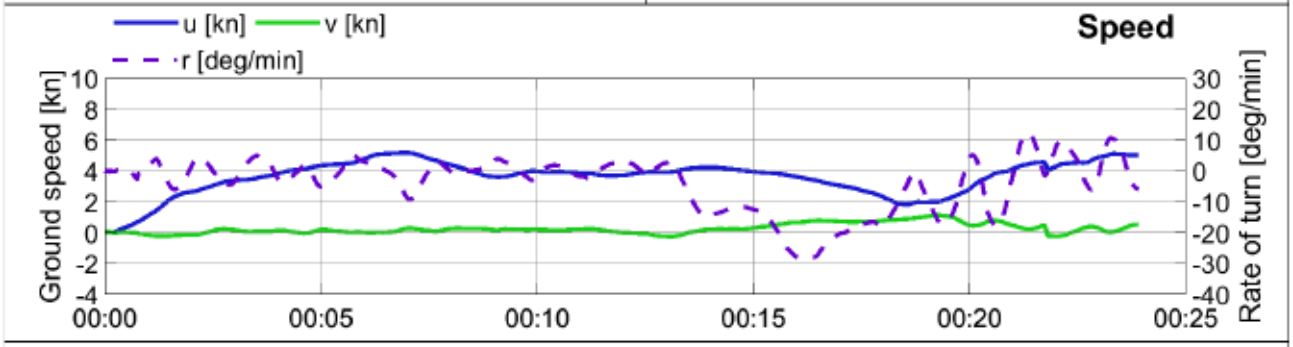


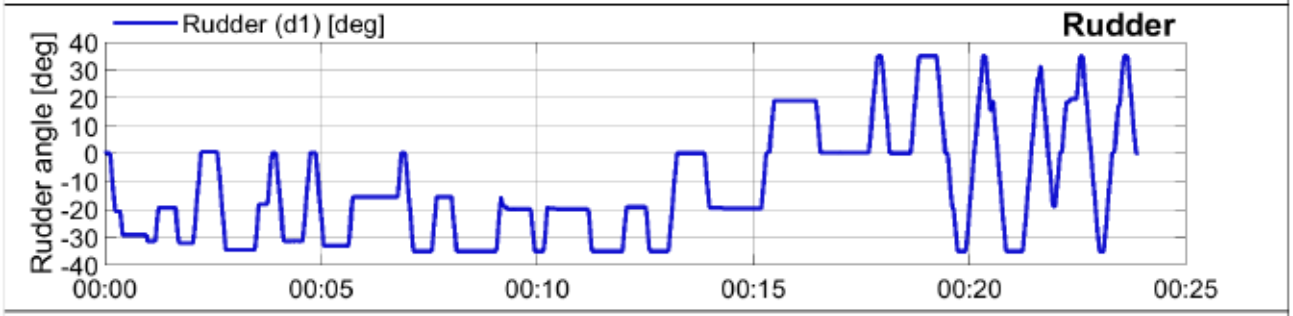
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

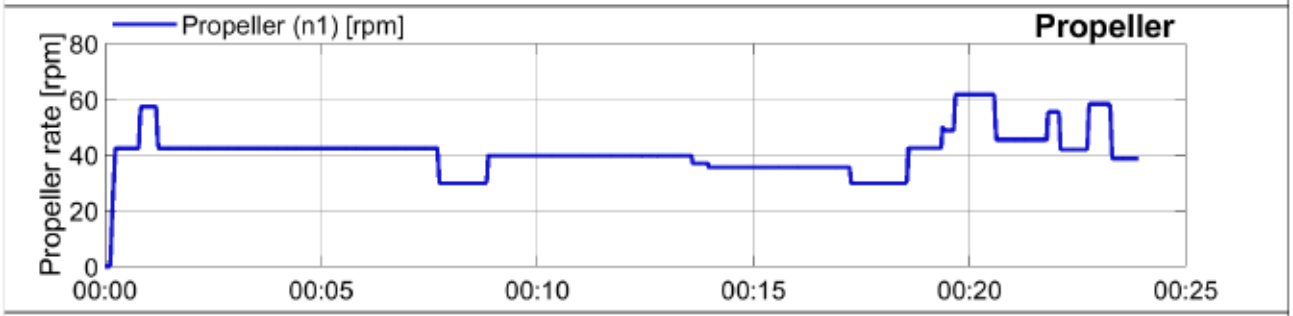
Manoeuvreereigenschappen

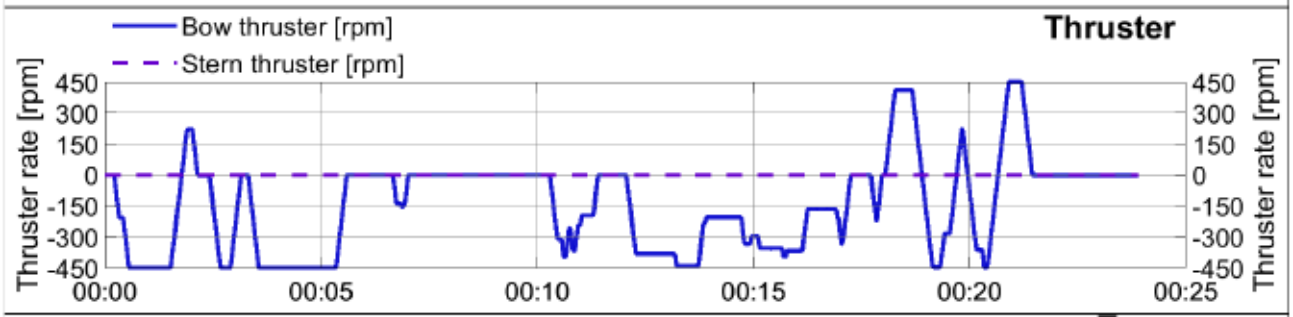
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 80+80 tons

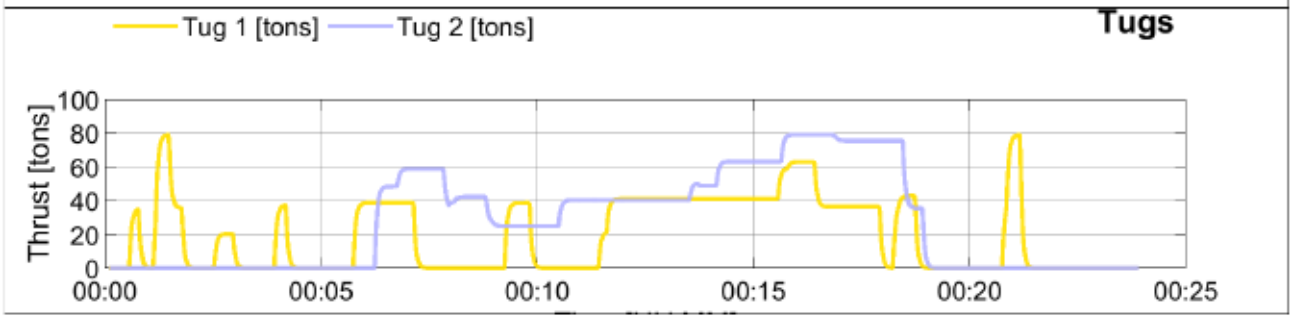
Simulatie: Achterhaven VD 15	Wind: NO6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









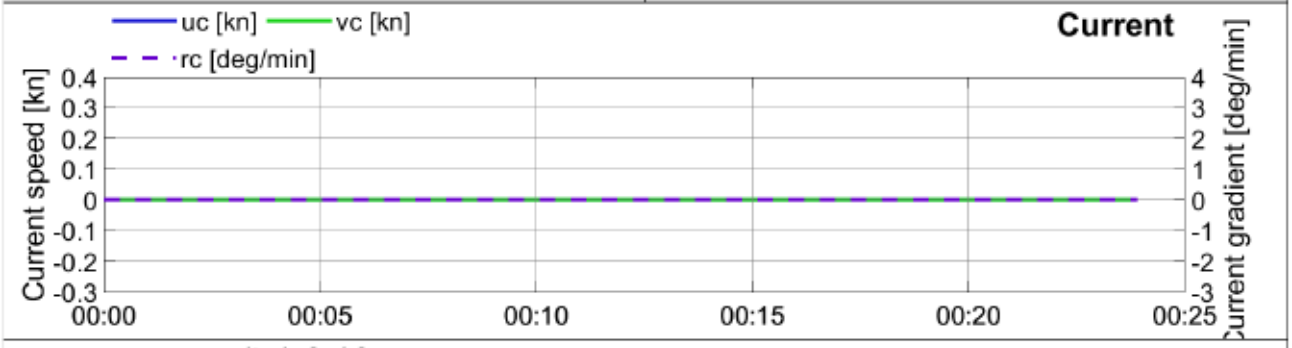


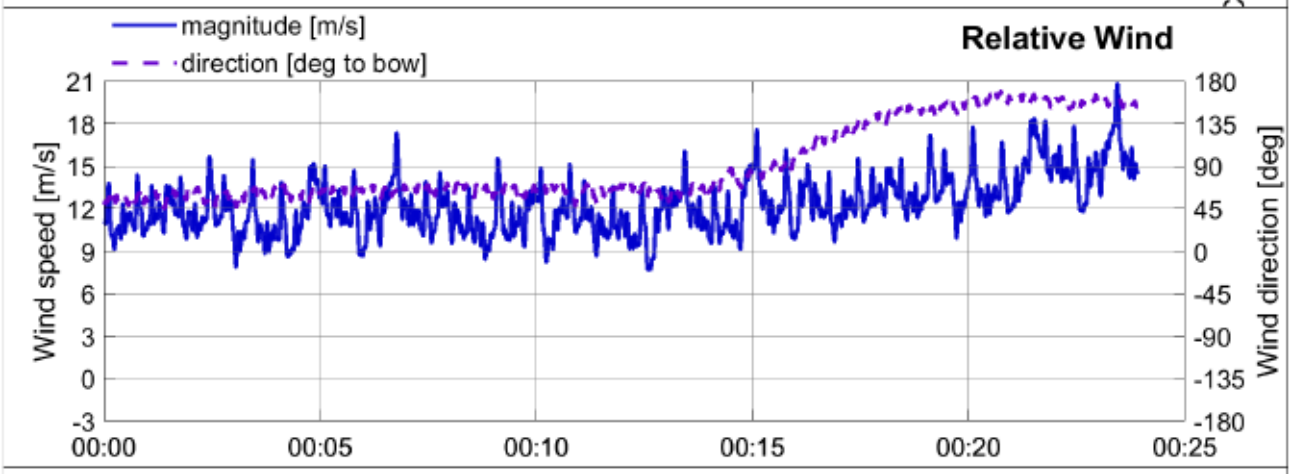
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

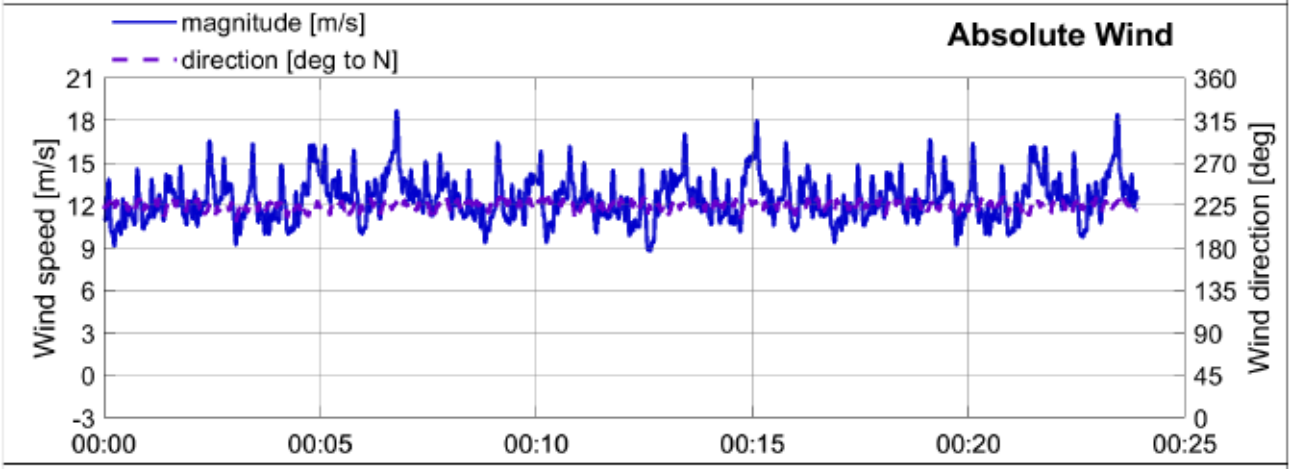
Omgevingscondities

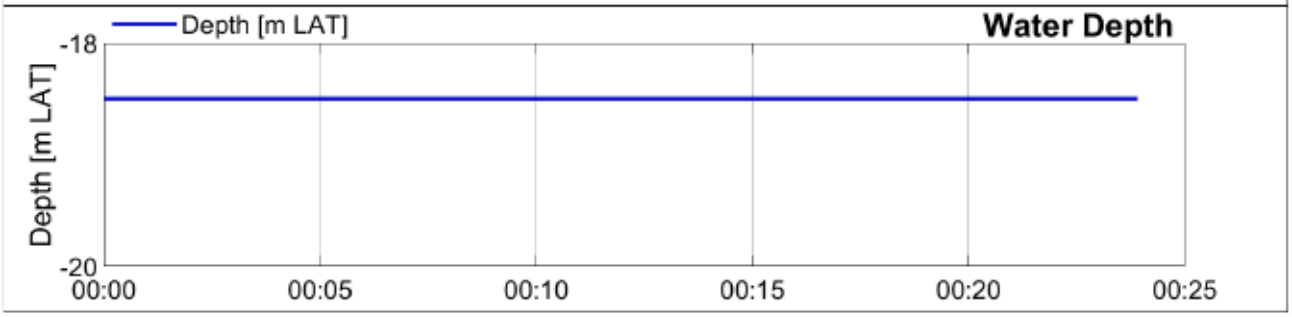
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 80+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 15	Wind: NO6
Sluisuitvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







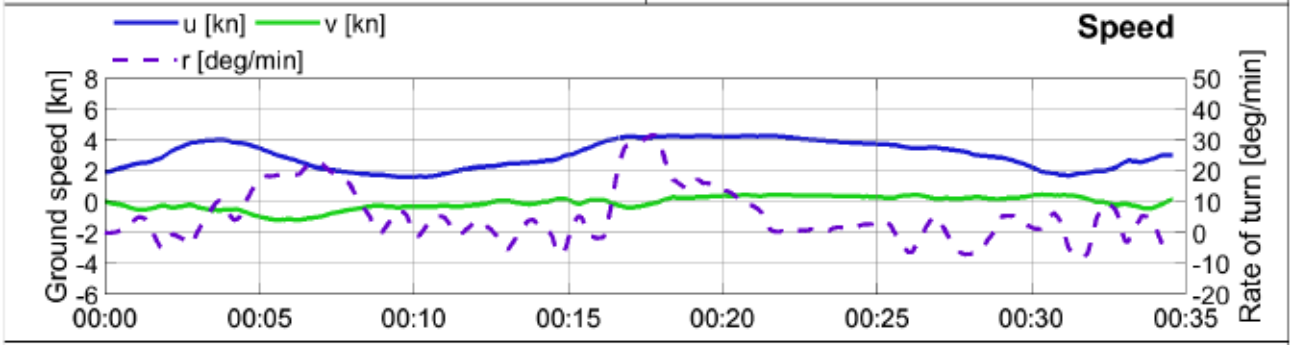


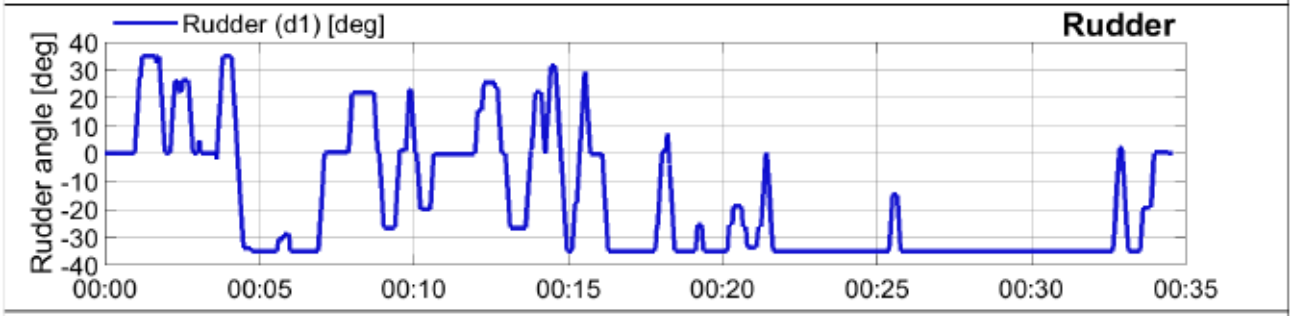
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

Manoeuvreereigenschappen

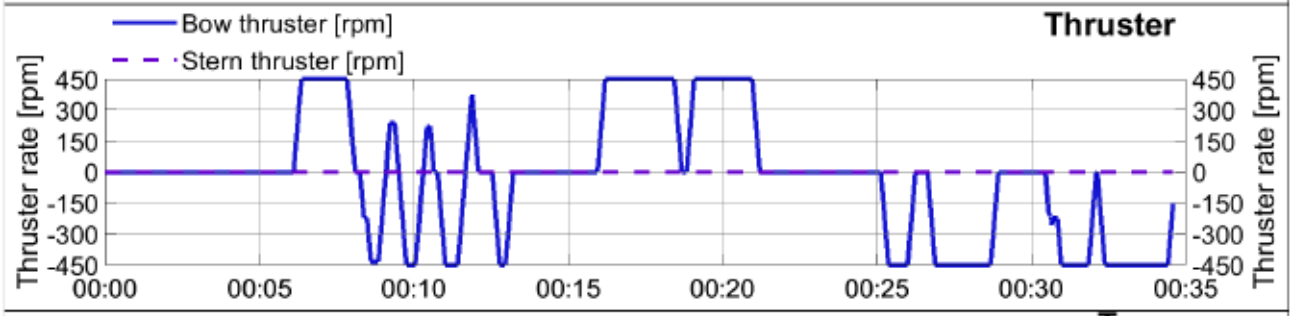
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

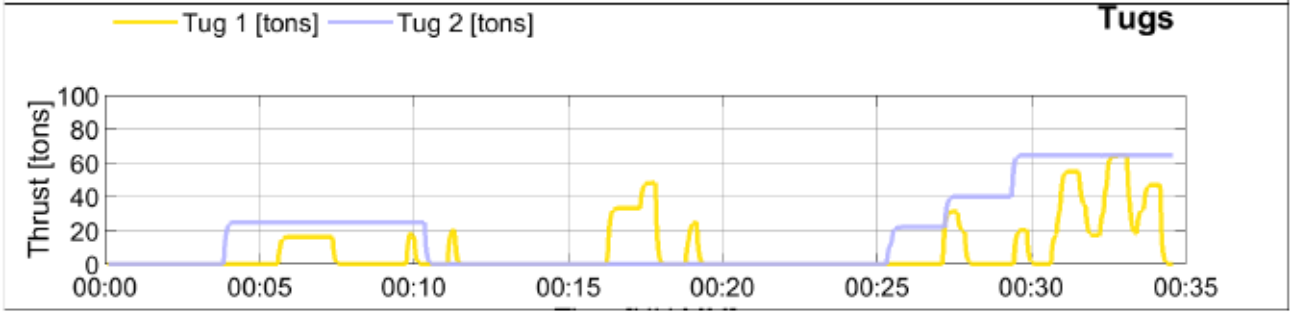
Simulatie: Achterhaven VD 16	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









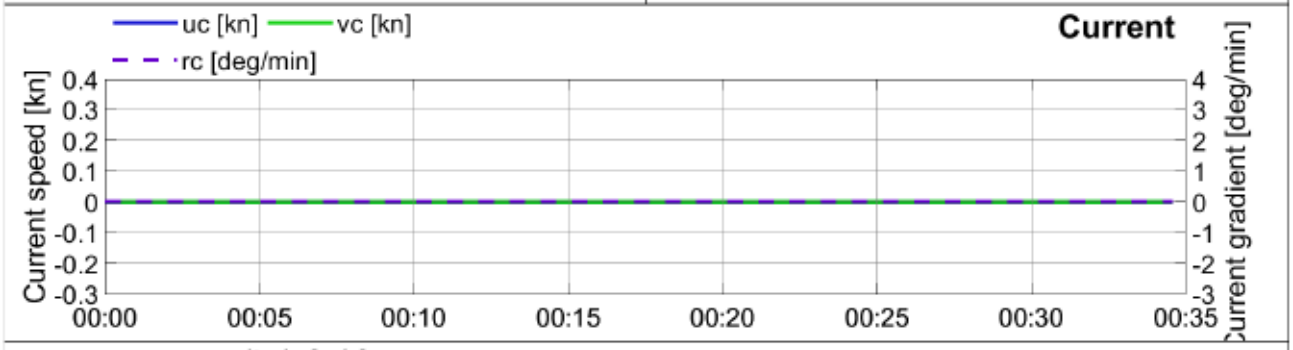


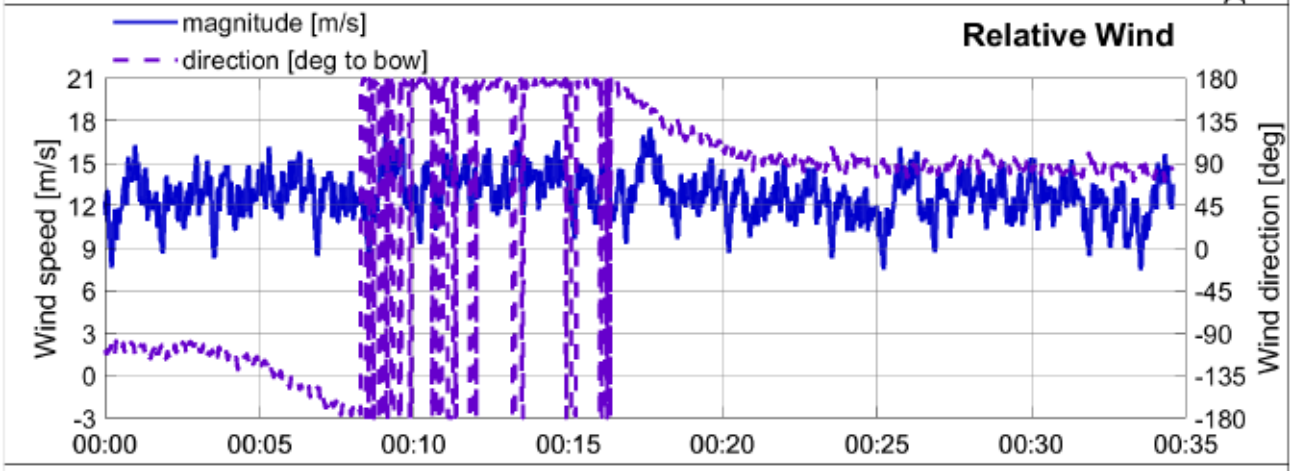
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

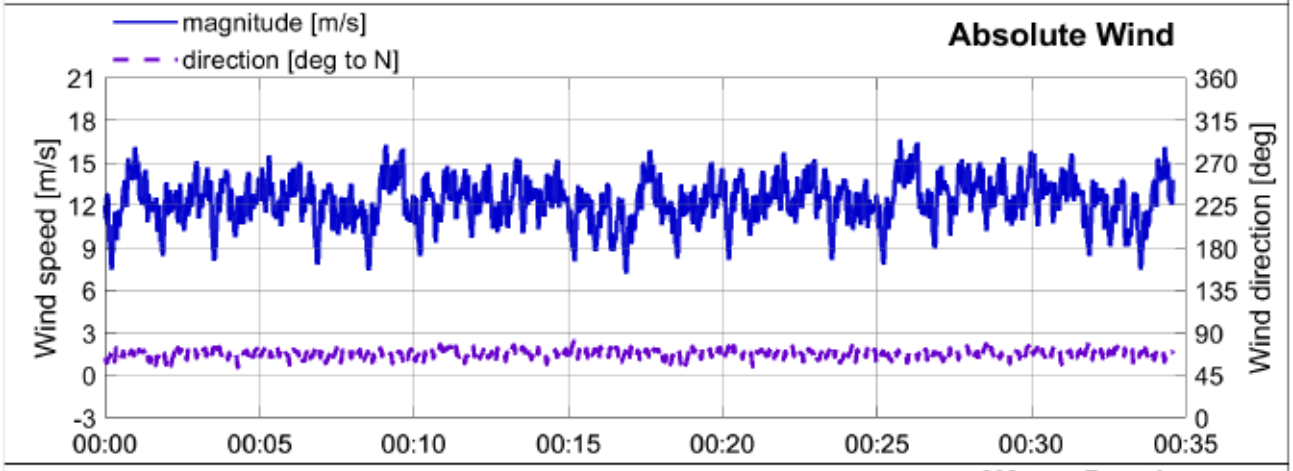
Omgevingscondities

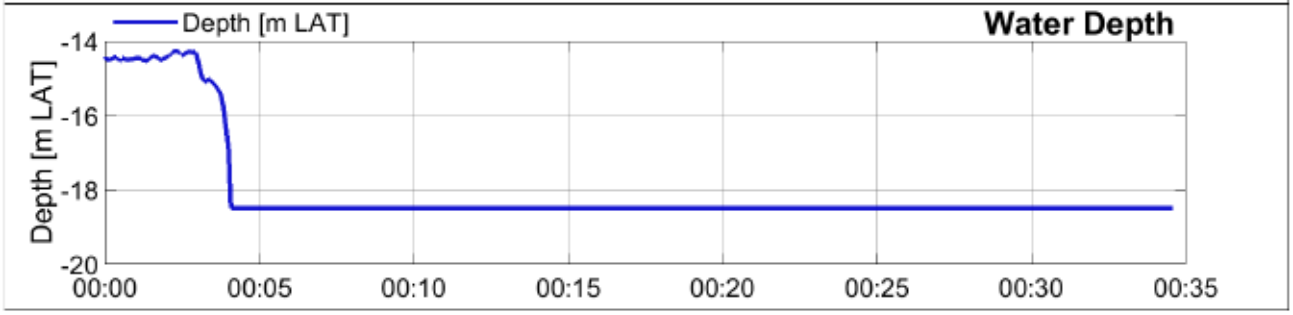
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VD 16	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 19/06/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







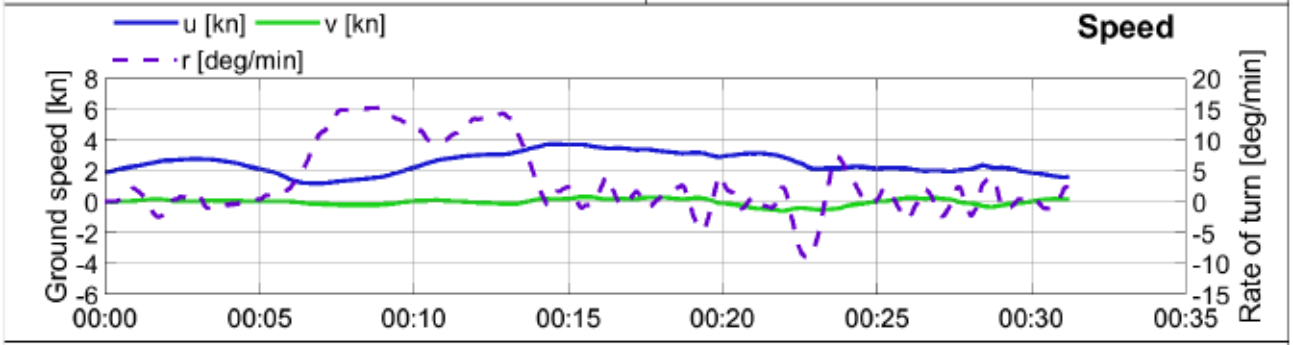


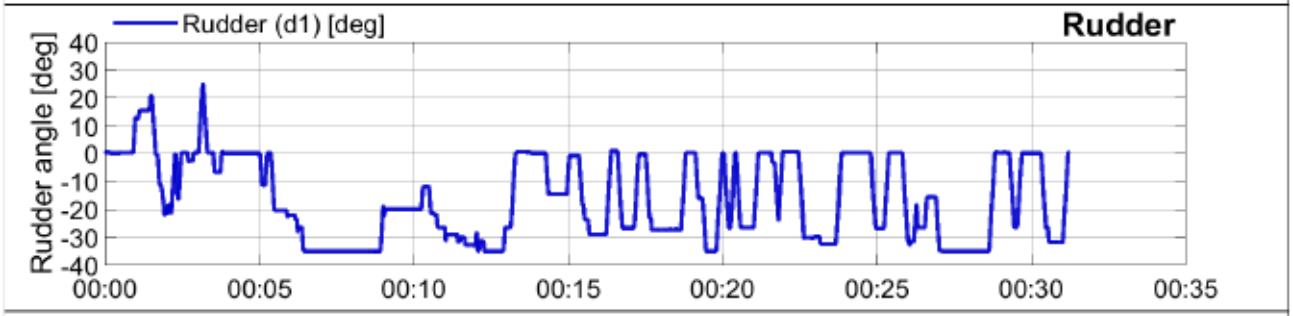
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

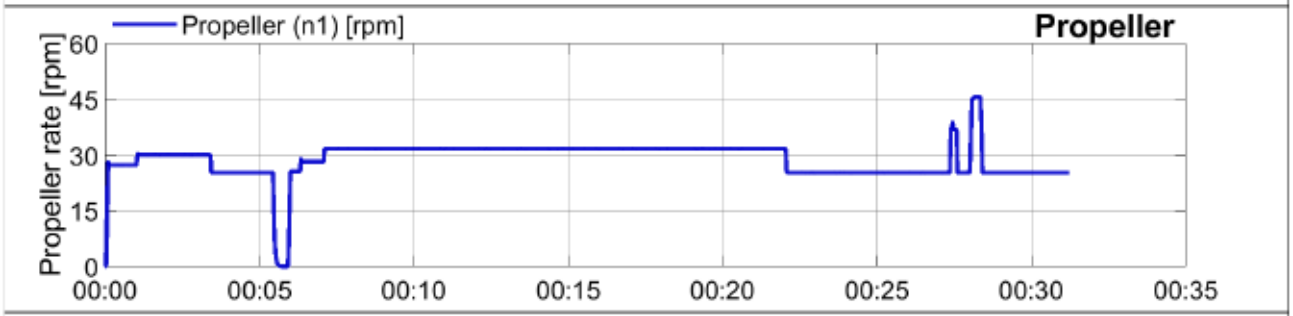
Manoeuvreereigenschappen

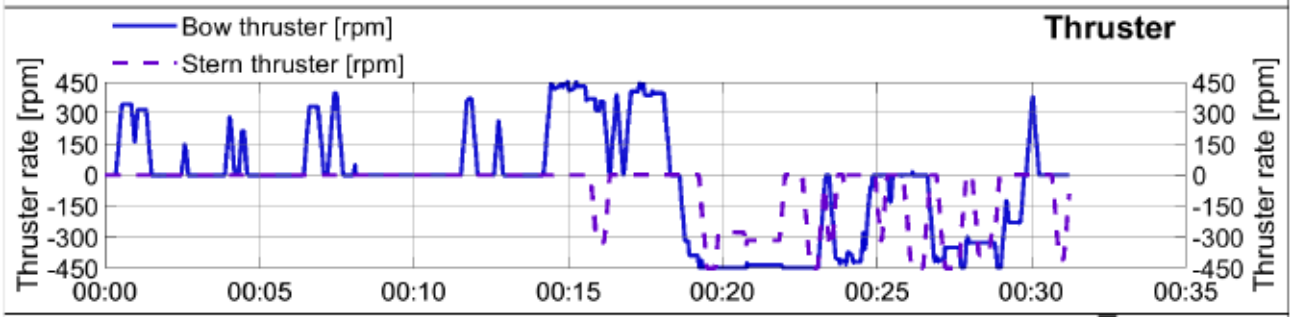
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

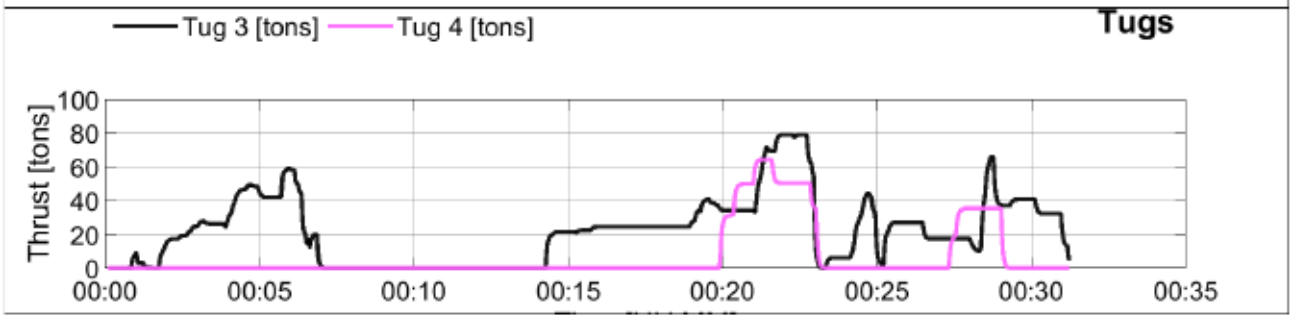
Simulatie: Achterhaven VF 17	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









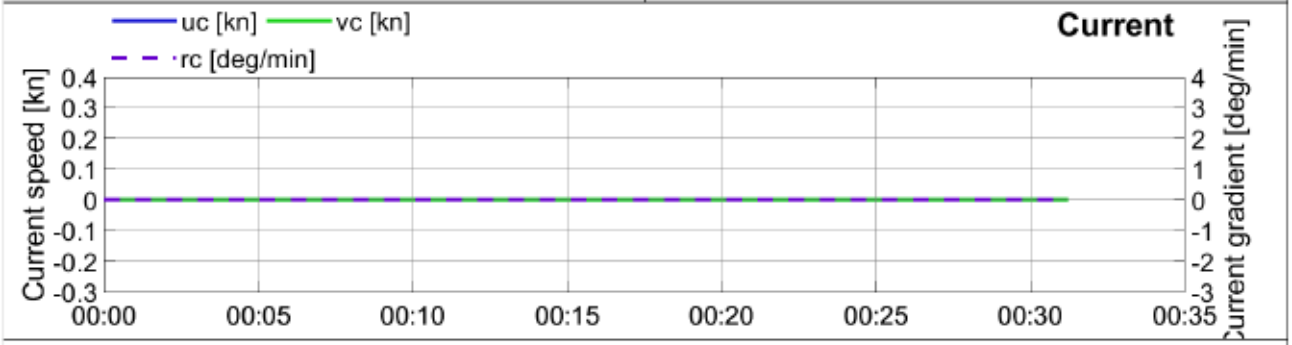


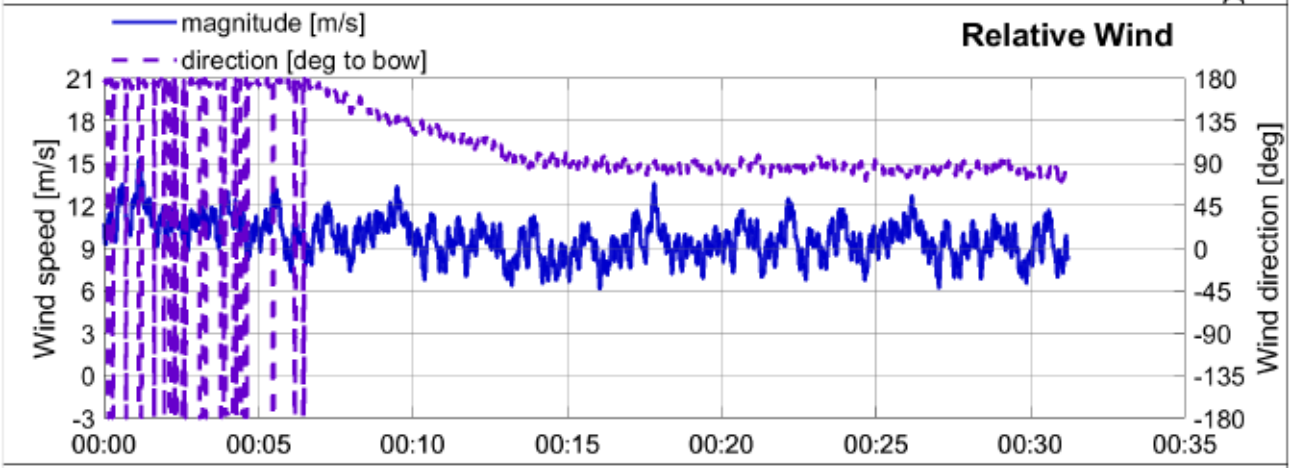
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

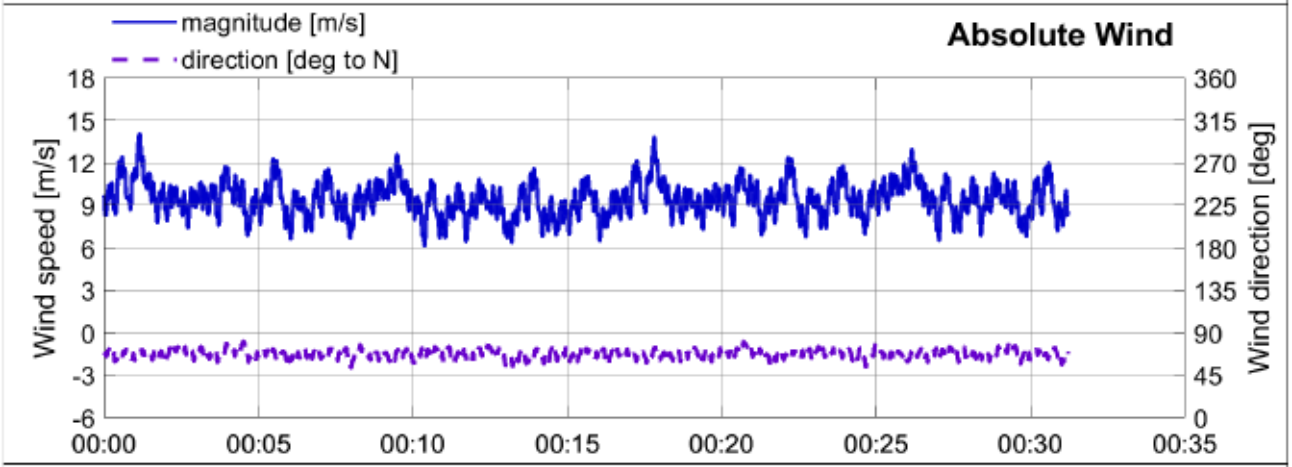
Omgevingscondities

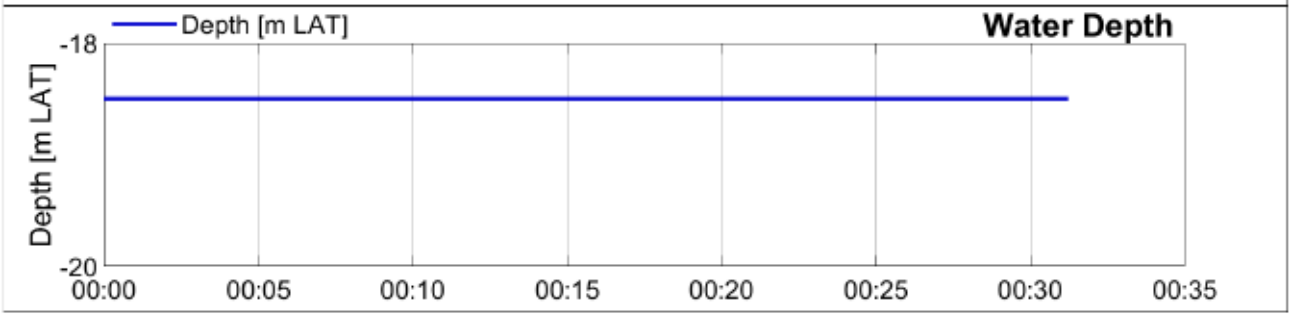
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VF 17	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







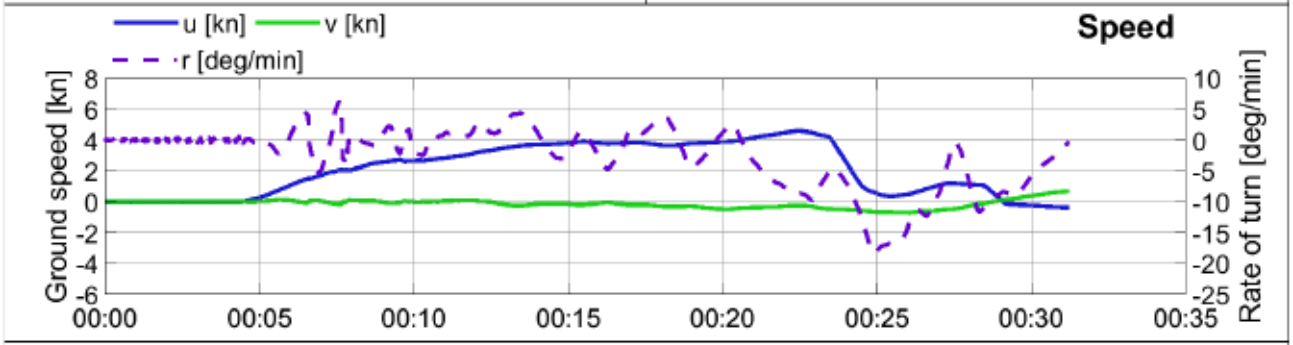


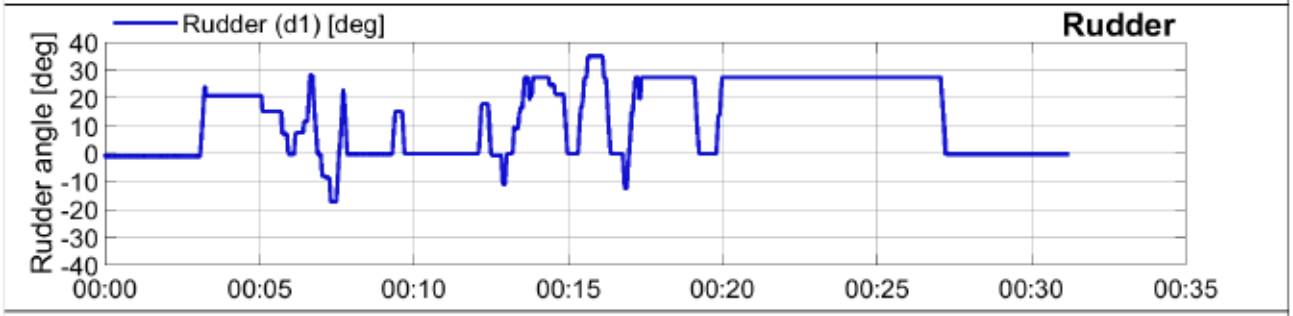
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

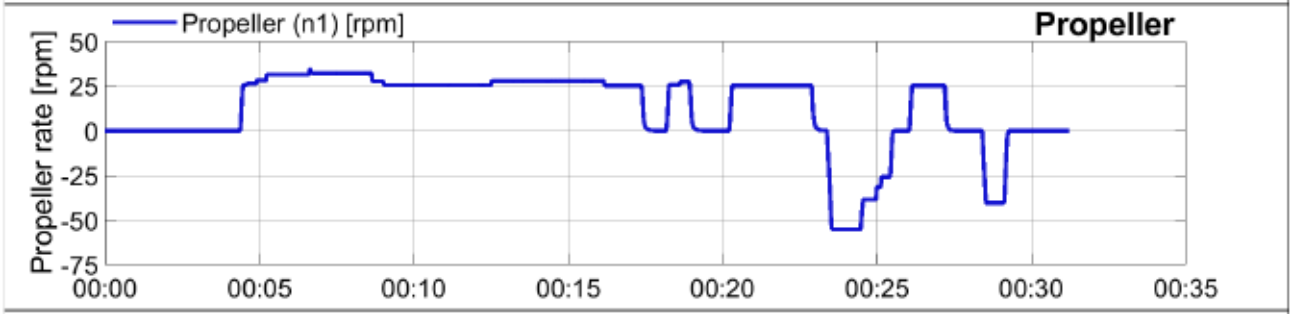
Manoeuvreereigenschappen

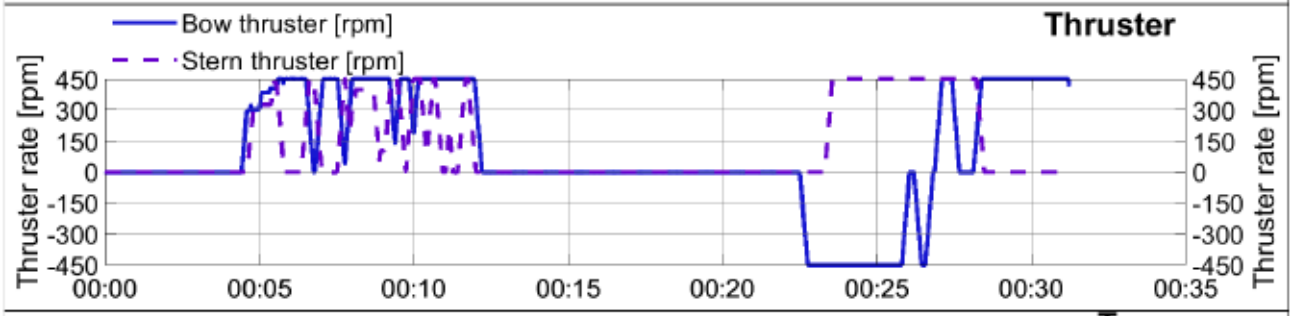
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

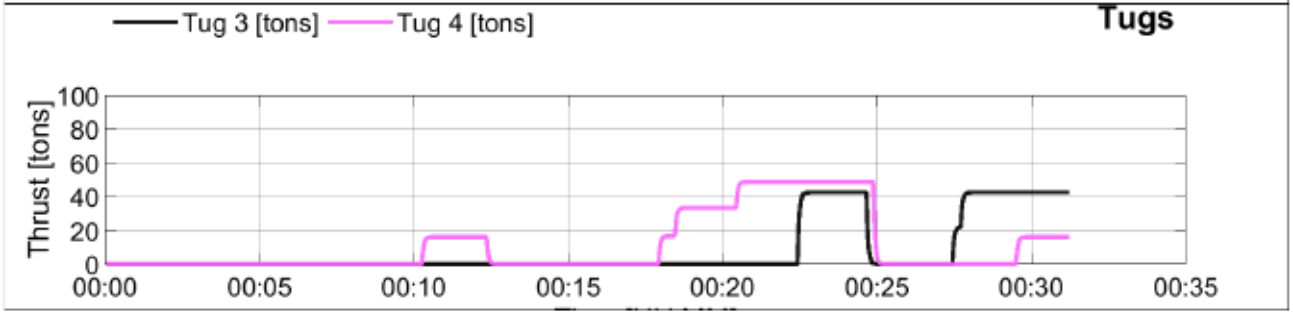
Simulatie: Achterhaven VF 17	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









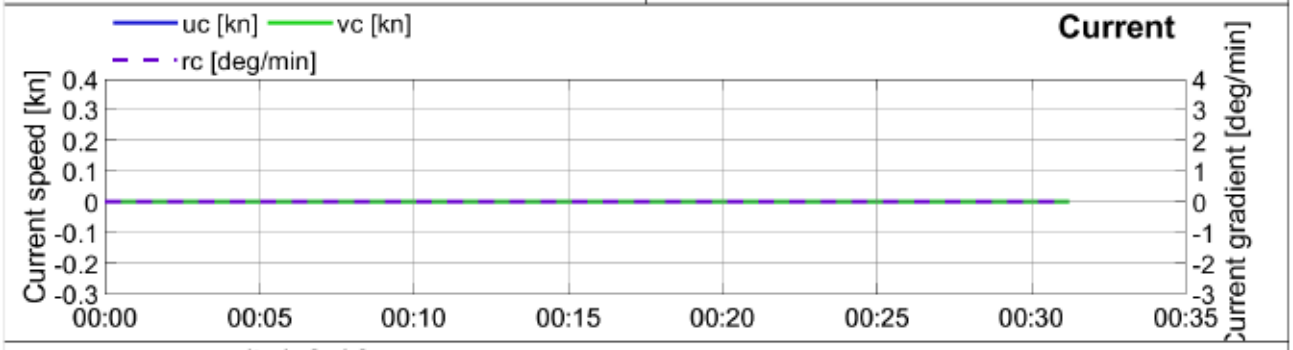


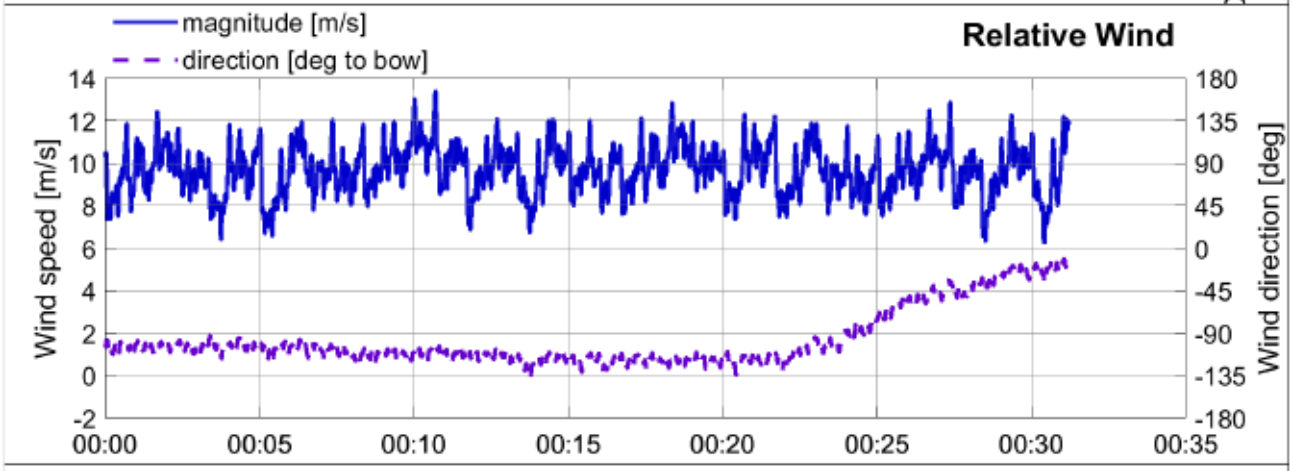
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

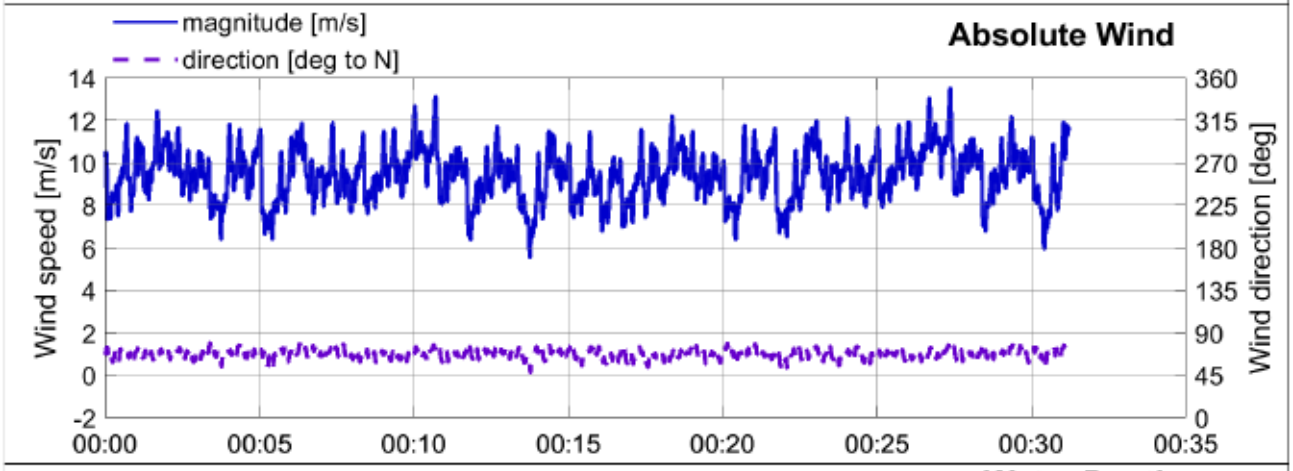
Omgevingscondities

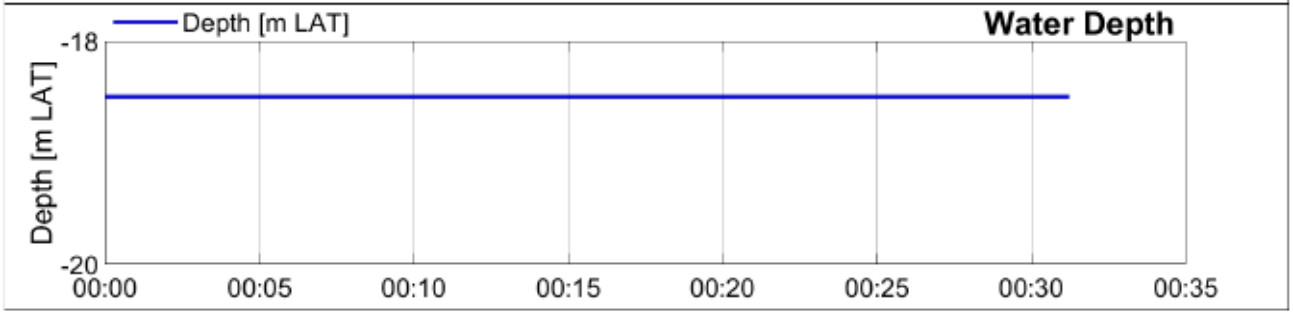
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VF 17	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







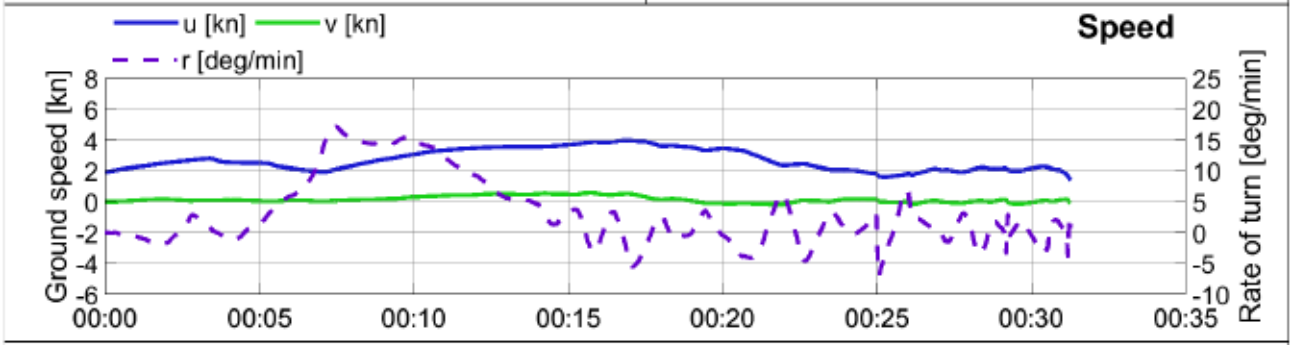


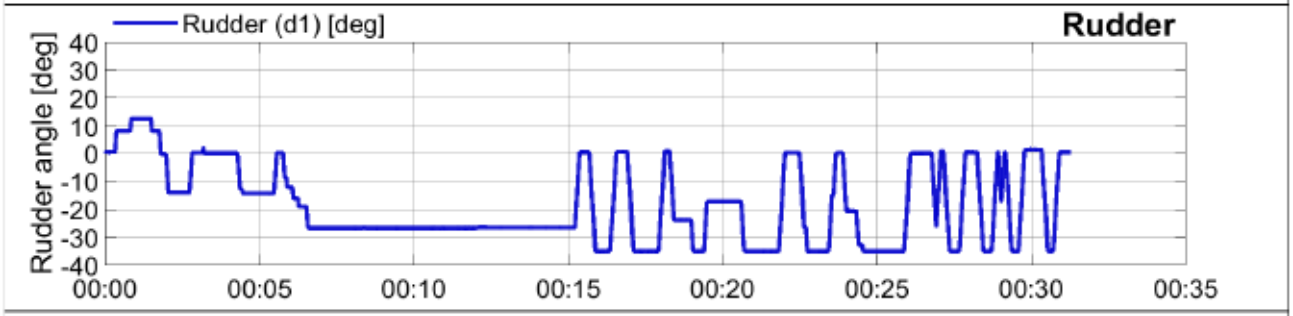
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

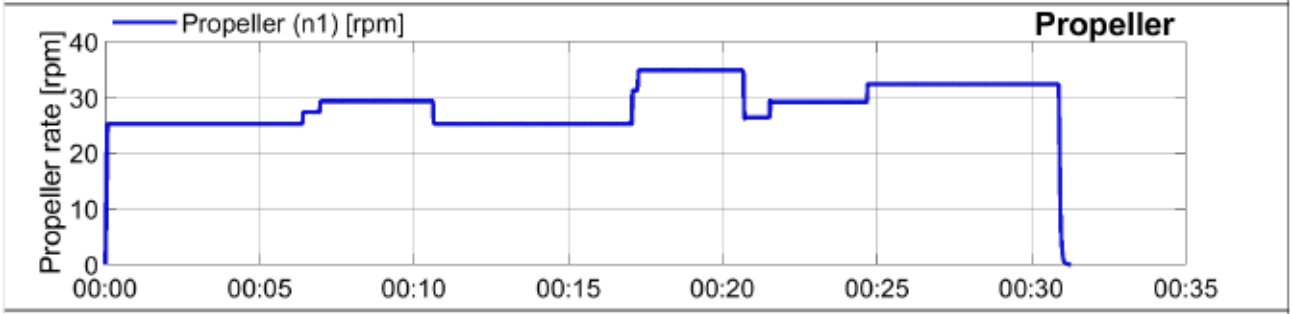
Manoeuvreereigenschappen

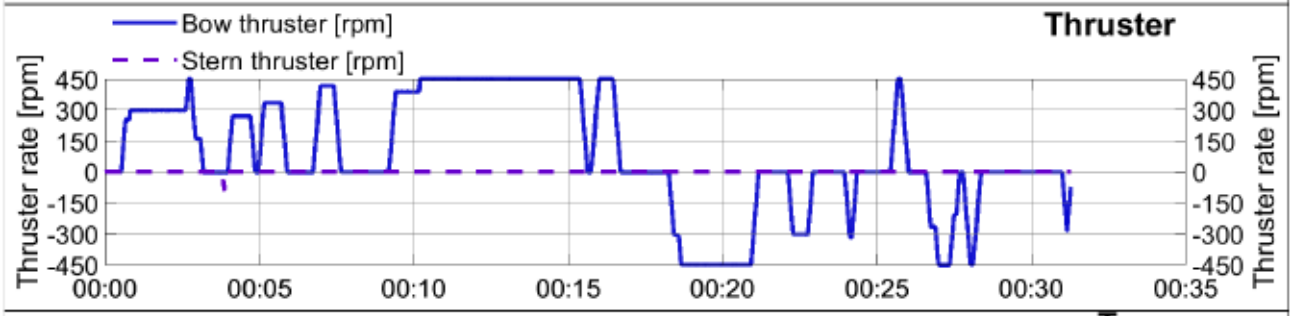
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

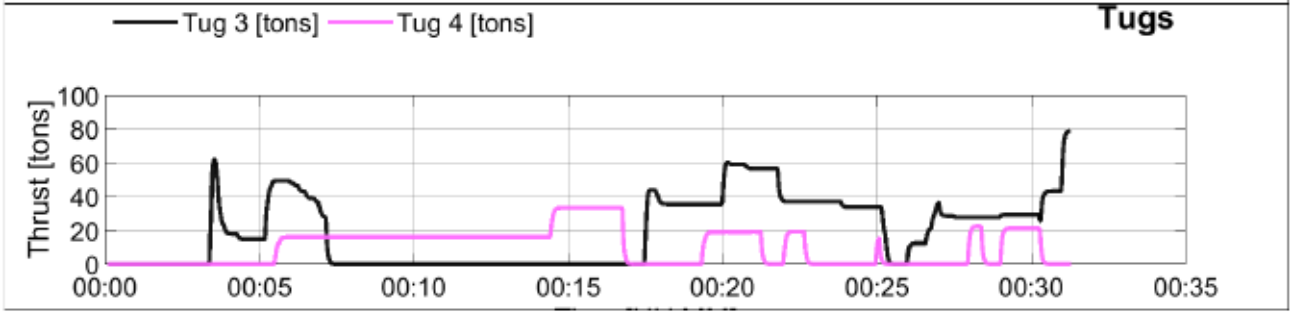
Simulatie: Achterhaven VF 18	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









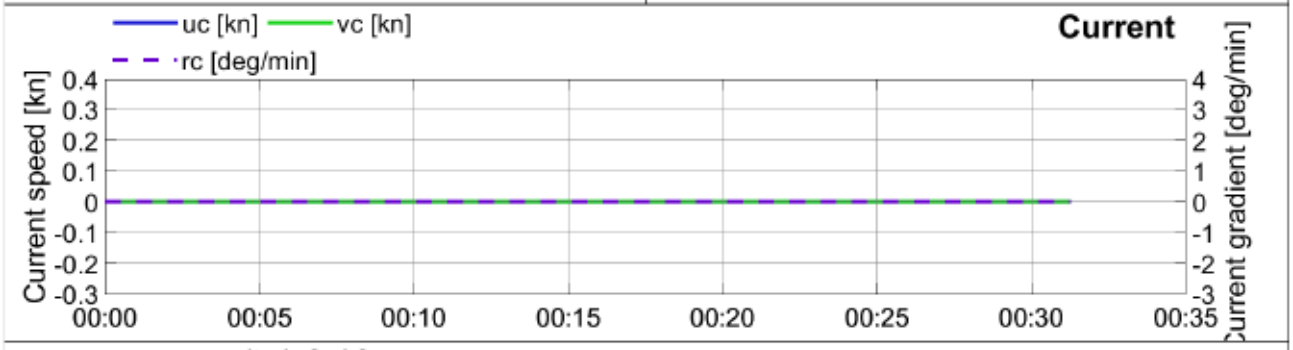


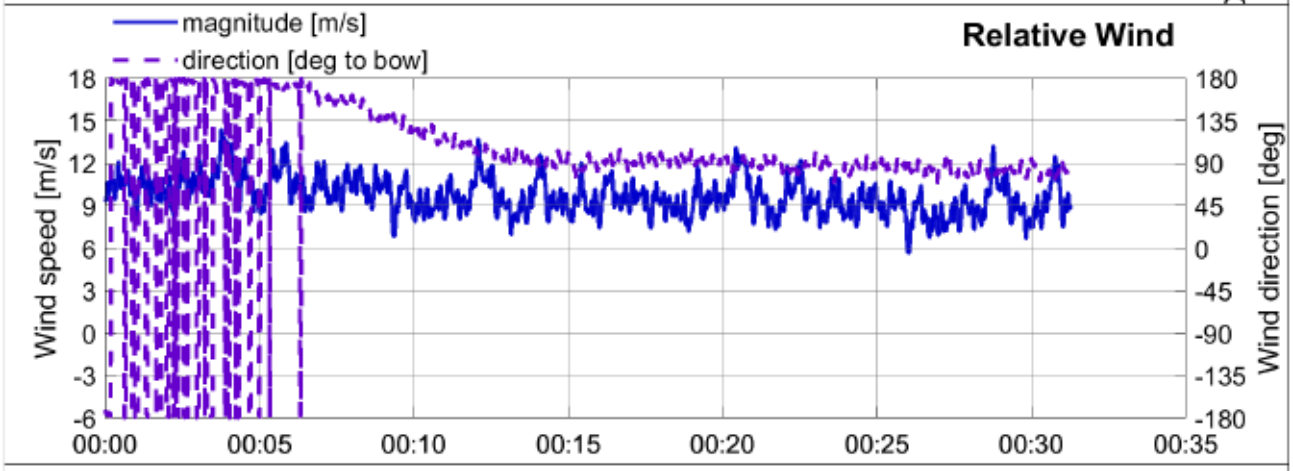
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

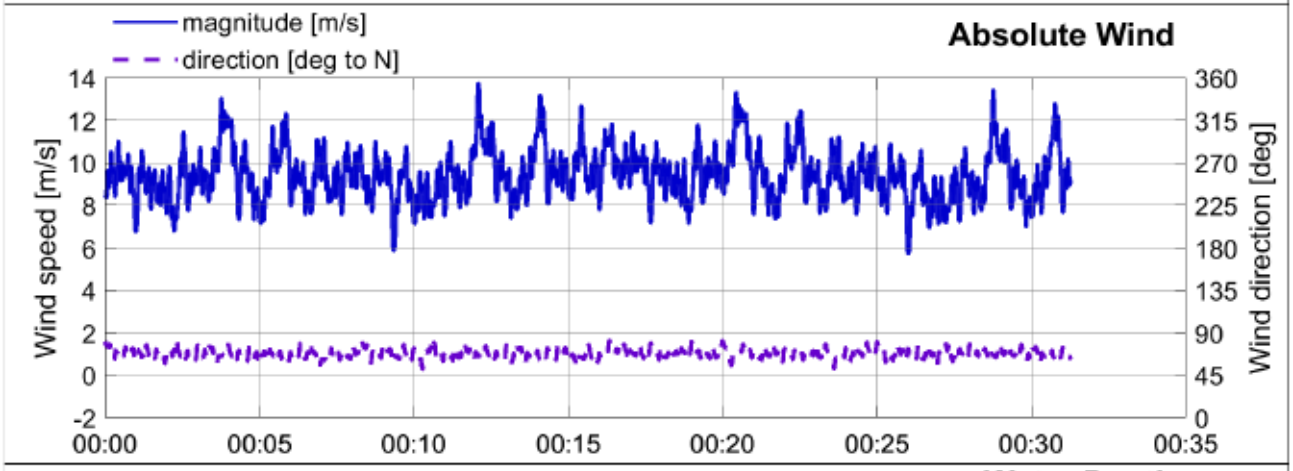
Omgevingscondities

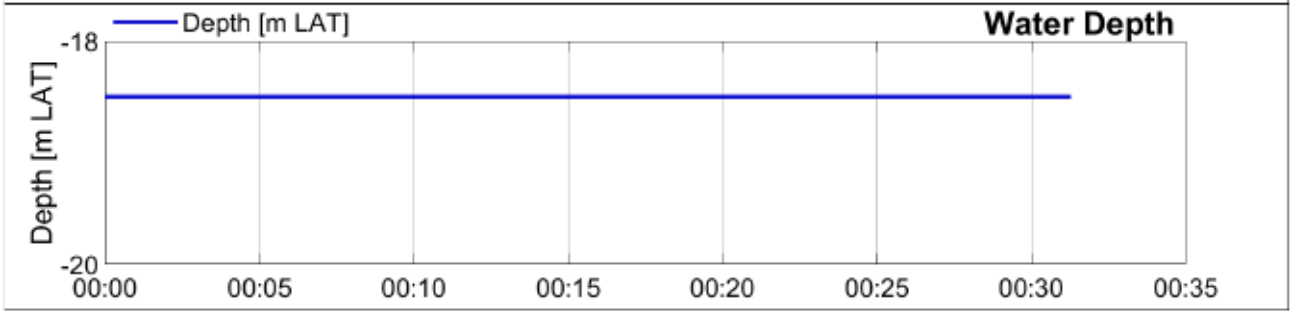
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VF 18	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







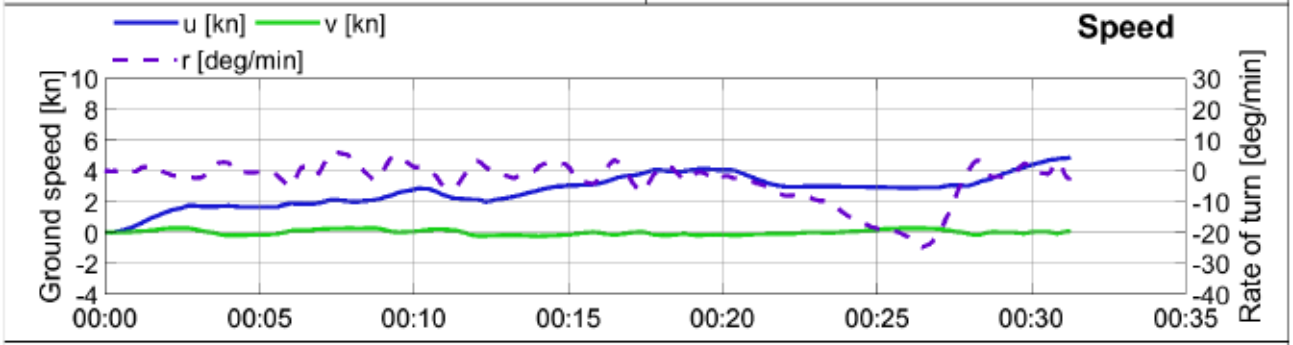


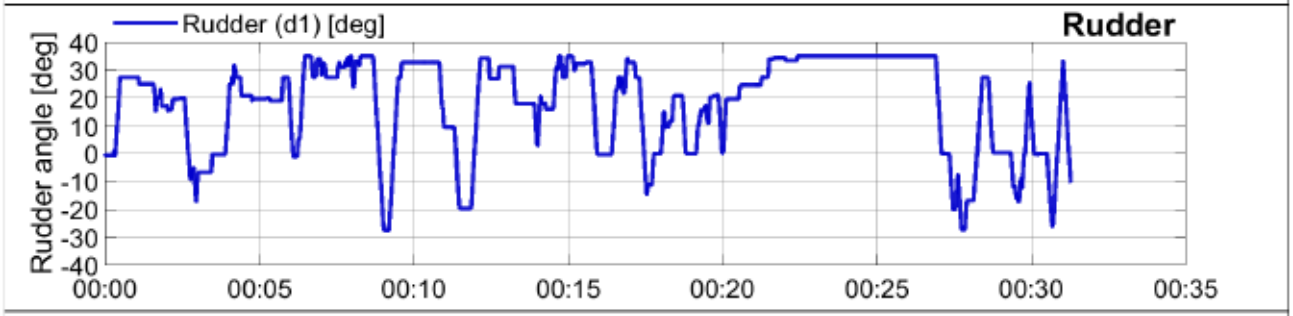
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

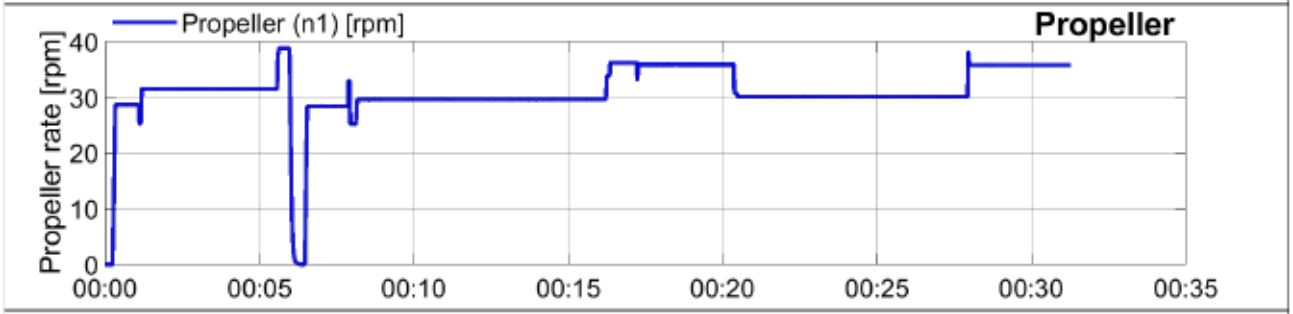
Manoeuvreereigenschappen

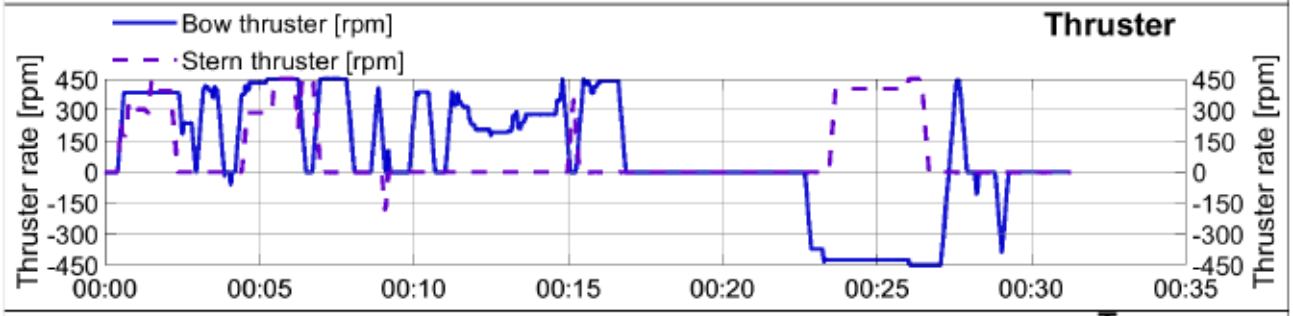
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

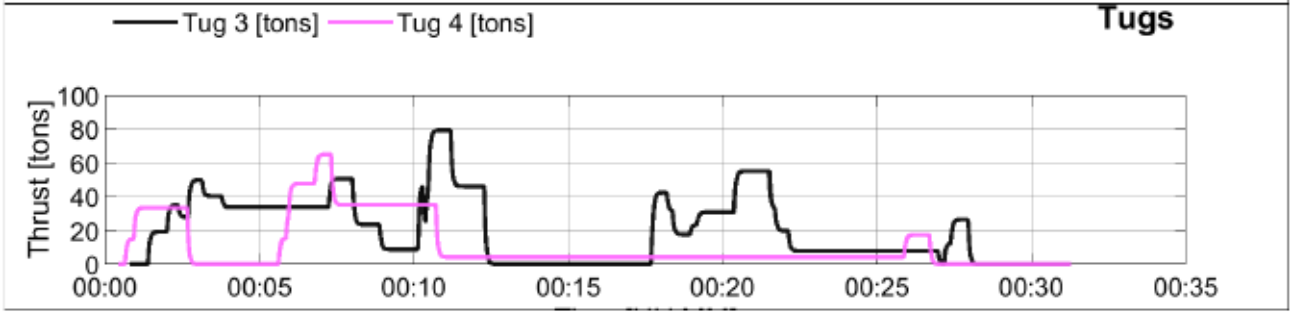
Simulatie: Achterhaven VF 18	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -









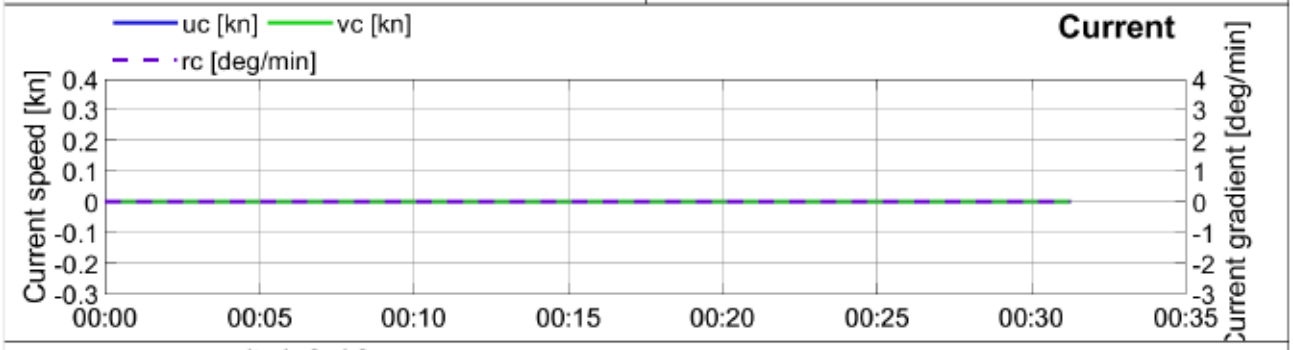


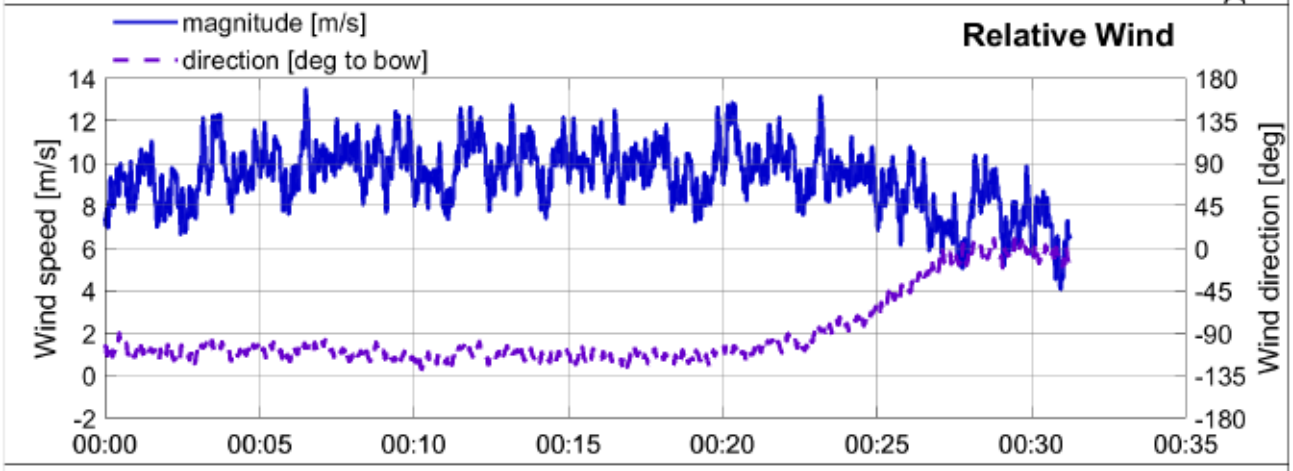
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

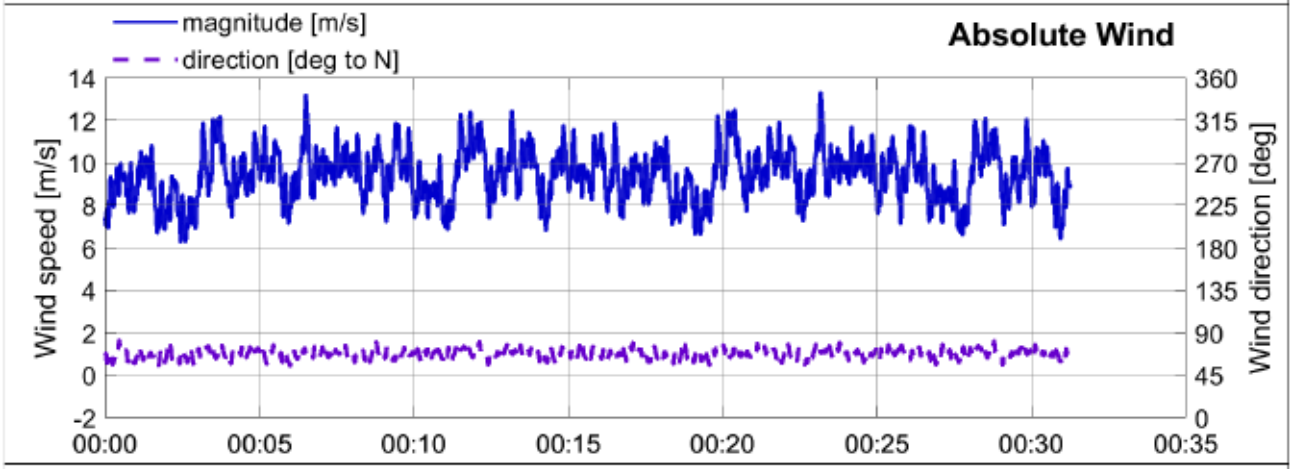
Omgevingscondities

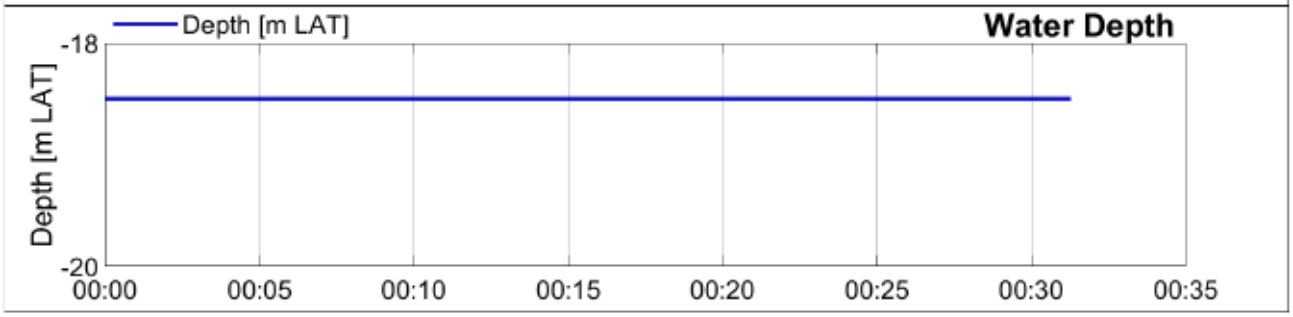
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VF 18	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 40 m
Project: 20 011	Geleiding: -







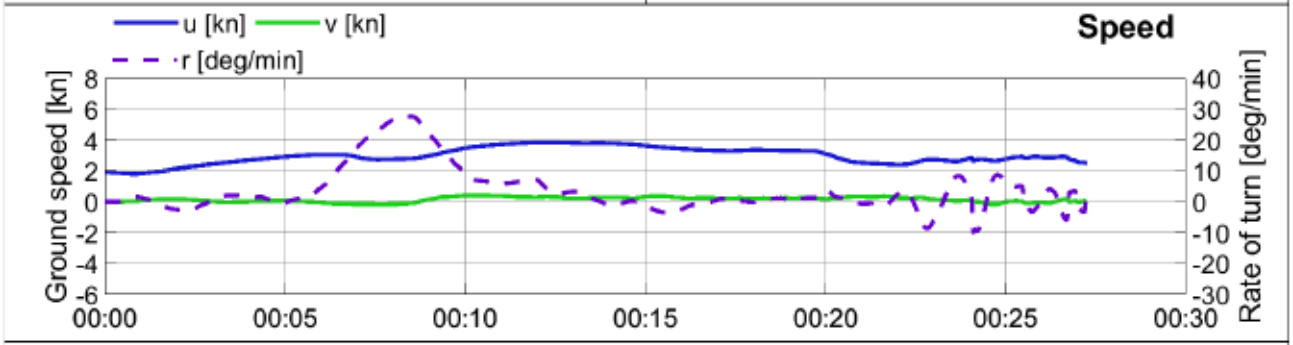


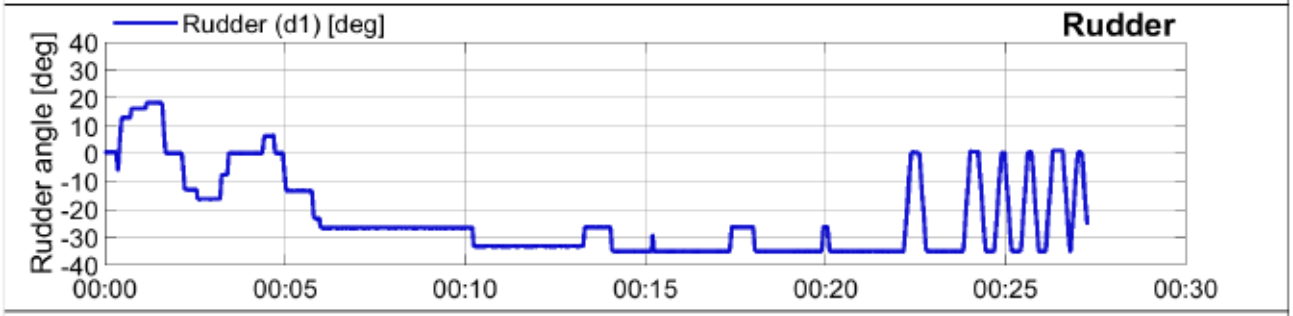
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

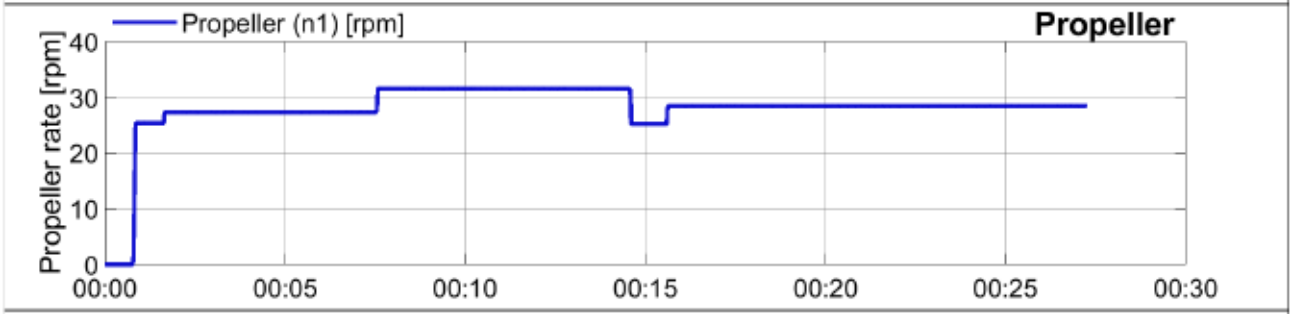
Manoeuvreereigenschappen

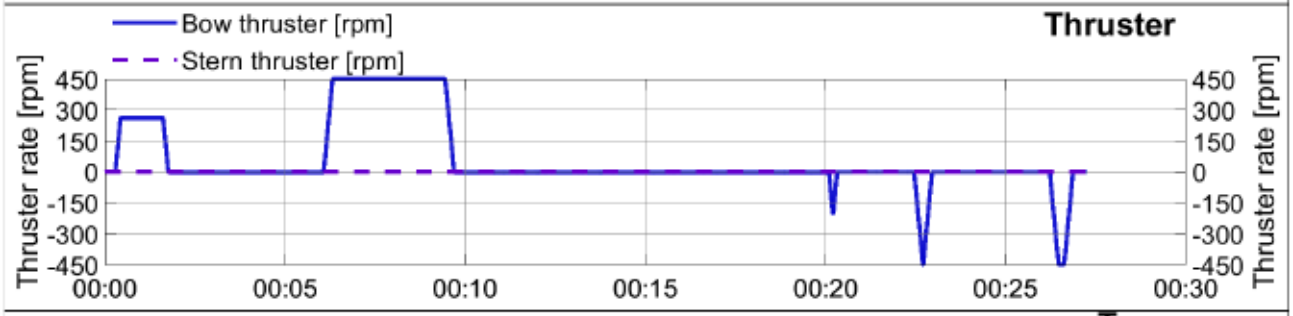
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

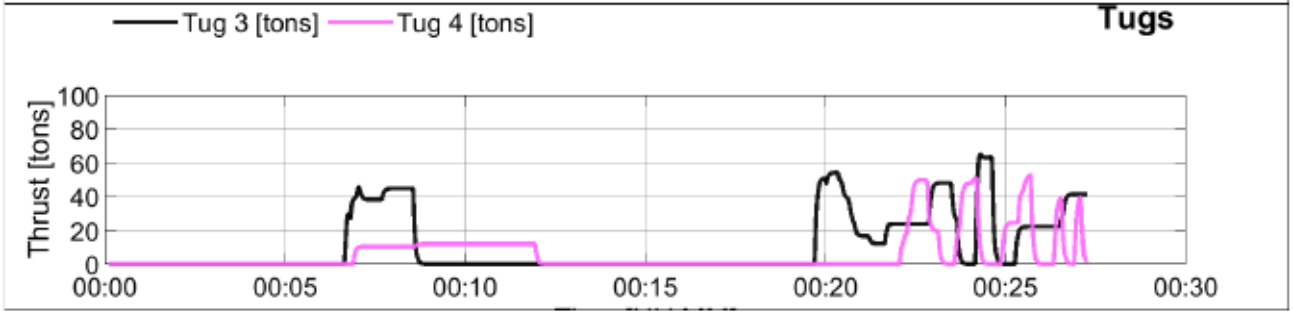
Simulatie: Achterhaven VF 19	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 32.2 m
Project: 20 011	Geleiding: -









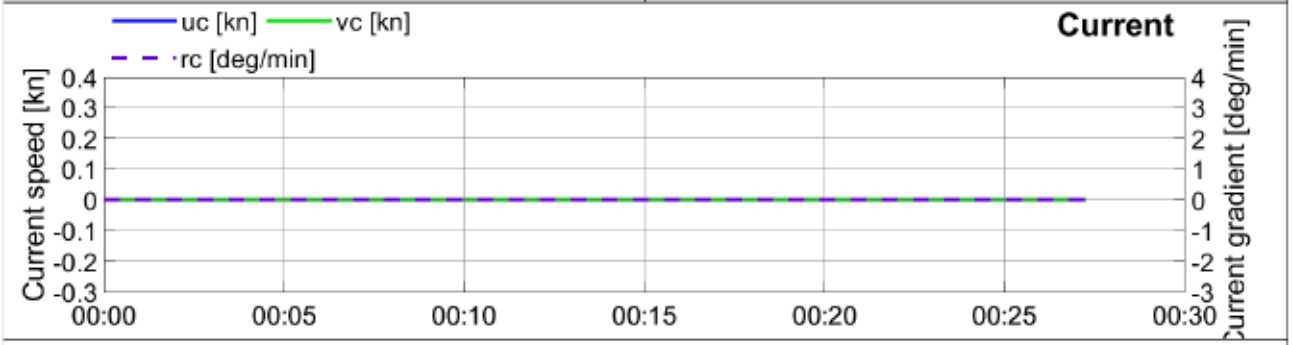


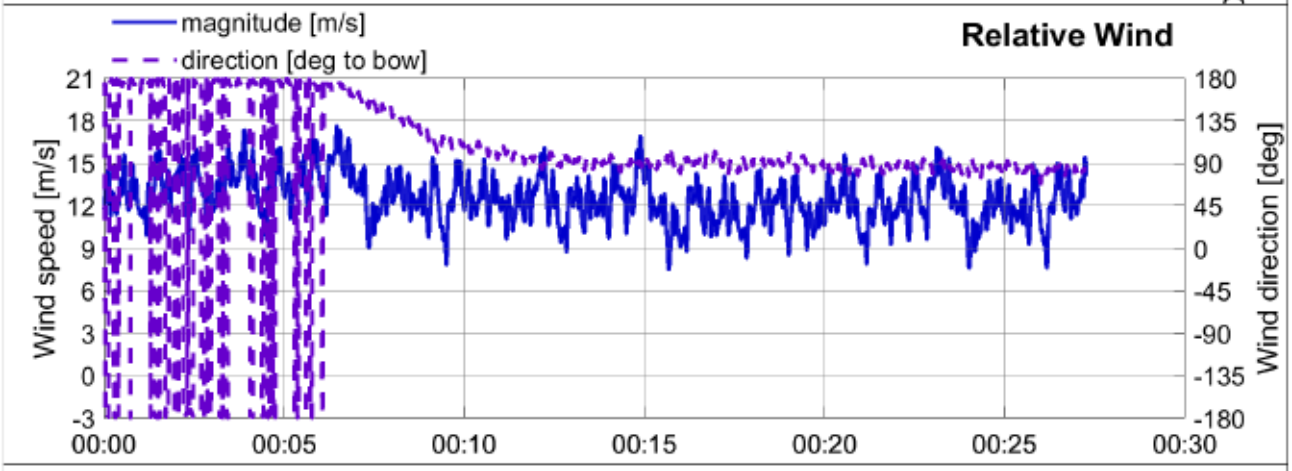
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

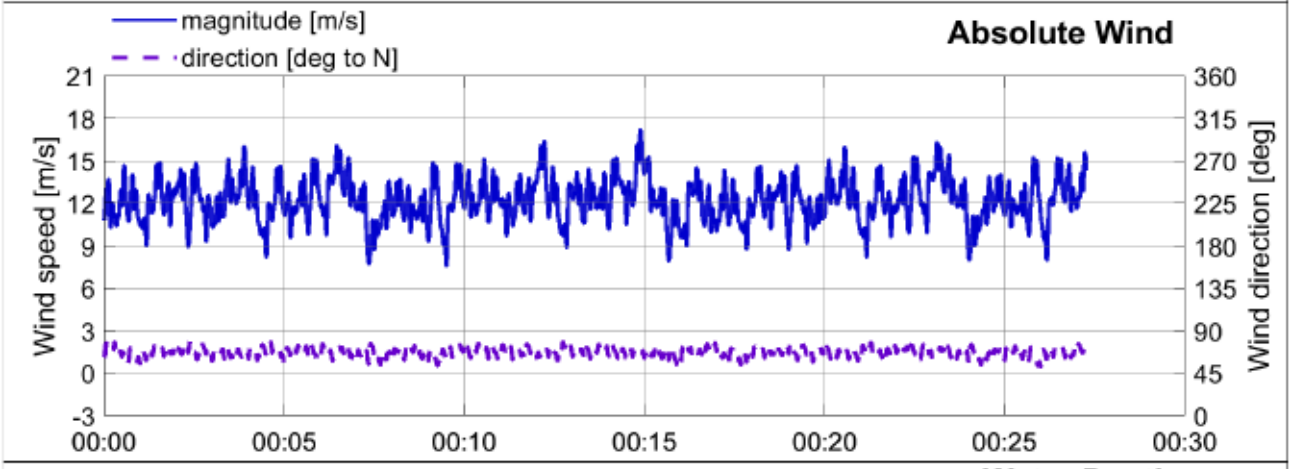
Omgevingscondities

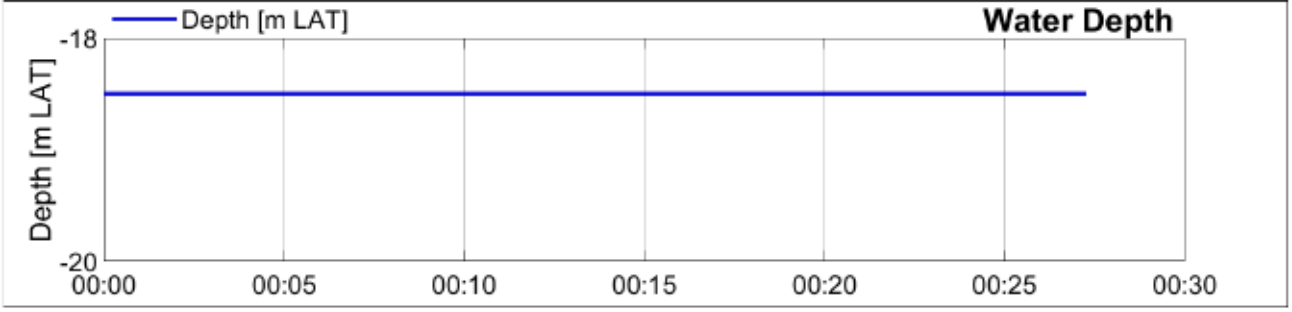
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VF 19	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 32.2 m
Project: 20 011	Geleiding: -







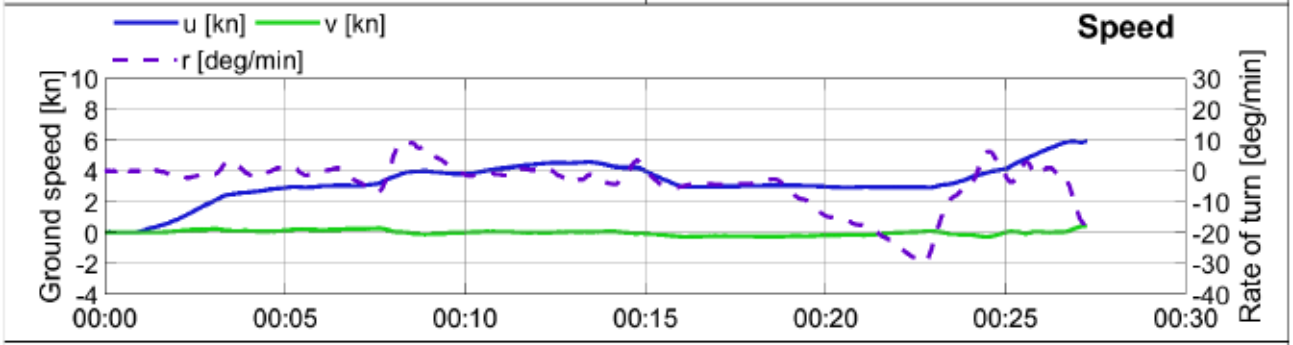


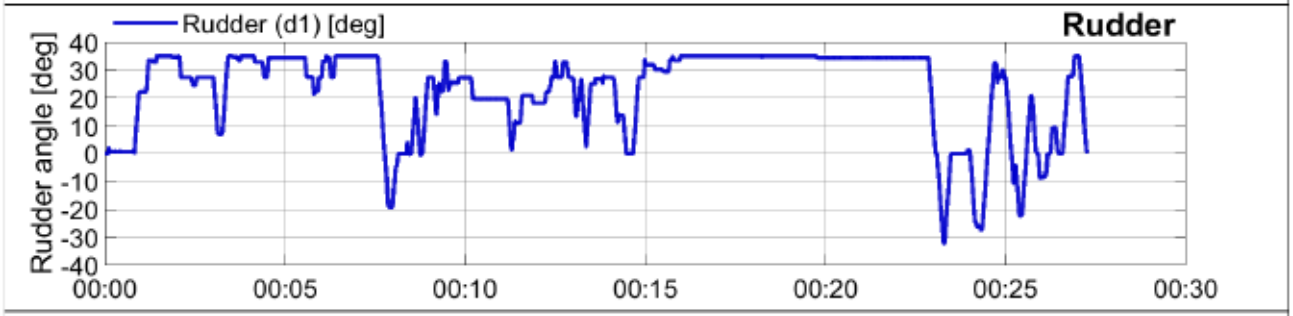
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

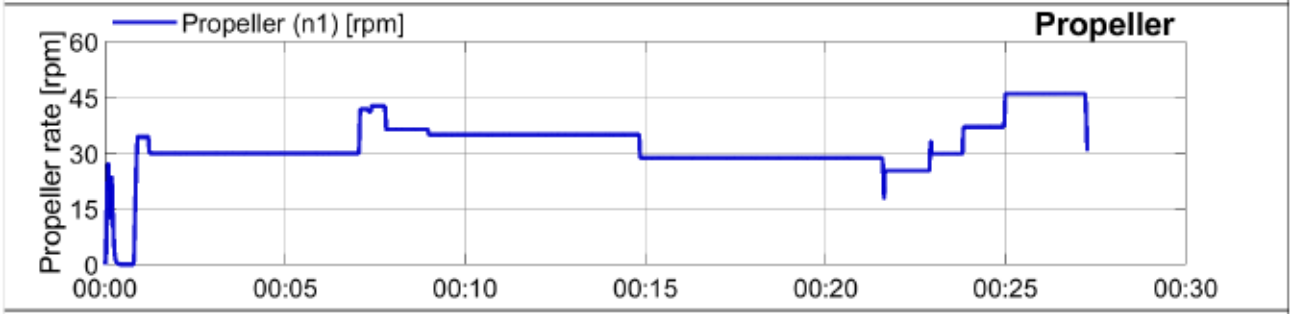
Manoeuvreereigenschappen

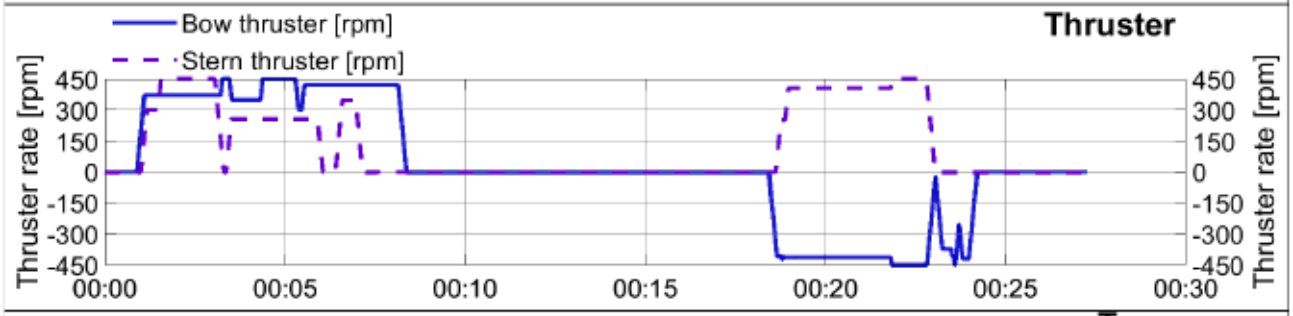
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

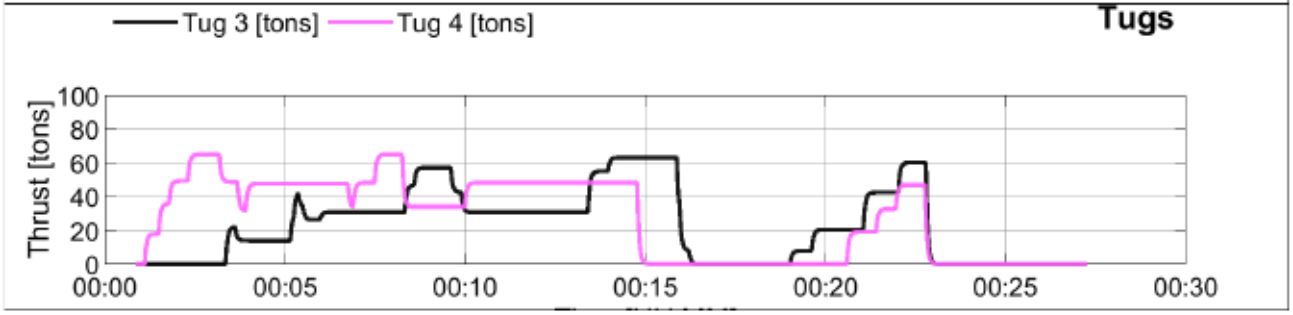
Simulatie: Achterhaven VF 19	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 32.2 m
Project: 20 011	Geleiding: -









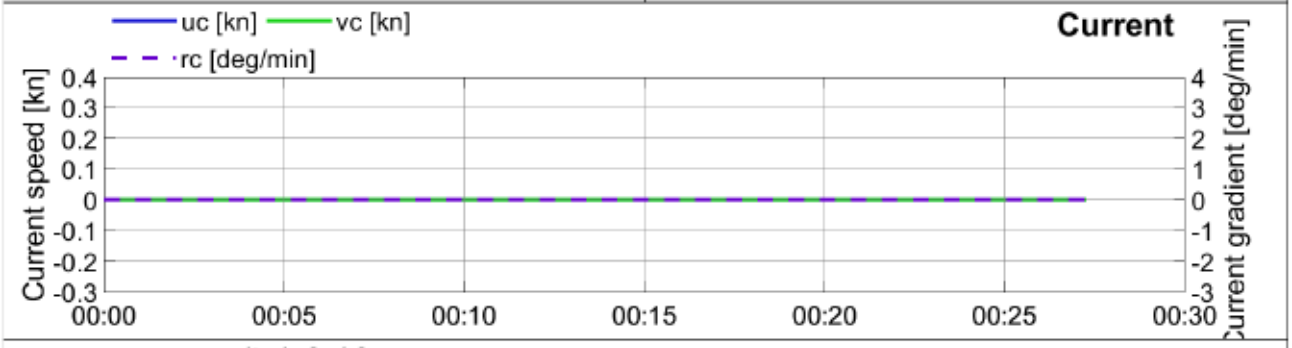


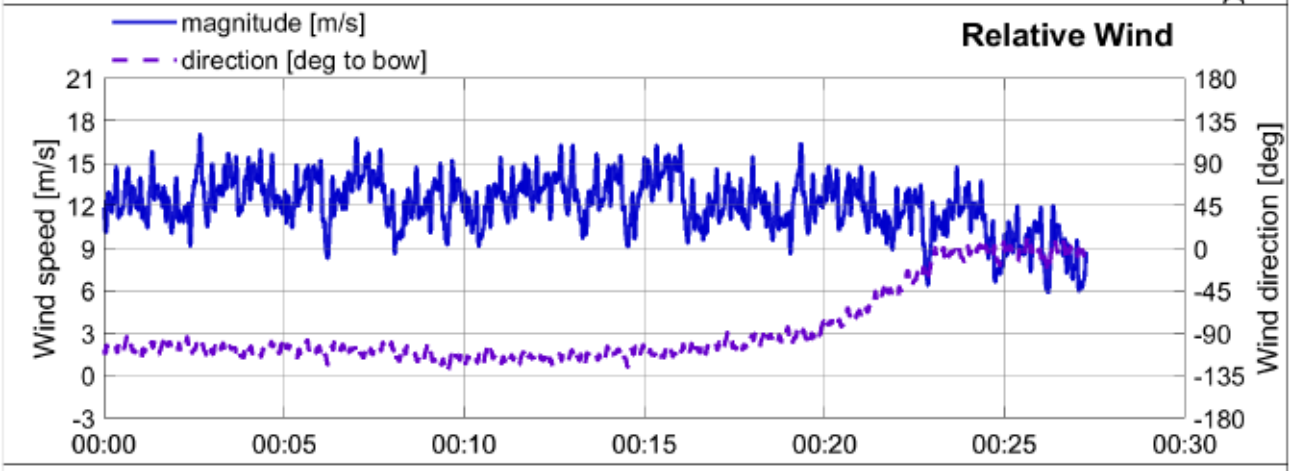
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

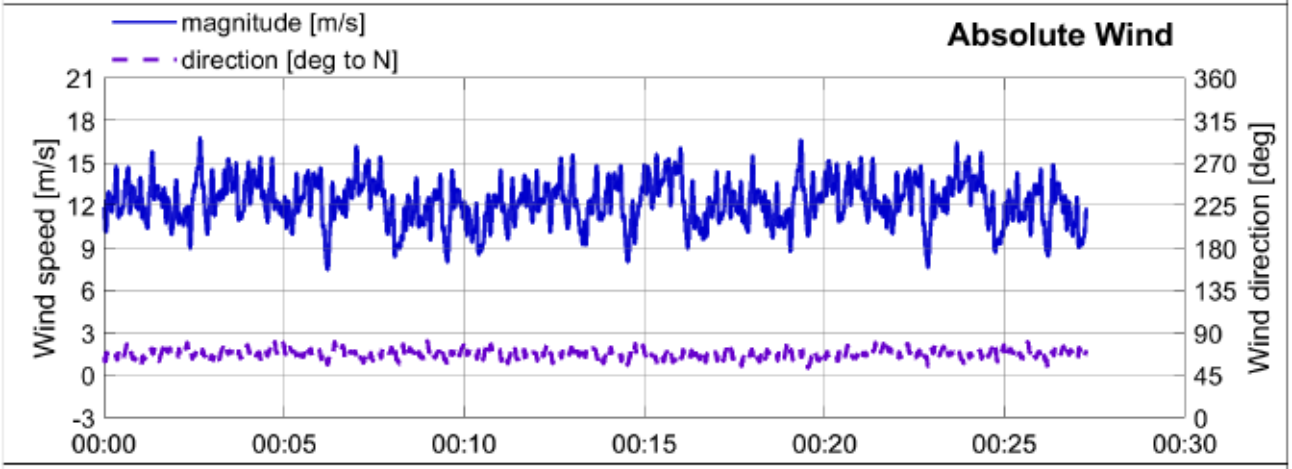
Omgevingscondities

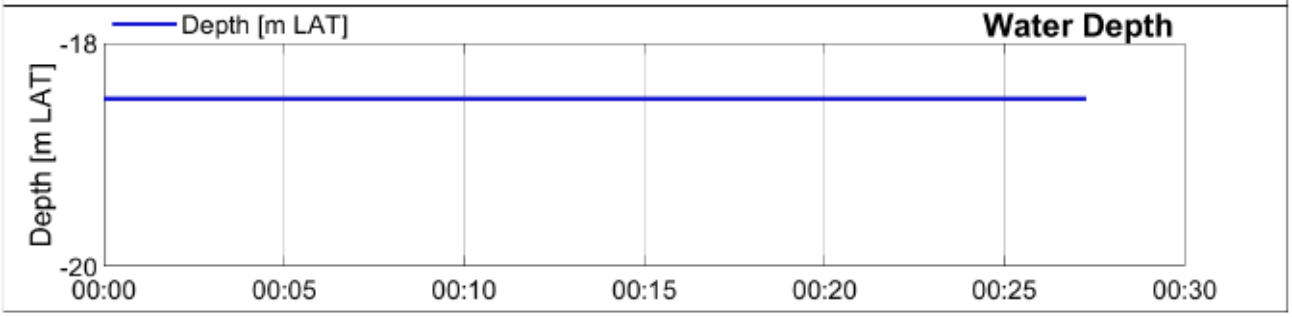
Car Carrier: L = 265 m; B = 32.2 m; T = 11.0 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Achterhaven VF 19	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: -
Datum: 29/10/2020	Afgemeerd: B = 32.2 m
Project: 20 011	Geleiding: -







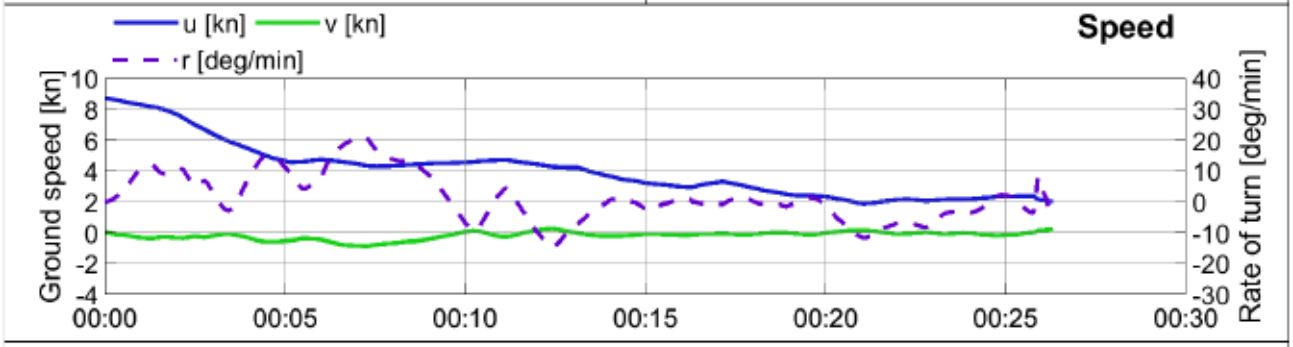


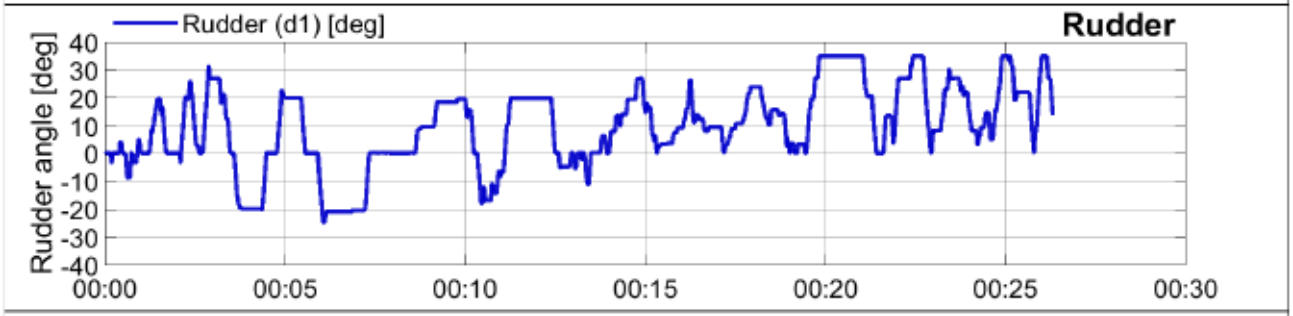
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

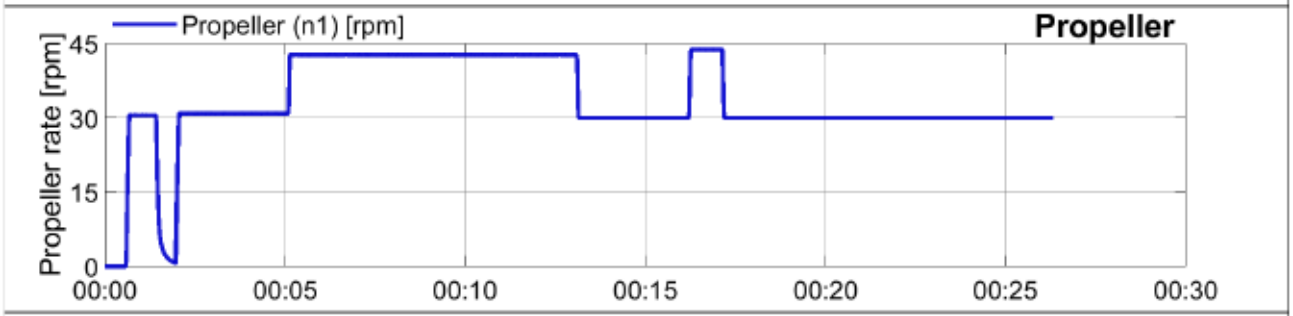
Manoeuvreereigenschappen

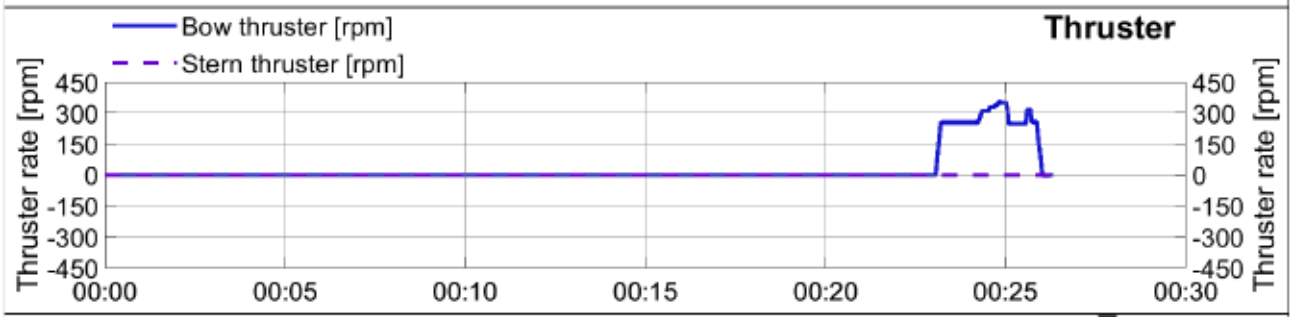
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

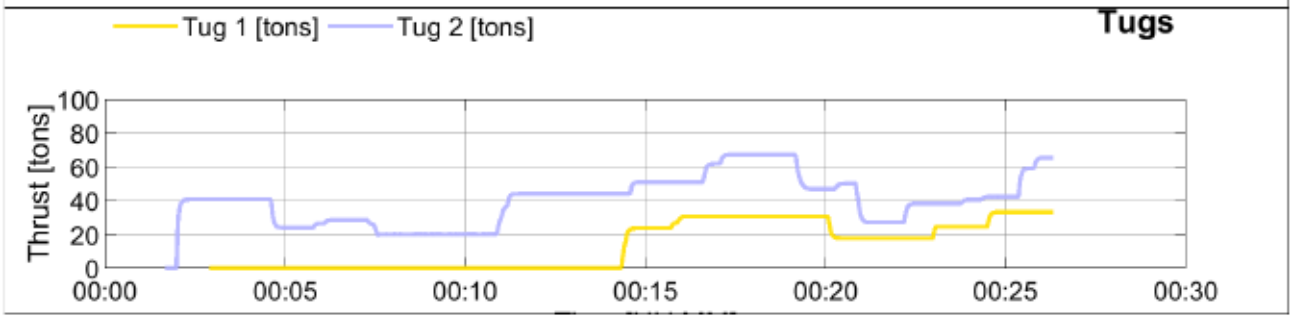
Simulatie: Buitenhaven V0 01	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









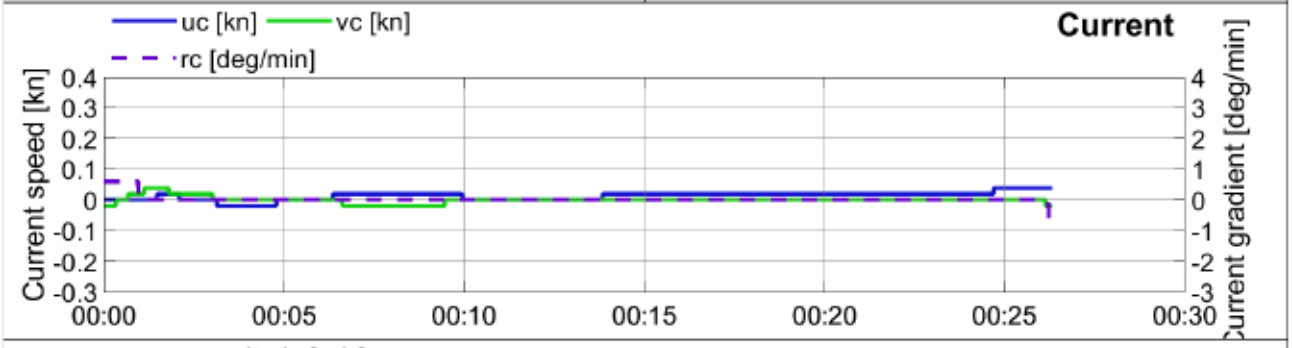


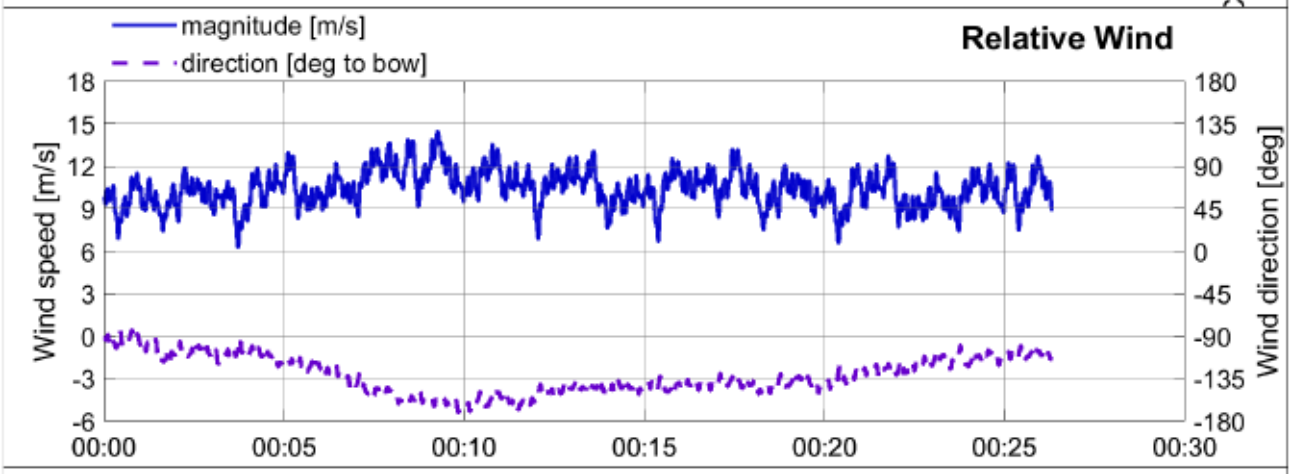
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

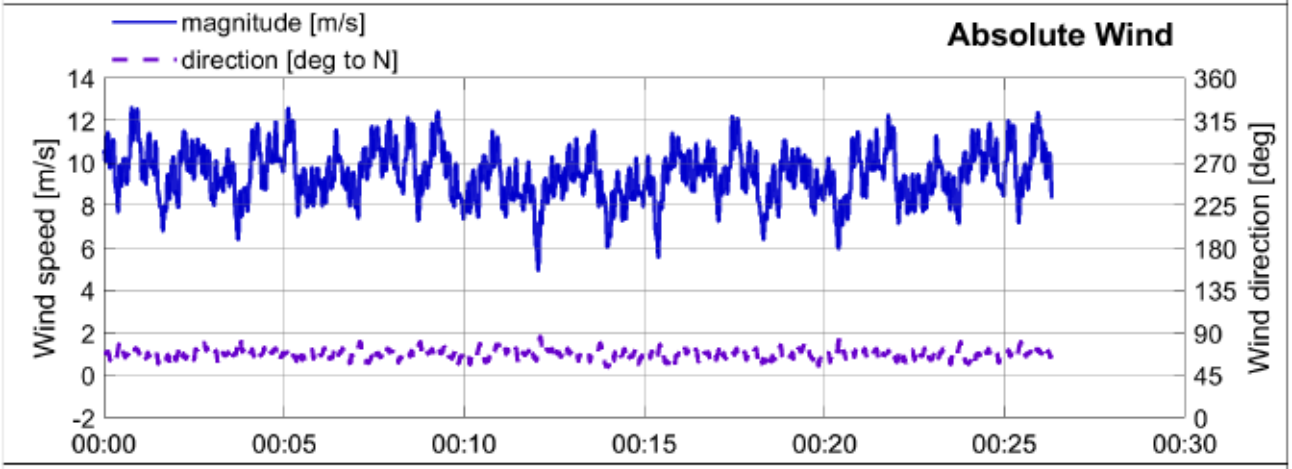
Omgevingscondities

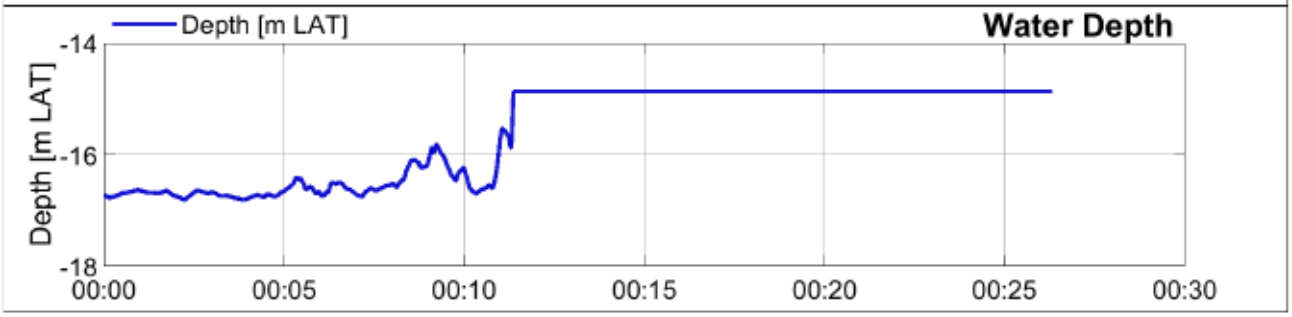
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V0 01	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







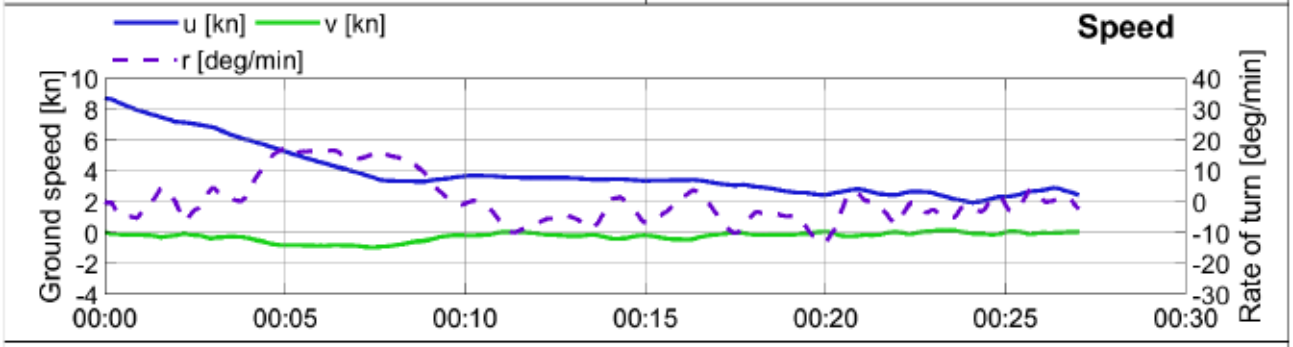


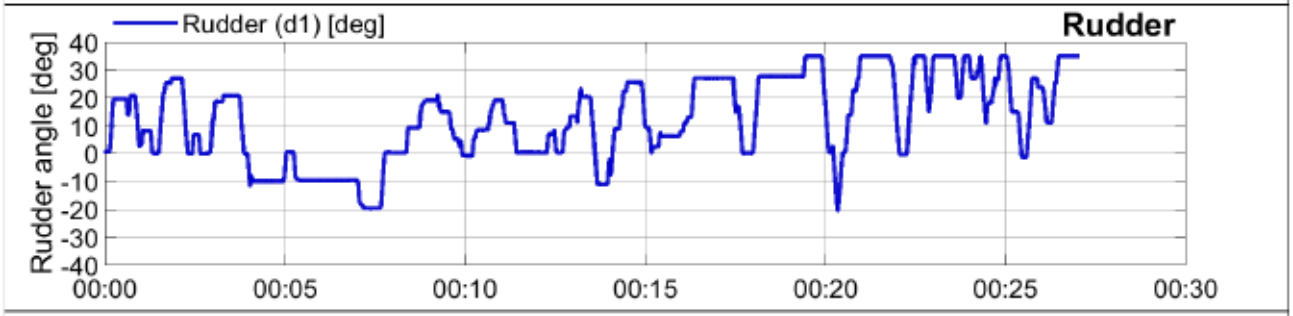
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

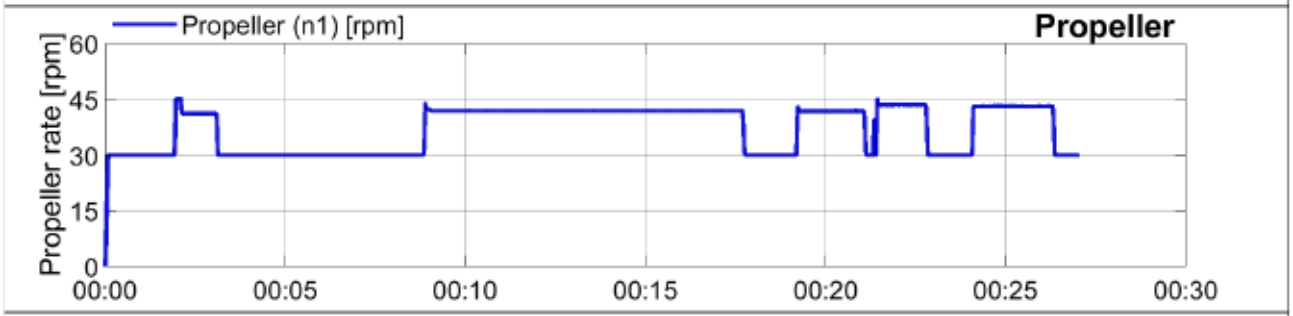
Manoeuvreereigenschappen

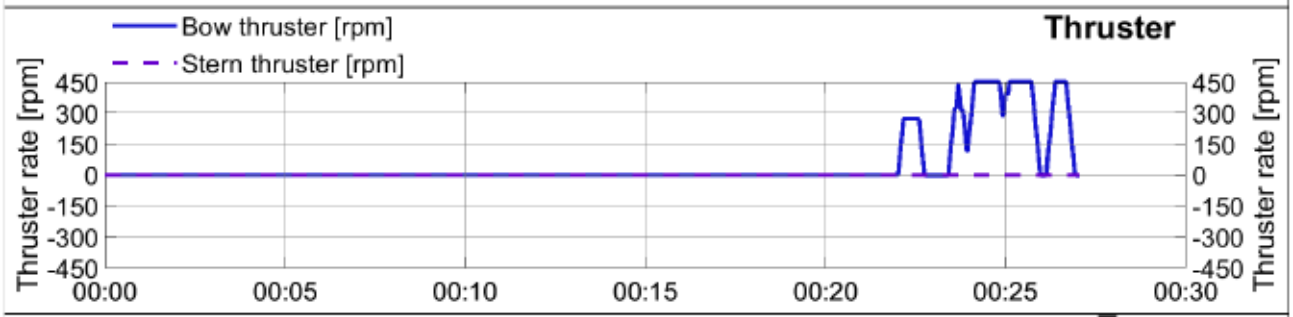
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

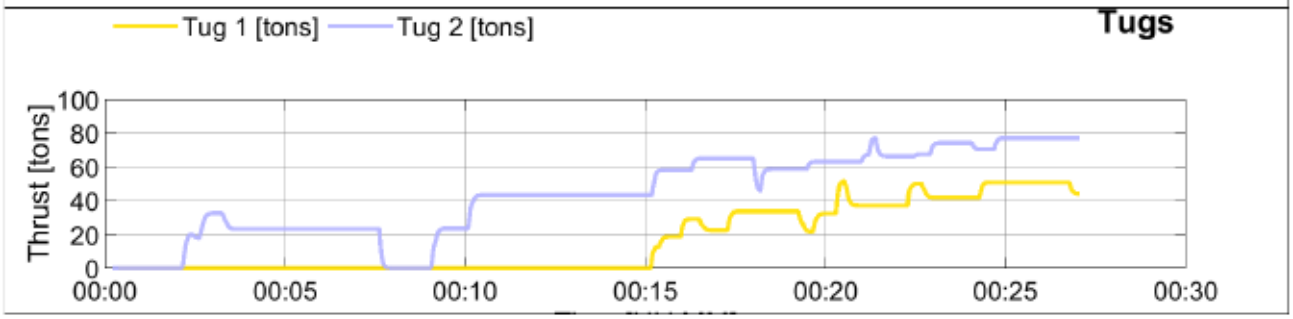
Simulatie: Buitenhaven V0 02	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









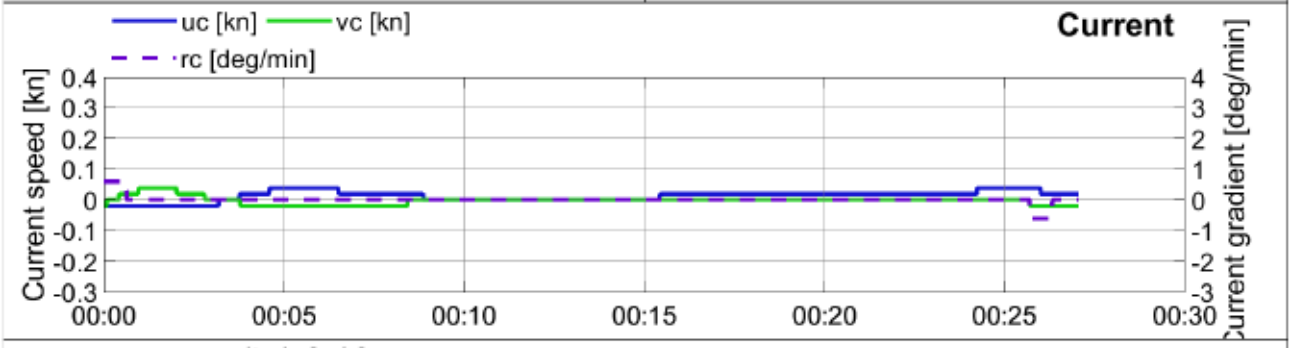


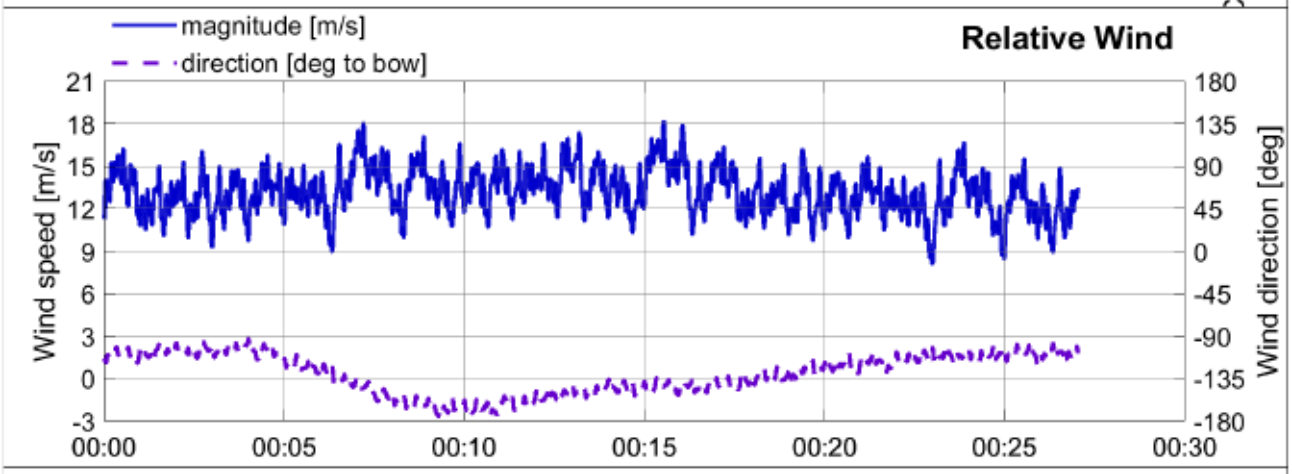
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

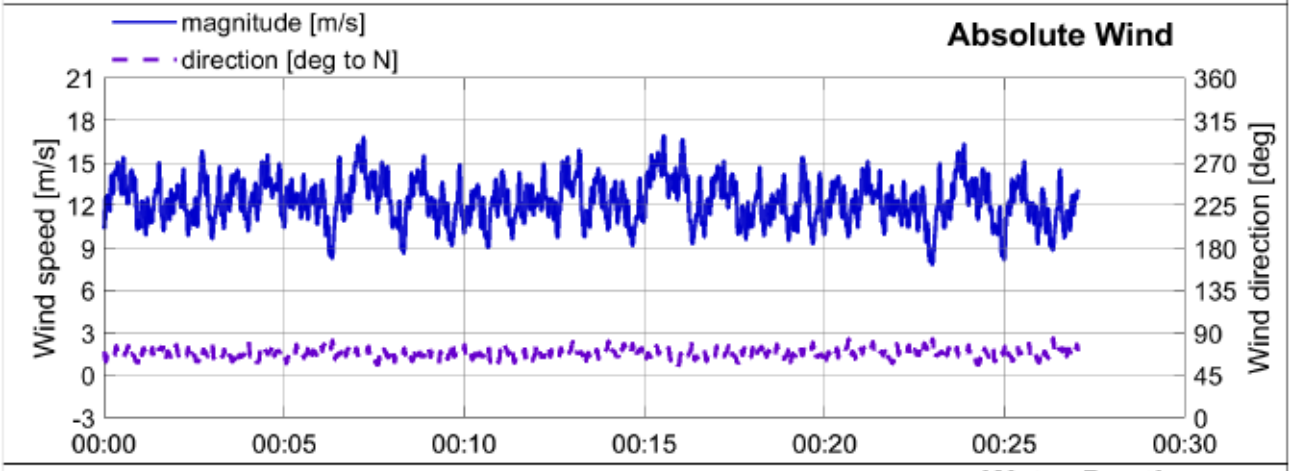
Omgevingscondities

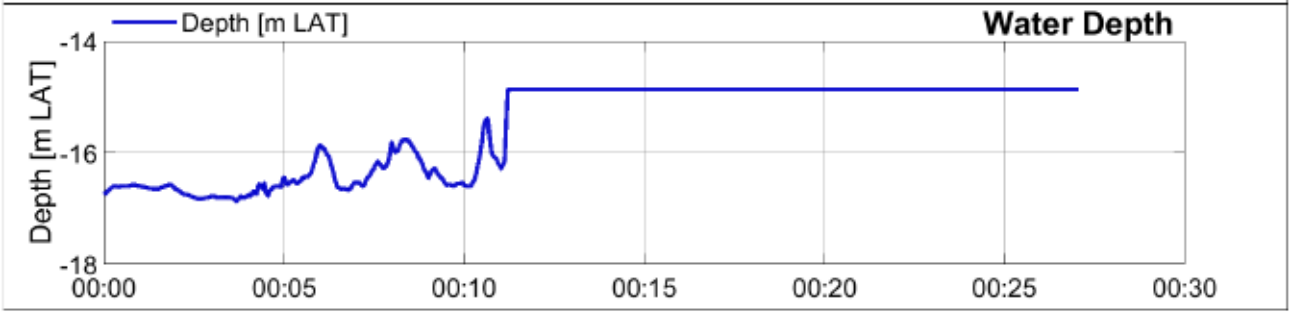
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V0 02	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







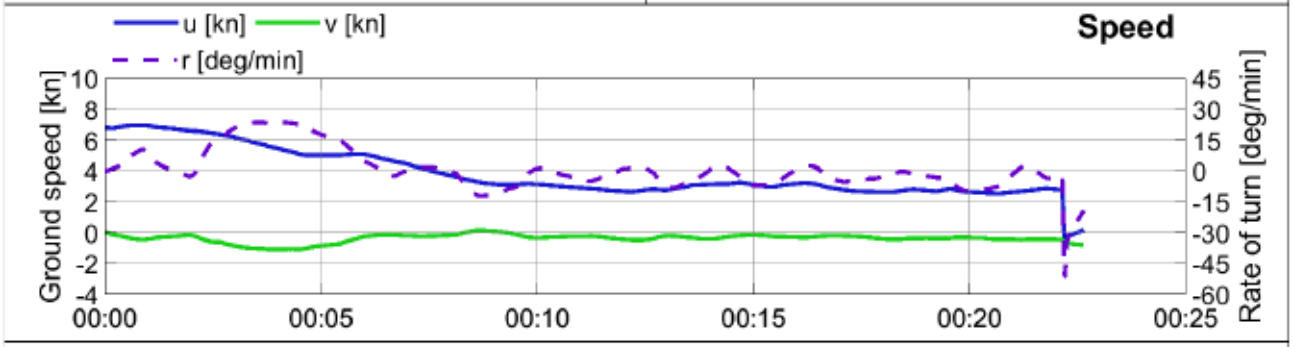


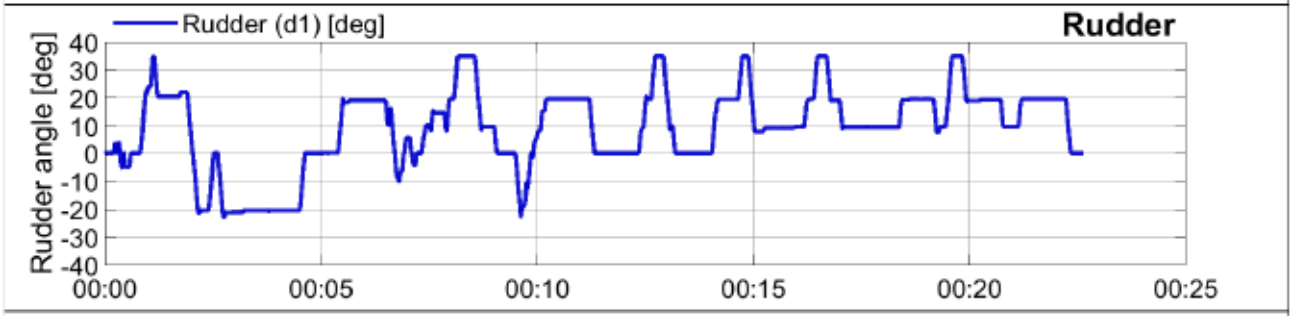
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

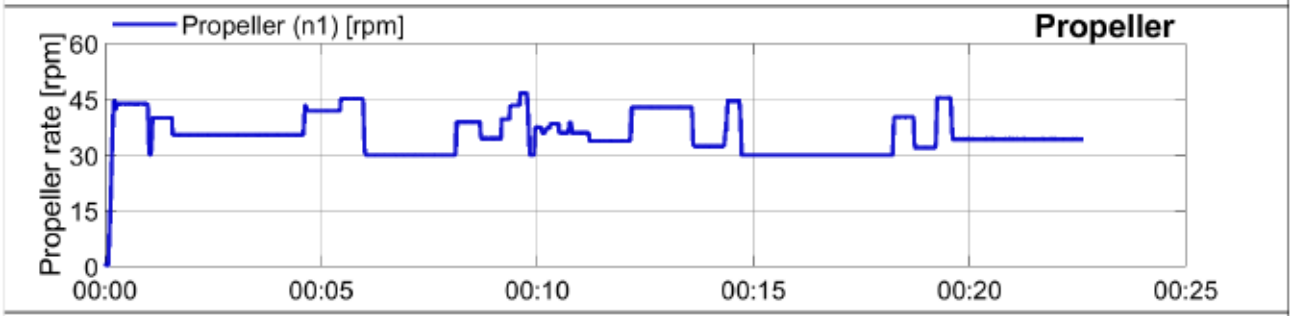
Manoeuvreereigenschappen

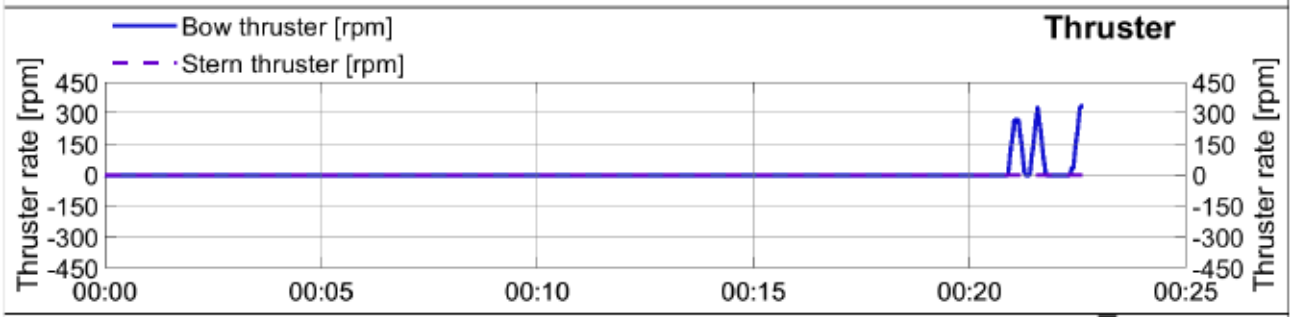
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

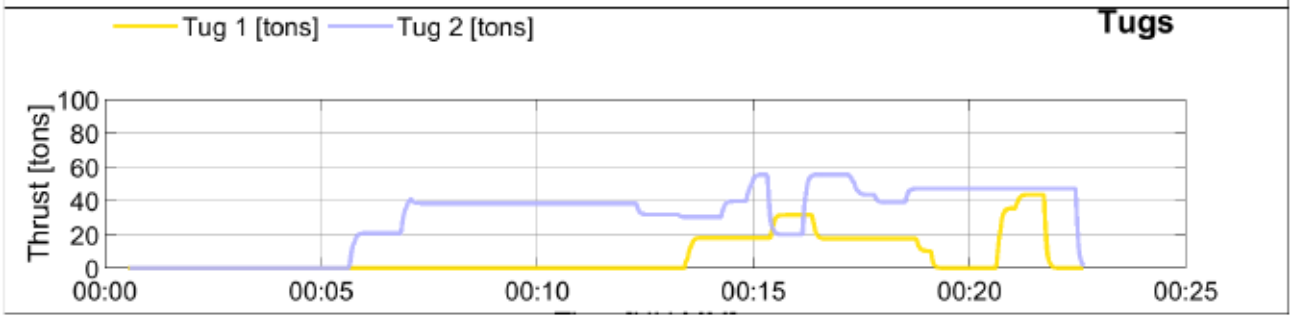
Simulatie: Buitenhaven V0 03	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 150 m









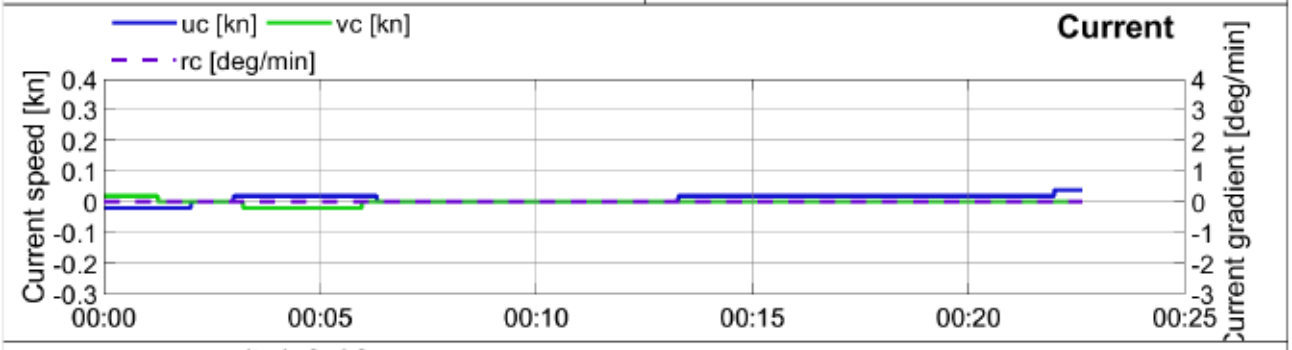


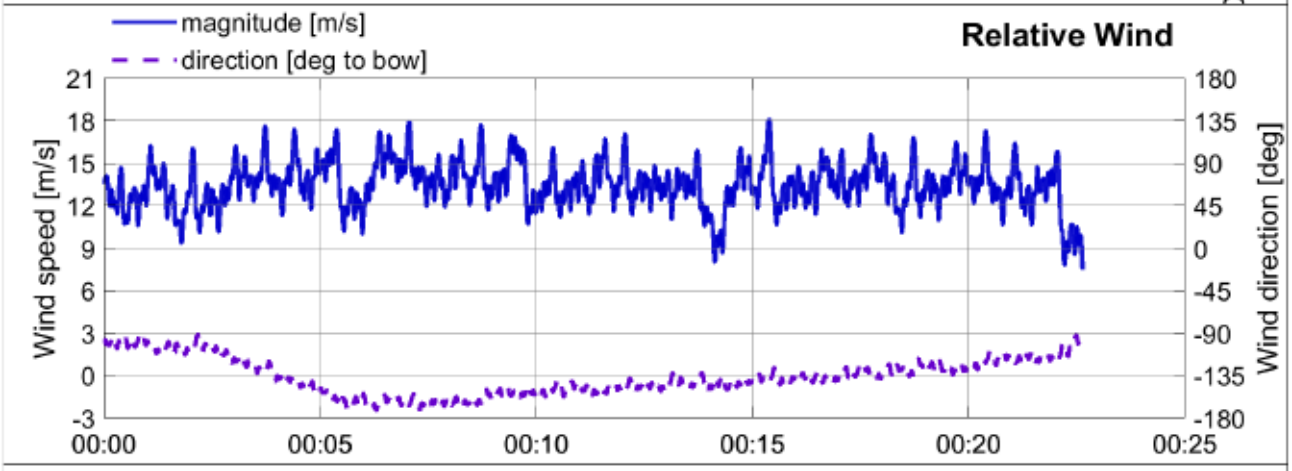
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

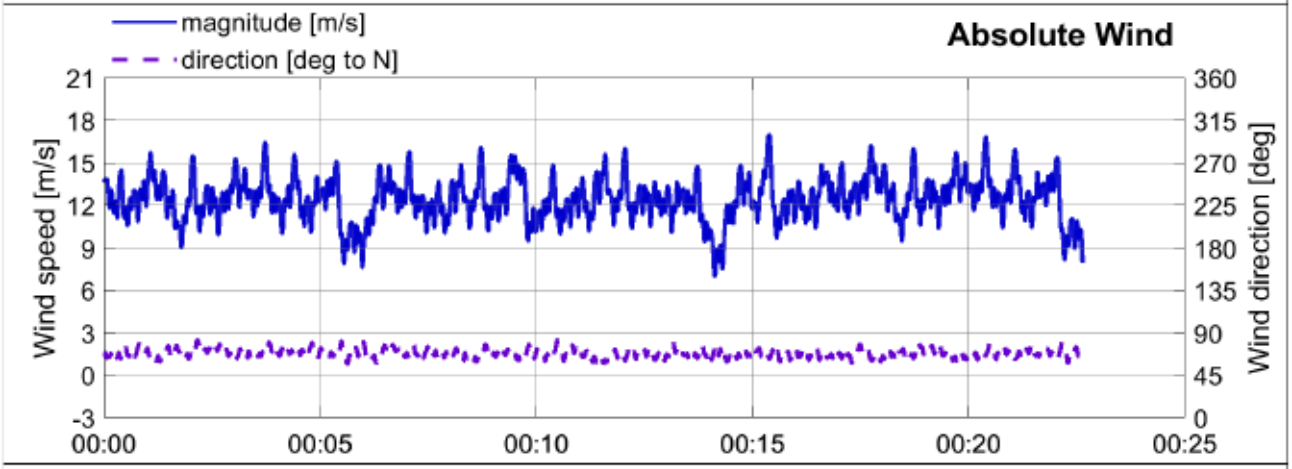
Omgevingscondities

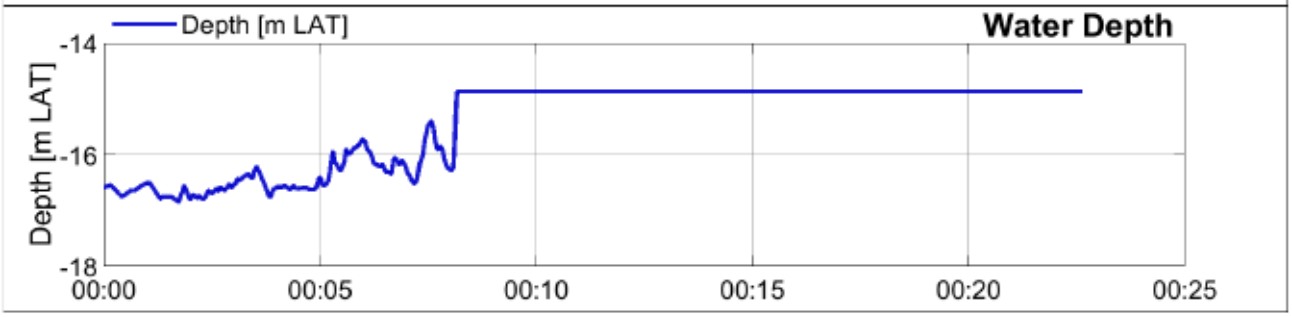
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V0 03	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 150 m







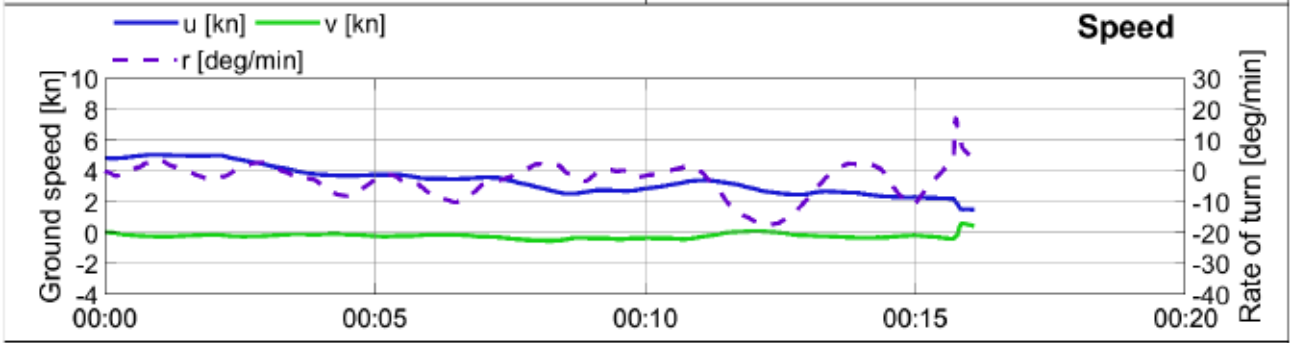


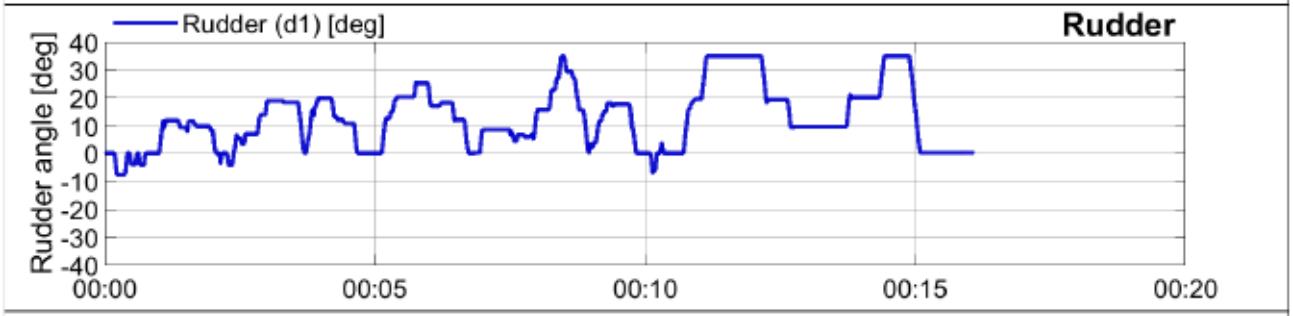
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

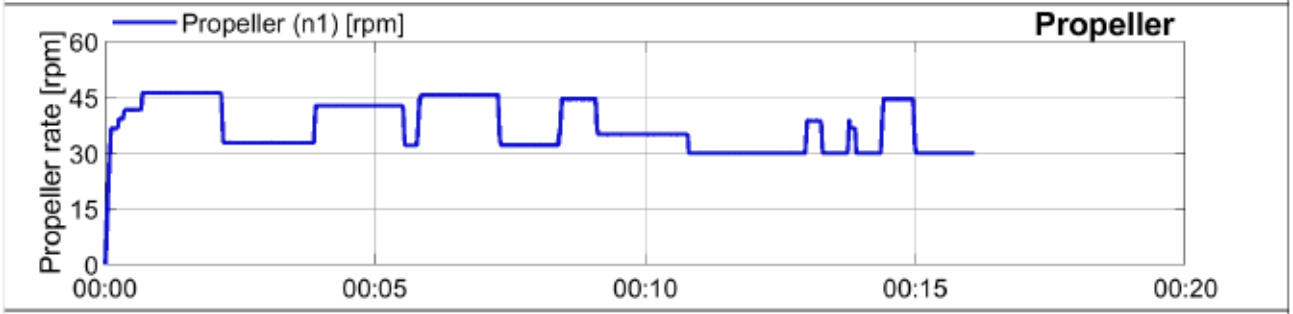
Manoeuvreereigenschappen

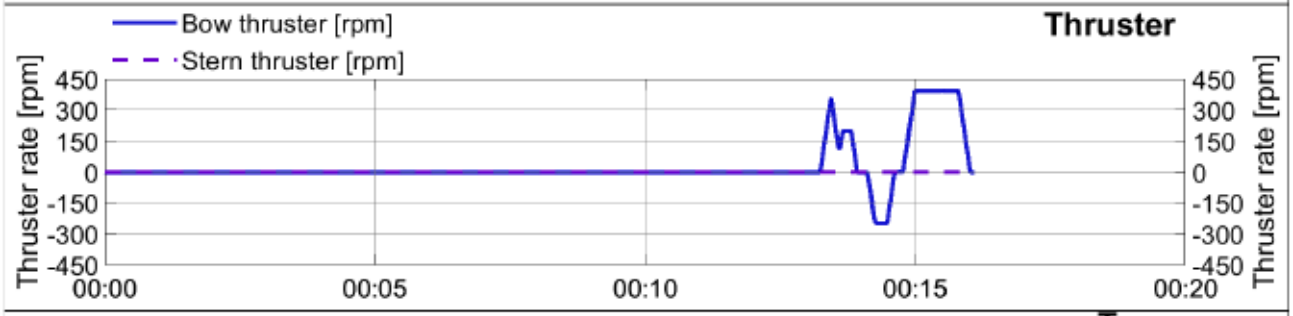
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

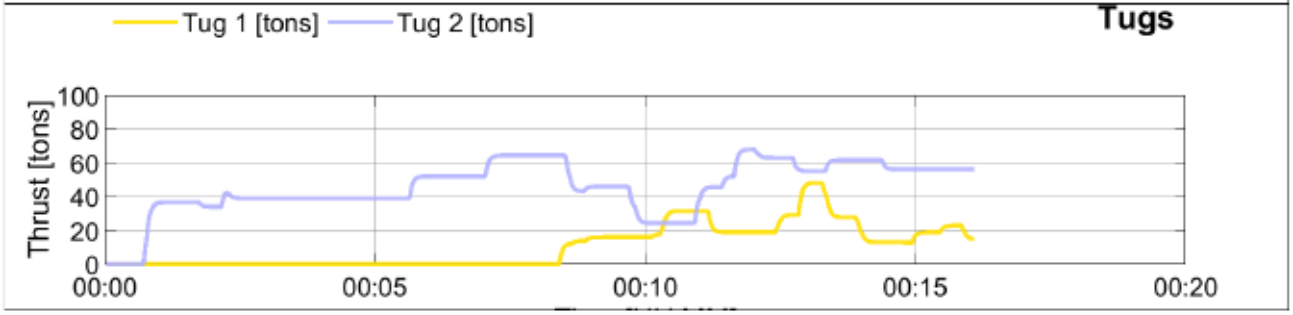
Simulatie: Buitenhaven V0 04	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 150 m









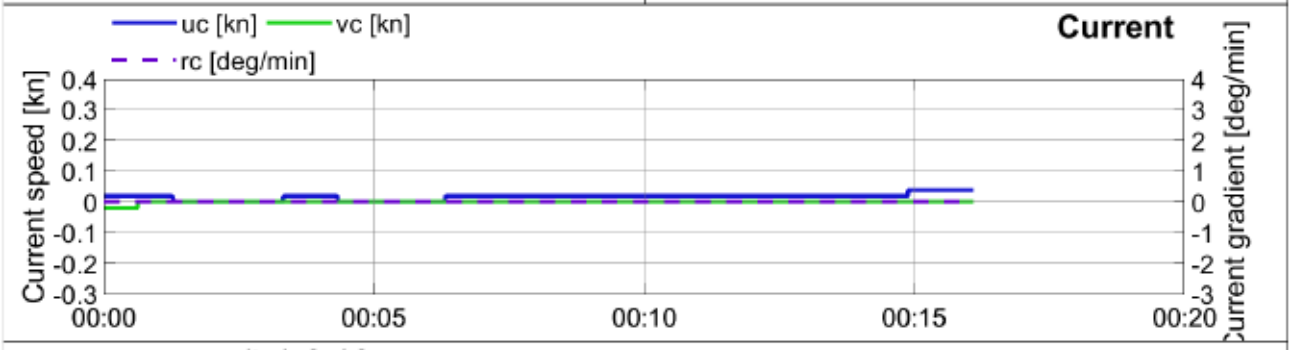


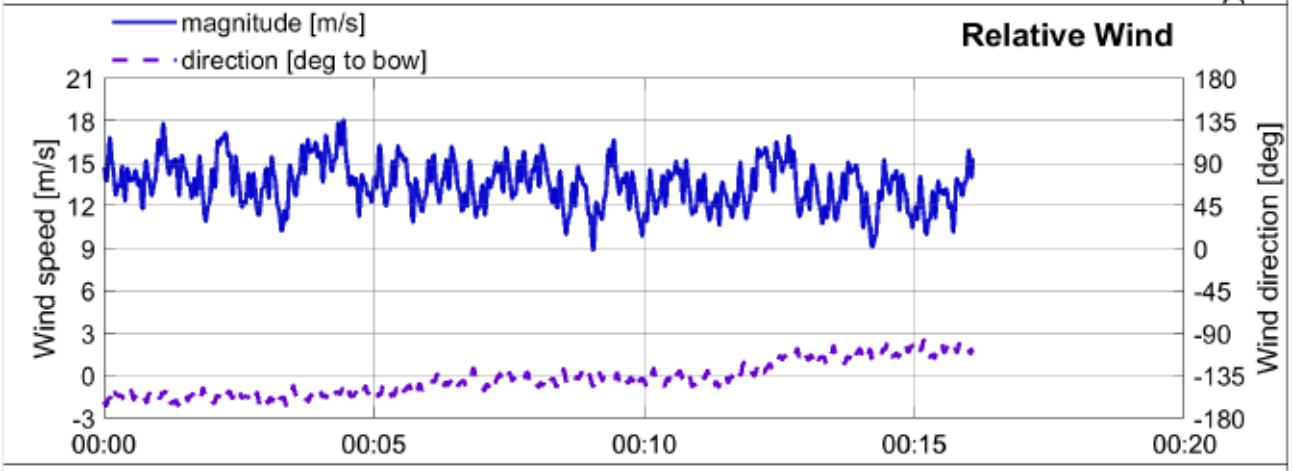
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

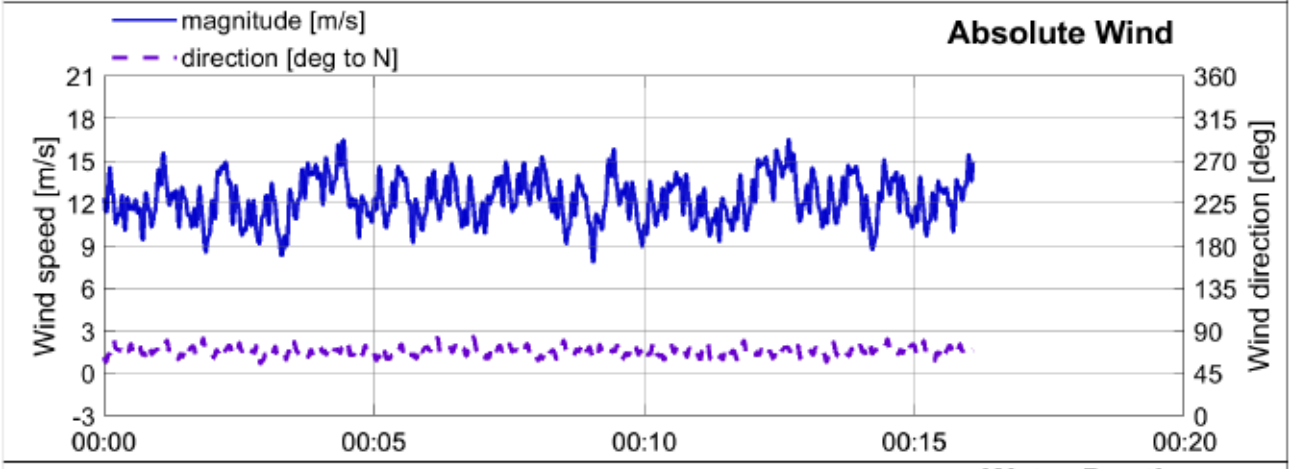
Omgevingscondities

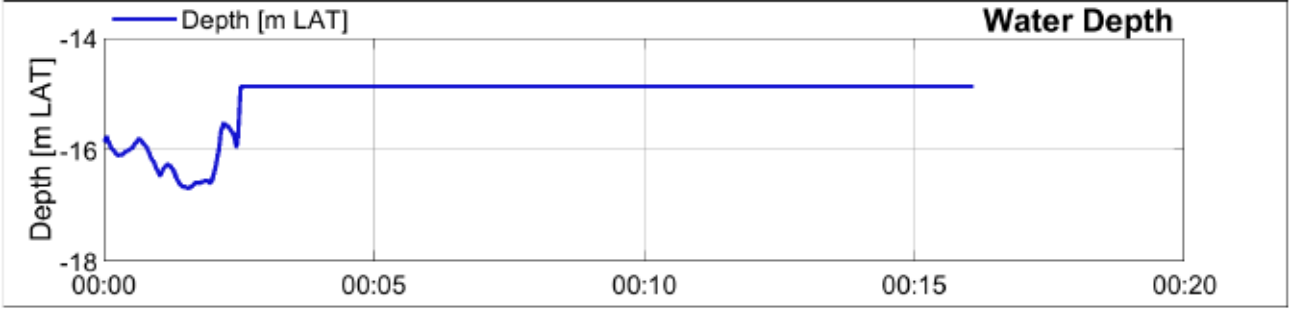
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V0 04	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 150 m







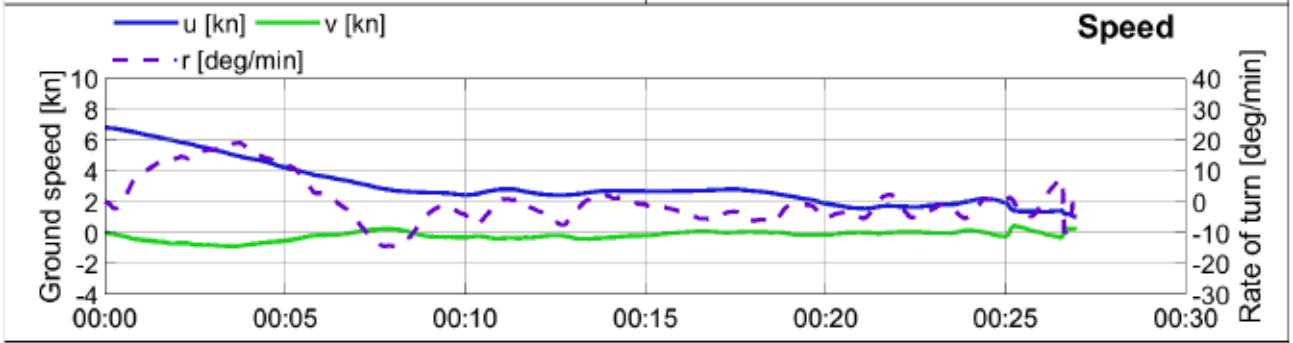


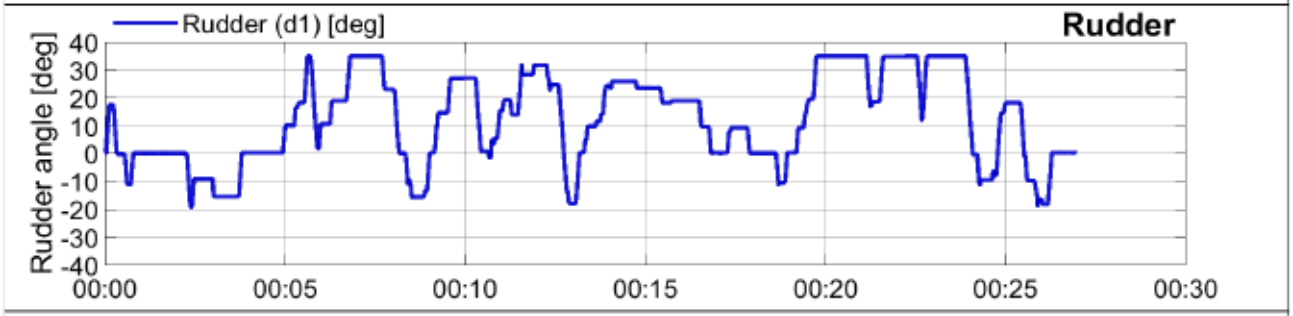
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

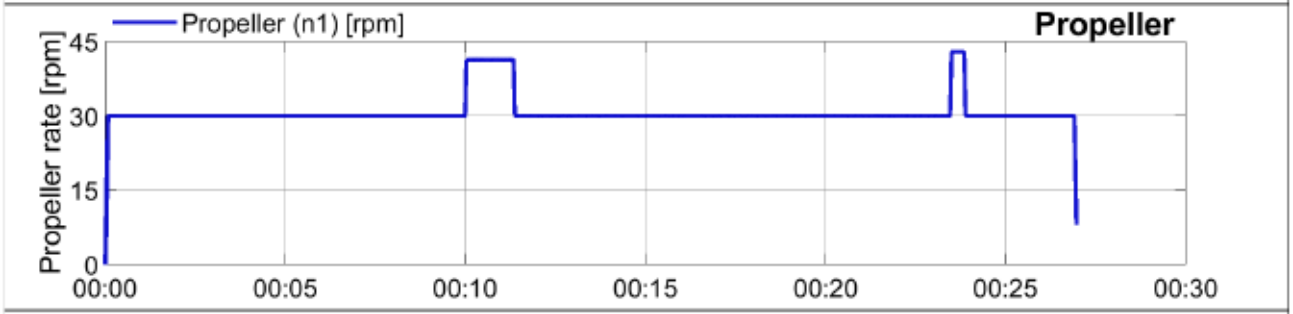
Manoeuvreereigenschappen

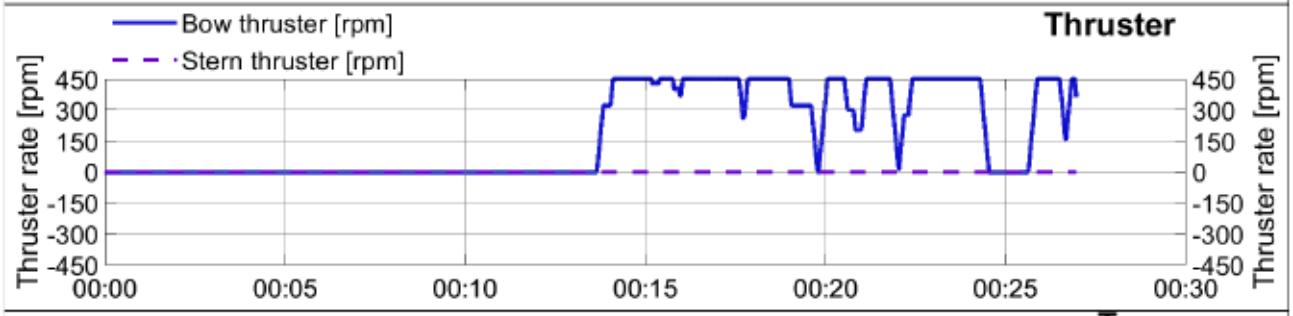
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

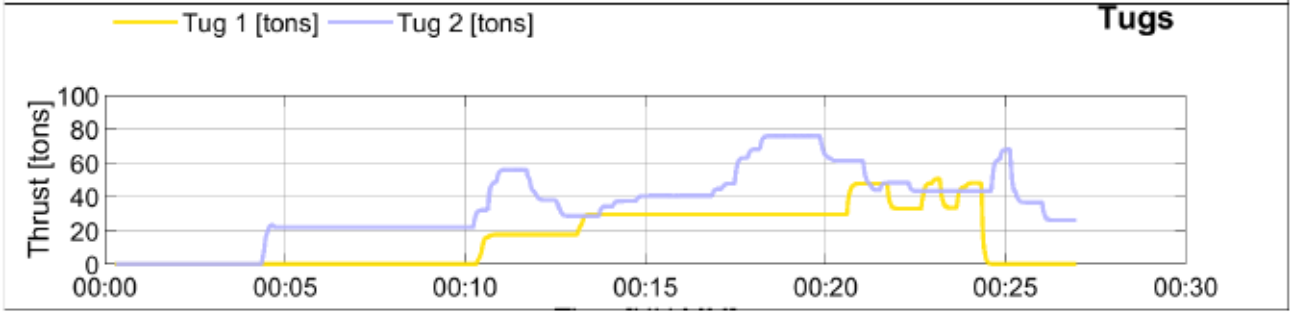
Simulatie: Buitenhaven V0 05	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 150 m









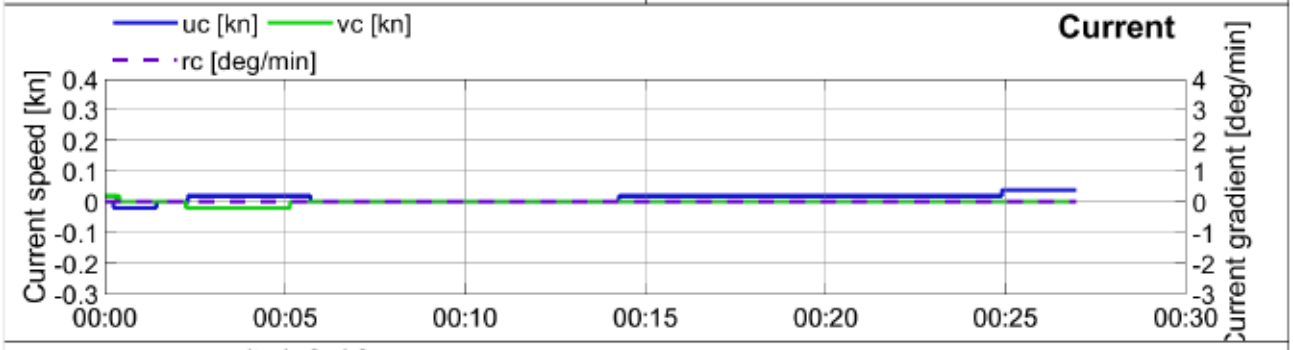


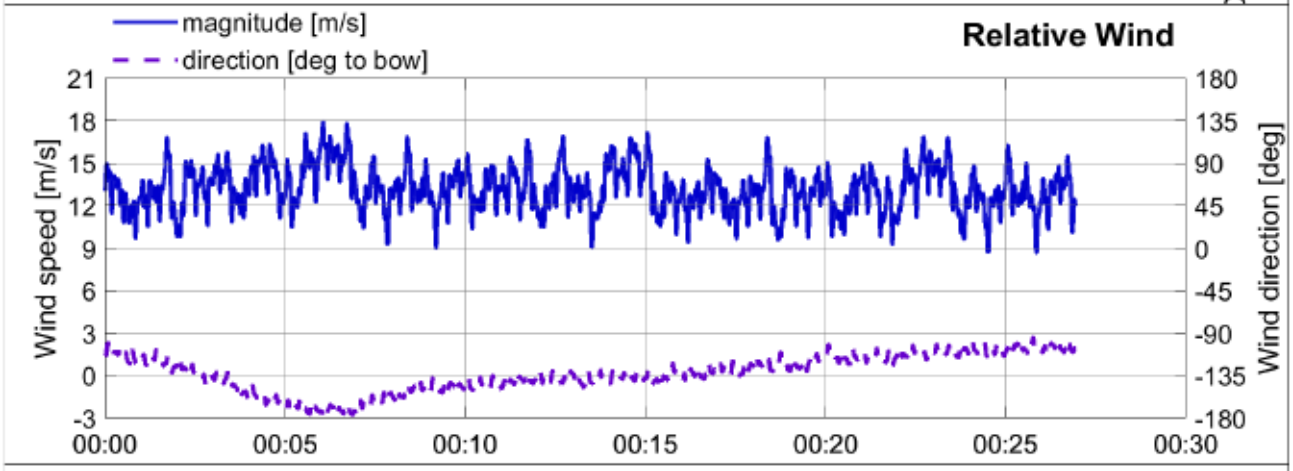
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

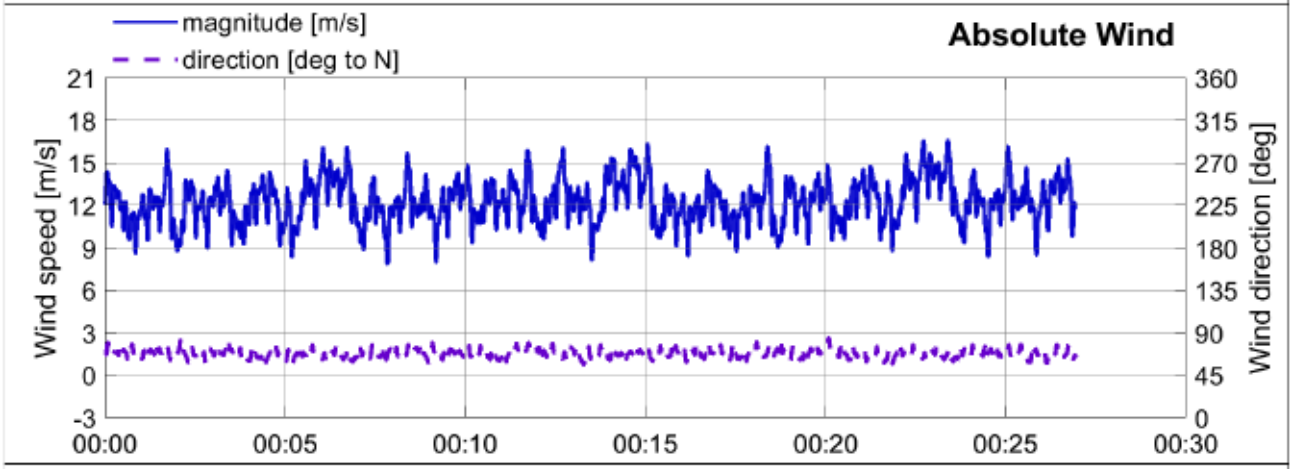
Omgevingscondities

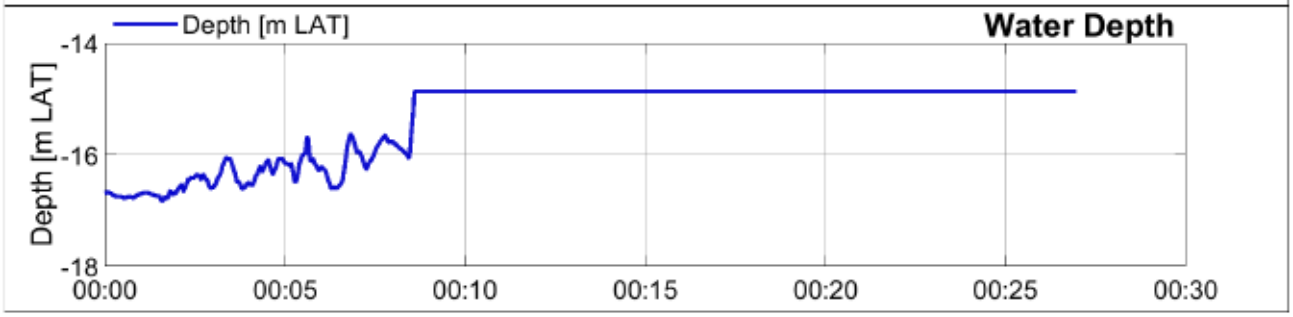
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V0 05	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 150 m







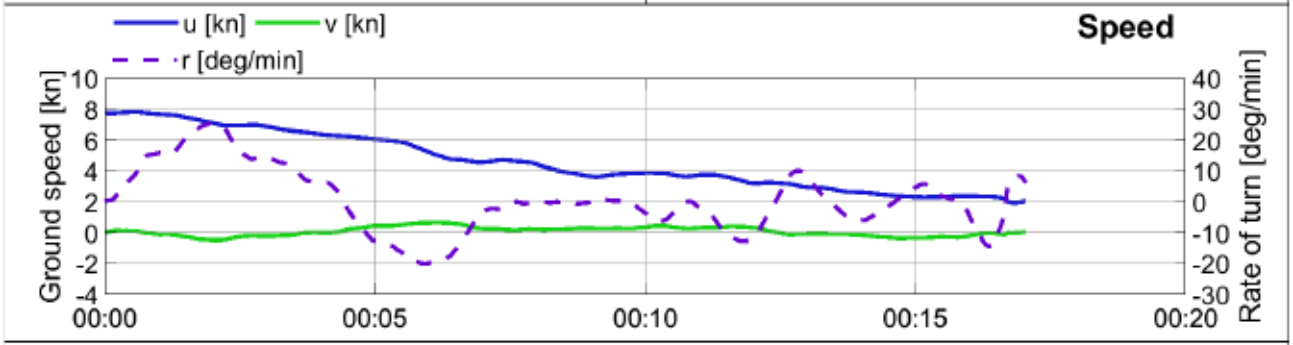


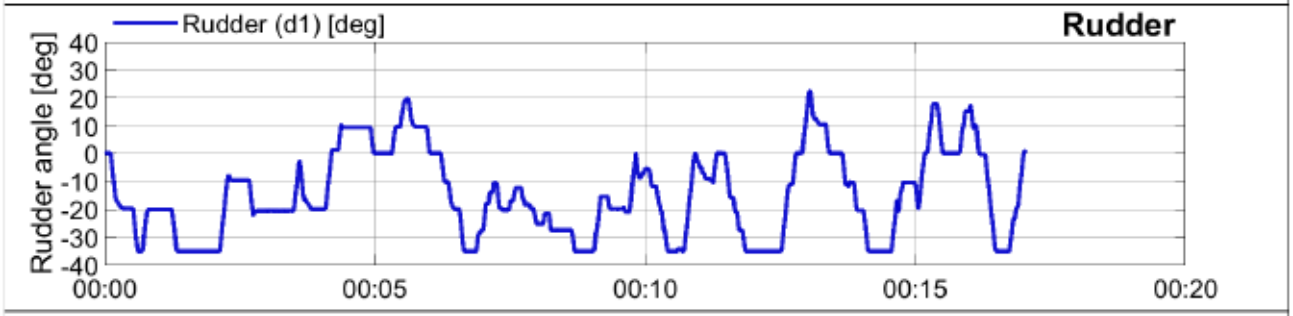
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

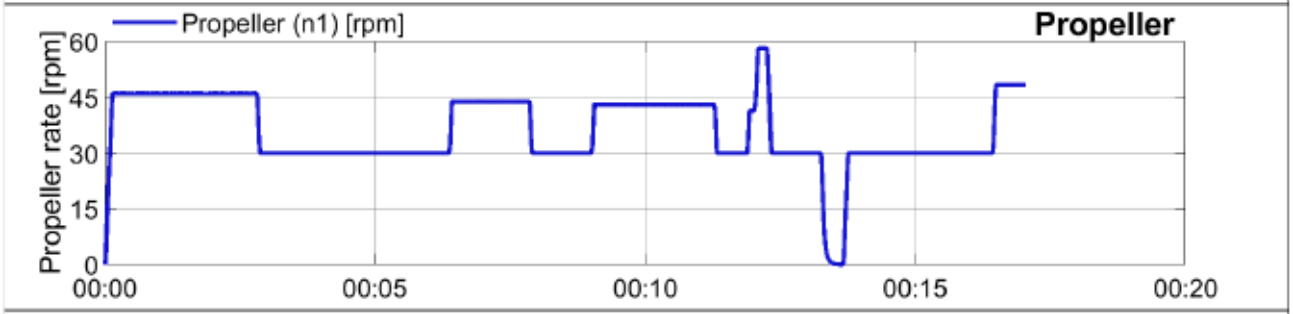
Manoeuvreereigenschappen

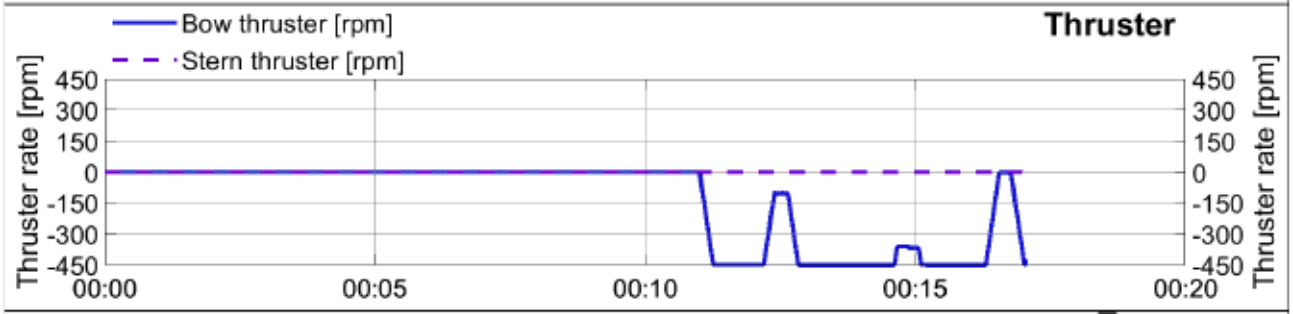
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

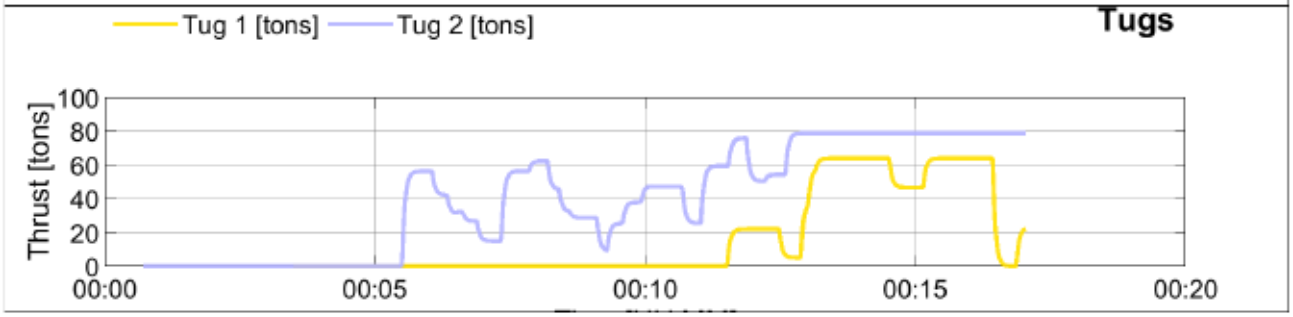
Simulatie: Buitenhaven V0 17	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









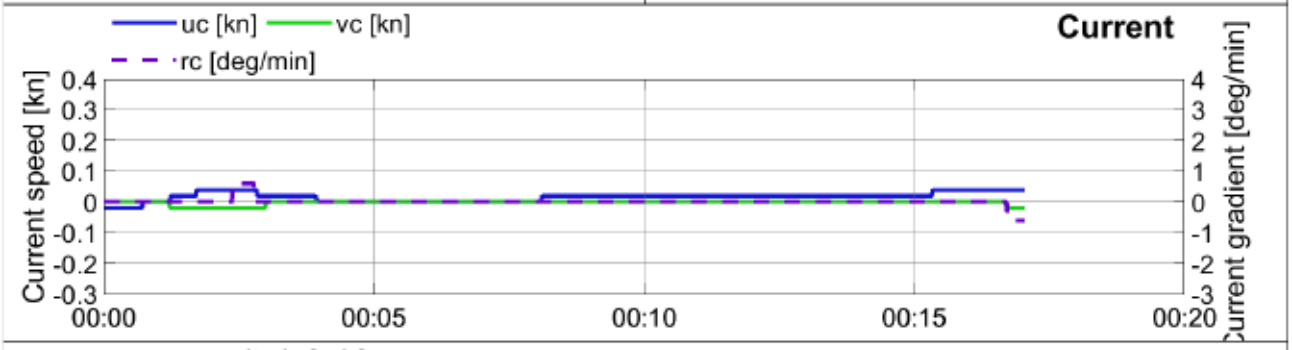


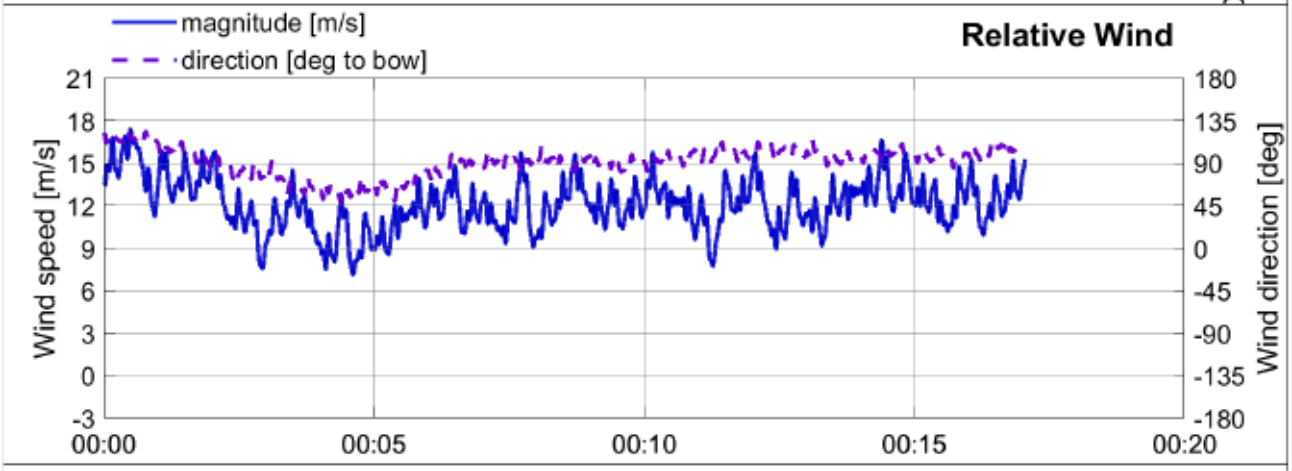
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

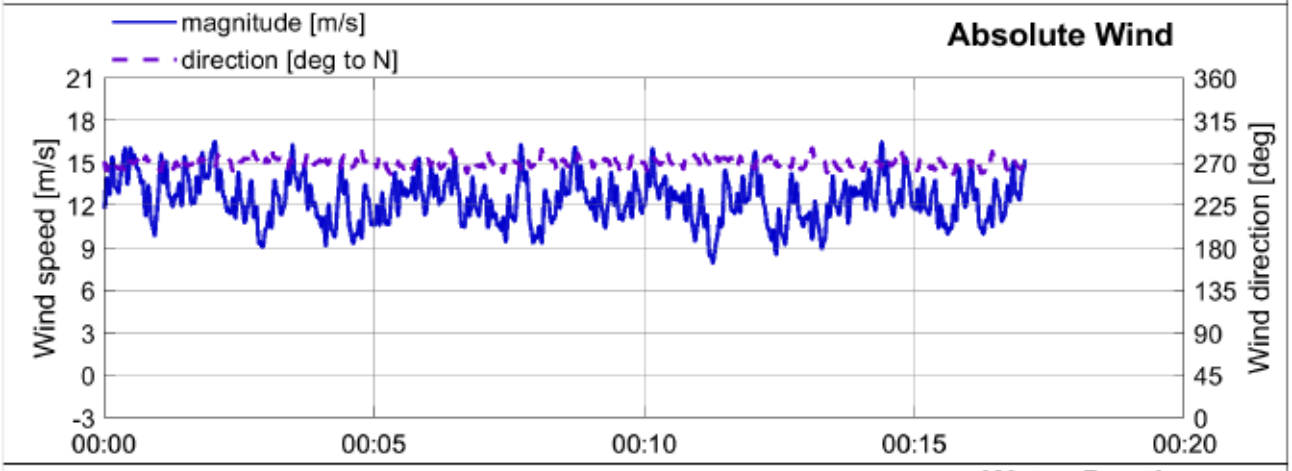
Omgevingscondities

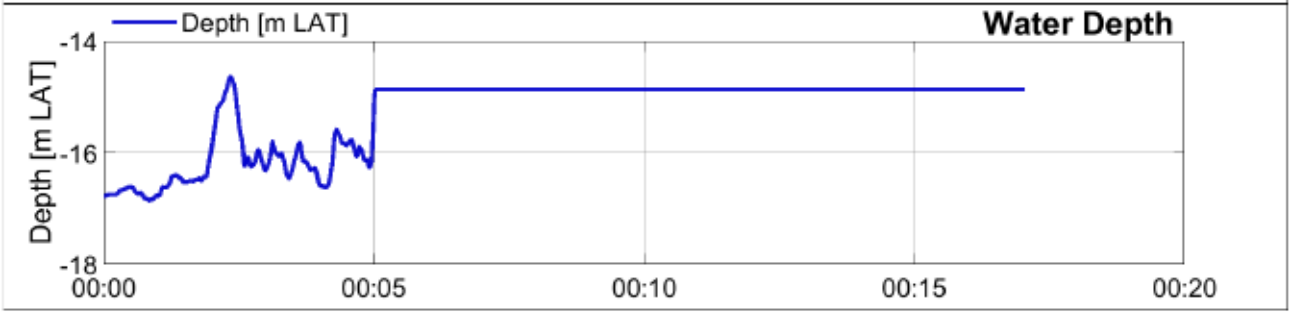
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V0 17	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







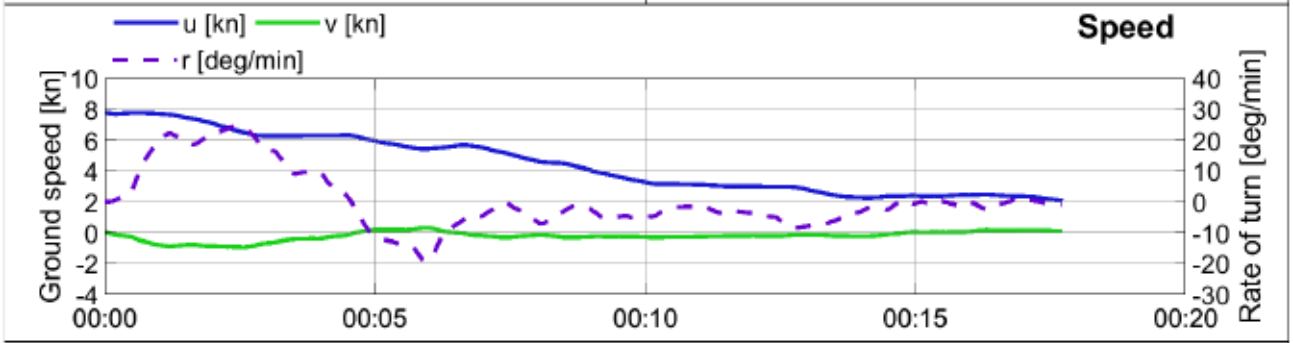


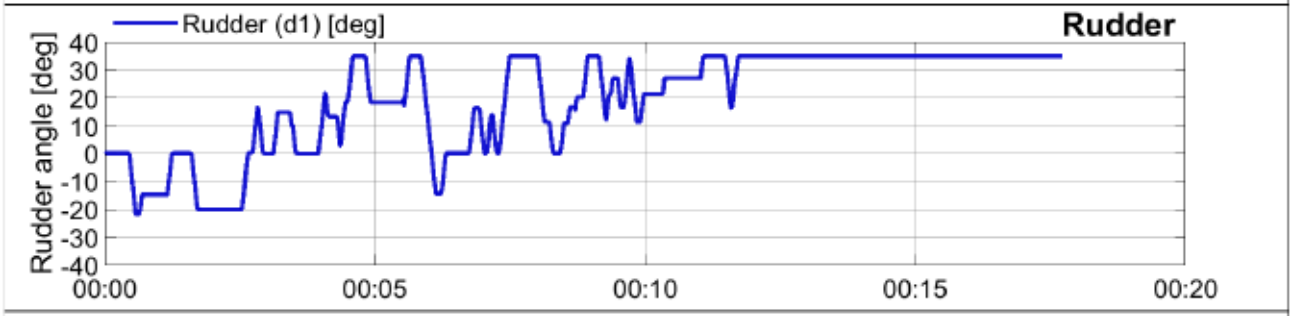
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

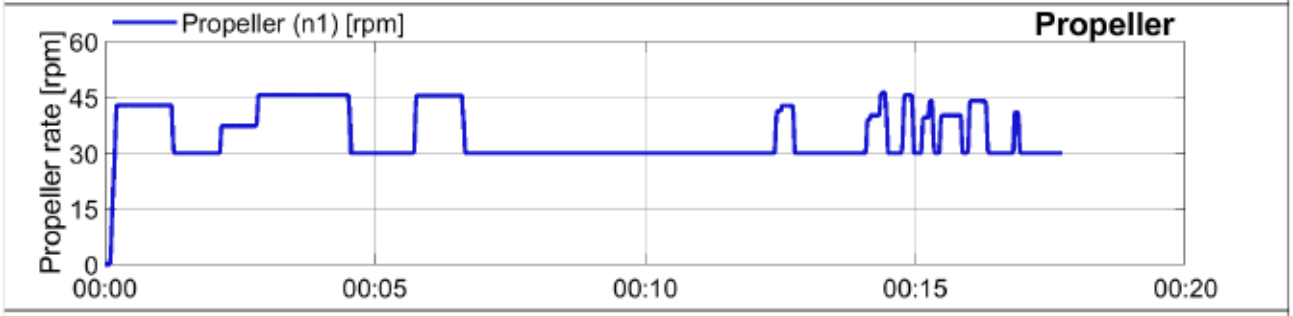
Manoeuvreereigenschappen

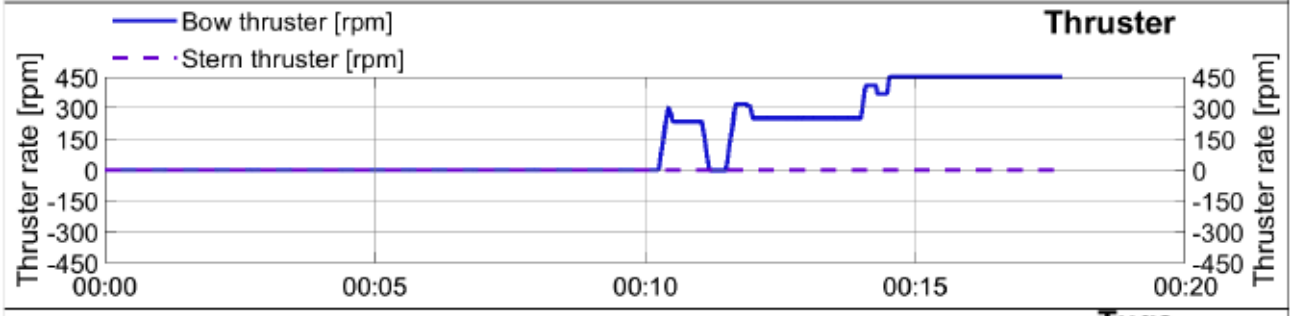
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

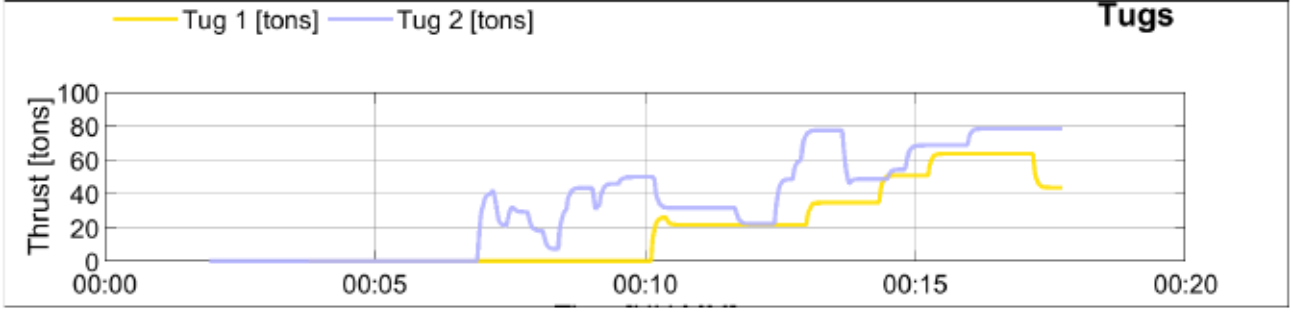
Simulatie: Buitenhaven V0 18	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









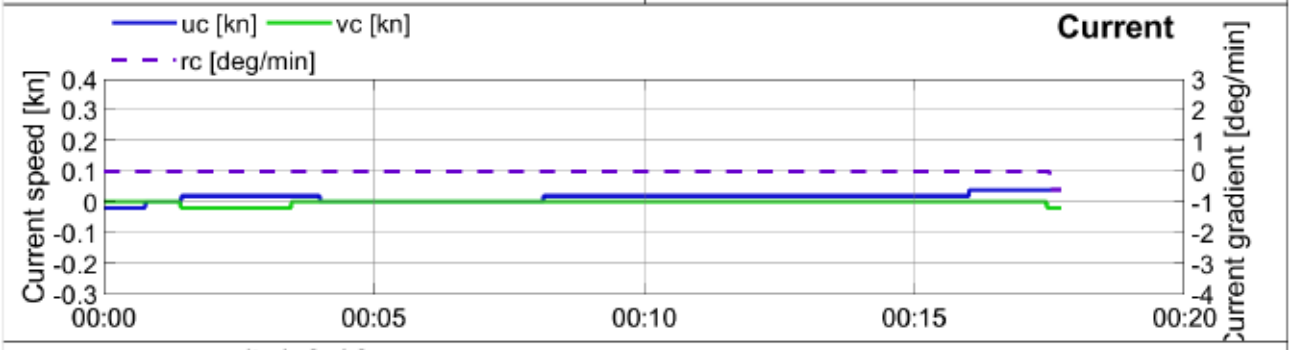


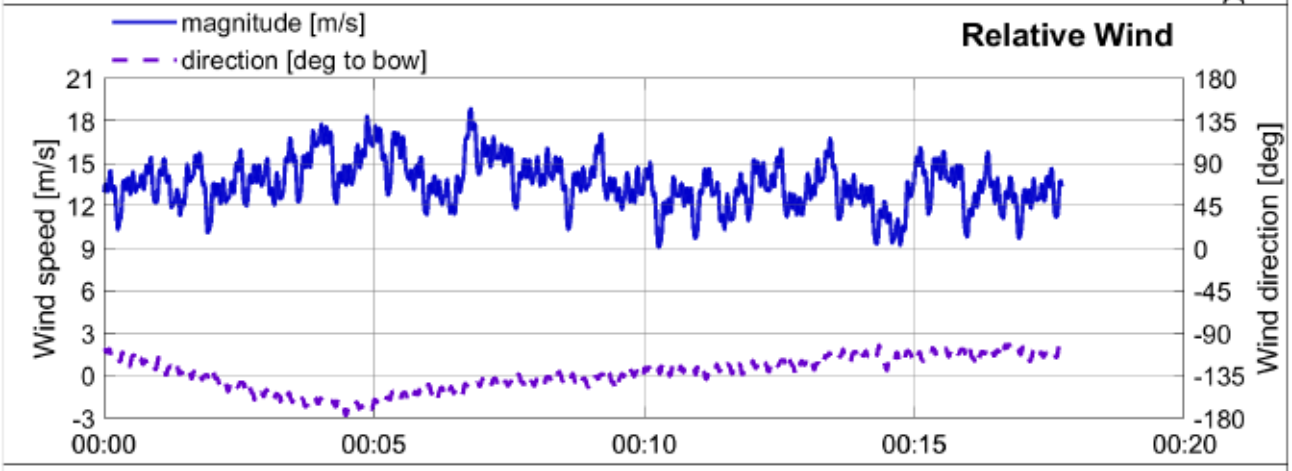
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

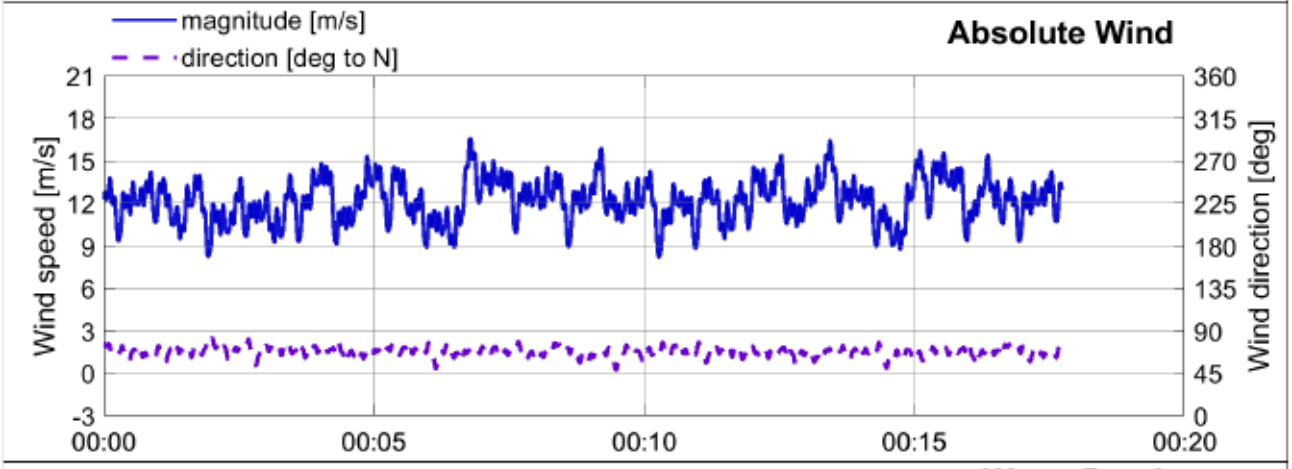
Omgevingscondities

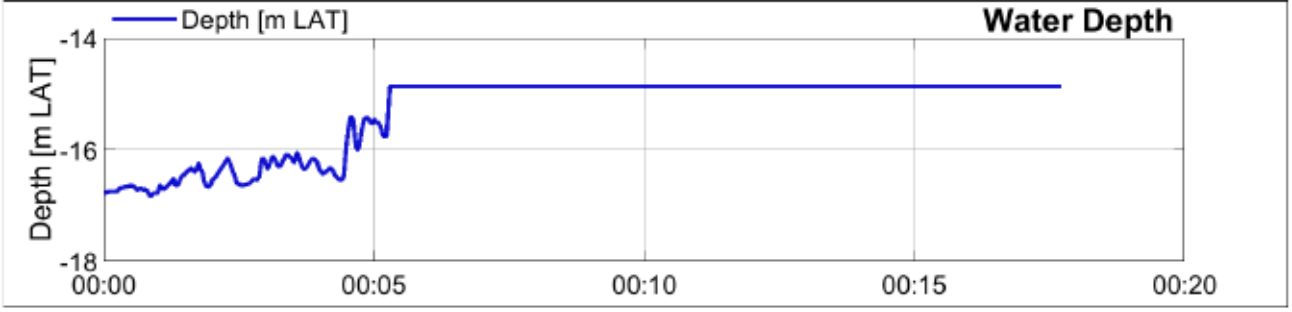
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V0 18	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







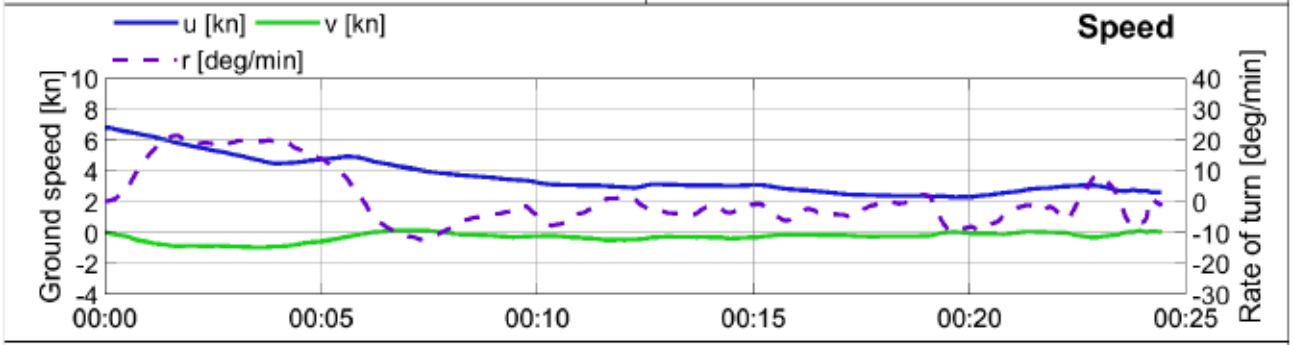


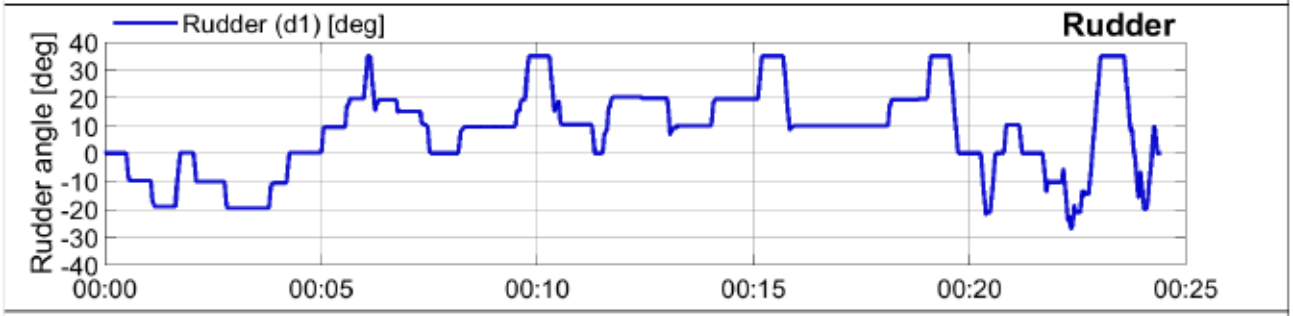
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

Manoeuvreereigenschappen

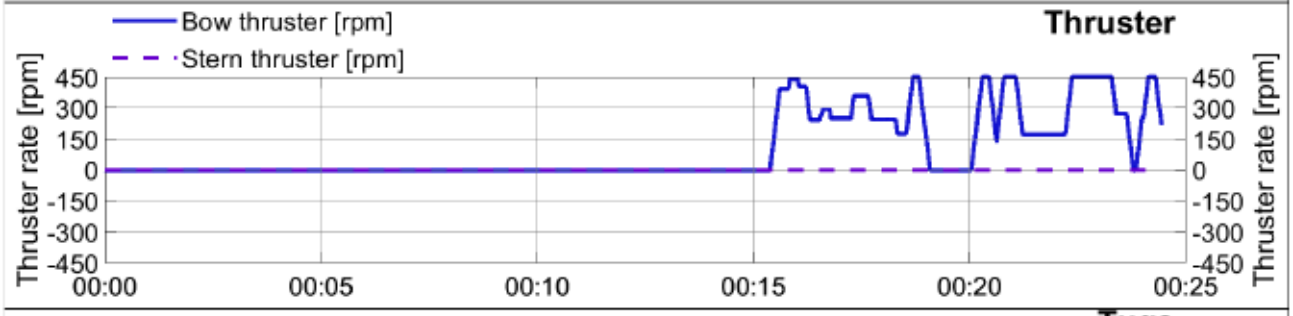
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

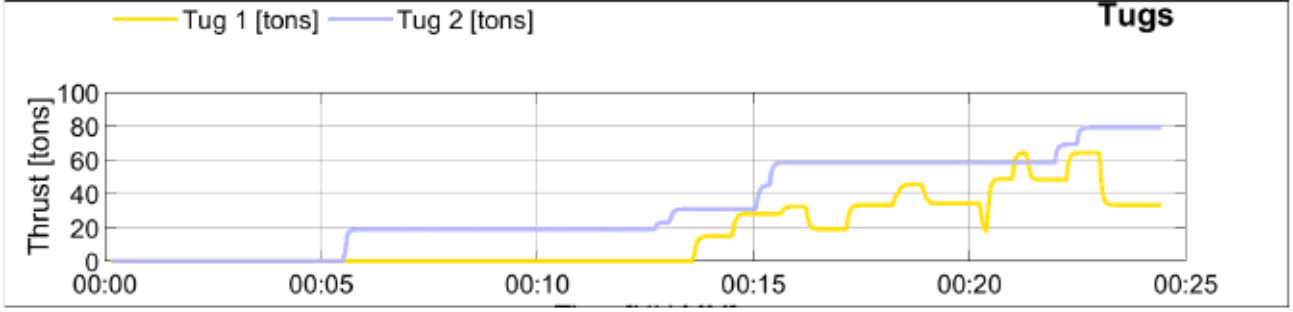
Simulatie: Buitenhaven V1 06	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









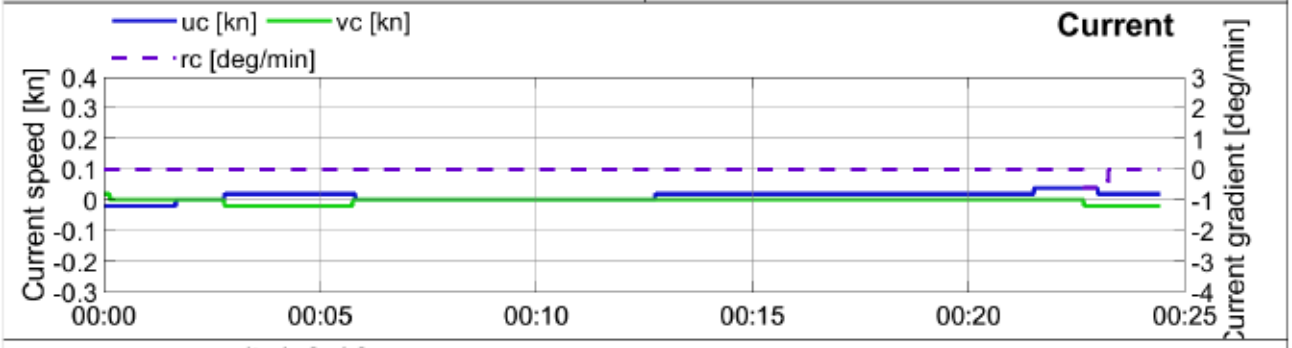


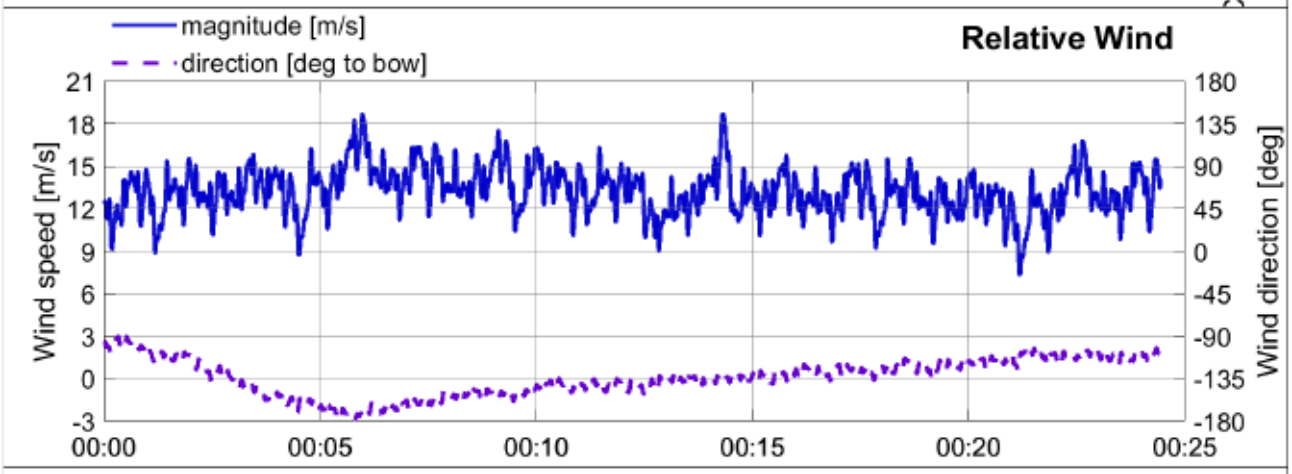
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

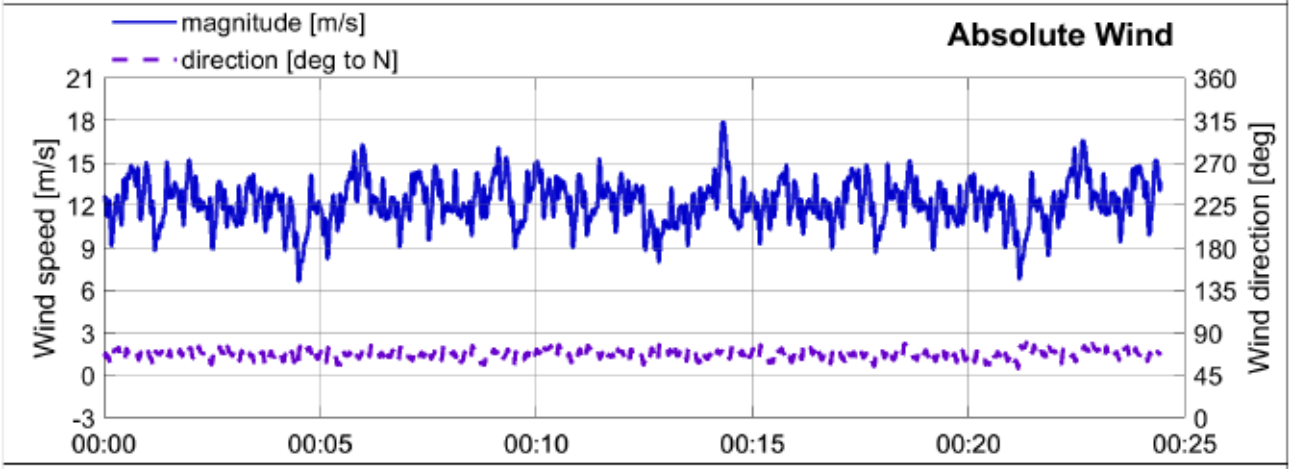
Omgevingscondities

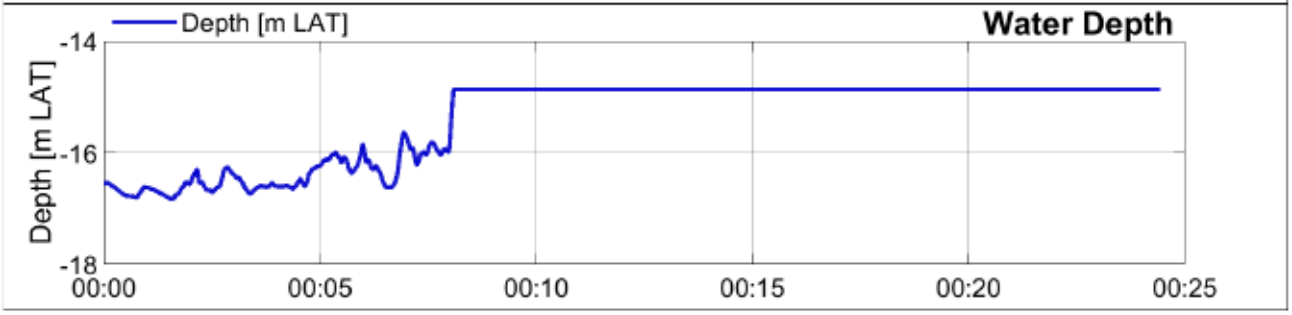
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 06	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







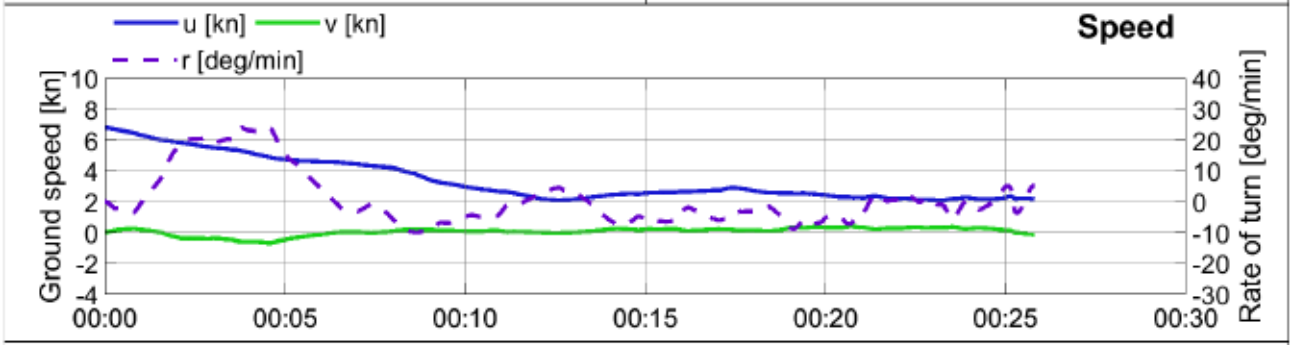


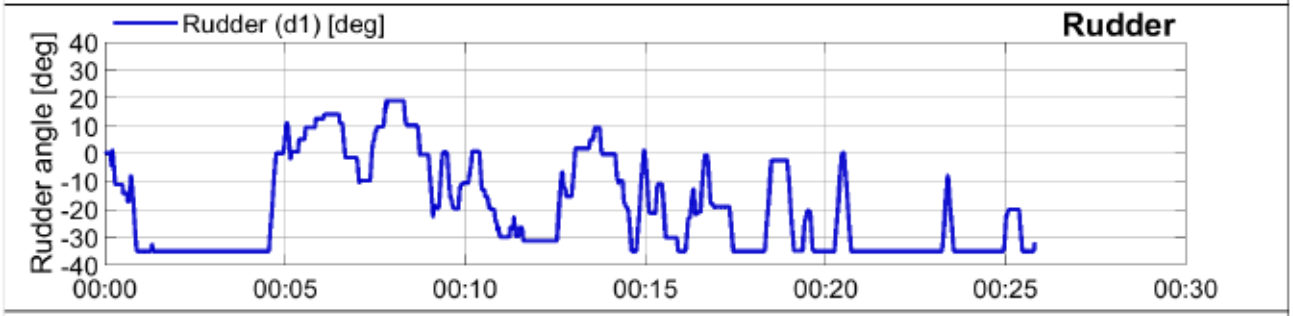
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

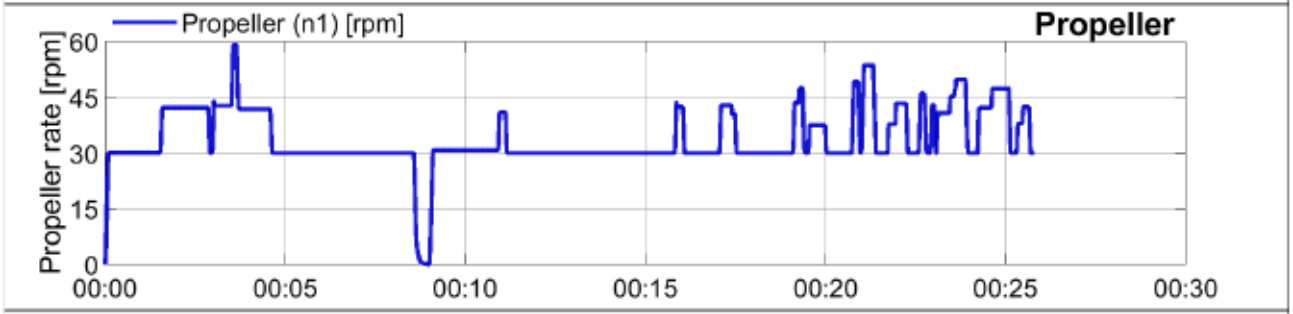
Manoeuvreereigenschappen

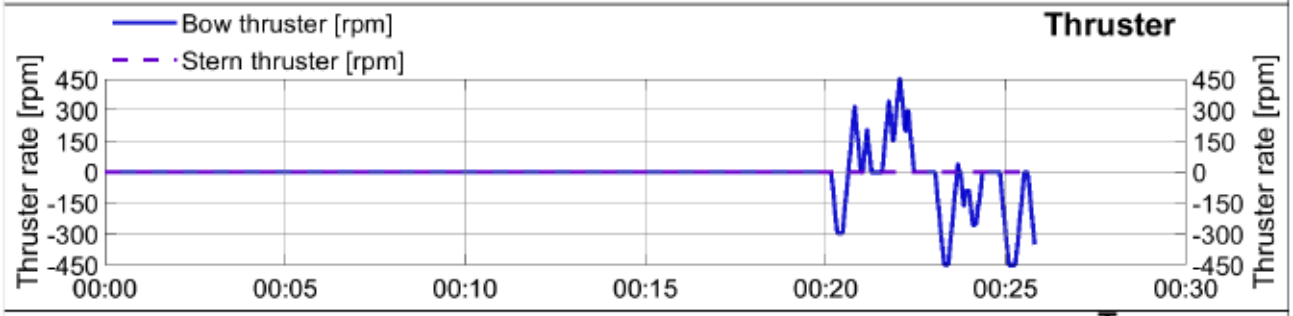
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

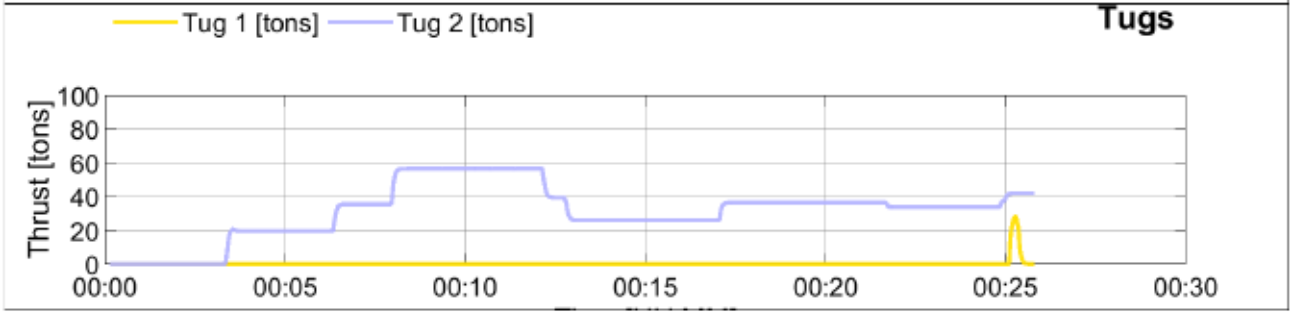
Simulatie: Buitenhaven V1 07	Wind: NO6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









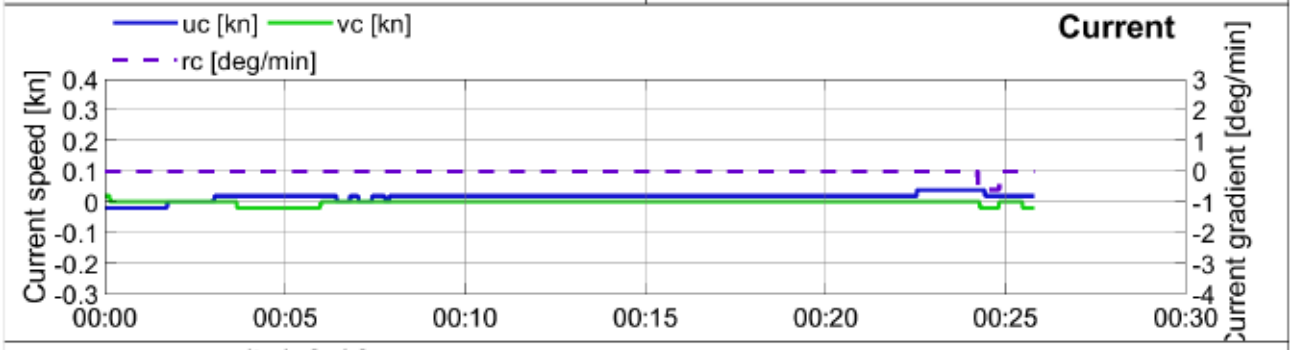


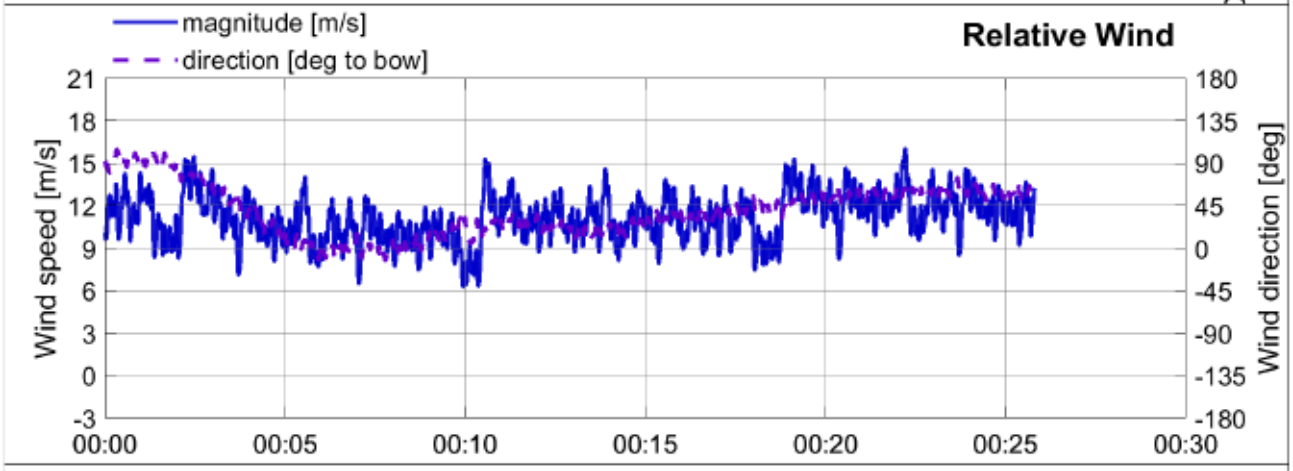
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

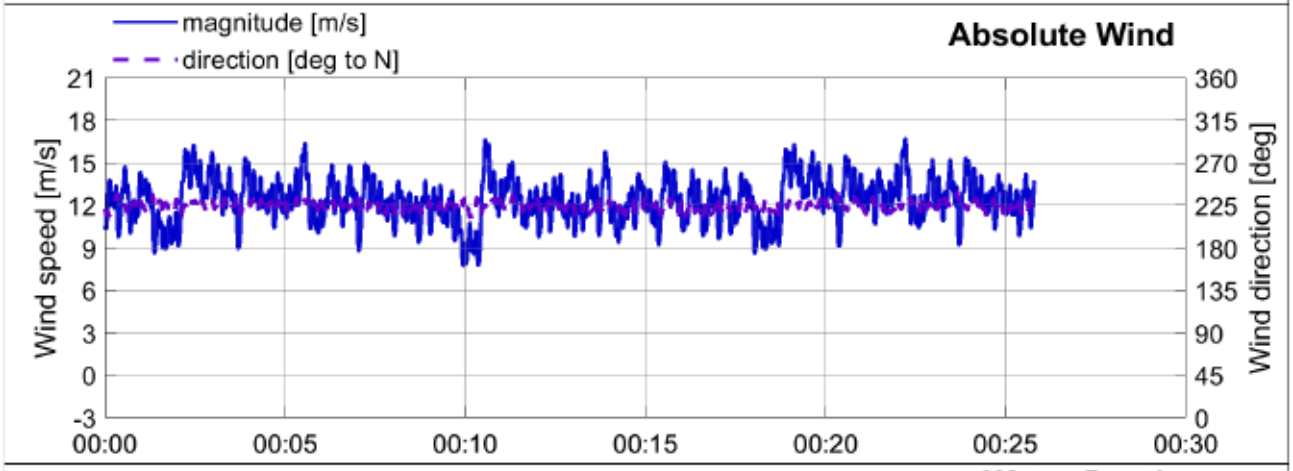
Omgevingscondities

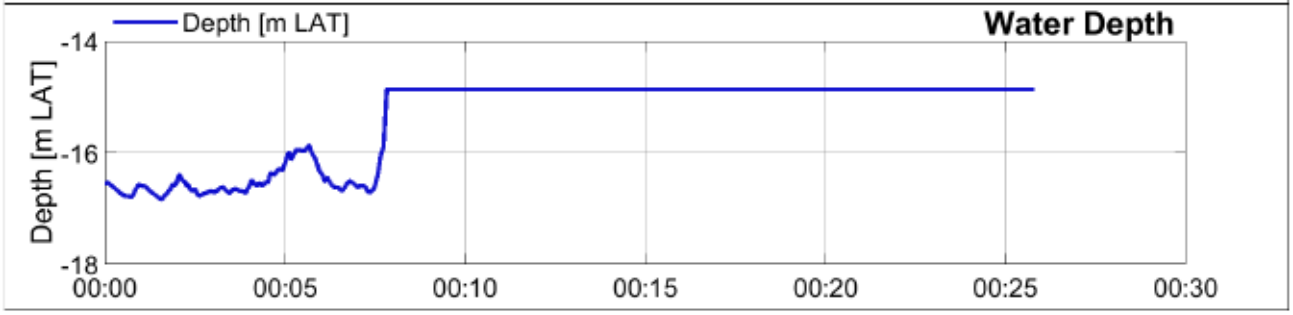
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 07	Wind: NO6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







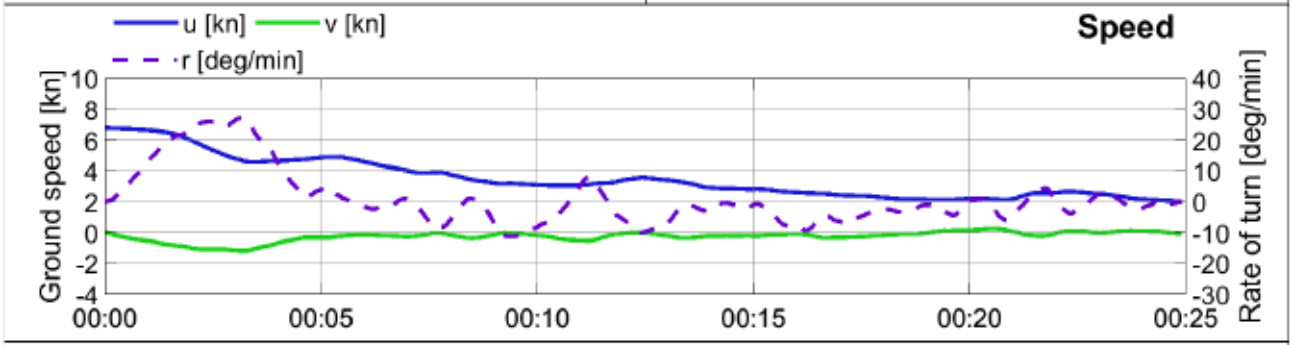


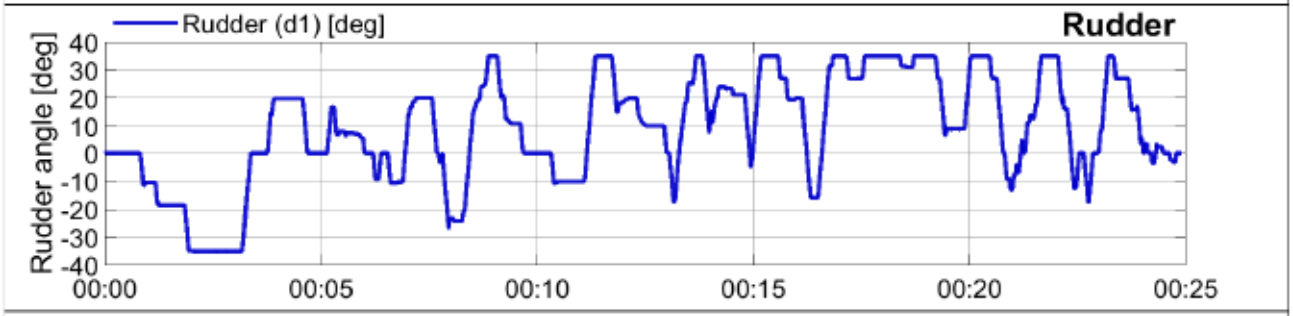
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

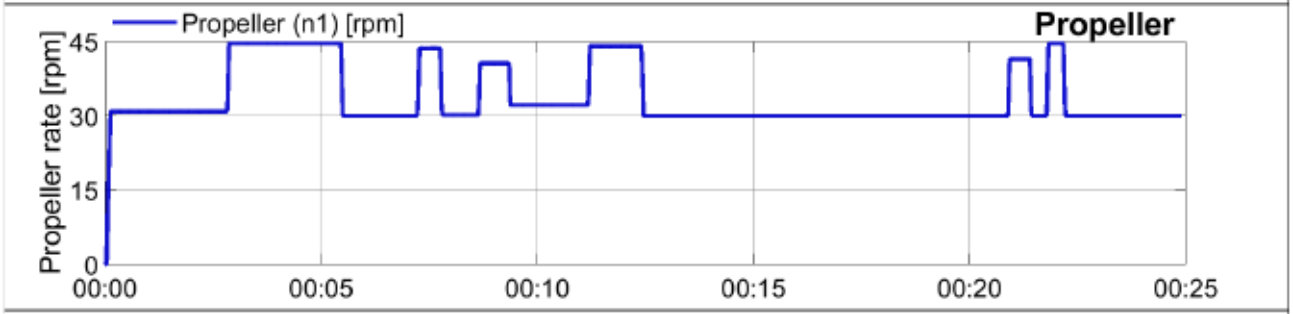
Manoeuvreereigenschappen

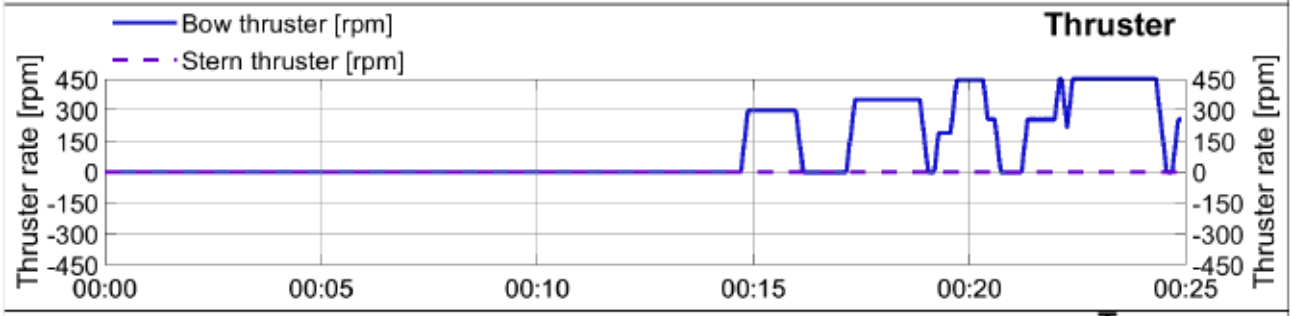
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 80+80+65 tons

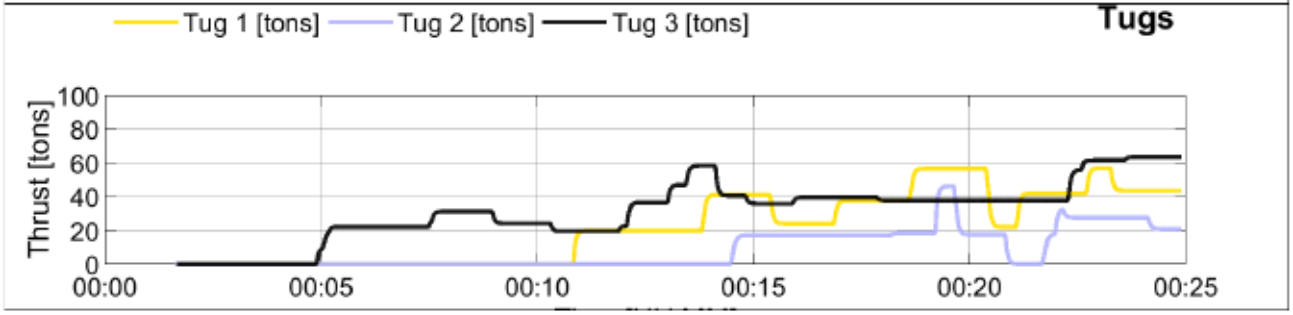
Simulatie: Buitenhaven V1 08	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









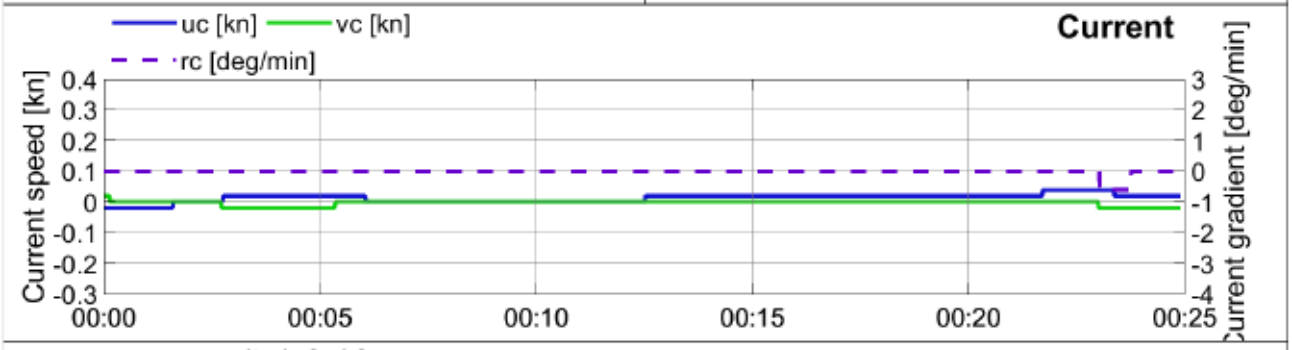


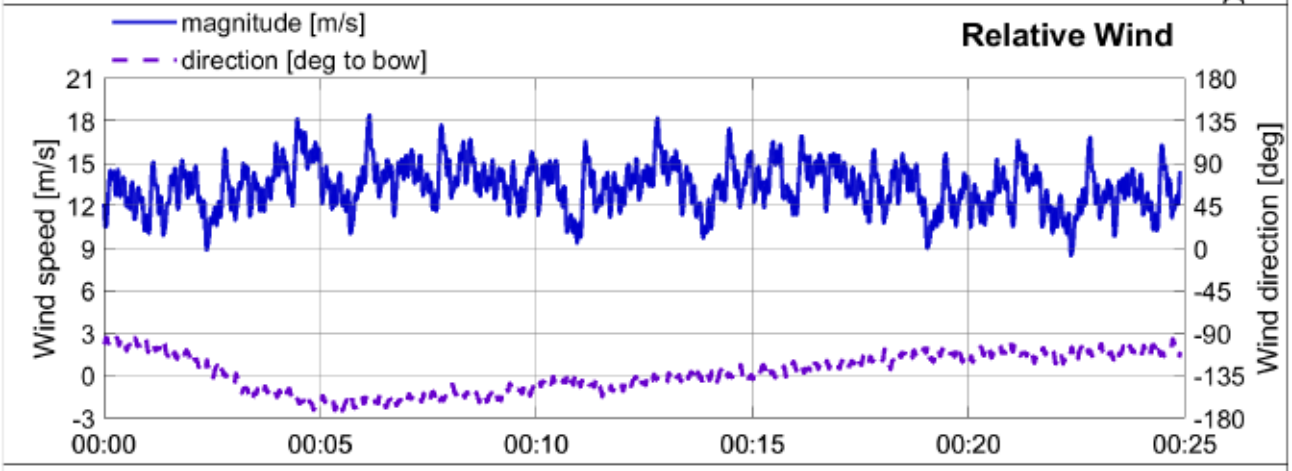
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

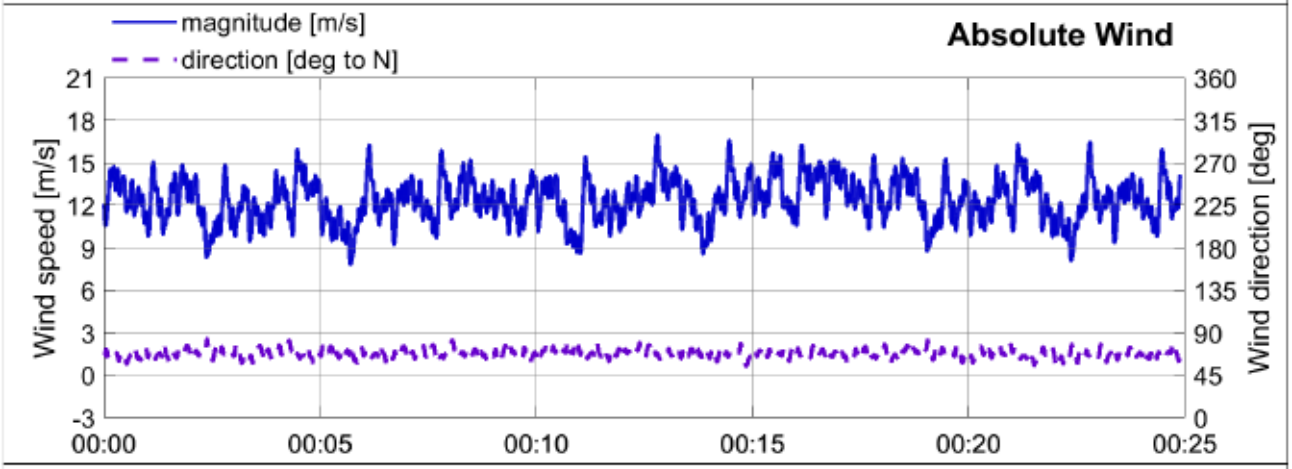
Omgevingscondities

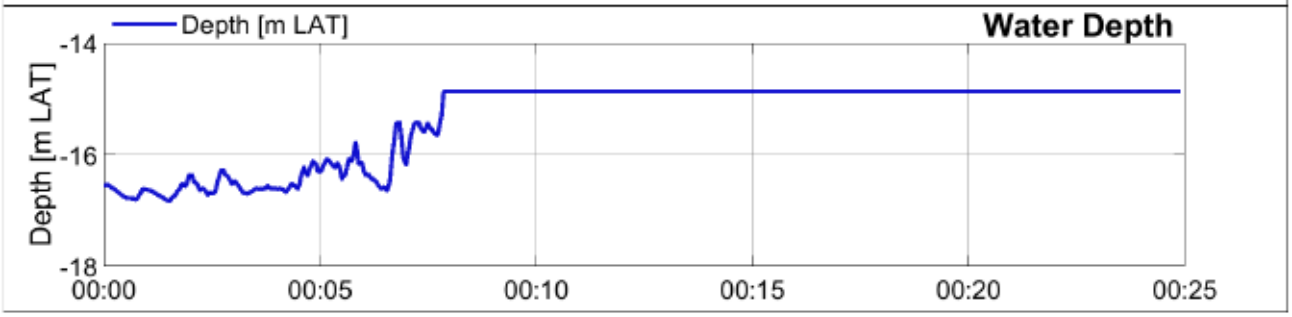
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 80+80+65 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 08	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







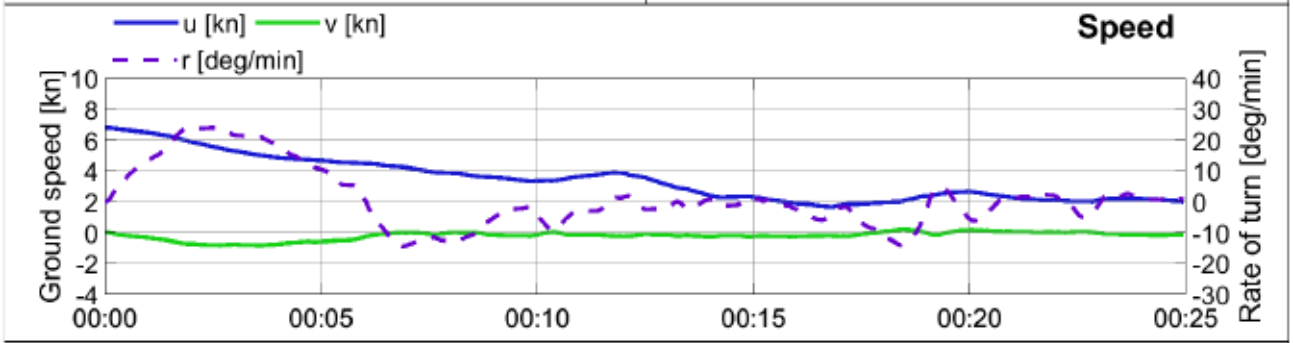


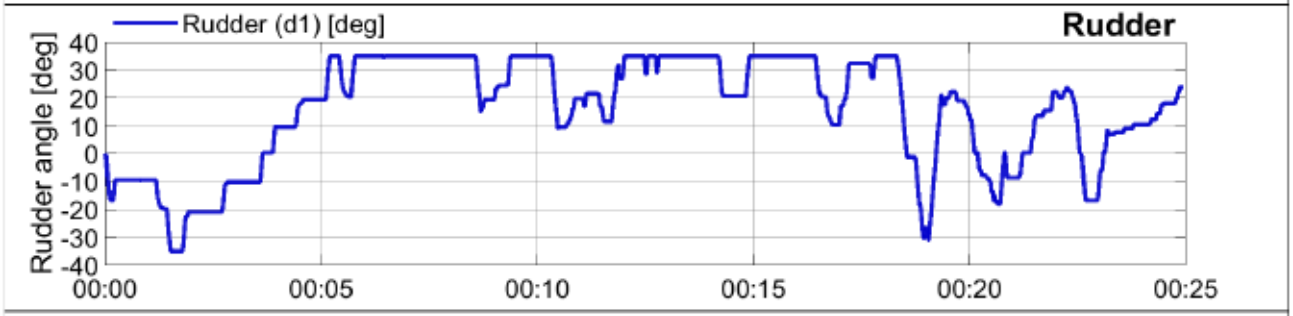
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

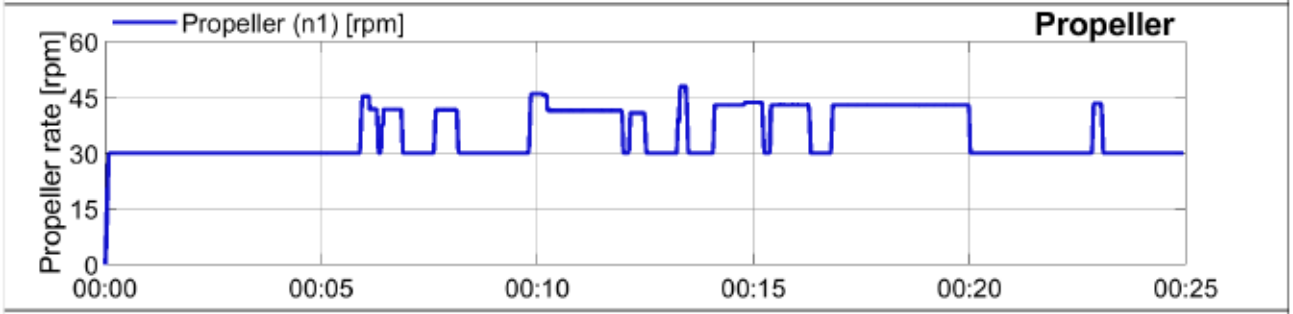
Manoeuvreereigenschappen

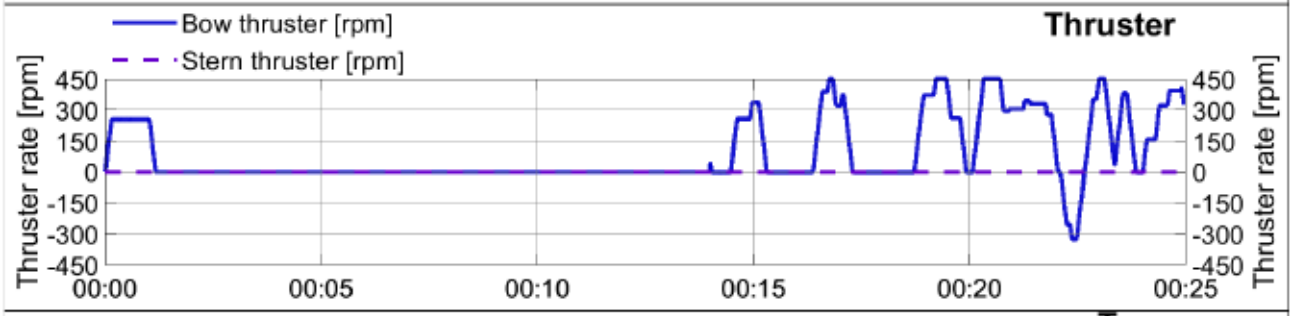
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

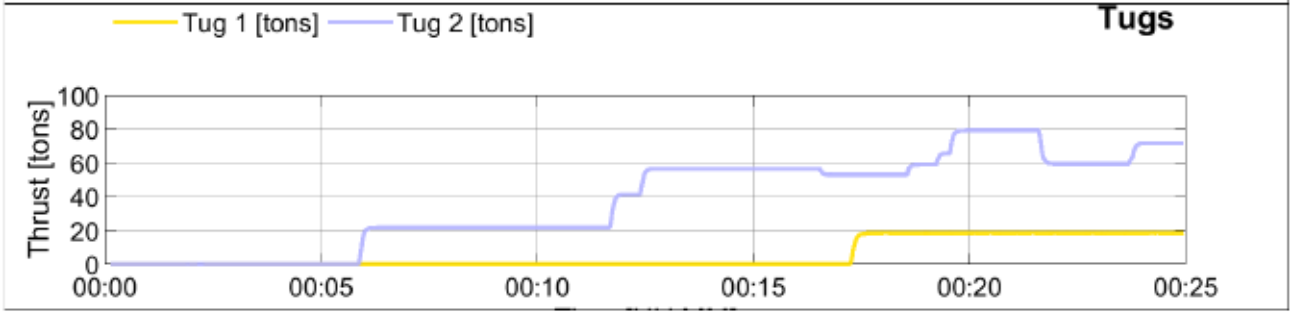
Simulatie: Buitenhaven V1 09	Wind: NW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









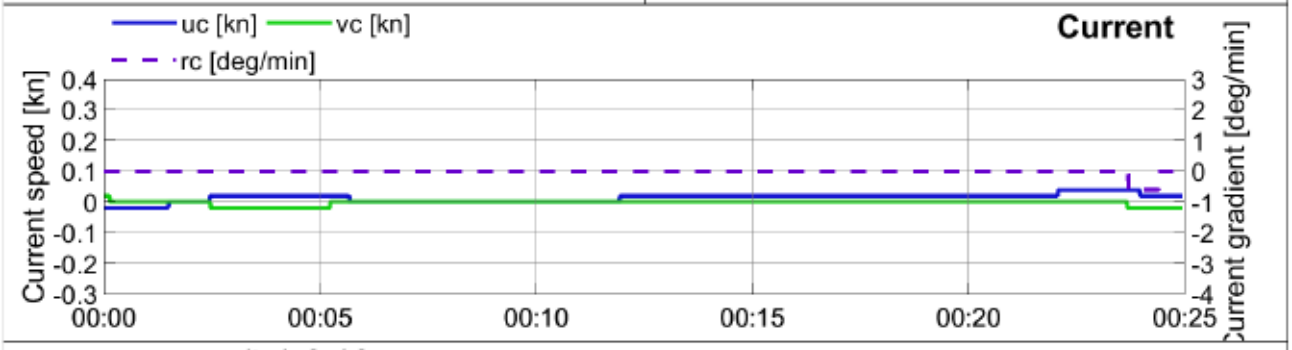


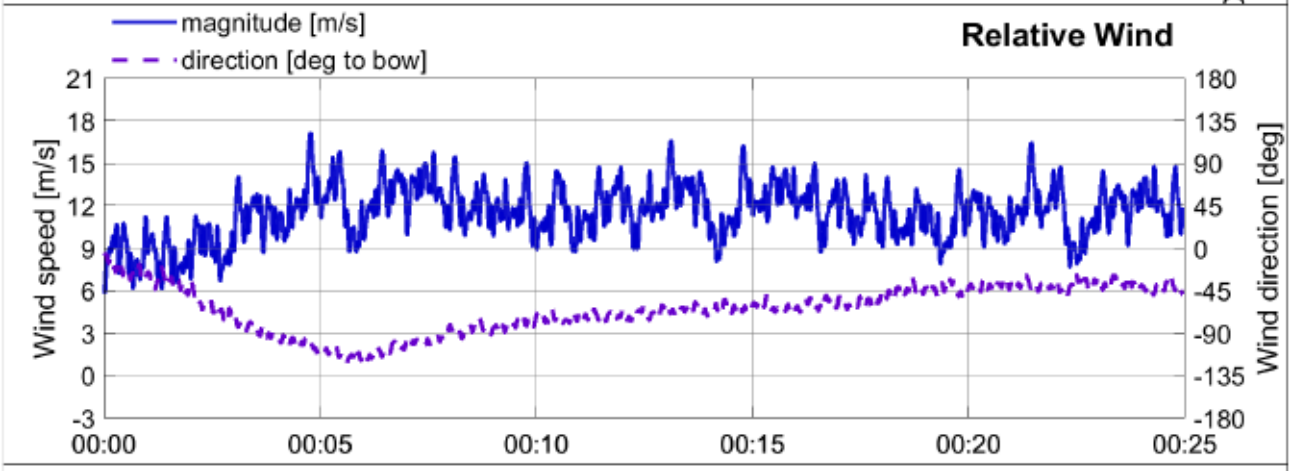
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

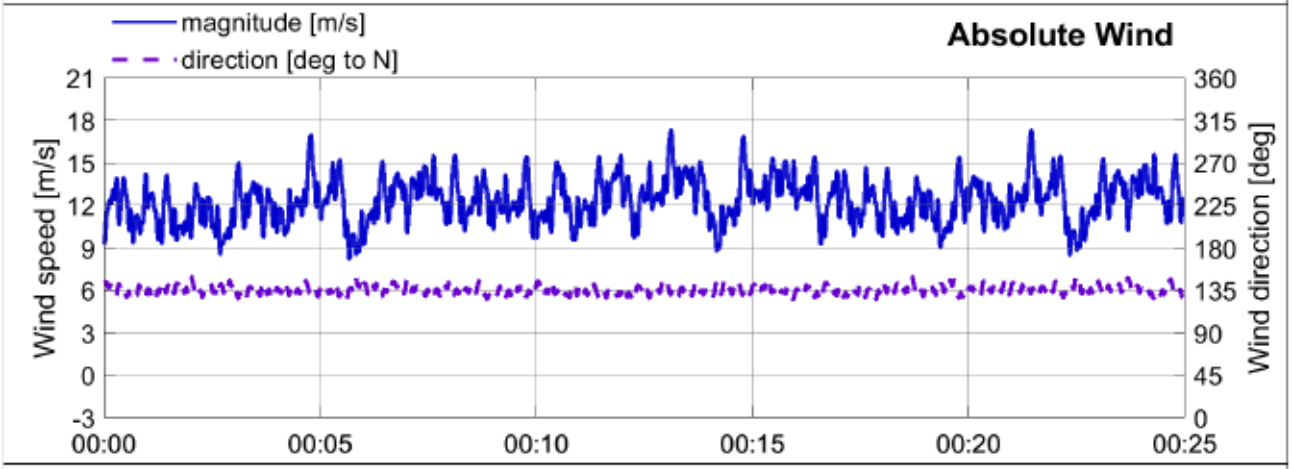
Omgevingscondities

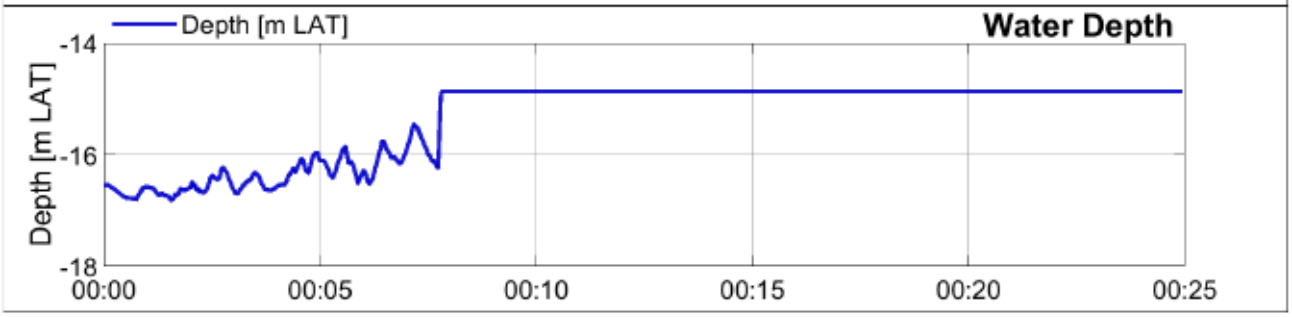
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 09	Wind: NW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 12/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







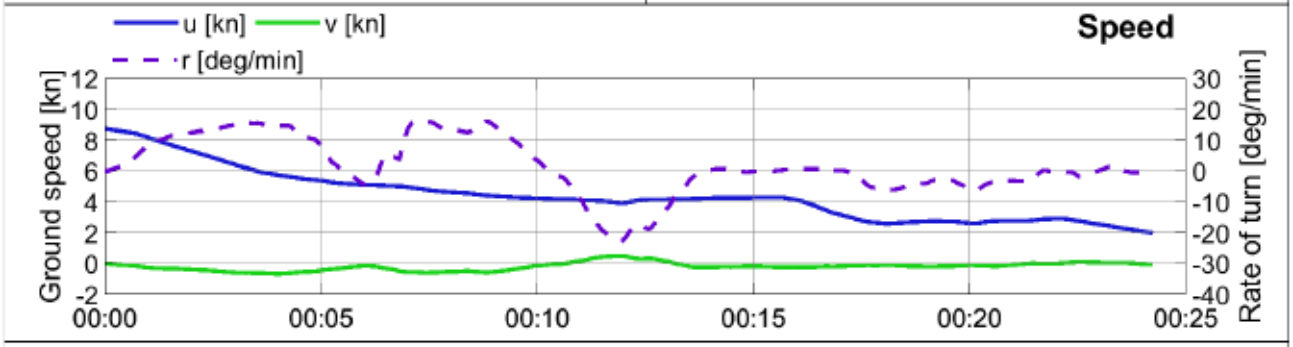


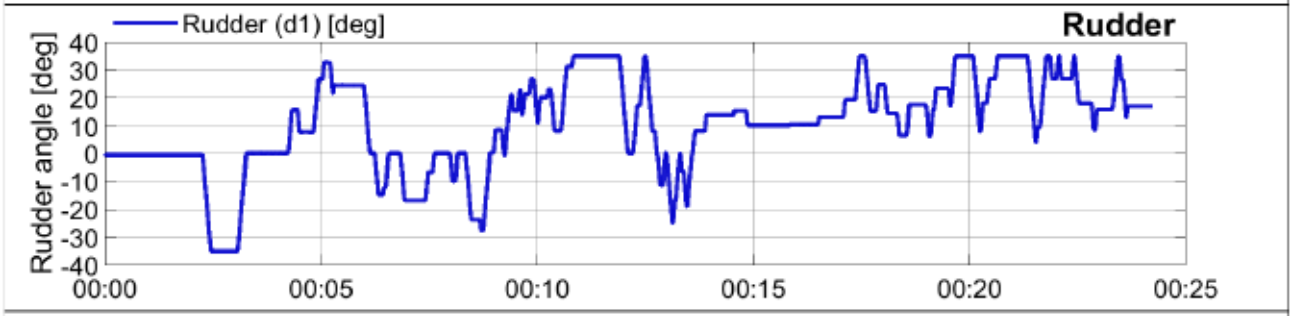
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

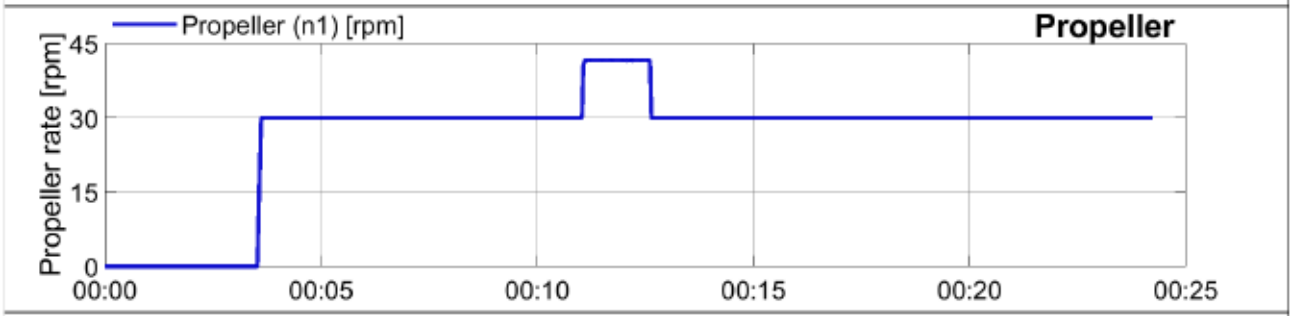
Manoeuvreereigenschappen

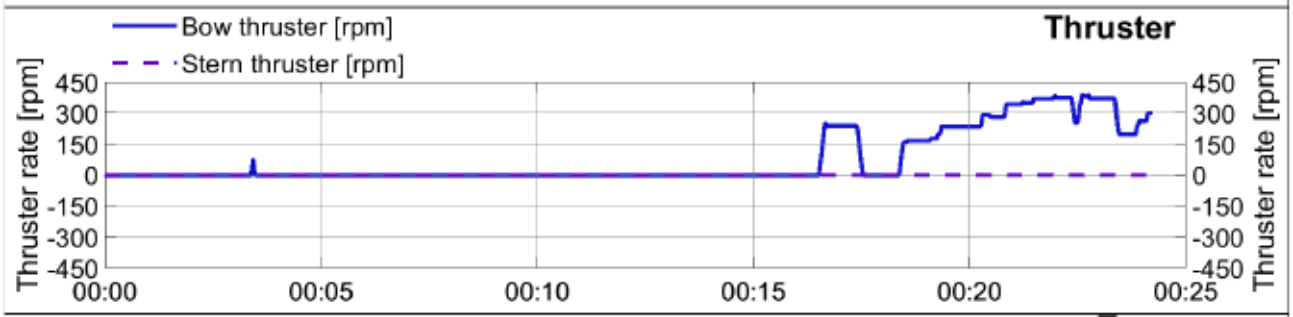
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

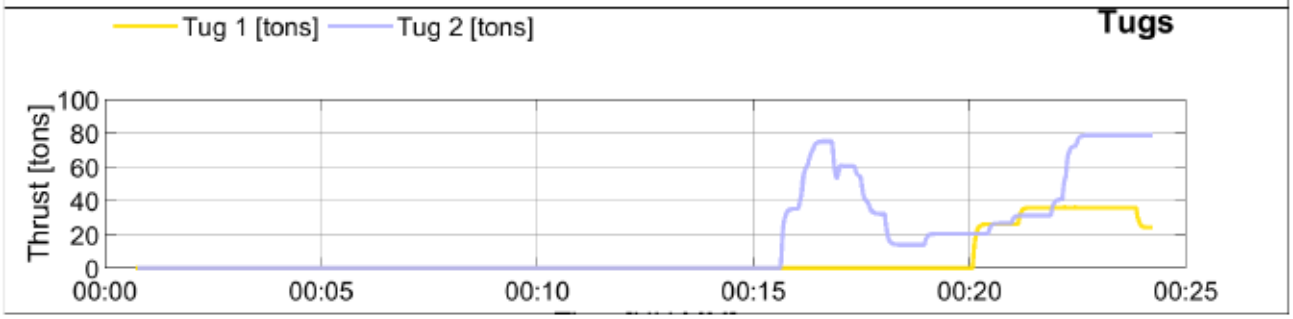
Simulatie: Buitenhaven V1 10	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









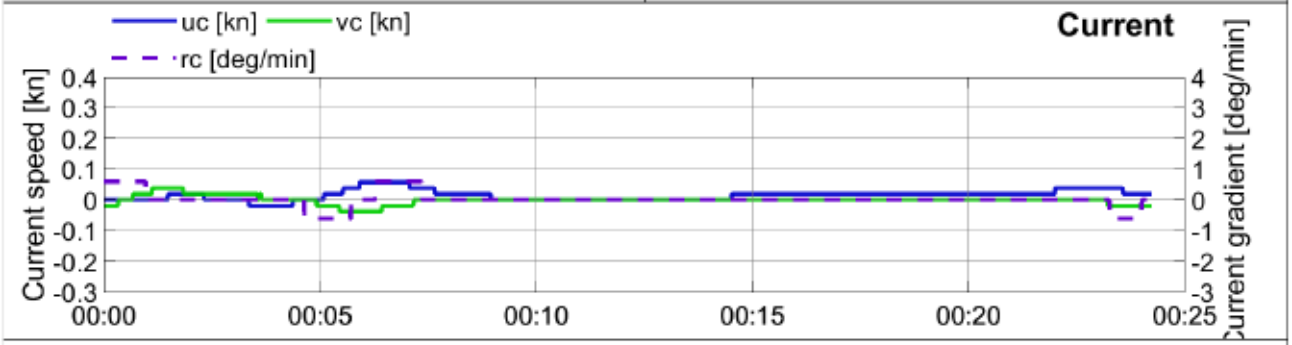


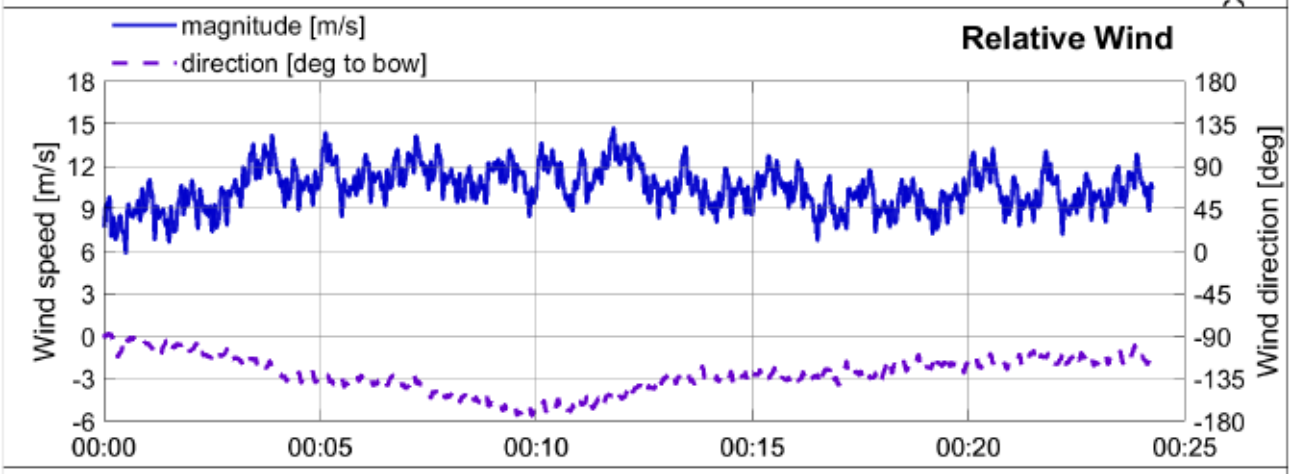
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

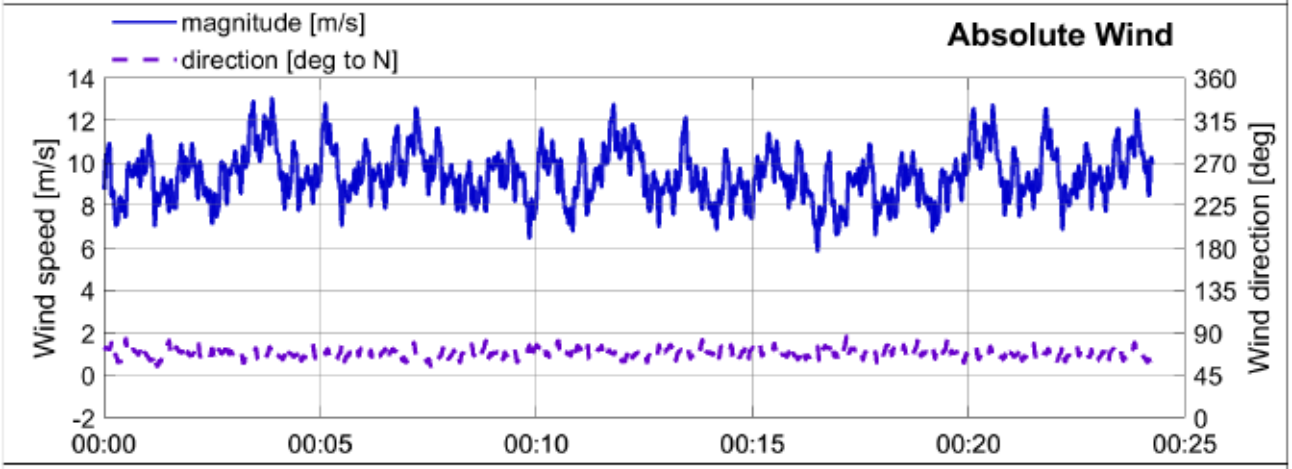
Omgevingscondities

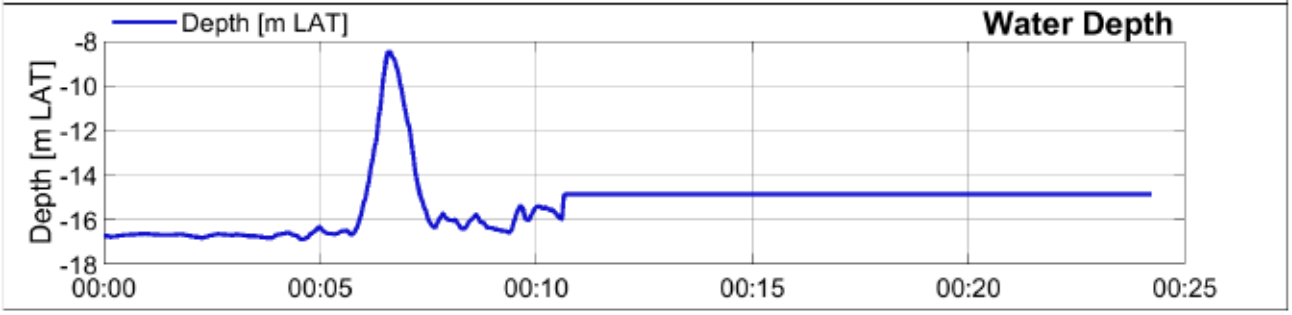
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 10	Wind: WZW5
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







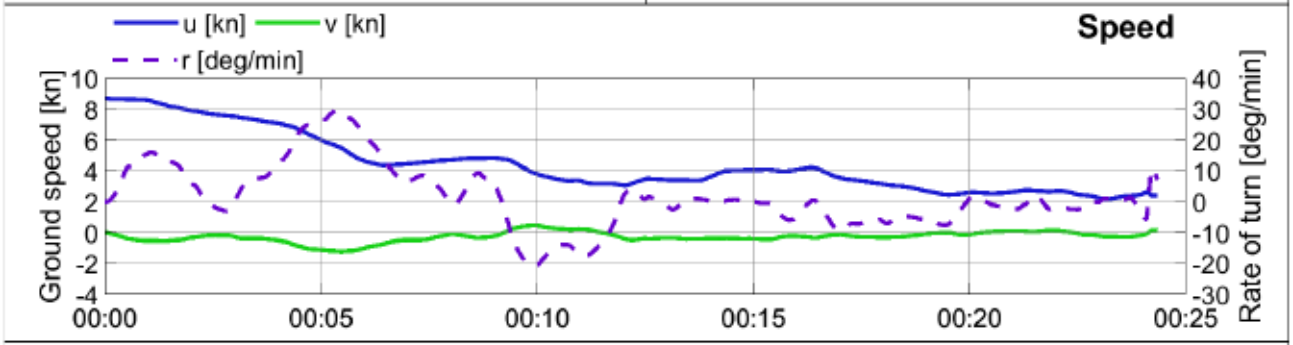


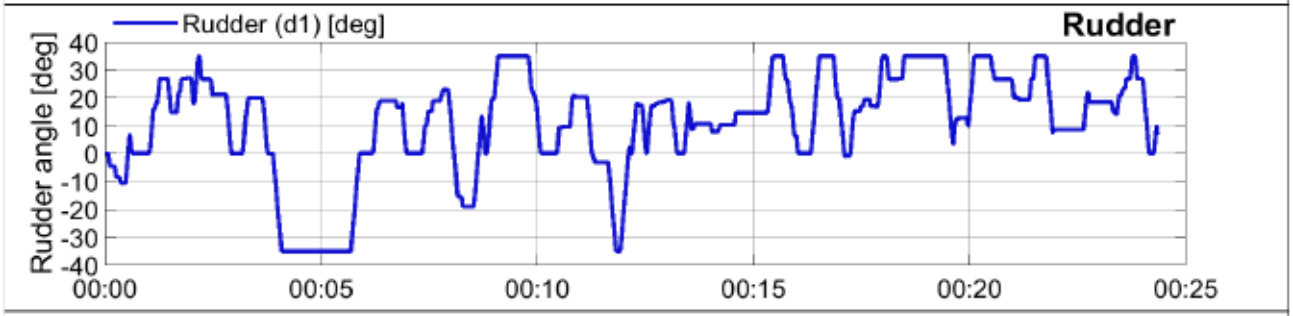
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

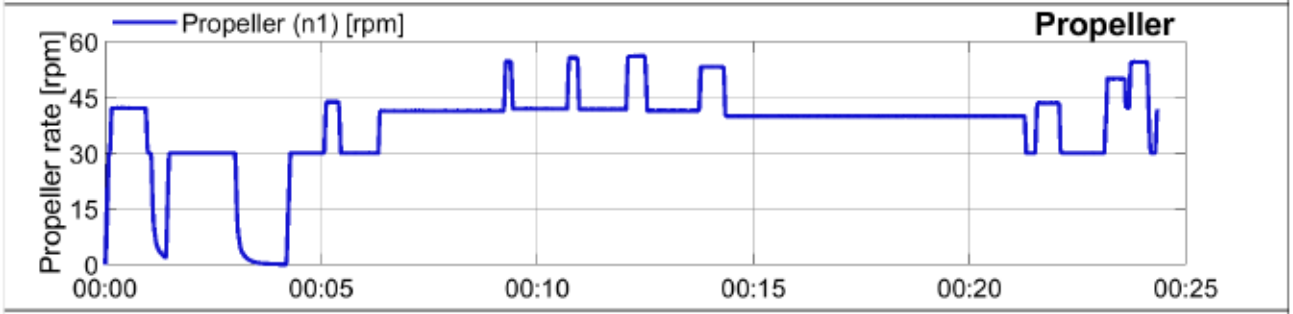
Manoeuvreereigenschappen

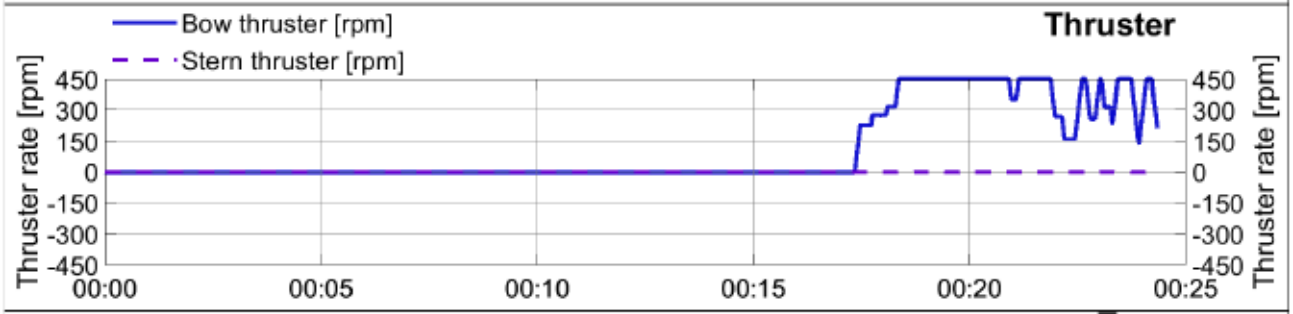
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

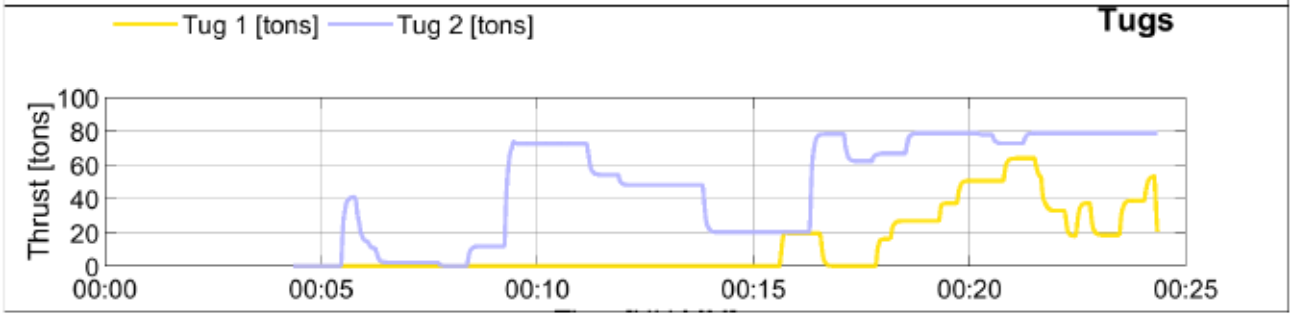
Simulatie: Buitenhaven V1 11	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -









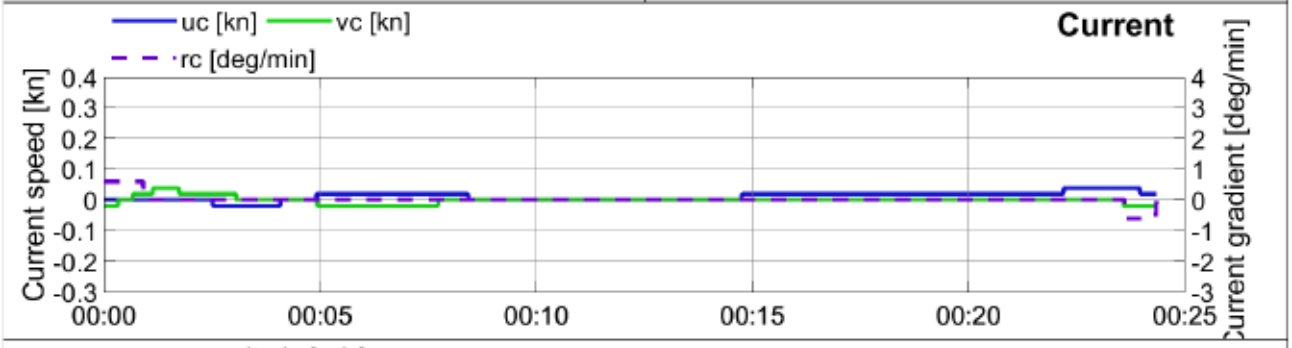


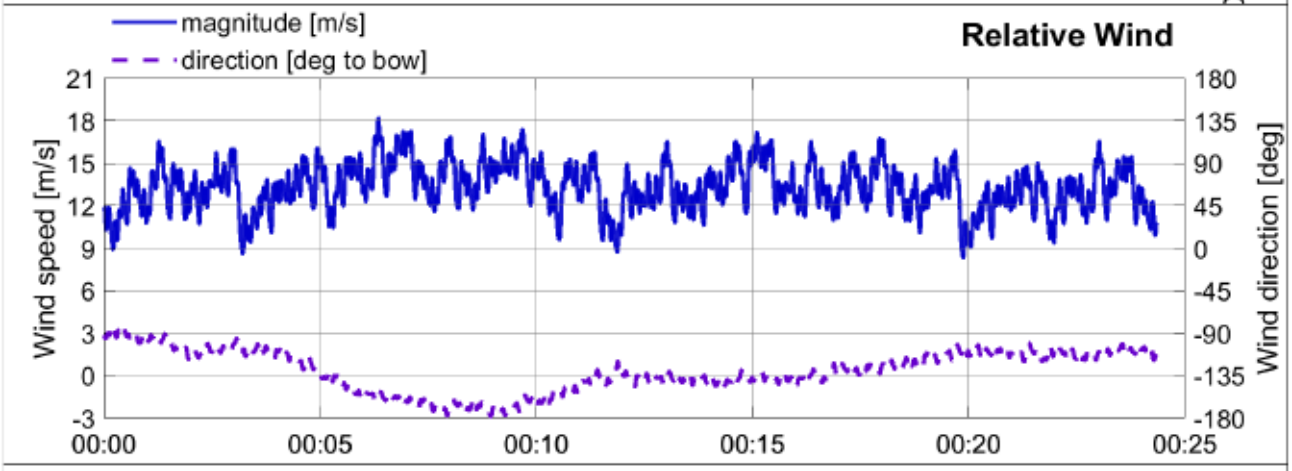
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

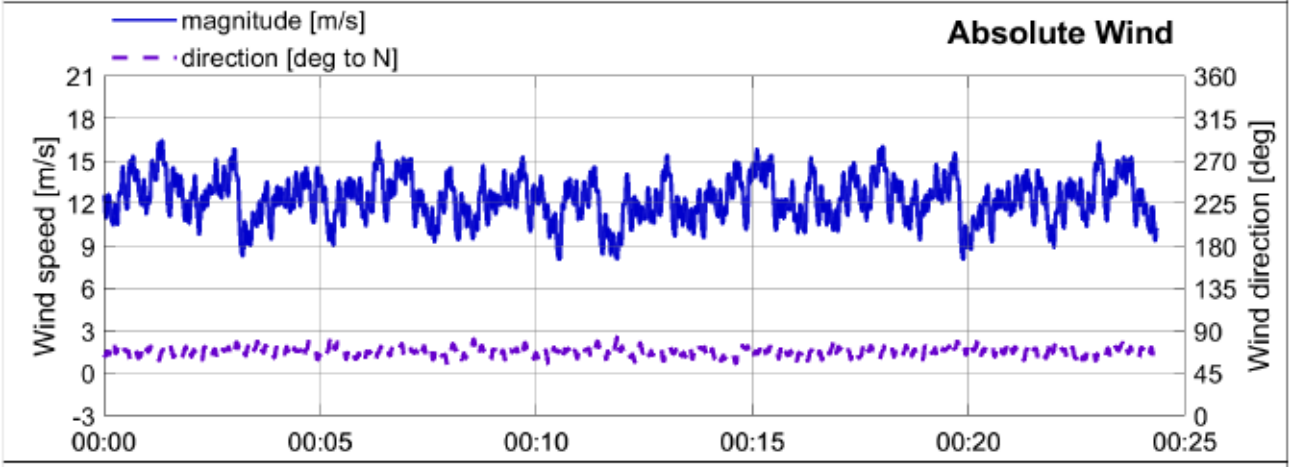
Omgevingscondities

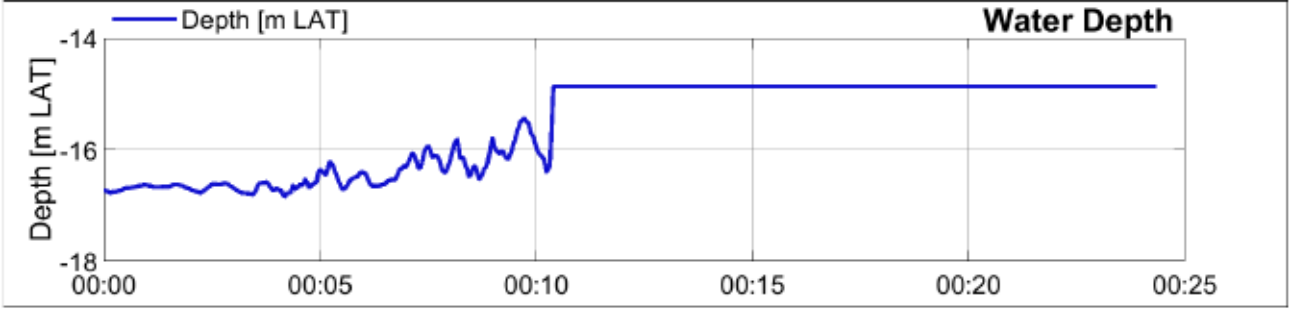
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 11	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: -







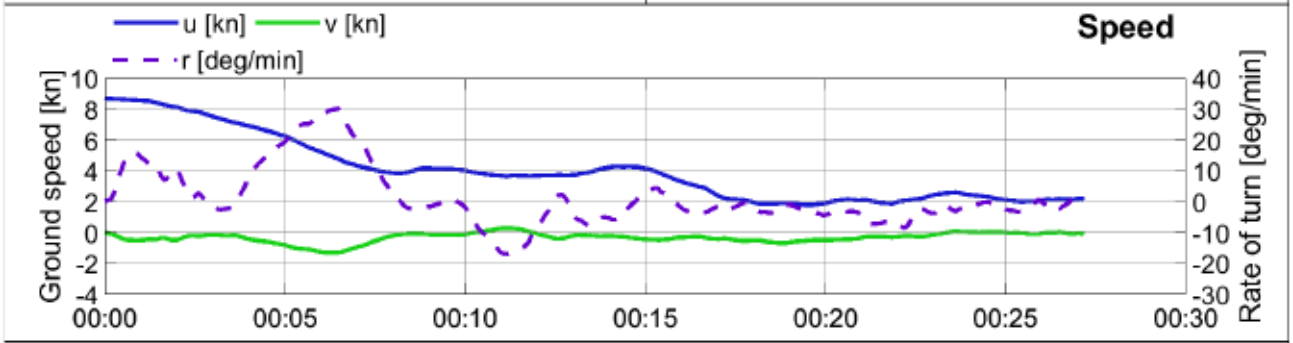


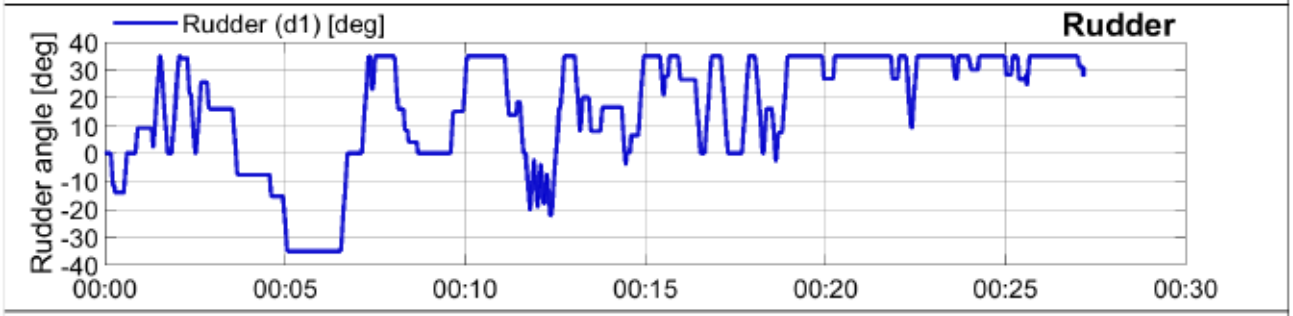
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

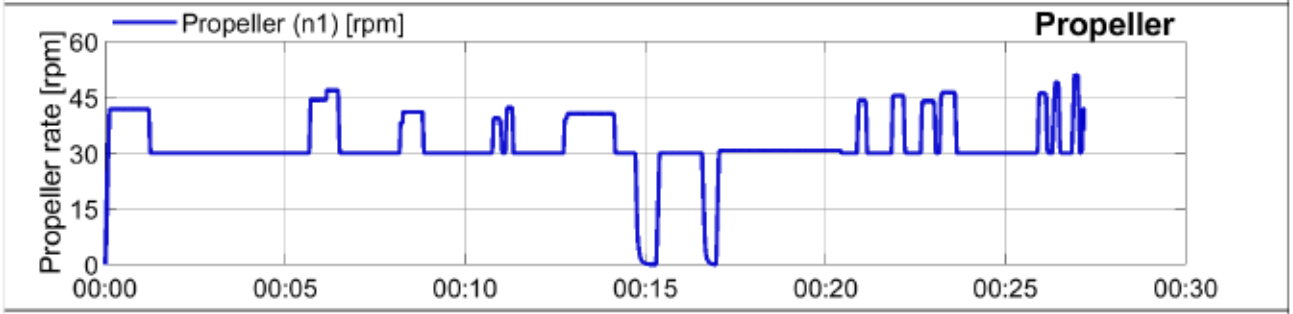
Manoeuvreereigenschappen

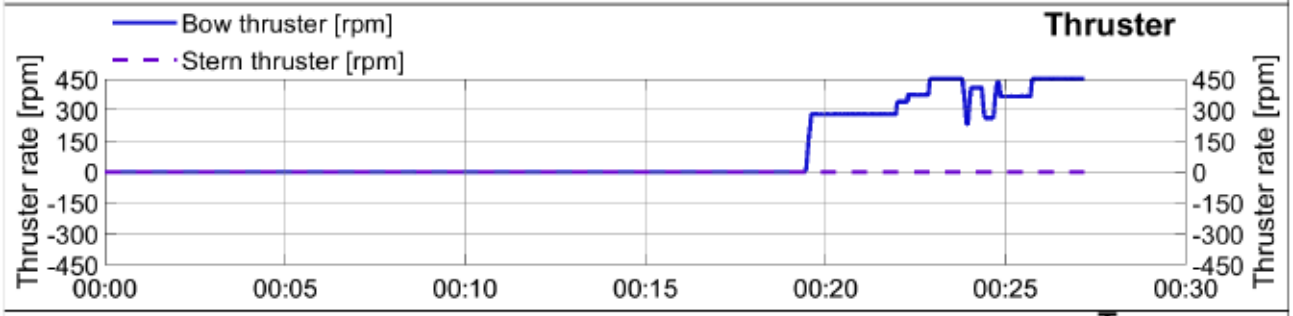
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

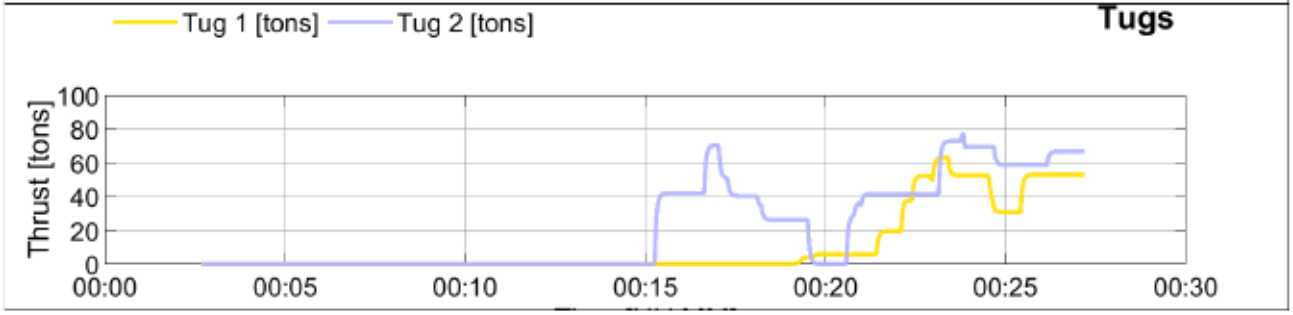
Simulatie: Buitenhaven V1 12	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









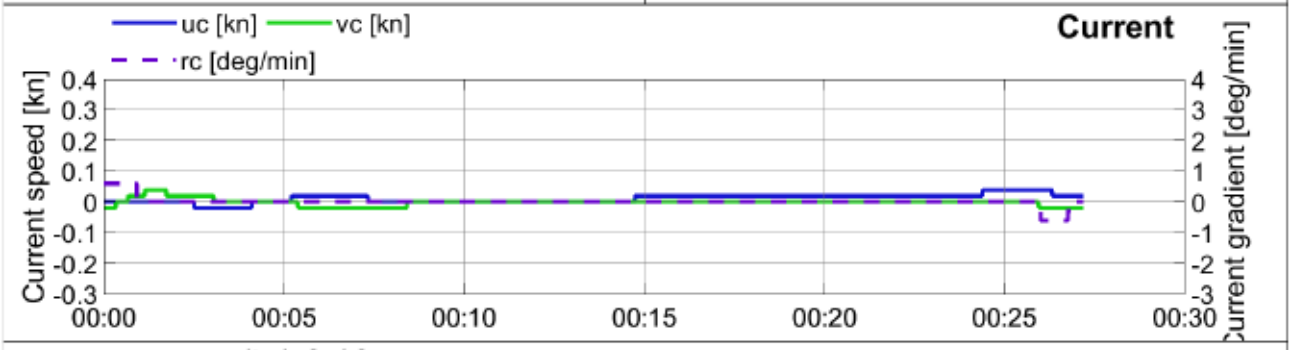


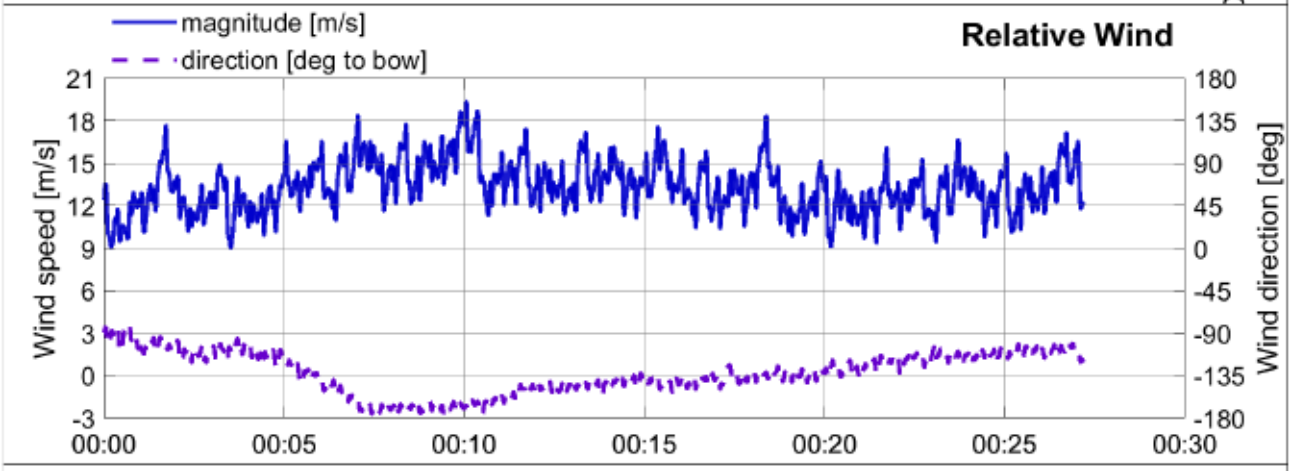
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

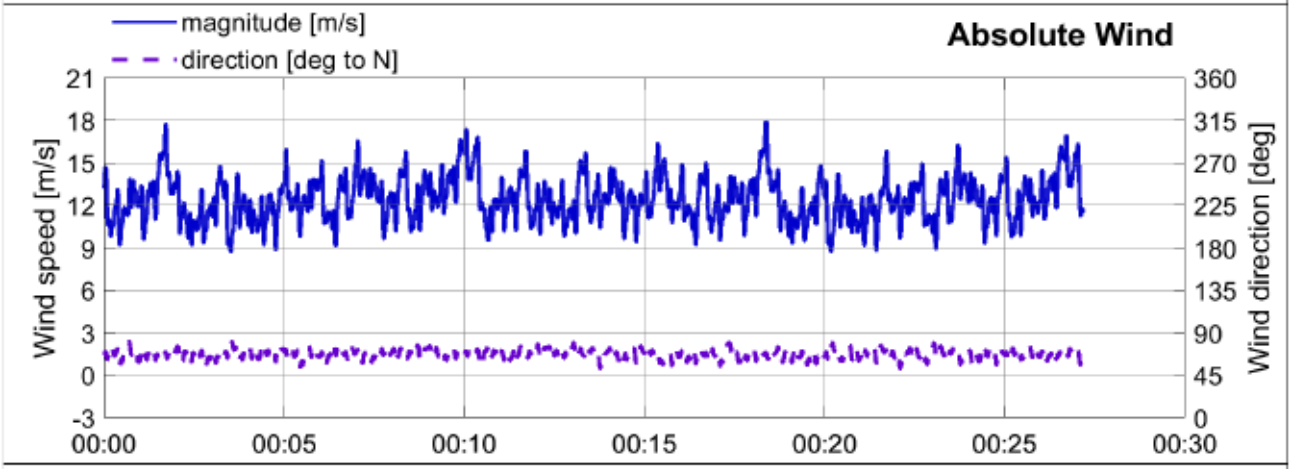
Omgevingscondities

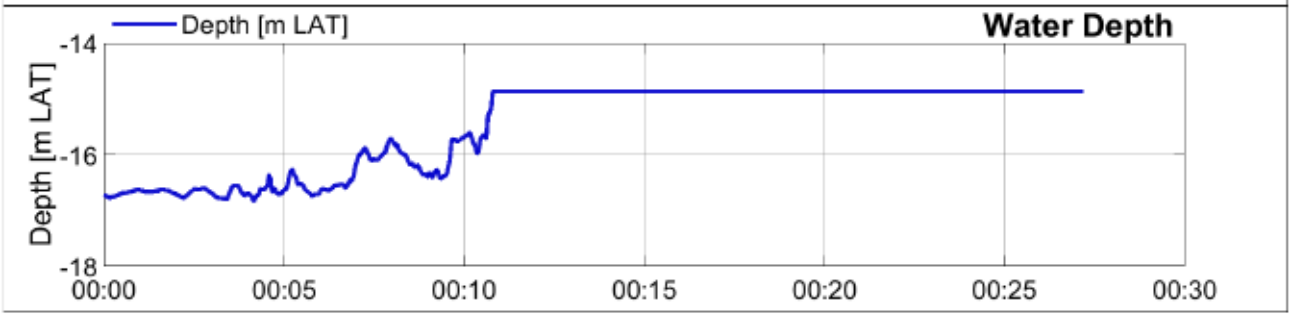
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 12	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m







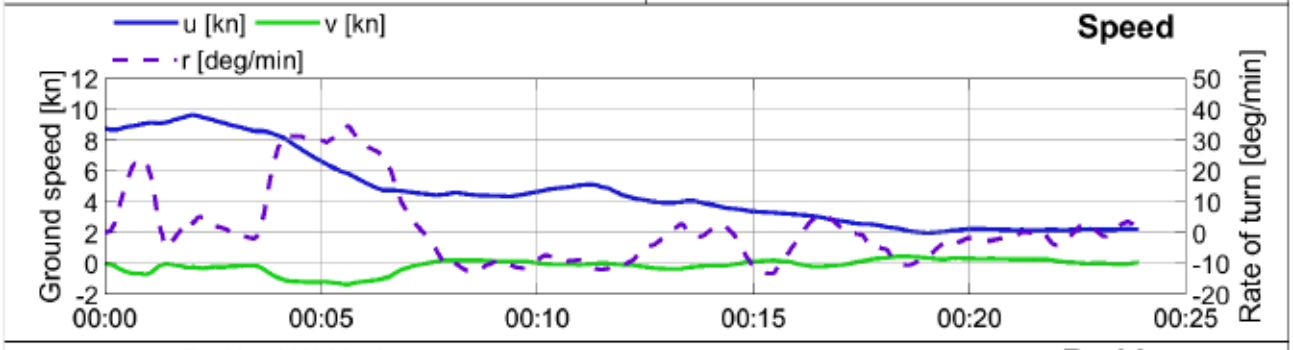


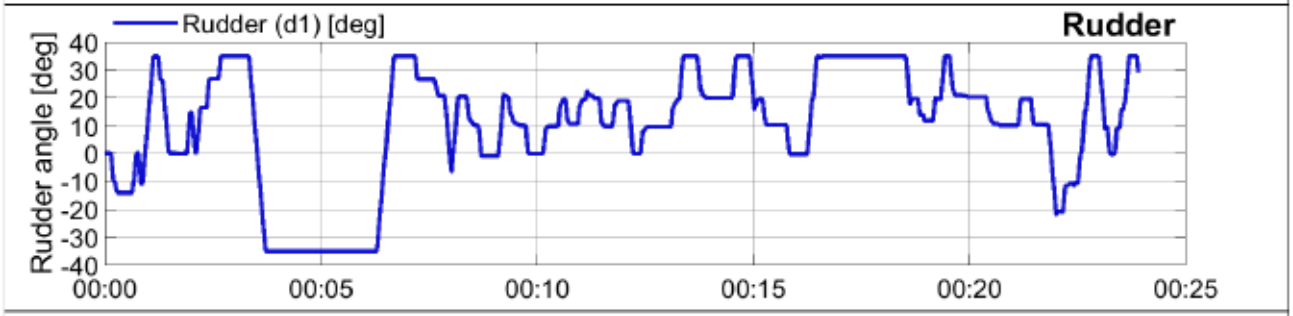
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

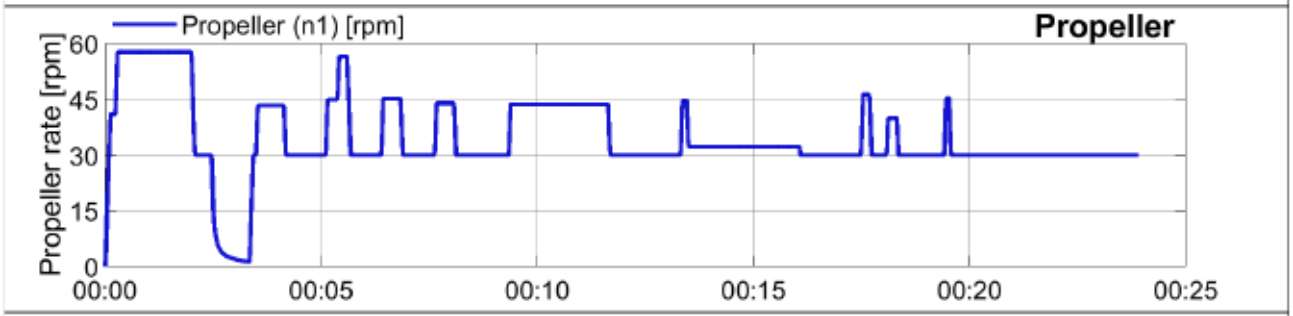
Manoeuvreereigenschappen

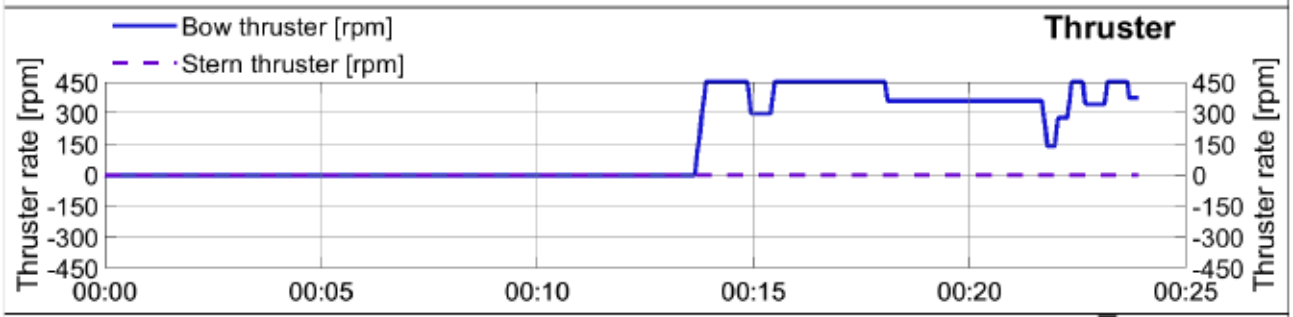
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

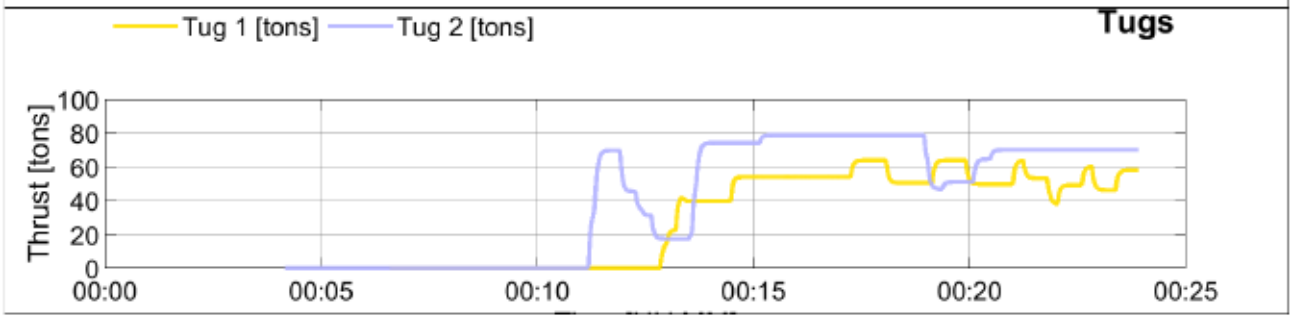
Simulatie: Buitenhaven V1 13	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









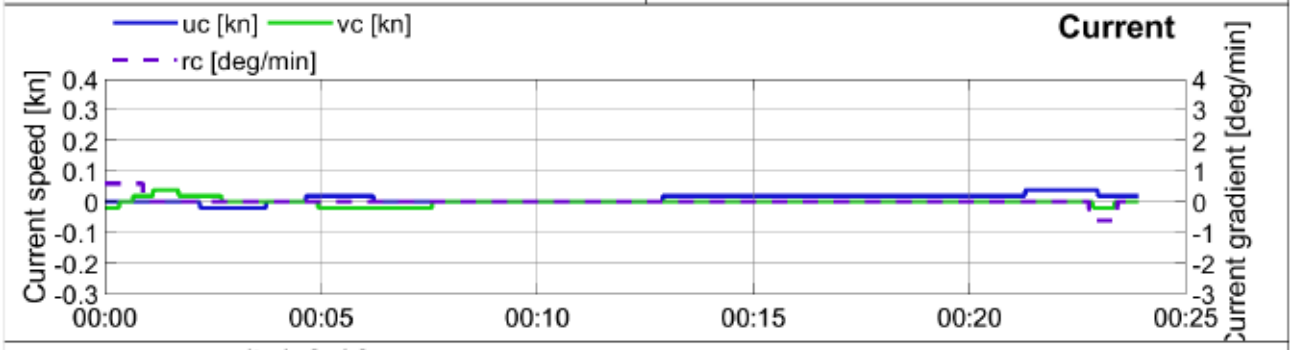


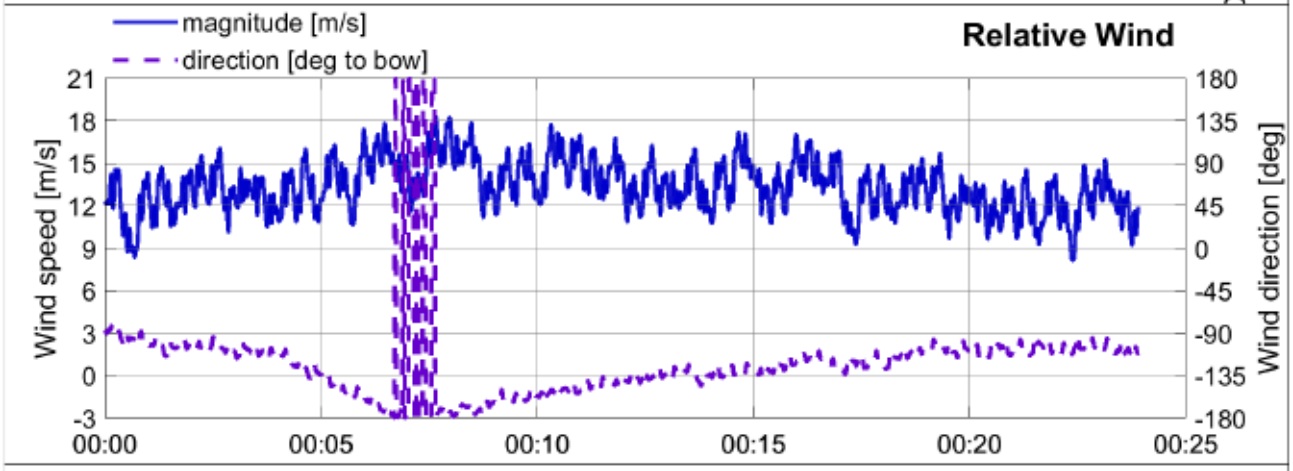
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

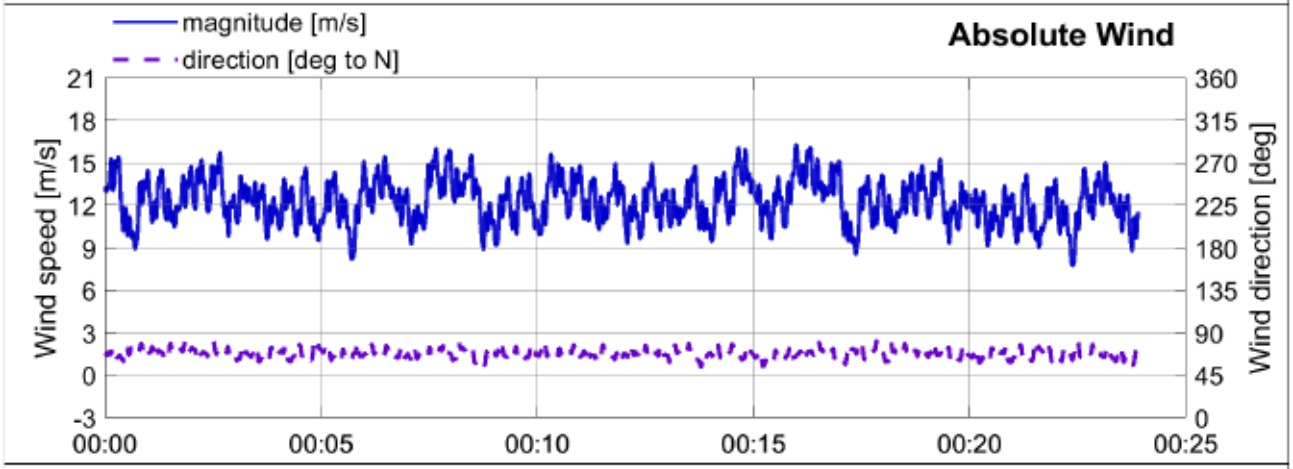
Omgevingscondities

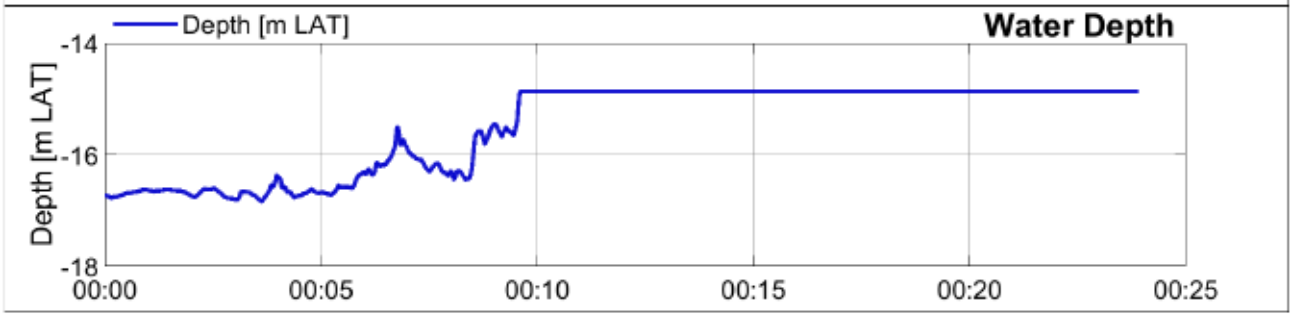
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 13	Wind: WZW6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m







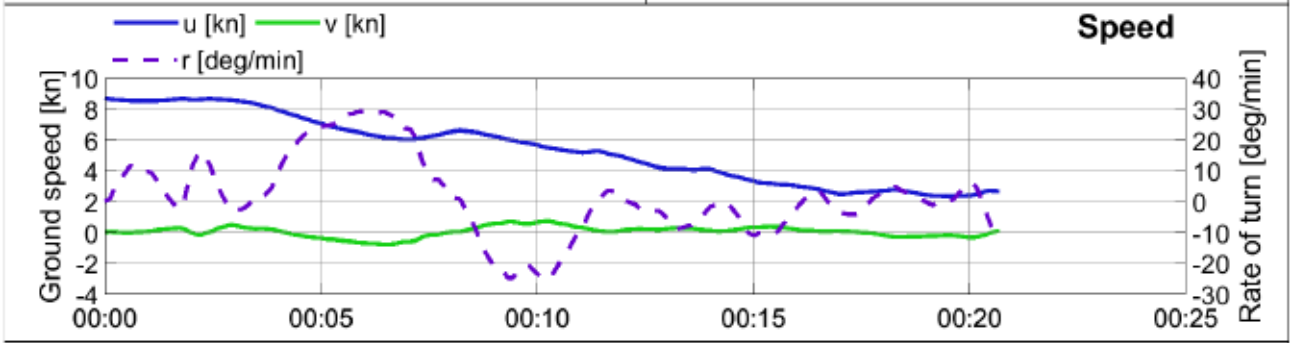


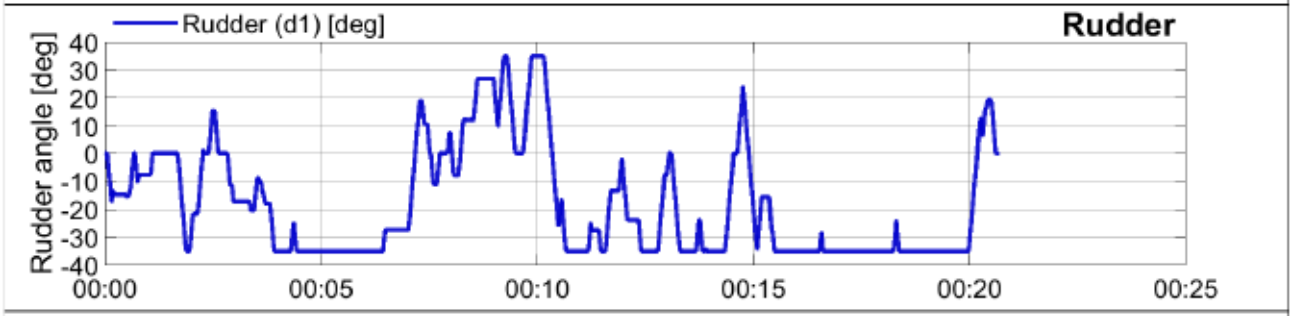
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

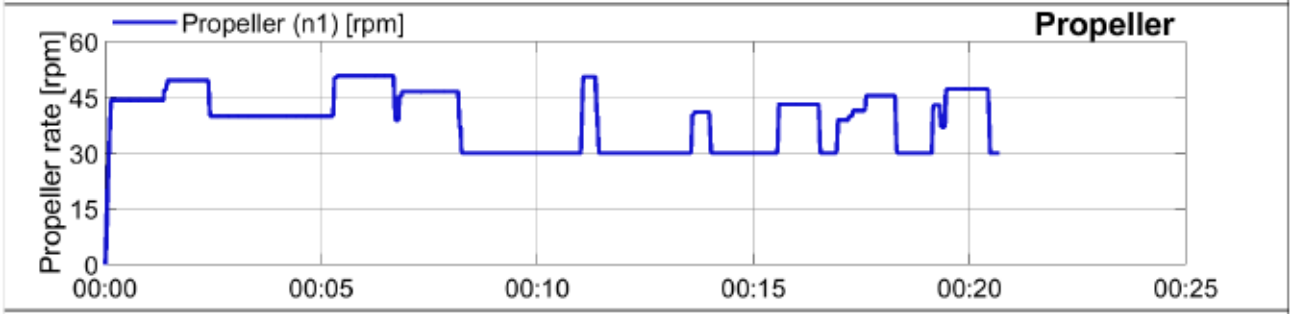
Manoeuvreereigenschappen

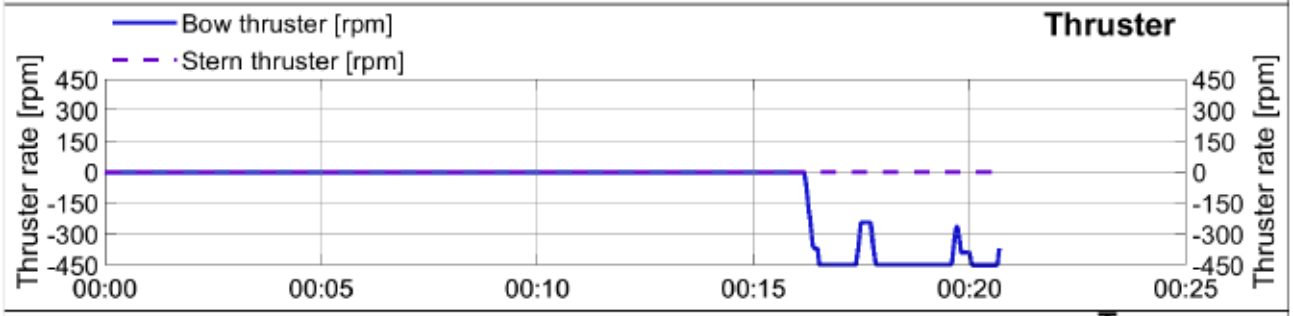
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

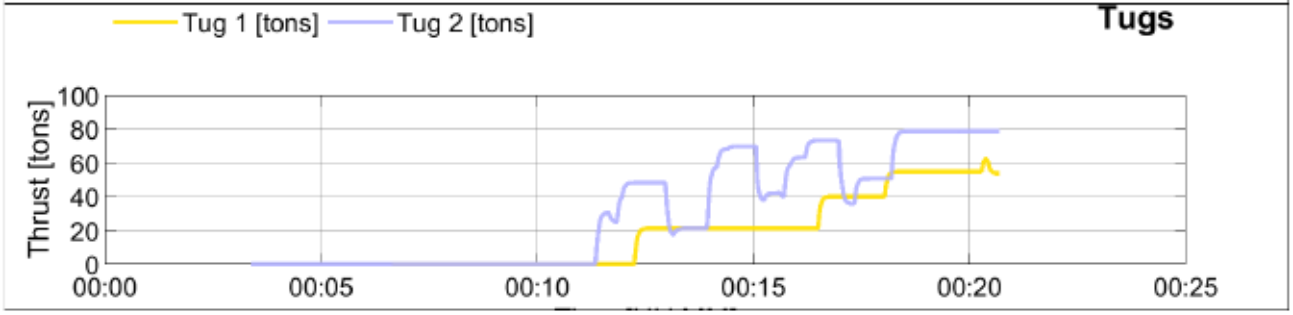
Simulatie: Buitenhaven V1 14	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









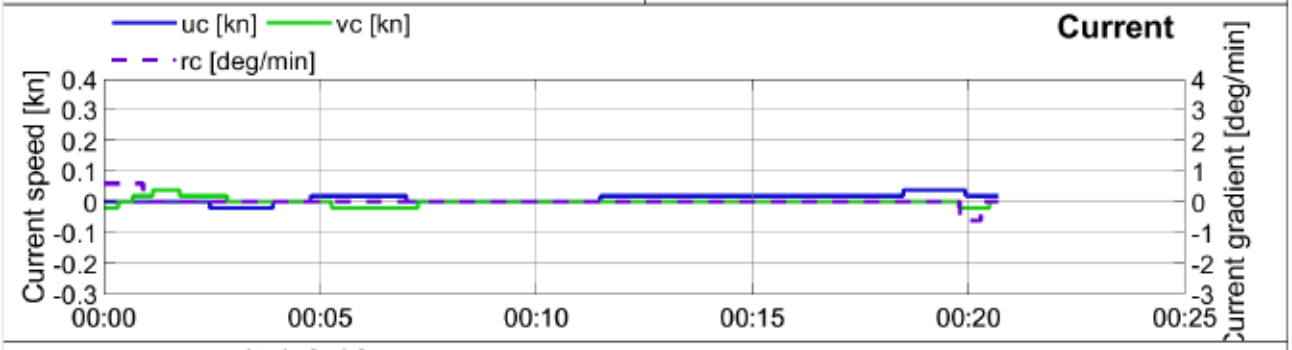


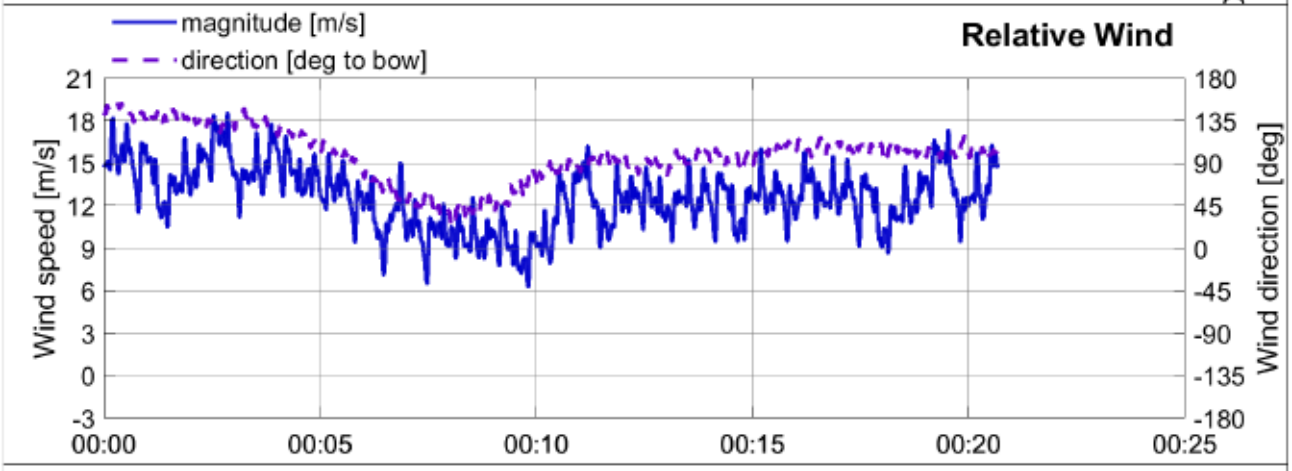
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

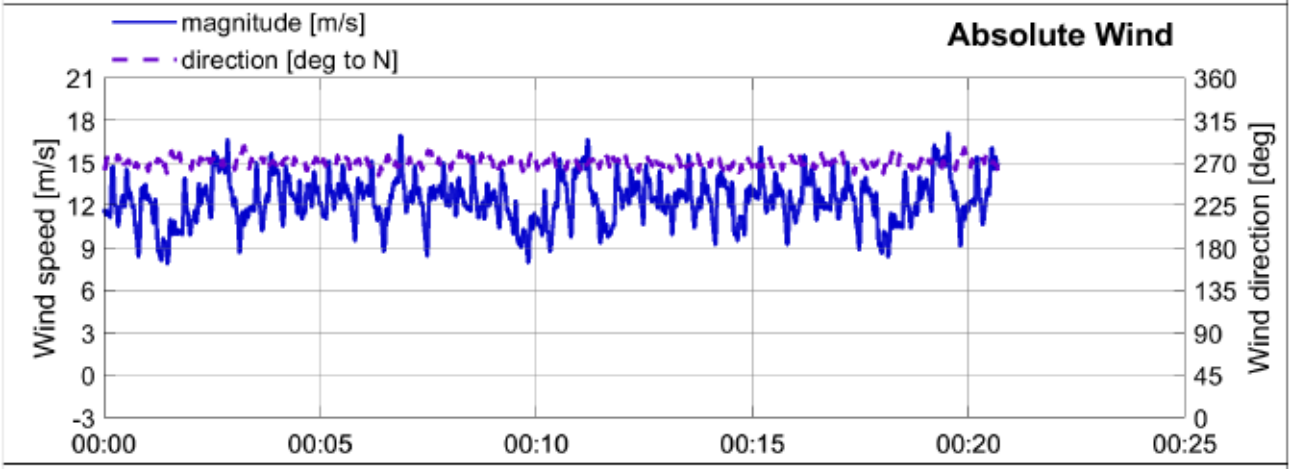
Omgevingscondities

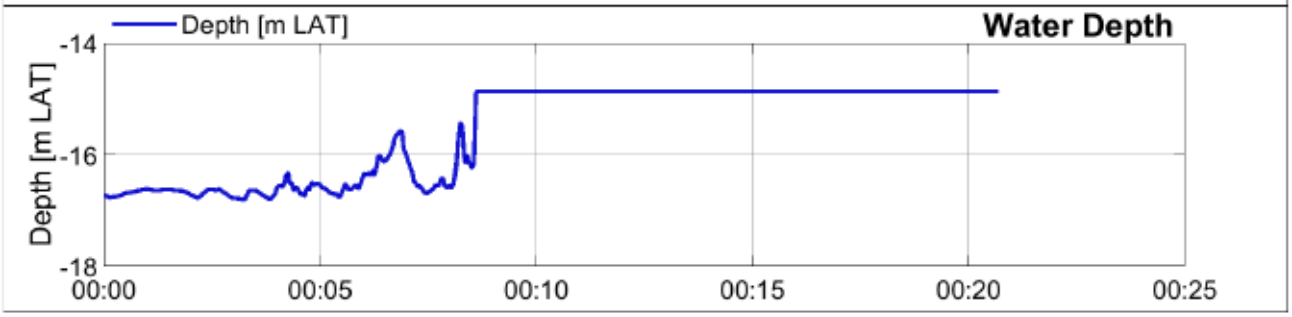
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 14	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m







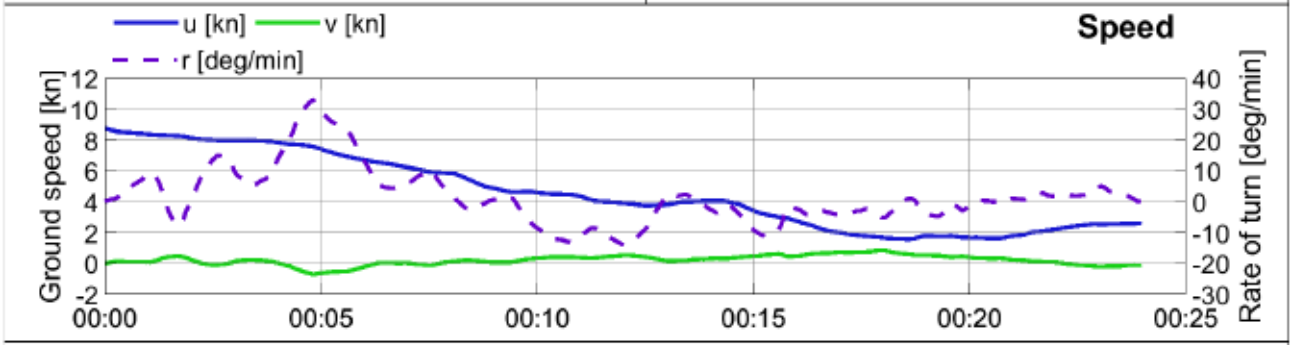


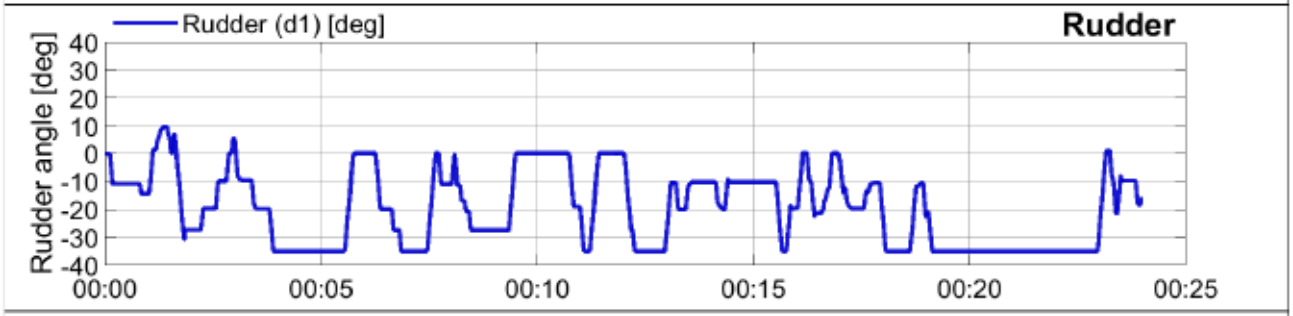
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

Manoeuvreereigenschappen

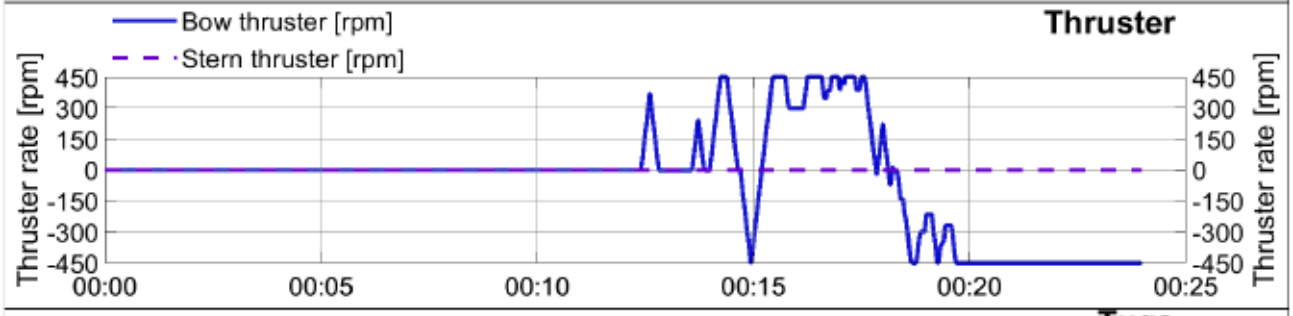
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

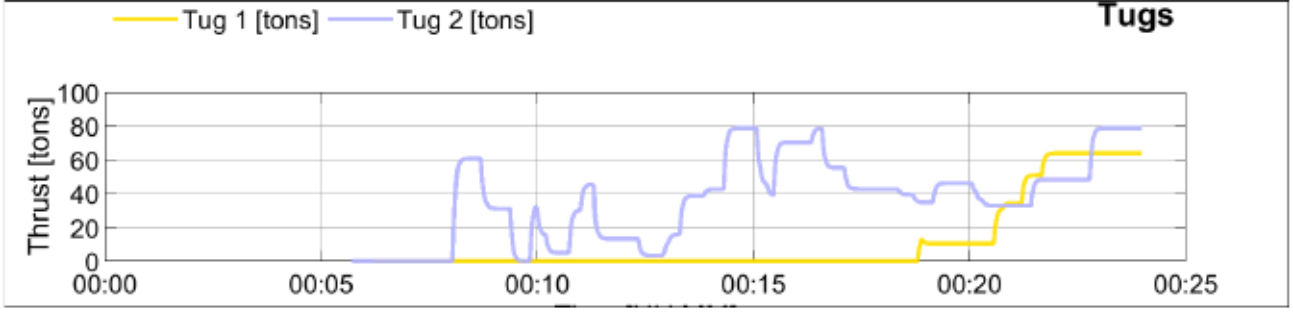
Simulatie: Buitenhaven V1 15	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 400 m









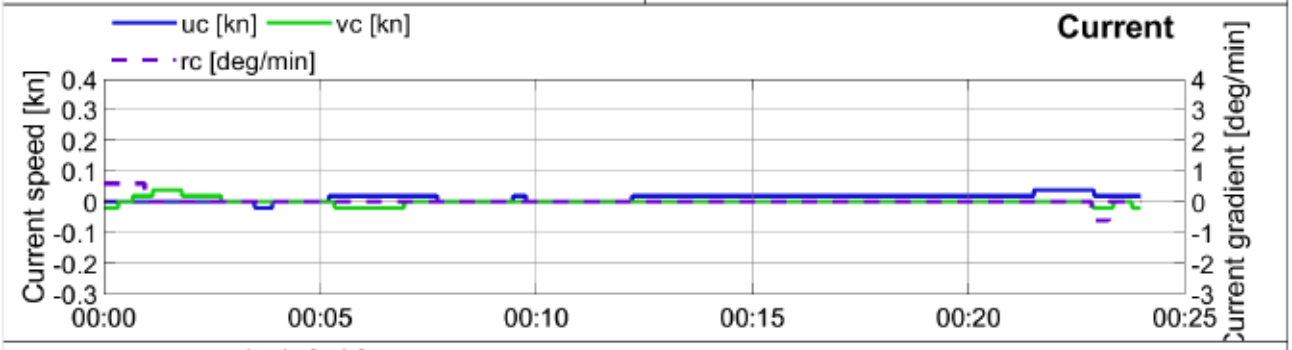


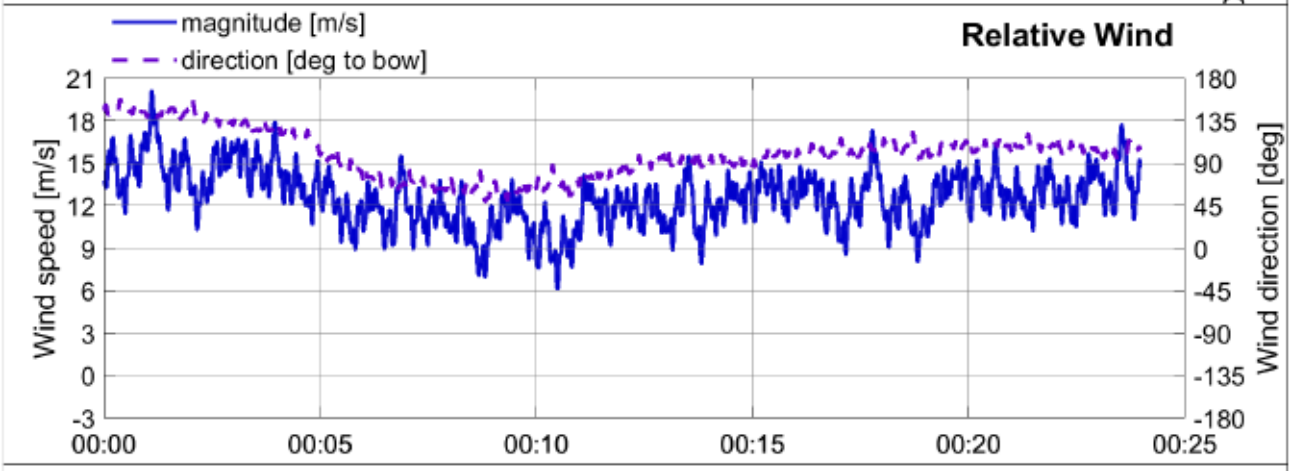
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

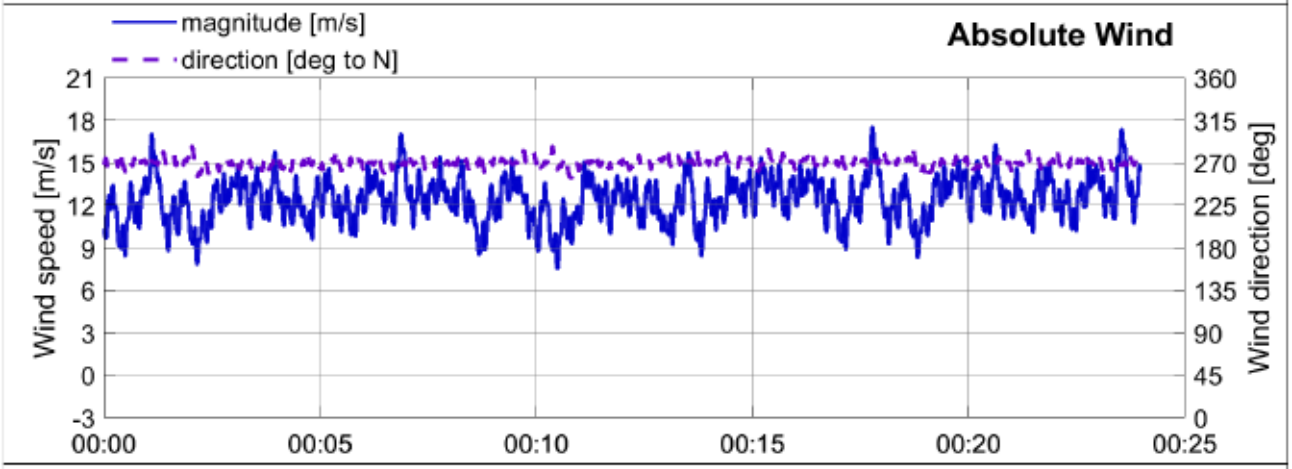
Omgevingscondities

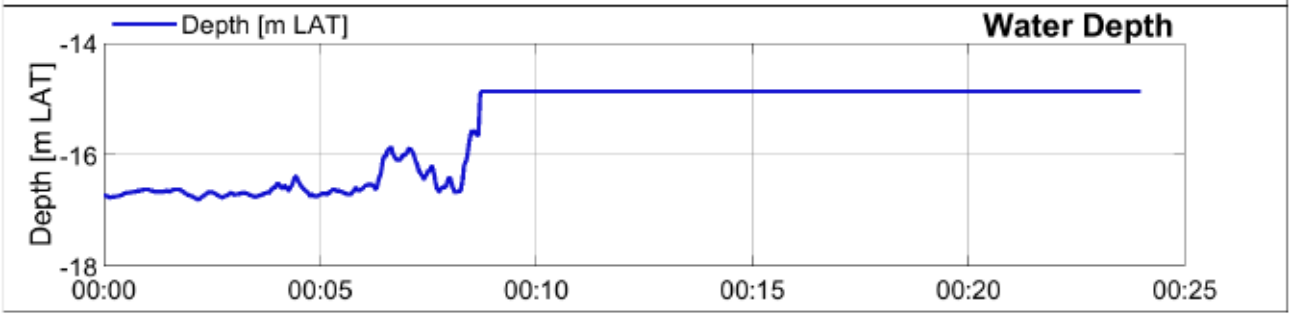
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 15	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 400 m







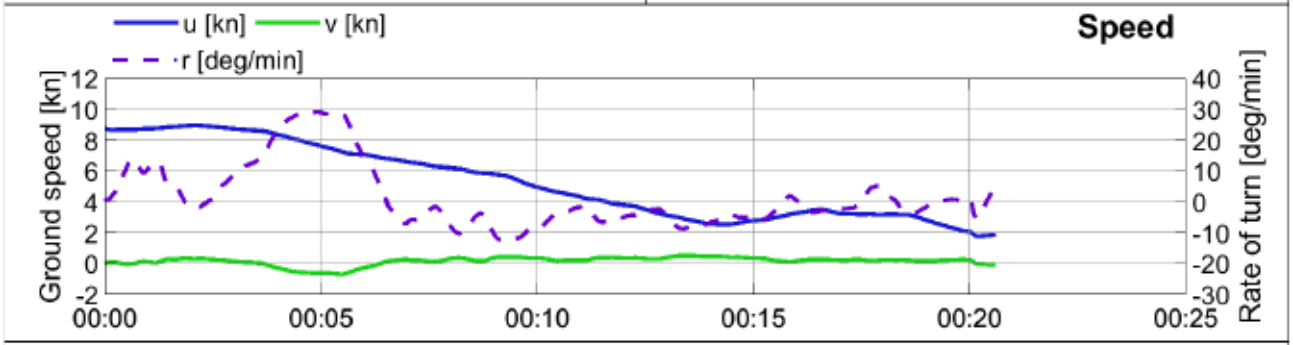


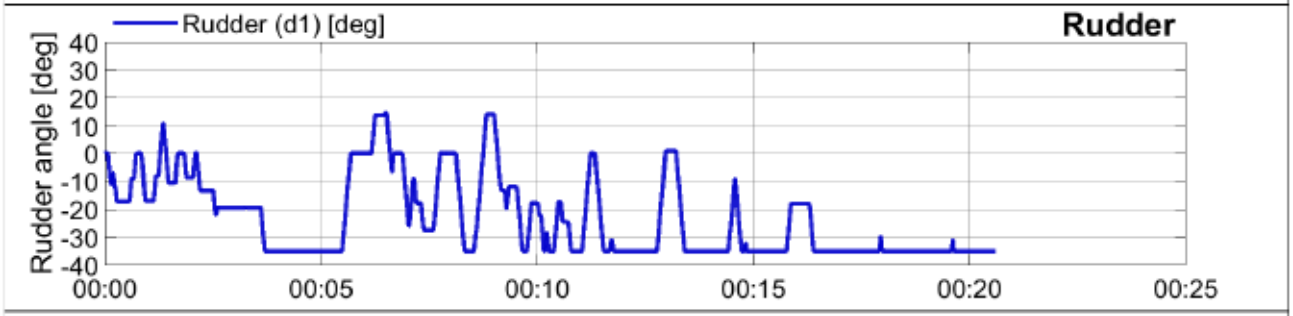
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

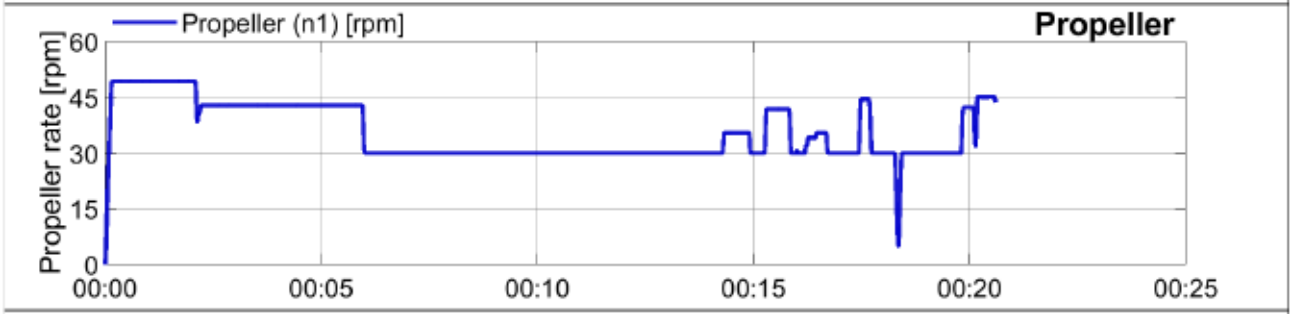
Manoeuvreereigenschappen

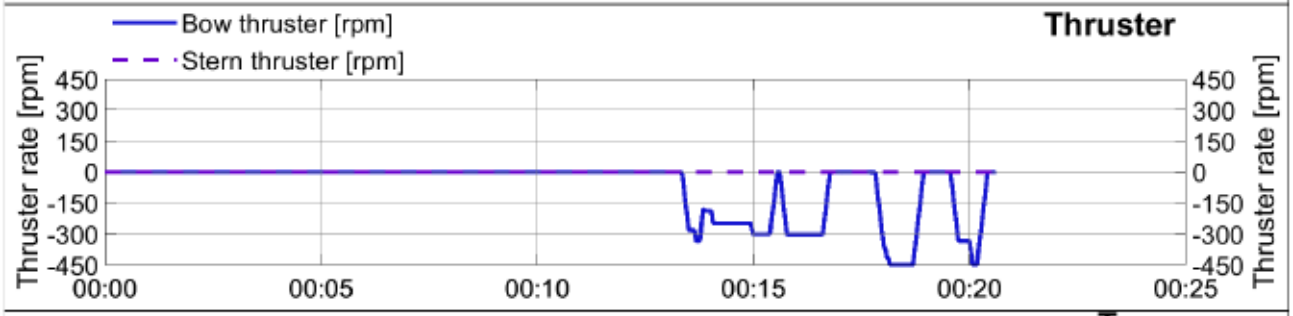
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

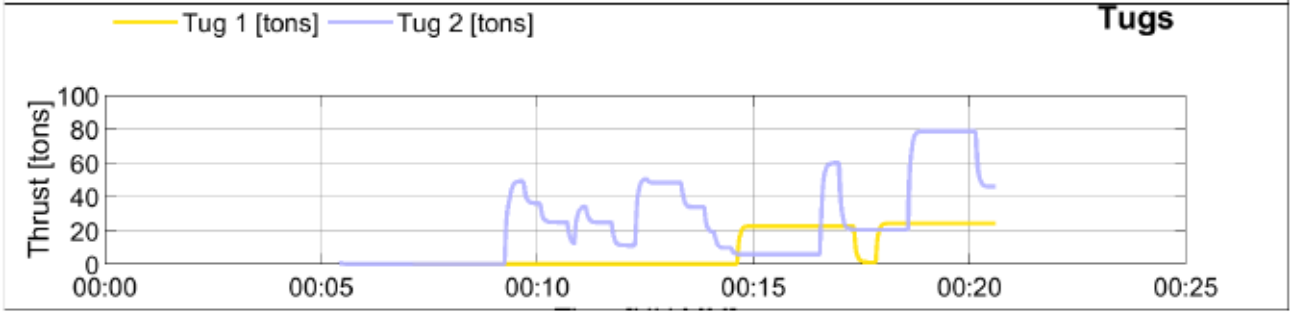
Simulatie: Buitenhaven V1 16	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









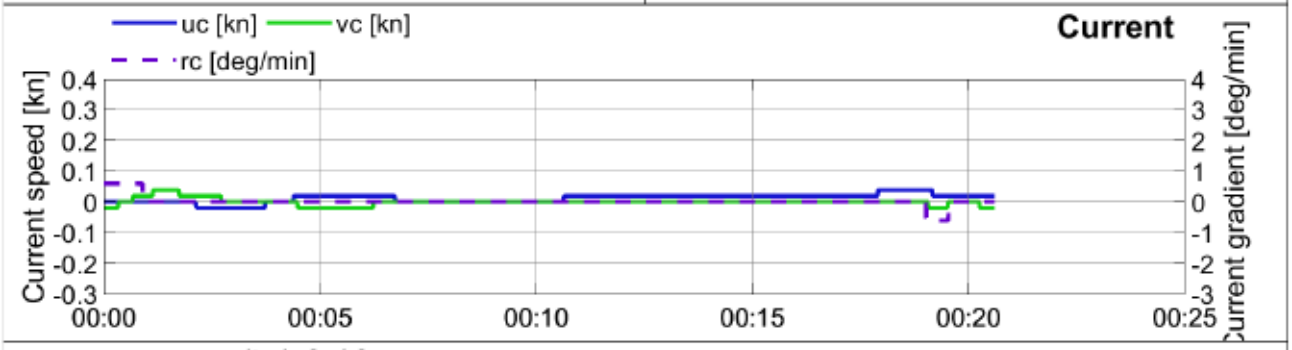


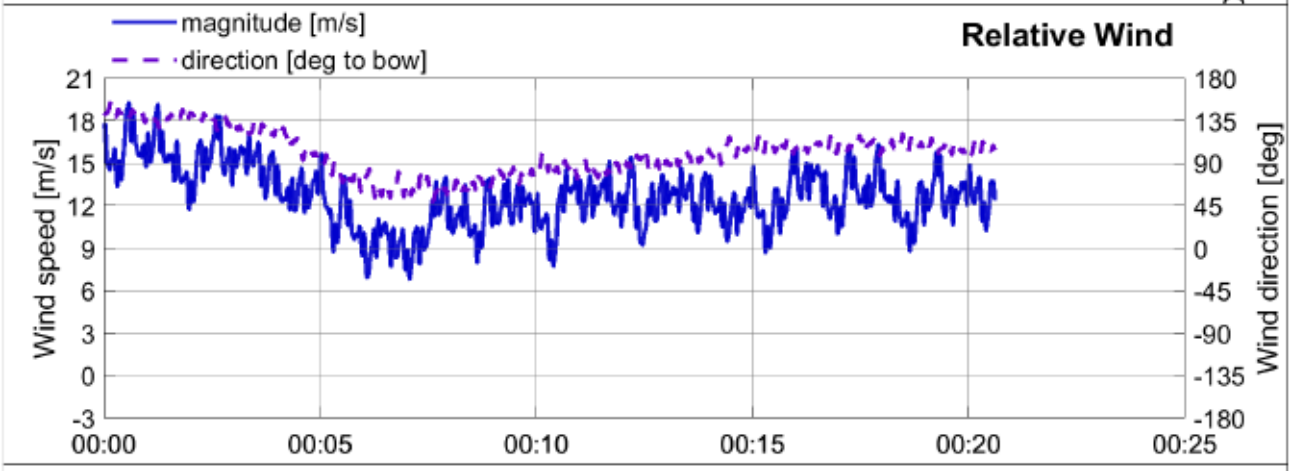
CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Varianten Visart

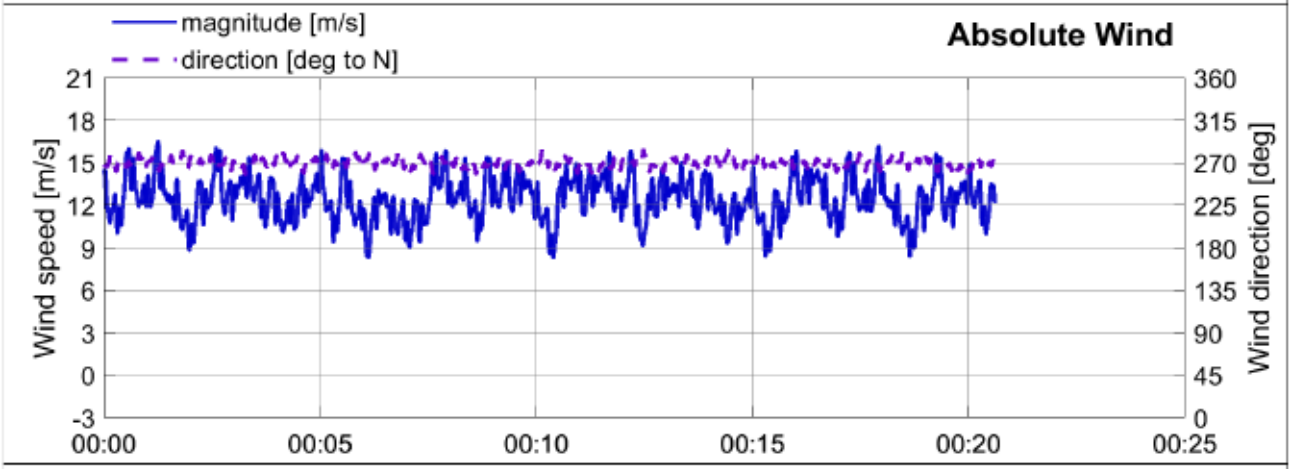
Omgevingscondities

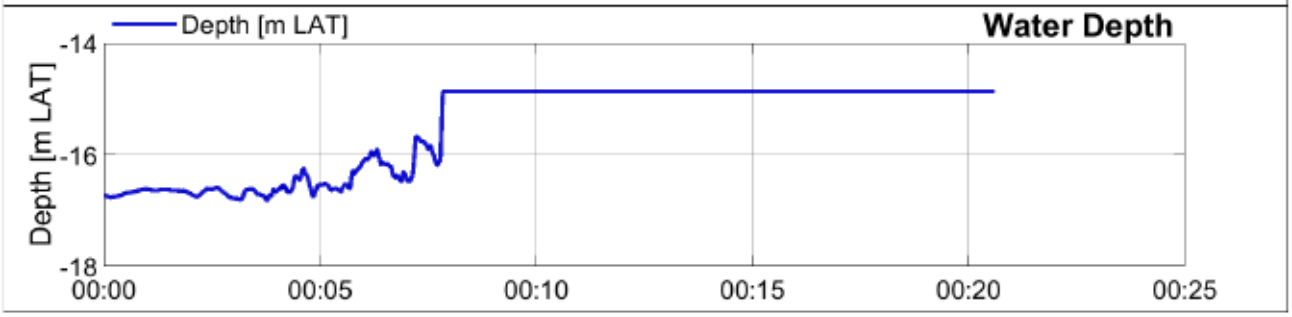
Car Carrier: L = 265 m; B = 40.0 m; T = 9.5 m Tugs: 65+80 tons

Simulatie: Buitenhaven V1 16	Wind: O6
Sluisinvaart	Getij: 6u30 naHW
Datum: 26/06/2020	Afgemeerd: B = 52 m
Project: 20 011	Geleiding: L = 200 m









Bijlage 3 Handleiding gebruik KMZ-bestanden

De uitgevoerde simulaties kunnen bekeken worden met animatie in Google Earth op basis van de bijgeleverde KMZ bestanden. Voor het bekijken van deze bestanden werd een korte Engelstalige manual opgesteld.

Install Google Earth (the version used for the images in this manual is a Dutch version)

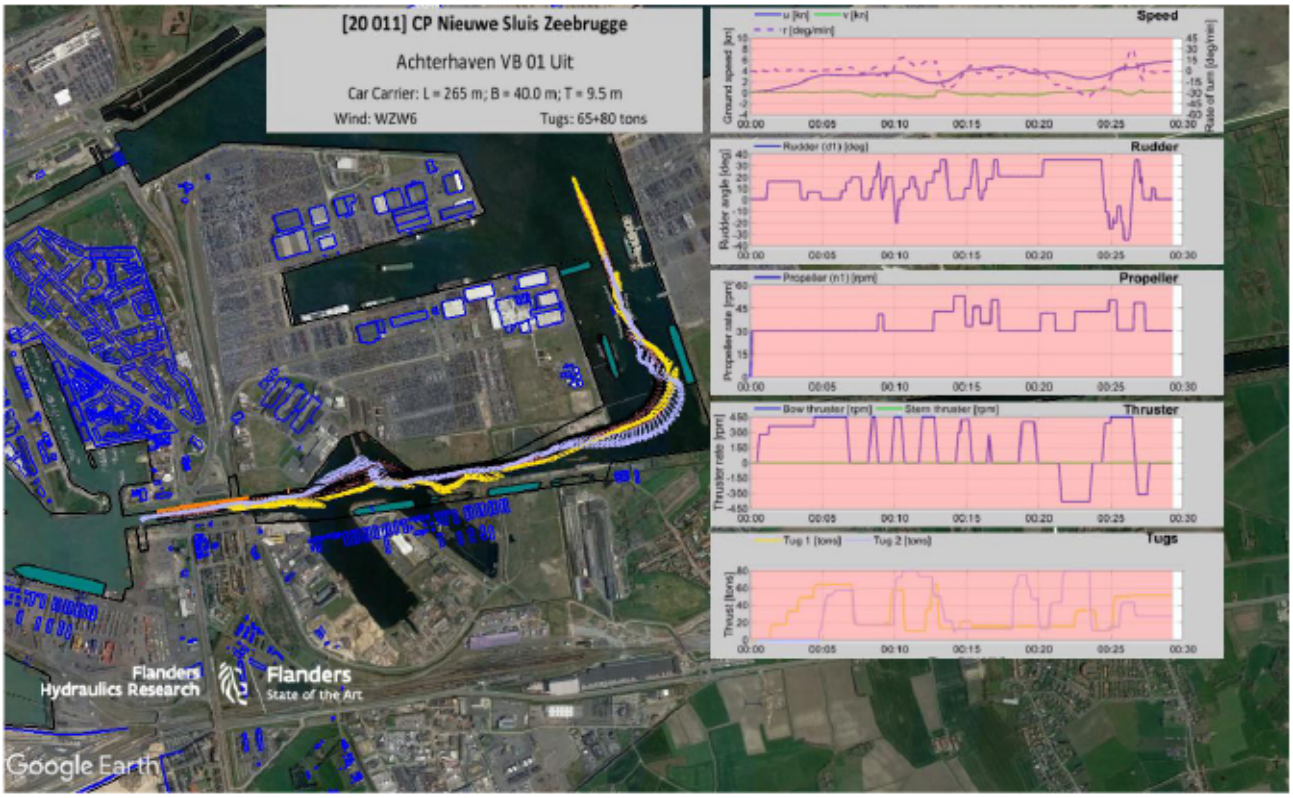
Go to Windows Explorer and double click on a selected KMZ file (or open it directly from the digital attachment in this report).

e.g. Achterhaven_VB_01_Uit_Manoeuvring.kmz

When opening the KMZ-file in Google Earth, a visualisation as shown in Figuur 38 is presented. The kmz-file provides the following information:

1. Track plot of simulated vessels, tugs (positions every 10 seconds) and moored vessels
2. Lineplot of environment and buoys present in the simulation environment
3. Collision of ship with constructions (in orange)
4. Overlay plot of metadata regarding the simulation (top center)
5. Overlay graphs with time evolution of the manoeuvring parameters (right side)

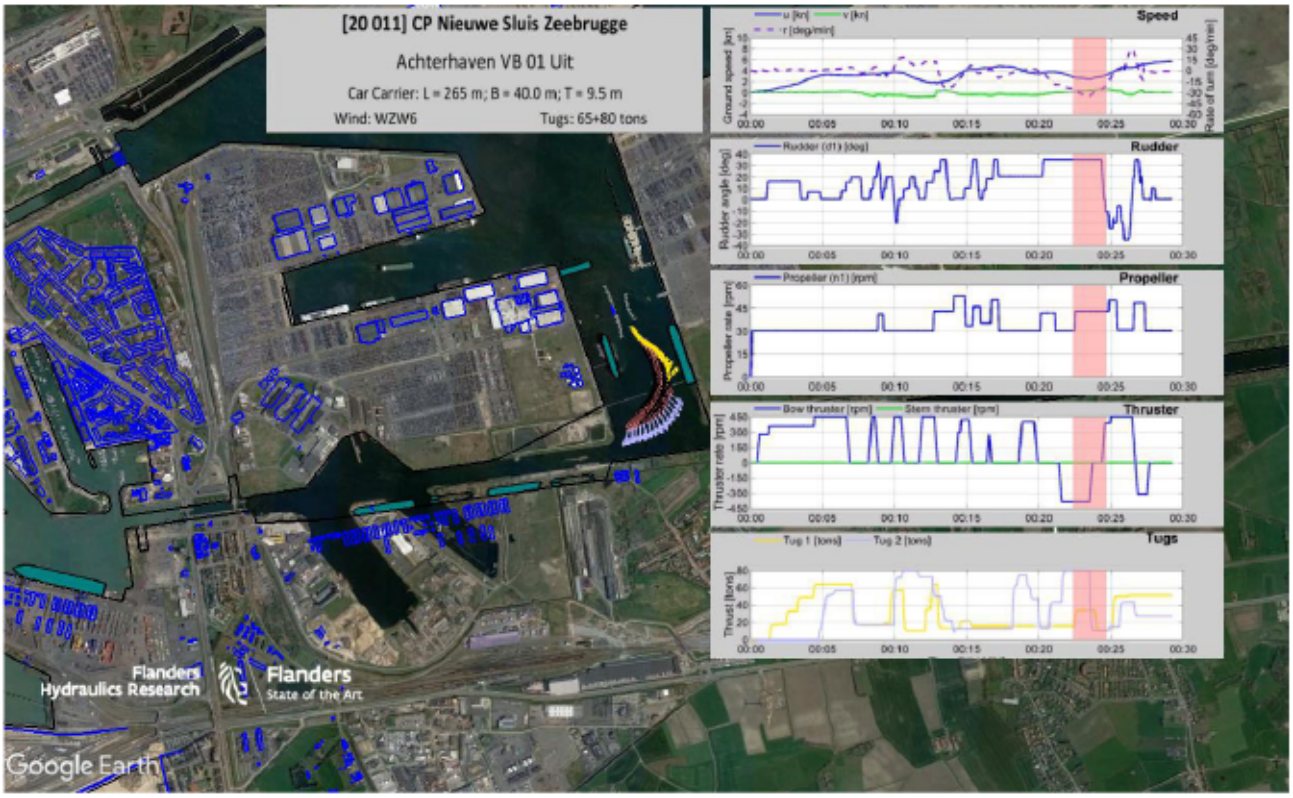
The different components of the KMZ file are presented in the left panel and can be opened using the pull down menu. You can toggle on or off the different components (such as the overlay graphs) in this menu.



Figuur 39 – Presentation of Achterhaven_VB_01_Uit_Manoeuvring.kmz in Google Earth Pro™ (full simulation)

In Figuur 38 the graphs of the different time series present a coloured overlay (in this case red) for the full execution time because the animation is presented from the start to the end of the simulation. If you use the slider on the top left location you can go back and forward on the graphs and also on the track (see Figuur 39).

The Graphs shown on the Google Earth presentation are the same graphs as presented in appendix 2 and described in §4.3.2 (Page 1 Manoeuvring conditions).

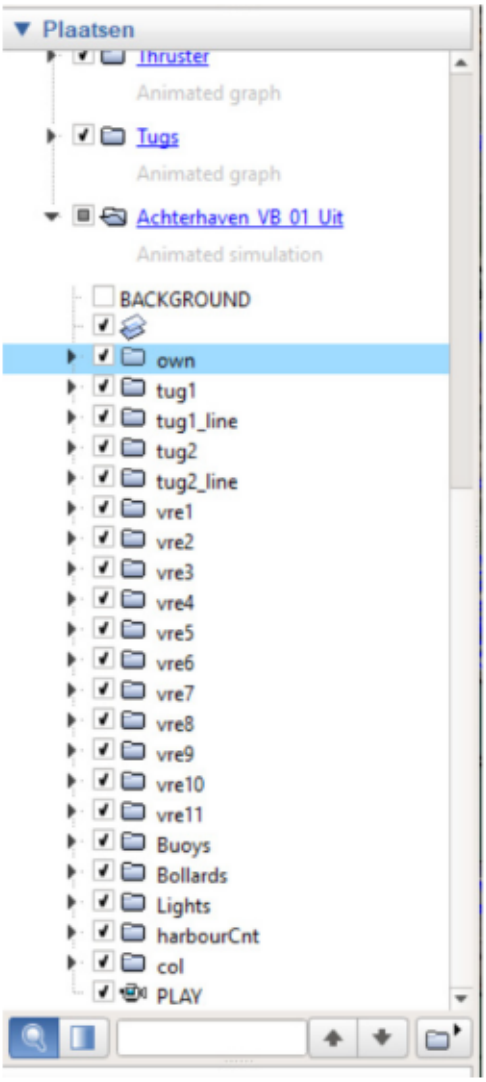


Figuur 40 – Presentation of Achterhaven_VB_01_Uit_Manoeuvring.kmz in Google Earth Pro™ (time selection)

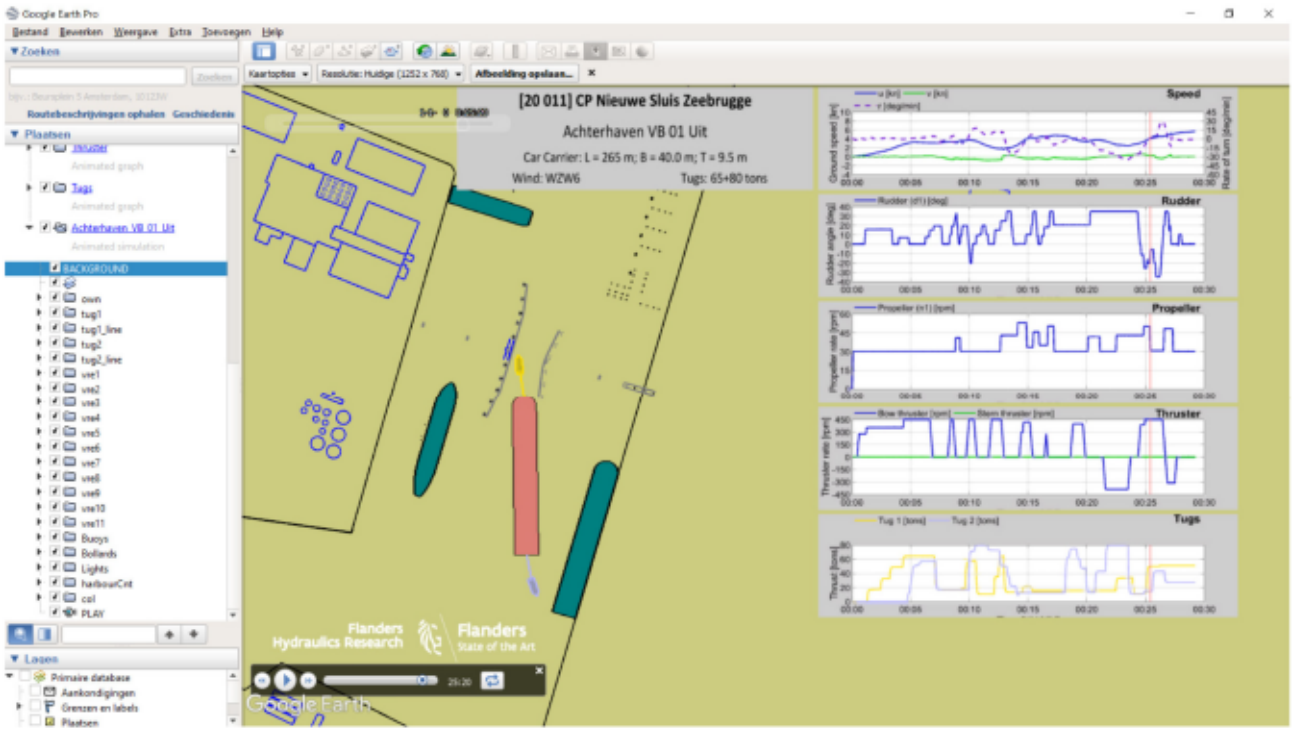
To clearly focus on the track of the own ship you can select the pull down list of the animated simulation and double click on "own" (see Figuur 40). Then the Google Earth presentation zooms to the track of the own ship.

Because the simulated environment differs from the actual environment it may be usefull to hide the background photo offered in Google Earth. To do so a background plane is included in the kmz-file. By default the background is disabled, but you can enable it by checking the box in the left panel (see Figuur 40).

In the pull down list of the animated simulation (see Figuur 40) there is also a PLAY button, by double clicking on this button the simulation replays with a vertical coloured line on the overlay graphs to show where you are in the graphs for the presented own ship on the Google Earth view. In the left bottom corner a play button and a time slider are presented (similar to a video player) and can be used for increasing the replay speed or for sliding through the animation (see Figuur 41).

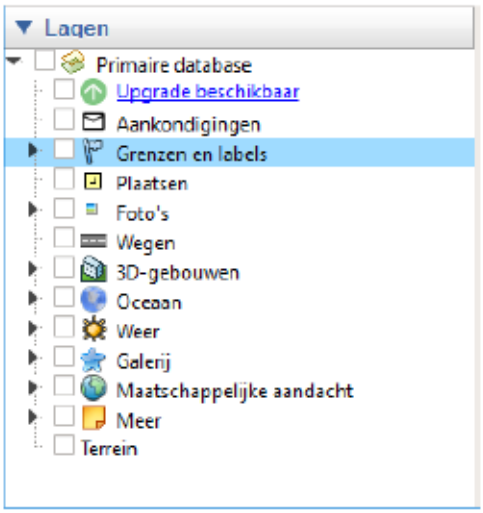


Figuur 41 – Presentation of the simulation trajectories in the left panel



Figuur 42 – Presentation of Achterhaven_VB_01_Uit_Manoeuvring.kmz in Google Earth Pro™ (PLAY functionality)

Google Earth™ also provides additional layers to be added to the visualisation screen. For presenting KMZ-files from simulations it is advised to toggle off all additional layers (especially *terrain*, see Figuur 42).



Figuur 43 – Layers menu in Google Earth™

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen
T +32 (0)3 224 60 35
F +32 (0)3 224 60 36
waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.waterbouwkundiglaboratorium.be