

Vlaanderen
is wetenschap

21_015_1
WL rapporten

Complex project
Extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen: Noordzeeterminal

Deelrapport 1
Project Noordzeeterminal: nautisch onderzoek

DEPARTEMENT
MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Complex project: Extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen: Noordzeeterminal

Deelrapport 1 – Project Noordzeeterminal: nautisch onderzoek

Eloot, K.; Verwilligen, J.; Mostaert, F.

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 2021
D/2021/3241/208

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Eloot, K.; Verwilligen, J.; Mostaert, F. (2021). Complex project: Extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen: Noordzeeterminal: Deelrapport 1 – Project Noordzeeterminal: nautisch onderzoek. Versie 5.0. WL Rapporten, 21_015_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Port of Antwerp	Ref.:	WL2021R21_015_1
Trefwoorden (3-5):	ULCS, realtime simulaties, Noordzeeterminal, Antwerpen		
Kennisdomeinen:	Havens en vaarwegen > Manoeuvreergedrag > Oevers > Simulaties Havens en vaarwegen > Scheepsbeweging > Ontwerp Vaarweg en haven > Simulaties		
Tekst (p.):	35	Bijlagen (p.):	49
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Eloot, Katrien

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Verwilligen, Jeroen	Getekend door:Jeroen Verwilligen (Signat Getekend op:2021-08-31 15:55:22 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Jeroen Verwilligen
Projectleider:	Eloot, Katrien	Getekend door:Katrien Eloot (Signature) Getekend op:2021-08-24 15:24:18 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Katrien Eloot

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F. Voor het afdelingshoofd, afwezig Patrik Peeters, Ingenieur, belast met de leiding van de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium	Getekend door:Stefan Geerts (Signature) Getekend op:2021-08-26 10:37:29 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Stefan Geerts

Abstract

In het kader van het complex project Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit (ECA) in het havengebied Antwerpen is er een project gedefinieerd waarbij de Noordzeeterminal wordt verlengd met één ligplaats voor een ontwerpschip van 400 m lengte op 61.5 m breedte. Er werd een realtime simulatiestudie uitgevoerd op twee dagen in samenwerking met Vlaamse en Nederlandse loodsen en sleepbedrijven. Twee scenario's (SC1 doorgaande kade, SC2 ingesprongen kade) werden onderzocht met variërende stroom- en windcondities. Uit de simulaties blijkt dat een doorgaande kade te verkiezen is waarbij echter de afstand tussen de manoeuvreerruimte voor het afmeren van het schip met sleepboten en de doorgaande vaart in en uit de Zandvlietsluis belangrijk is.

Inhoudstafel

Abstract III
Inhoudstafel V
Lijst van de tabellen VI
Lijst van de figuren VII
1 Inleiding 1
2 Simulatieomgeving en simulatieprogramma 4
2.1 Bepaling van de te simuleren scenario's 4
2.2 Bepaling van het ontwerpschip 5
2.3 Ontwikkeling van de simulatieomgeving 6
2.3.1 Opstellen van het driedimensionaal (3D) beeld van scenario 1 en scenario 2 6
2.3.2 Opstellen van de invoerbestanden voor de simulaties 6
2.4 Simulatieprogramma 9
2.4.1 Parameters 9
2.4.2 Simulatieprogramma 9
3 Analyse 11
3.1 Opvaart met zwaaien 12
3.2 Afvaart met zwaaien 21
3.3 Opvaart zonder zwaaien 25
3.4 Afvaart zonder zwaaien 29
4 Conclusies 30
4.1 Operationele randvoorwaarden 30
4.2 Vereisten voor geoptimaliseerde layout van uitbreiding 31
Referenties 35
Bijlage 1 Expert judgement afgemeerde schepen (Universiteit Gent) B1
Bijlage 2 Pilot card 400 m op 61.5 m ULCS B3
Bijlage 3 Manual voor de KMZ presentaties B7
Bijlage 4 Feedback B10
Bijlage 5 Tijdsgrafieken per simulatie B13

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Simulatieprogramma 10
Tabel 2 – Simulaties bij opvaart met zwaaien en vloedstroom en standaardfeedback..... 12
Tabel 3 – Simulaties bij opvaart met zwaaien en ebstroom en standaardfeedback 18
Tabel 4 – Simulaties bij afvaart met zwaaien en vloedstroom en standaardfeedback..... 21
Tabel 5 – Simulaties bij afvaart met zwaaien en ebstroom en standaardfeedback 23
Tabel 6 – Simulaties bij opvaart zonder zwaaien en vloedstroom en standaardfeedback..... 25
Tabel 7 – Simulaties bij opvaart zonder zwaaien en ebstroom en standaardfeedback..... 27
Tabel 8 – Simulaties bij afvaart zonder zwaaien en ebstroom en standaardfeedback..... 29
Tabel 9 – Overzicht van condities en aanbevelingen 31

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Omgeving van Noordzee- en Europaterminal (gedraaide variant) met voorstelling van scenario 1 (rood) en scenario 2 (groen) 1

Figuur 2 – Detail van scenario 1 en 2 met de hoogspanningspyloon aan westelijke zijde en een te onderzoeken functionele uitbreiding (wit vlak) 2

Figuur 3 – Visuele voorstelling op basis van buitenbeeld van de begrenzing door middel van een afgemeerd Va+ binnenschip (zie cirkel) in scenario 2 4

Figuur 4 – Niet toegankelijke zones en leidingzone in de onderzoeksomgeving 5

Figuur 5 – Beeld vanop de scheepsbrug in scenario 1 naar voor (links) en naar achter (rechts) 6

Figuur 6 – Maximale vloedstroom: 1 uur voor HW bij een tijstand van 5.83 m LAT 7

Figuur 7 – Maximale ebstroom met neer: 3 uur na HW bij een tijstand van 3.80 m LAT 8

Figuur 8 – Voorbeeld KMZ run 21_015_00 11

Figuur 9 – Run 0 voor opvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en ZW 5 Bft, scenario 1 13

Figuur 10 – Run 1 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 1 14

Figuur 11 – Run 2 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en N 6 Bft, scenario 2 14

Figuur 12 – Run 3 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en N 5 Bft, scenario 2 15

Figuur 13 – Run 16 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 1 16

Figuur 14 – Run 17 voor opvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 1 16

Figuur 15 – Scenario 1 met runs 0, 1, 16 en 17 en tracks over een periode van 20 minuten 17

Figuur 16 – Scenario 1 bij vloed: individuele tracks in aanloop naar kade: (a) run 0 en 1 (10 min), (b) run 16 (20 min) en (c) run 17 (17 min) 17

Figuur 17 – Scenario 2 bij vloed: individuele tracks in aanloop naar kade: (a) run 2 (20 min) en (b) run 3 (10 min) 18

Figuur 18 – Run 6 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 2 19

Figuur 19 – Run 9 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij eb en N 5 Bft, scenario 2 19

Figuur 20 – Run 10 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1 20

Figuur 21 – Scenario 2 bij eb: individuele track in aanloop naar kade: run 9 (15 min) 20

Figuur 22 – Run 11 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en N 6 Bft, scenario 1 22

Figuur 23 – Run 12 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 2 22

Figuur 24 – Run 7 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1 23

Figuur 25 – Run 8 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1 24

Figuur 26 – Run 13 voor opvaart zonder zwaaien bij vloed en N 6 Bft, scenario 2 26

Figuur 27 – Run 14 voor opvaart zonder zwaaien bij vloed en N 6 Bft, scenario 1 26

Figuur 28 – Scenario 1 en 2 bij vloed: individuele tracks in aanloop naar kade: (a) run 13 min 18 tot 27, (b) run 13 min 27 tot 37 en (c) run 13 min 16 tot 27 27

Figuur 29 – Run 4 voor opvaart zonder zwaaien bij eb en ZW 6 Bft, scenario 2 28

Figuur 30 – Run 5 voor opvaart zonder zwaaien bij eb en ZW 6 Bft, scenario 2 28

Figuur 31 – Run 15 voor afvaart zonder zwaaien bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1 29

Figuur 32 – Vergelijking van de kade in scenario 1 ter hoogte van de Zandvlietsluis en de oostelijke kade van het Deurganckdok ter hoogte van de Kieldrechtsluis 32

Figuur 33 – Scenario 1: AIS analyse doorgaande afvaart (periode 01/10/2018 tot 01/01/2020) 32

Figuur 34 – Scenario 1, detail: AIS analyse doorgaande afvaart (periode 01/10/2018 tot 01/01/2020) tot afmerend schip met sleepboten 33

Figuur 35 – Voorbeelden van opties voor optimalisatie van scenario 1 en 2 34

1 Inleiding

In het kader van het complex project Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit (ECA) in het havengebied Antwerpen is er een project gedefinieerd waarbij de Noordzeeterminal (NZT) wordt verlengd met één ligplaats voor een ontwerpschip van 400 m lengte op 61.5 m breedte. Dit laatste schip behoort tot de grootste ultra large containerschepen (ULCS) die begin 2021 naar de haven van Antwerpen komen. Doel van de simulatiestudie in samenwerking met het Vlaamse (DABL) en het Nederlandse loodswezen en met de sleepbedrijven is om door middel van realtime simulaties twee scenario's te evalueren en tot een gevalideerd ontwerp te komen. Voor de verlenging van de Noordzeeterminal werd door het Havenbedrijf Antwerpen een ruimtelijke variantenstudie uitgevoerd waaruit twee scenario's zijn geselecteerd (Figuur 1):

- Scenario 1 (rood): geeft een doorlopende lijn voor de kade vanaf de bestaande kade van de Noordzeeterminal met een lengte vanaf de knik met de bestaande kade van ongeveer 670 m. De lengte van de kopse kant die hierdoor ontstaat ongeveer loodrecht op de oriëntatie van de Zandvliet- en Berendrechtsluizen bedraagt ongeveer 165 m.
- Scenario 2 (groen): geeft een insteekdok waarbij over een lengte van 150 m de kadelijn vanaf de knik wordt behouden zoals in scenario 1. Vervolgens wordt landinwaarts een insteekdok voorzien met een lengte van 520 m (670 m – 150 m) aan de zijde van de voorhaven tot de sluizen en 500 m aan de kadezijde. De diepte van dit insteekdok bedraagt 85 m.



Figuur 1 – Omgeving van Noordzee- en Europaterminal (gedraaide variant)
met voorstelling van scenario 1 (rood) en scenario 2 (groen)

In de variantenstudie van het Havenbedrijf werden tien voorontwerpen gemaakt, met ligplaatsen georiënteerd in verschillende richtingen. De oriëntatie varieerde tussen haaks op de bestaande terminal tot onder een hoek van 34° met de bestaande kaaimuur. De inplanting in de omgeving en de mogelijkheden qua operaties van alle voorontwerpen werden geëvalueerd. Op basis van de verhouding tussen de stacks en ligplaatslengte werden de meeste scenario's niet weerhouden en bleven de twee scenario's over waarbij de nieuwe ligplaats 34° geroteerd ligt ten opzicht van de bestaande kaaimuur.

De twee voorliggende scenario's werden besproken tijdens de werkgroep Geïntegreerd Verkeersmanagement op 29 januari 2021 waarbij kort door de loodsen aangegeven werd dat scenario 2 met insteekdok onrealistisch lijkt indien een 400 m schip bij noordelijke of zuidwestelijke winden tot windkracht 7 Bft moet afmeren met sleepboten in dit insteekdok.

Er werd daarom voorgesteld om de twee scenario's als uiterste scenario's te kiezen en op zoek te gaan door middel van een realtime simulatiestudie naar de beperkingen voor een kade tussen de scenario's 1 en 2. In Figuur 2 is de te onderzoeken zone voor uitbreiding van scenario 2 aangeduid met een wit vlak. Doel is zo weinig mogelijk ruimte in te nemen voor uitbreiding maar wel een veilige toegang tot de kade in scenario 2 mogelijk te maken. Bij het opstellen van de simulatieomgeving werd er daarom voor gekozen om enkel de langste zijde van de witte driehoek in Figuur 2 als collision of werkelijke fysische begrenzing op te geven (naast de kades in scenario 1 en 2 en de kopse kant).



Figuur 2 – Detail van scenario 1 en 2 met de hoogspanningspyloon aan westelijke zijde en een te onderzoeken functionele uitbreiding (wit vlak)

Tijdens de werkgroep GVM werd ook opgemerkt dat het effect van de manoeuvres aan deze nieuwe kade op de verkeersafwikkeling in de onmiddellijke omgeving en van de sluizen in het bijzonder dient onderzocht te worden. De voorliggende realtime simulatiestudie toont de randvoorwaarden die bij een verkeersafwikkelingsstudie zullen meegenomen moeten worden. Deze laatste studie maakt geen deel van het onderzoek maar kan verder opgenomen worden in het capaciteitsmodel dat het Nederlands bedrijf MACOMI opstelt in opdracht van het Havenbedrijf Antwerpen.

Aangezien scenario 1 manoeuvreertechnisch eenvoudiger is dan scenario 2 om het schip af te meren en te laten vertrekken maar wel dichter gelegen is bij de doorgaande vaart vanuit de sluizen werd aan de Afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent gevraagd om een expert judgement te geven over het effect van passerende schepen op het afgemeerd schip voor beide scenario's. De feedback van de UGent is opgenomen in Bijlage 1 in dit rapport.

In Hoofdstuk 2 wordt de voorbereiding van de simulatieomgeving besproken. Er werden 18 simulaties uitgevoerd op twee dagen (15 en 18 maart) met inzet per dag van twee loodsen en één sleepbootkapitein. Deze simulaties worden geanalyseerd en besproken in Hoofdstuk 3. In Hoofdstuk 4 worden de conclusies gegeven voor beide scenario's en wordt op basis van een AIS-analyse een vergelijking gemaakt met de toegang tot de Kieldrechtsluis om tot een besluitend ontwerp te komen.

2 Simulatieomgeving en simulatieprogramma

Voor de voorbereiding van de realtime simulatiestudie werd uitgegaan van de volgende stappen:

- Bepaling van de te simuleren scenario's
- Bepaling van het ontwerpschip
- Ontwikkeling van de simulatieomgeving
- Simulatieprogramma: parameters en overzicht

2.1 Bepaling van de te simuleren scenario's

De weerhouden scenario's zijn:

- Scenario 1: zoals opgenomen in Figuur 1. De kade werd als een harde constructie opgegeven in de simulatie zodat het schip er contact mee kon maken. Verder werd ook onderzocht of binnenschepen en/of sleepboten nog kunnen liggen aan de westelijke zijde in de omgeving van de hoogspanningspyloon en aan de oostelijke zijde langs de loodrechte kade.
- Scenario 2: voor scenario 2 werden de kade over 500 m zoals weergegeven in Figuur 2 en de loodrechte kade aan de oostelijke zijde opgenomen als een harde structuur waarmee het schip contact kan maken. De kade aan westelijke zijde (wit vlak in Figuur 2) werd enkel met de langste zijde van de driehoek als begrenzing voor collision opgegeven. Visueel liep de kade in de simulatieomgeving wel zoals de groene lijn in Figuur 1 waardoor het schip maar vooral de assisterende sleepboten de ruimte konden innemen die ze nodig hadden. Er werd visueel wel een binnenschip aan de schuine begrenzing gelegd zodat de sleepbootkapitein en de loods toch een indicatie hadden van de begrenzing (Figuur 3). Op basis van de tracks van schip en sleepboten kan men dan de noodzakelijke ruimte definiëren rekening houdend met de veiligheidsafstand tot de hoogspanningspyloon.

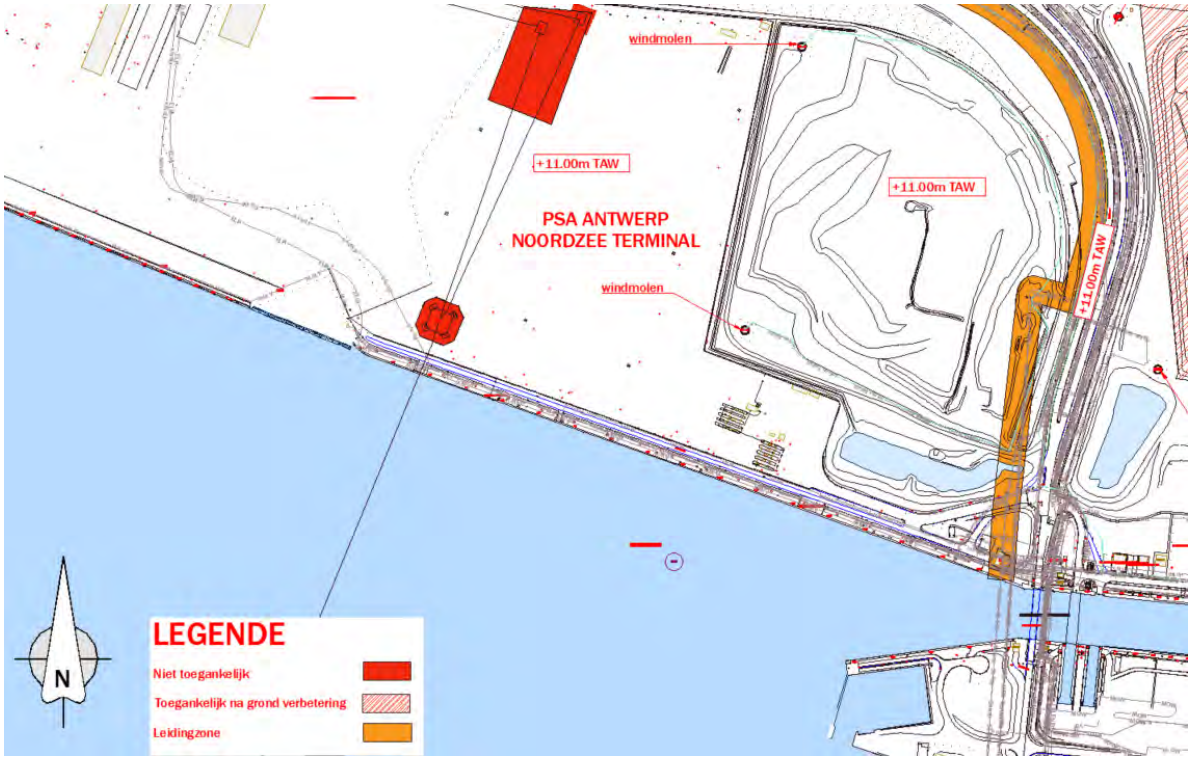


Figuur 3 – Visuele voorstelling op basis van buitenbeeld
van de begrenzing door middel van een afgemeerd Va+ binnenschip (zie cirkel) in scenario 2

Deze zijn gebaseerd op de plannen:

- CTNOT-011-ONT141211-send - Bestaande toestand
- CTNOT-011-ONT141248-send - Scenario 1 verlengde sluismuur
- CTNOT-011-ONT141377-send - Scenario 2 insteekdok

Voor de mogelijke uitbreiding van scenario 2 in westelijke richting werd door het havenbedrijf aangegeven dat de rode zone rond de hoogspanningspyloon vrij moet blijven (Figuur 4).



Figuur 4 – Niet toegankelijke zones en leidingzone in de onderzoeksomgeving

In het projectplan werd er gesteld dat er in een bijkomende simulatiedag nog een geoptimaliseerd scenario 3 dat vertrekt vanuit de resultaten van scenario 2 kon geëvalueerd worden. Er werd echter geen bijkomende dag georganiseerd zodat de optimalisatie op basis van de voorliggende resultaten zal opgesteld worden. Er moet wel ook aandacht zijn voor het voorzien van ligplaatsen voor binnenschepen en/of sleepboten die op vandaag afmeren aan de bestaande oever.

2.2 Bepaling van het ontwerpschip

Er werd voorafgaand aan de simulatiestudie door het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) in opdracht van het Vlaamse loodswezen een ULCS ontwikkeld met een lengte van 400 m, een breedte van 61.5 m en diepgangen tussen 12 en 16 m. Het ontwikkelde schip werd op 3 en 4 maart gevalideerd door de loodsen en vereiste tijdens die validatiedagen nog aanpassingen om de manoeuvreerbaarheid te verhogen. Verdere validatie zal nog uitgevoerd worden naarmate meer schepen van de HMM series naar Antwerpen komen maar de loodsen vonden het manoeuvreergedrag van het ontwikkelde schip goed genoeg om de studie mee uit te voeren.

De karakteristieken van het schip zijn voor diepgangen van 16 en 12 m opgenomen in Bijlage 2.

2.3 Ontwikkeling van de simulatieomgeving

De ontwikkeling van de simulatieomgeving bestond uit verschillende stappen.

2.3.1 Opstellen van het driedimensionaal (3D) beeld van scenario 1 en scenario 2

In Figuur 3 wordt een voorbeeld gegeven van het beeld vanop de scheepsbrug voor scenario 2. In Figuur 5 is bij vertrek van de kade in scenario 1 het beeld vanop de scheepsbrug zichtbaar bij head out uitvaren naar het voorschip en het achterschip.



Figuur 5 – Beeld vanop de scheepsbrug in scenario 1 naar voor (links) en naar achter (rechts)

2.3.2 Opstellen van de invoerbestanden voor de simulaties

Windveld

Er werd gewerkt met een uniform windveld waarbij geen afscherming van de wind door andere schepen of gebouwen beschouwd werd. Het windveld is vlagerig volgens een Von Karmannspectrum. De nadelige richtingen voor noordelijke en zuidwestelijke winden werden onderzocht en een gemiddelde windkracht van 6 Bft met pieken tot 7 en 8 Bft werd gekozen. Tijdens enkele simulaties (meestal eerste van een simulatiedag) werd een gemiddelde windkracht van 5 Bft met pieken tot 6 en 7 Bft gekozen. Er bestaat immers een verschil tussen de waarneming van de windkracht in realiteit (eerder op 1/3de hoogste windsnelheden) en de gemiddelde windkracht tijdens simulatie. Hierdoor wordt de windsterkte tijdens simulatie over het algemeen krachtiger bevonden. Als richtwaarde kan men bij een windkracht van 6 Bft (gemiddelde snelheid 12.3 m/s) een zijdelingse winddruk op het ontwerpschip verwachten van 160 ton (of dus minstens twee 80 ton sleepboten). Aangezien pieken boven deze gemiddelde snelheid optreden in de wind zullen twee niet volstaan bij hogere windsnelheden om het schip tegen de wind in te verplaatsen.

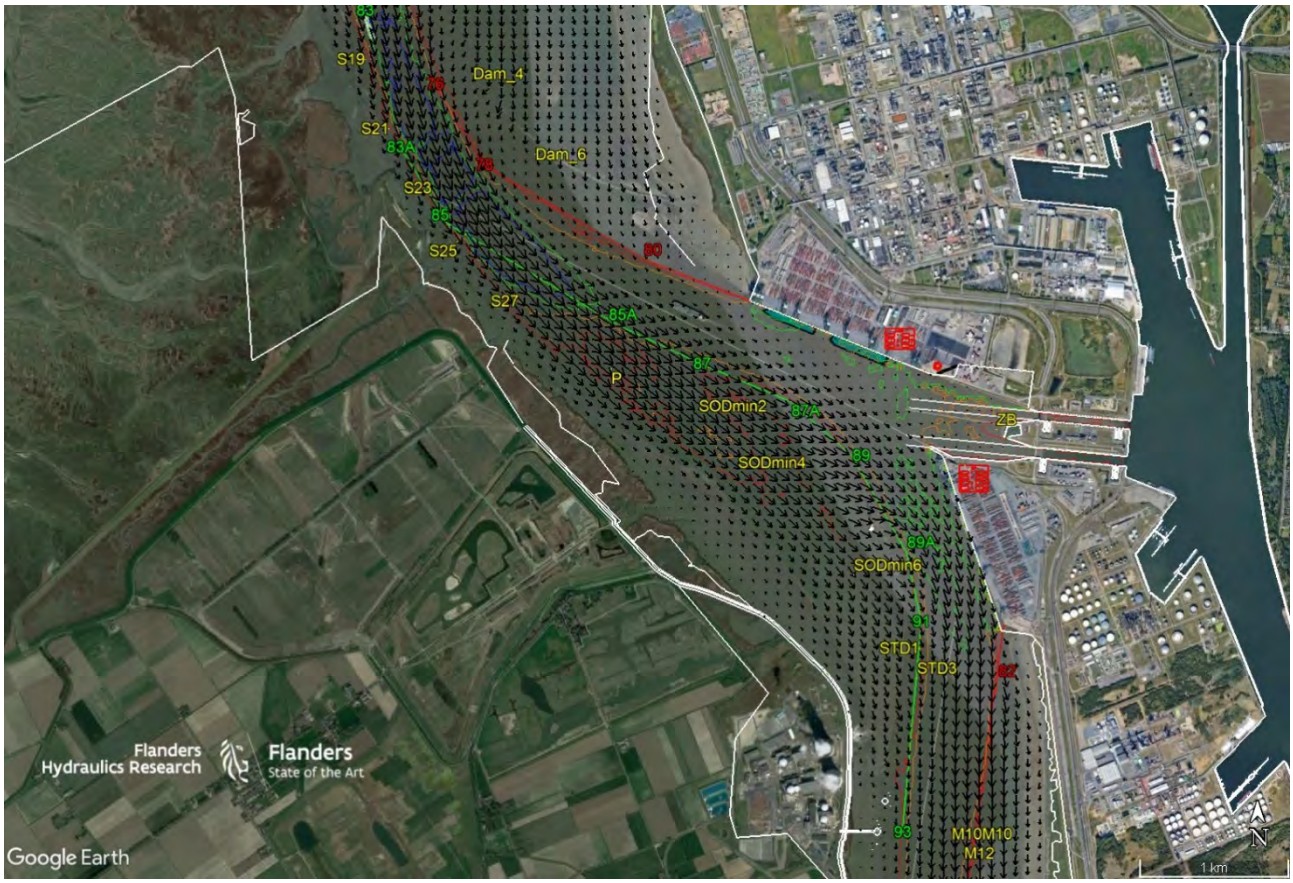
Numeriek stroomveld

Er werden twee stroomvelden gekozen overeenkomstig een maximale vloedstroom en een ebconditie met neer in de toegangsgeul van het sluizencomplex. Er werd geen gebruik gemaakt van nieuwe numeriek berekende stromingsvelden met de uitgebreide Noordzeeterminal in beide scenario's. De numerieke stroomvelden werden gebaseerd op stroomvelden die in het kader van de verdieping van de Europaterminal werden berekend en in de simulatiestudie Eloot *et al.,* 2020a werden toegepast. Echter op basis van stroommetingen uitgevoerd in 2018 was het noodzakelijk om de gekozen numerieke stroomvelden aan te passen:

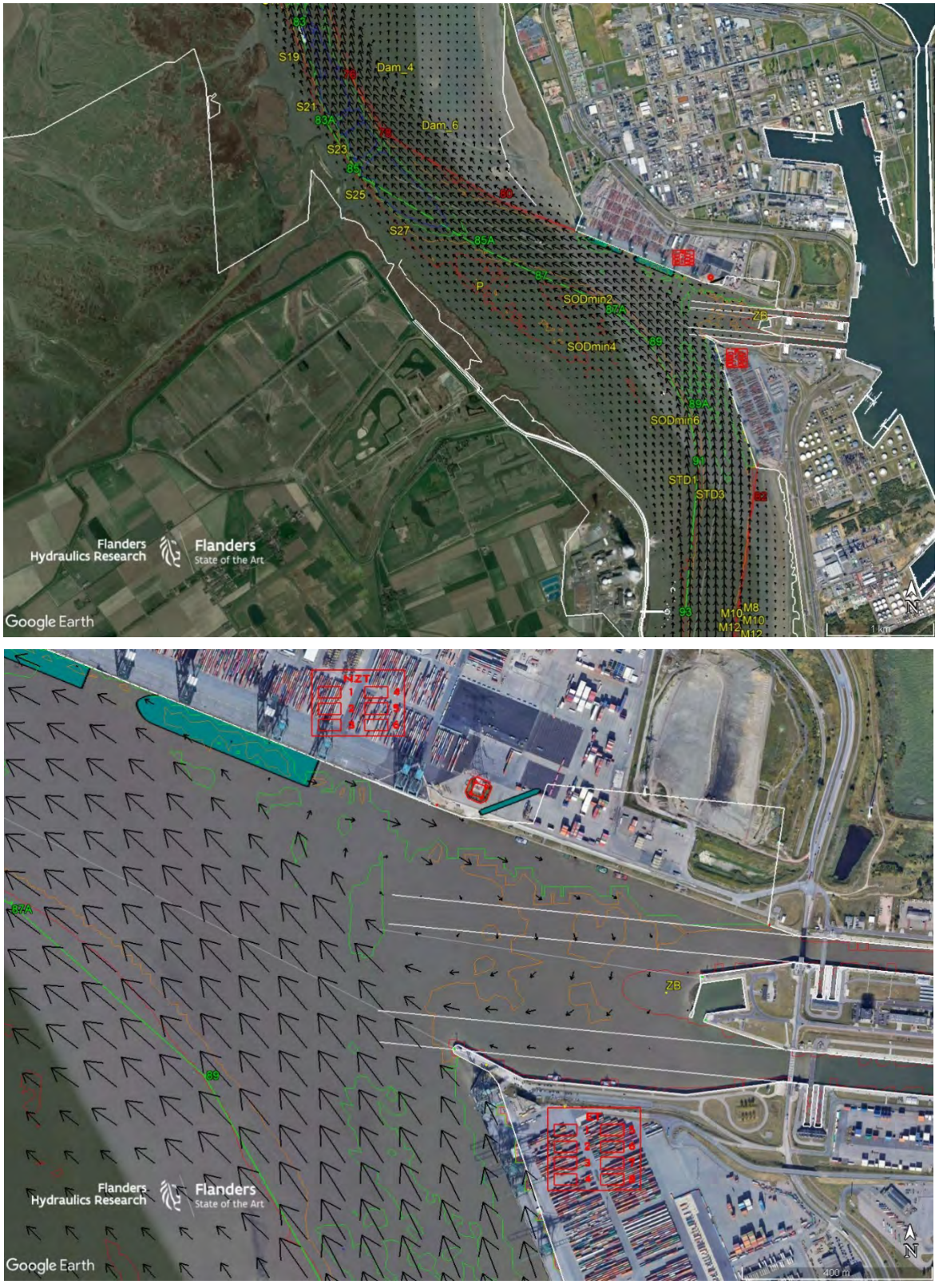
- 1 uur voor Hoog Water: maximale vloedstroom bij een tijstand van 5.83 m LAT (Figuur 6). Op basis van de metingen werd een factor 1.2 toegepast op de stroomsterktes wat betekent dat de numerieke stroomvelden met 20% de stroom onderschatten.
- 3 uur na Hoog Water: maximale ebstroom bij een tijstand van 3.80 m LAT (Figuur 7). Er werd ook een validatie uitgevoerd op basis van de stroommetingen van de neer in de toegangsgeul tot Zandvliet- en Berendrechtsluis. Hierdoor moest de numerieke neer versterkt worden omwille van een belangrijke onderschatting.

Sleepboten

Er kon gekozen worden uit ASD sleepboten met 60 of 80 ton bollard pull. De sleepboten worden gesimuleerd met vereenvoudigde krachtenmodellen (trekkracht en trekrichting) en bediend door een ervaren sleepbootkapitein waarbij ook rekening wordt gehouden met de scheepssnelheid bij assistentie en de invloed op de geleverde trekkracht.



Figuur 6 – Maximale vloedstroom: 1 uur voor HW bij een tijstand van 5.83 m LAT



Figuur 7 – Maximale ebstroom met neer: 3 uur na HW bij een tijstand van 3.80 m LAT

2.4 Simulatieprogramma

Het simulatieprogramma werd gebaseerd op de parameters zoals beschreven in 2.4.1 en het uiteindelijke uitgevoerde programma is samengevat in 2.4.2.

2.4.1 Parameters

De te variëren parameters tijdens de simulatiestudie waren:

- Twee scenario's: er werd gestart met het eenvoudigste scenario 1 om vervolgens aan te vullen met scenario 2 (bijvoorbeeld specifieke aanmeer- en vertrekmanoeuvres).
- Twee windrichtingen en één windkracht: er werd gekozen voor een noordelijke en een zuidwestelijke windrichting en de simulaties worden in hoofdzaak bij 6 Bft uitgevoerd.
- Twee stroomvelden overeenkomend met maximale vloedstroom en eb met neervorming in de toegangsgeul.
- Het ontwerpschip is steeds hetzelfde schip maar er werd een beperkte variatie van de diepgang toegepast. Dit geeft een verschil in windvang van de schepen en de manoeuvreerbaarheid bij verschillende diepgangen. De meeste simulaties werden bij 150 dm uitgevoerd. Bij een vertrek bij eb werd voor een realistische getijonafhankelijke diepgang van 120 dm gekozen. Twee simulaties werden bij 155 dm uitgevoerd.
- Vier manoeuvres moesten onderzocht worden:
    - Aankomst met zwaaien
    - Vertrek zonder zwaaien
    - Aankomst zonder zwaaien
    - Vertrek met zwaaien

Rekening houdend dat 2 x 2 x 2 x (1 of 2) x 4 = 32 tot 64 combinaties mogelijk zijn, werd, aangezien sommige informatie gedeeld kan worden tussen de beide scenario's (bijvoorbeeld aanloop vanop de rivier met zwaaien in de toegangsgeul is dezelfde voor scenario 1 en 2), slechts gedurende twee dagen gesimuleerd. Voor de uitvoering van de simulaties werden per dag één Vlaamse en één Nederlandse loods gevraagd zodat alle uitgevoerde simulaties zijn bijgewoond door loodsen uit beide korpsen. De assistentie van een sleepbootkapitein werd geapprecieerd: Antwerp Towage op 15 maart en Boluda op 18 maart.

2.4.2 Simulatieprogramma

Het uitgevoerde simulatieprogramma is samengevat in Tabel 1. Er werden 18 simulaties uitgevoerd (9 per dag). 10 werden in scenario 1 uitgevoerd en 8 in scenario 2. De meeste simulaties (11) werden bij 150 dm uitgevoerd, 5 bij 120 dm en 2 bij 155 dm diepgang. 13 opvaarten werden uitgevoerd en 5 afvaarten. 10 simulaties werden uitgevoerd bij vloedstroom en 8 bij ebstroom met neer. 12 simulaties werden bij de zuidwestelijke wind uitgevoerd (1 bij 5 Bft en 11 bij 6 Bft) en 6 simulaties bij de noordelijke wind (2 bij 5 Bft en 4 bij 6 Bft).

Tabel 1 – Simulatieprogramma

Run	Scenario	Op/Af	Draft (dm)	Sleepboten	Stroom	Wind
0	1	OP	150	60 ton F[1] x 80 ton A	VLOED	ZW5[2]
1	1	OP	150	80 ton F x 80 ton A	VLOED	ZW6
2	2	OP	150	80 ton F x 80 ton A x 60 ton P PS	VLOED	N6
3	2	OP	150	80 ton F/P PS x 80 ton A x 60 ton P SS/PS	VLOED	N5
4	2	OP	150	60 ton F x 80 ton A PS x 80 ton A SS	EB + NEER	ZW6
5	2	OP	150	60 ton F x 80 ton A PS x 80 ton A SS	EB + NEER	ZW6
6	2	OP	150	80 ton F x 80 ton A x 60 ton A PS	EB + NEER	ZW6
7	1	AF	120	60 ton F x 80 ton A PS x 80 ton A SS	EB + NEER	ZW6
8	1	AF	120	60 ton F x 80 ton A PS/P SS x 80 ton A SS	EB + NEER	ZW6
9	2	OP	150	60 ton F x 80 ton A x 80 ton P SS/PS	EB + NEER	N5
10	1	OP	150	60 ton F x 80 ton A x 80 ton P SS/PS	EB + NEER	ZW6
11	1	AF	120	80 ton F x 80 ton A	VLOED	N6
12	2	AF	120	80 ton F x 80 ton A x 60 ton A SS	VLOED	ZW6
13	2	OP	150	60 ton F/P SS x 80 ton A/P SS x 80 ton P SS	VLOED	N6
14	1	OP	150	80 ton A SS x 80 ton P SS x 60 ton P SS	VLOED	N6
15	1	AF	120	60 ton F PS x 80 ton F x 80 ton A	EB + NEER	ZW6
16	1	OP	155	80 ton F x 60 ton A SS x 80 ton A PS	VLOED	ZW6
17	1	OP	155	80 ton F x 60 ton A PS x 80 ton A SS	VLOED	ZW6

[1] F staat voor Fore en A voor Aft. Dit zijn sleepboten die vastgemaakt worden. P staat voor Pusher of duwboot en SS (starboard side) en PS (port side) geeft de scheepszijde aan waar gesleept of geduwd wordt. Indien geen zijde wordt opgegeven betekent dit dat de sleepboot nabij center lead werd vastgemaakt. Duwboten kunnen zich tijdens de simulatie verplaatsen wat zichtbaar is op de KMZ bestanden (of bijvoorbeeld run 3 eerst SS en daarna PS). Sleepboten kunnen ook losmaken en als duwboten gaan werken, dit wordt bijvoorbeeld aangegeven in run 3 met F/P PS. In run 16 zijn er twee achterboten die slepen waarvan één zich aan SS zijde en één aan PS zijde achter bevindt.

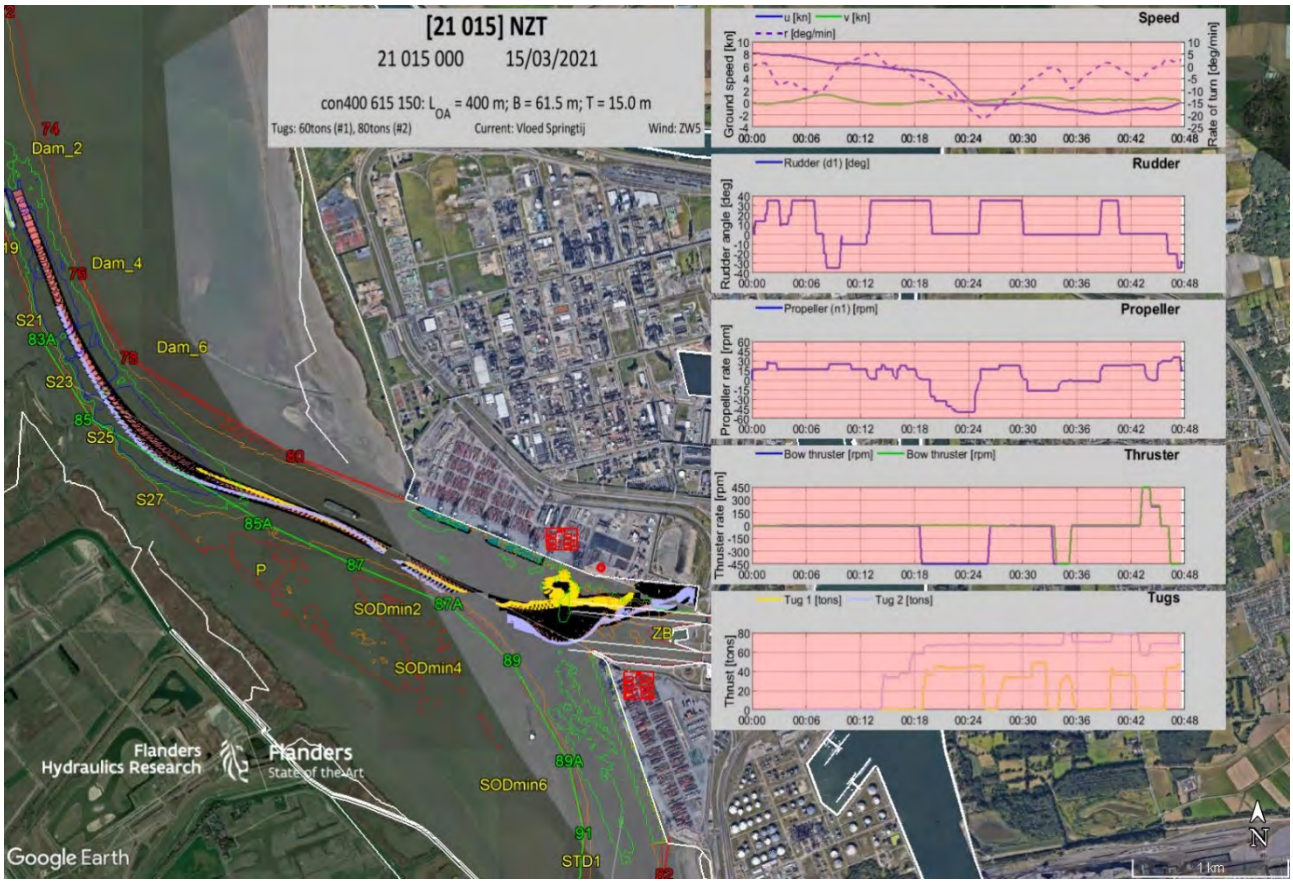
[2] De wind wordt aangeduid met de richting ZW of N en de kracht 5 of 6 (Bft).

3 Analyse

De analyse wordt gebaseerd op:

- KMZ presentaties met de track van schip en sleepboten te openen in Google Earth (Figuur 8). Deze KMZ bestanden zijn als bijlage toegevoegd tot dit rapport. De manual voor het behandelen van deze bestanden in Google Earth is opgenomen in Bijlage 3;
- feedback van de loodsen per simulatie met ook een gestandaardiseerde beoordeling (Bijlage 4);
- grafieken met de kinematische (snelheden) en controleparameters (schroeftoerental, roerhoek en boegschroef) en met de inzet van de sleepboten in functie van de tijd (Bijlage 5).

De analyse wordt opgedeeld volgens het manoeuvre voorafgaand aan het aan- en afmeren aan de nieuwe kade. Beide scenario's 1 en 2 worden hierdoor samen besproken per manoeuvre en hierbij werken omgevingscondities zoals stroom en wind complementair voor beide scenario's in de delen van de manoeuvres (varen op rivier, zwaaien, naderen van de kade, aan- of afmeren).



Figuur 8 – Voorbeeld KMZ run 21_015_00

3.1 Opvaart met zwaaien

Zes simulaties werden uitgevoerd met een zwaaimanoeuvre bij opvaart en vloedstroom (Tabel 2) en drie simulaties bij ebstroom (Tabel 3). Alle simulaties werden uitgevoerd bij diepgangen van 150 en 155 dm. De KMZ tracks van de individuele simulaties zijn voorgesteld in Figuur 9 tot Figuur 14 voor de simulaties bij vloedstroom en in Figuur 18 tot Figuur 20 bij ebstroom.

De gestandaardiseerde feedback van de loodsen voor de simulaties bij vloedstroom spreekt over voldoende (beoordelingscijfer 2 in Tabel 2) tot weinig (3) reserve en een moeilijkheidsgraad tussen normaal (2) uitgevoerd en meer dan normale moeilijkheid (3). De reserve of moeilijkheid hebben ook te maken met het aantal ingezette sleepboten (bijvoorbeeld 2 in run 1 bij ZW 6 Bft) of het scenario (bijvoorbeeld naderen naar het insteekdok bij run 2 en noordelijke wind 6 Bft). De loodsen achten voor alle runs bij vloedstroom het manoeuvre ook realistisch behalve in scenario 2 met de sleepbootconfiguratie zoals in run 2 bij noordelijke wind van gemiddeld 6 Bft tot pieken van 8 Bft. De track van deze run is voorgesteld in Figuur 11 en toont dat het schip maar zeer langzaam tegen de wind in naar de kade kan gebracht worden.

Tabel 2 – Simulaties bij opvaart met zwaaien en vloedstroom en standaardfeedback

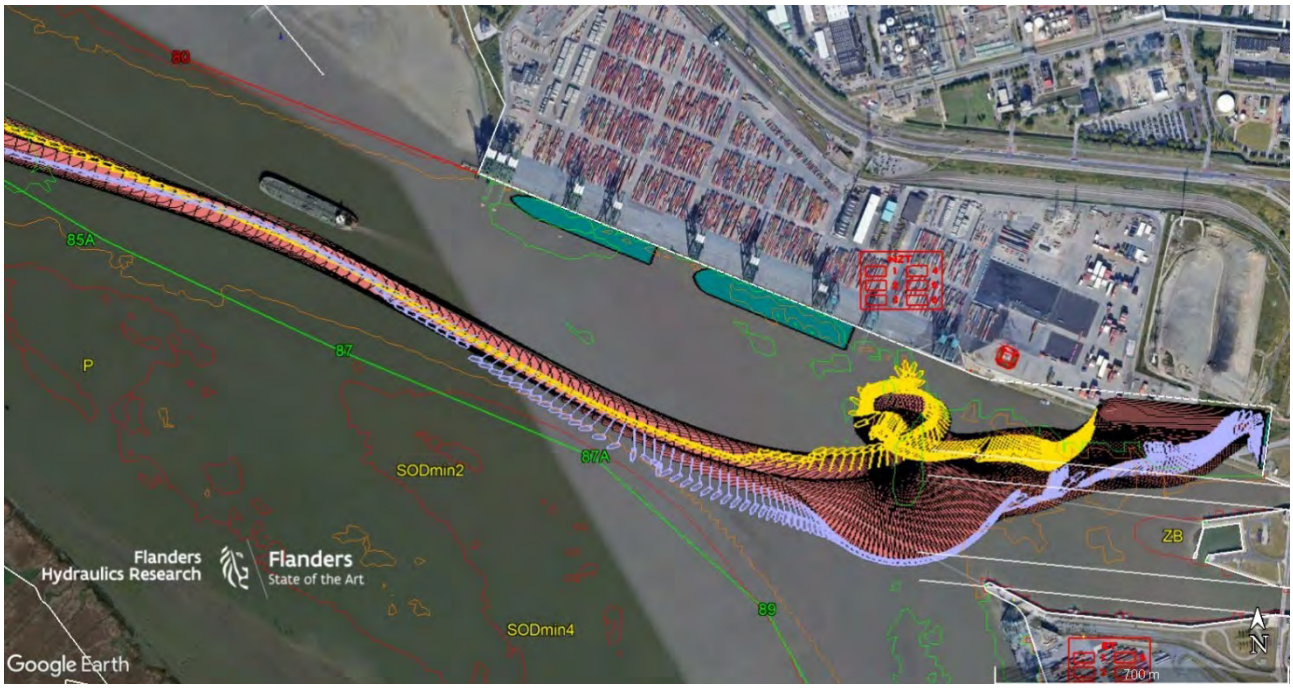
Run	SC[3]	Draft (dm)	Sleepboten	Wind	Reserve	Moeilijkheid	Realiteit
0	1	150	60 ton F x 80 ton A	ZW5	2	3	ja
1	1	150	80 ton F x 80 ton A	ZW6	3	2	ja
2	2	150	80 ton F x 80 ton A x 60 ton P PS	N6	3	3	ja/neen
3	2	150	80 ton F/P PS x 80 ton A x 60 ton P SS/PS	N5	2	2	ja
16	1	155	80 ton F x 60 ton A SS x 80 ton A PS	ZW6	2	2	ja
17	1	155	80 ton F x 60 ton A PS x 80 ton A SS	ZW6	2	2	ja

Indien de simulatieruns bij vloedstroom worden opgesplitst volgens de uitgevoerde deelmanoeuvres dan werd het zwaaimanoeuvre in de runs 0 en 17 over bakboord uitgevoerd en in de runs 1, 2, 3 en 16 over stuurboord. De voorkeur gaat dus naar het over stuurboord zwaaien. Het schip bleek ook loefgierig te zijn zodat met de overheersende windrichting (zuidwestelijk) over stuurboord zwaaien daarmee in overeenstemming is. Het over bakboord zwaaien gaat tegen deze beweging in. De vloedstroom op het achterschip bij bakboord zwaaien helpt maar niet dermate dat deze draairichting preferentieel is. Ook bij een noordelijke windrichting in runs 2 en 3 werd er over stuurboord gezwaaid. Vanaf een windkracht met pieken van 6 Bft en meer is het noodzakelijk om minstens over drie sleepboten te beschikken bij de opvaart met zwaaien. Er werden tijdens de simulaties voornamelijk twee sleepboten van 80 ton en één van 60 ton ingezet. Samen met de twee boegschroeven van elk 3000 kW voor het containerschip leveren deze een tonnage dat de winddruk bij 6 Bft kan compenseren. Echter hogere pieken worden moeilijk aangezien de winddruk ook kwadratisch met de windsnelheid toeneemt.

[3] SC staat voor scenario, dus 1 of 2.

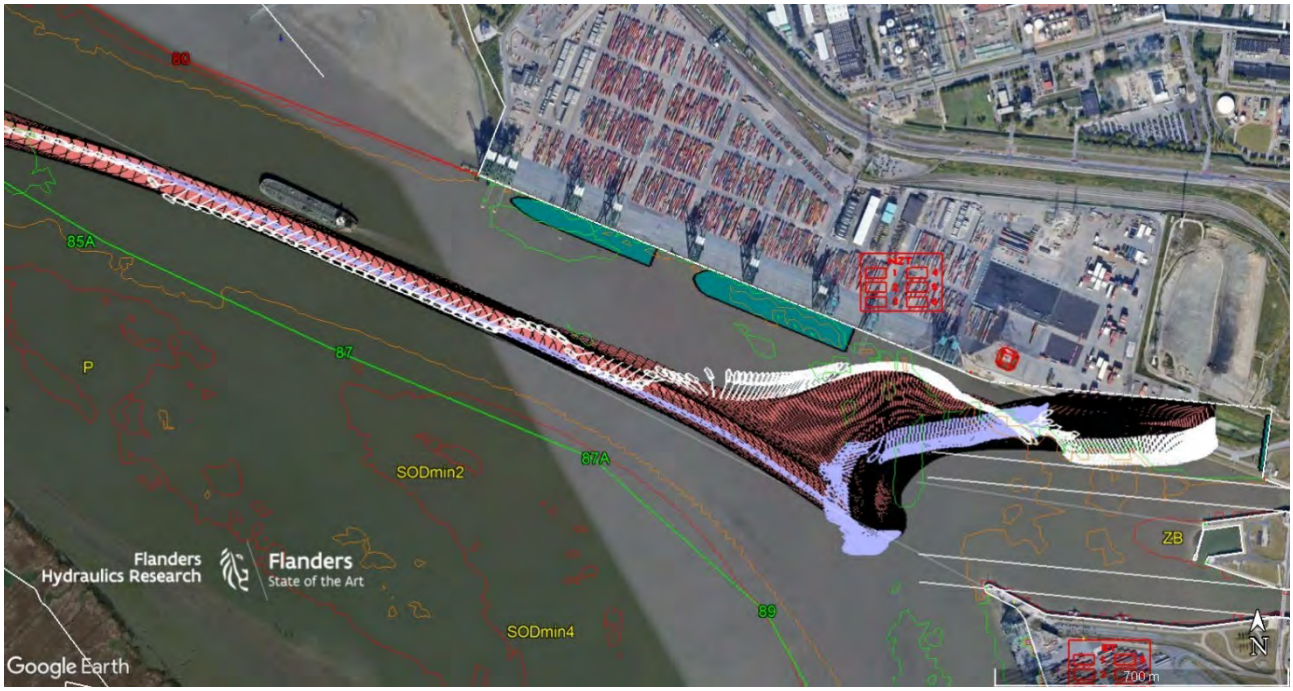
Voor de simulaties die bij een zuidwestelijke wind werden uitgevoerd was run 0[4] (Figuur 9) de eerste vaart van de eerste simulatiedag. Om het schip aan de kade bij windkracht 5 Bft en pieken tegen de wind in te houden volstaan een 60 ton en 80 ton sleepboot niet. Twee 80 ton sleepboten zoals in run 1 (Figuur 10) bij ZW 6 Bft ook niet. De naderingssnelheid naar de kade kan hoger liggen dan de gewenste snelheid om contact te maken met de fenders. Runs 16 (Figuur 13) en 17 (Figuur 14) werden afgezien van een verschillend zwaaimanoeuvre bij dezelfde condities uitgevoerd in scenario 1. De sleepbootconfiguratie is volgens Tabel 2 enigszins anders waarbij de twee achtersleepboten (een 60 en 80 ton) van kant wisselen tussen runs 16 en 17. Het lijkt aangewezen om tijdens afmeren de krachtigste sleepboot aan de loefzijde (dus SS bij ZW zoals in run 17) te voorzien. De beide zwaaimanoeuvres in runs 16 en 17 werden uitgevoerd met weinig ruimte tot kade of afgemeerd schip aan de Noordzeeterminal. Dit is een aandachtspunt.

Hoewel in run 16 een misvatting van de loods tot een langere simulatie leidde – de huidige muur werd gezien als de afmeerlocatie en niet de gewijzigde kademuur uit scenario 1 – wordt het schip in alle runs in scenario 1 tot de kade gebracht waarbij een belangrijke tijd het schip zich in de aanvaarroute van de Zandvlietsluis bevindt. In Figuur 15 worden de tracks van runs 0, 1, 16 en 17 naar scenario 1 voorgesteld over een tijdsspanne van 20 minuten. Het in- en uitvaren van de Zandvlietsluis moet verboden worden bij een aanloop van de nieuwe kade aan de Noordzeeterminal door (grote) containerschepen tot het vastmaken van de lijnen gestart is. Individuele tracks met duurtijden zijn ook voorgesteld in Figuur 16. Deze variëren tussen 10 en 20 minuten.

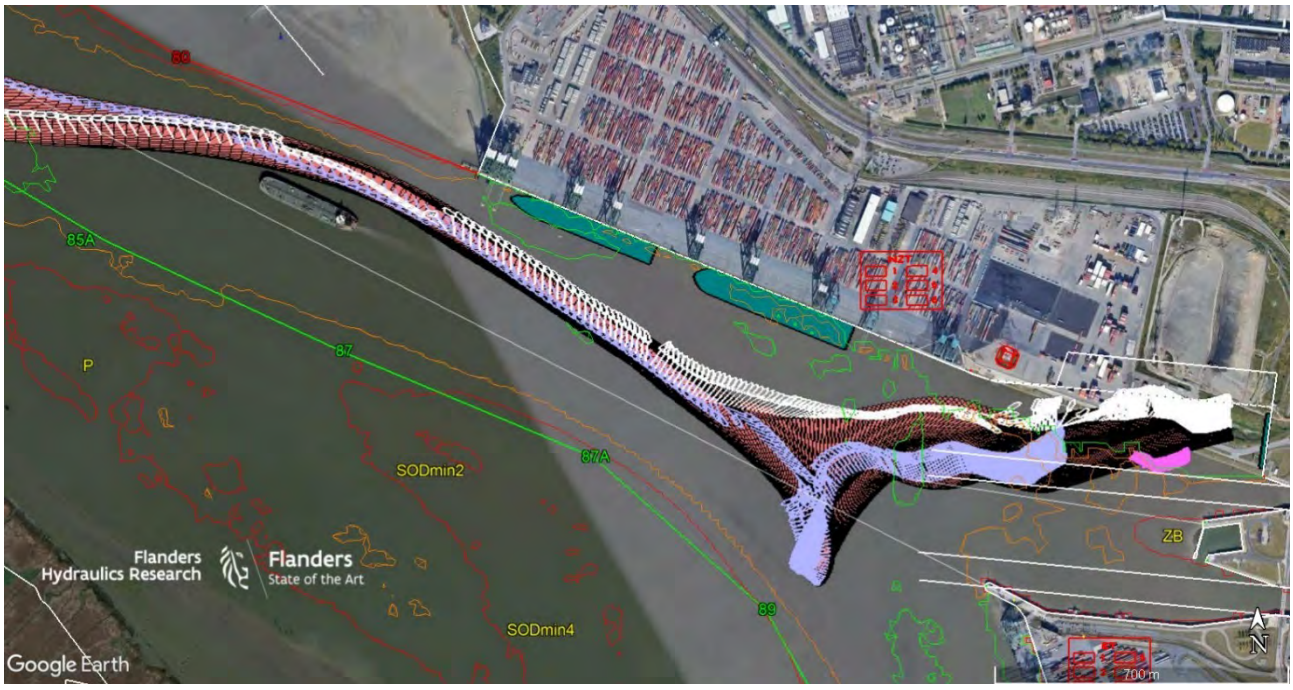


Figuur 9 – Run 0 voor opvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en ZW 5 Bft, scenario 1

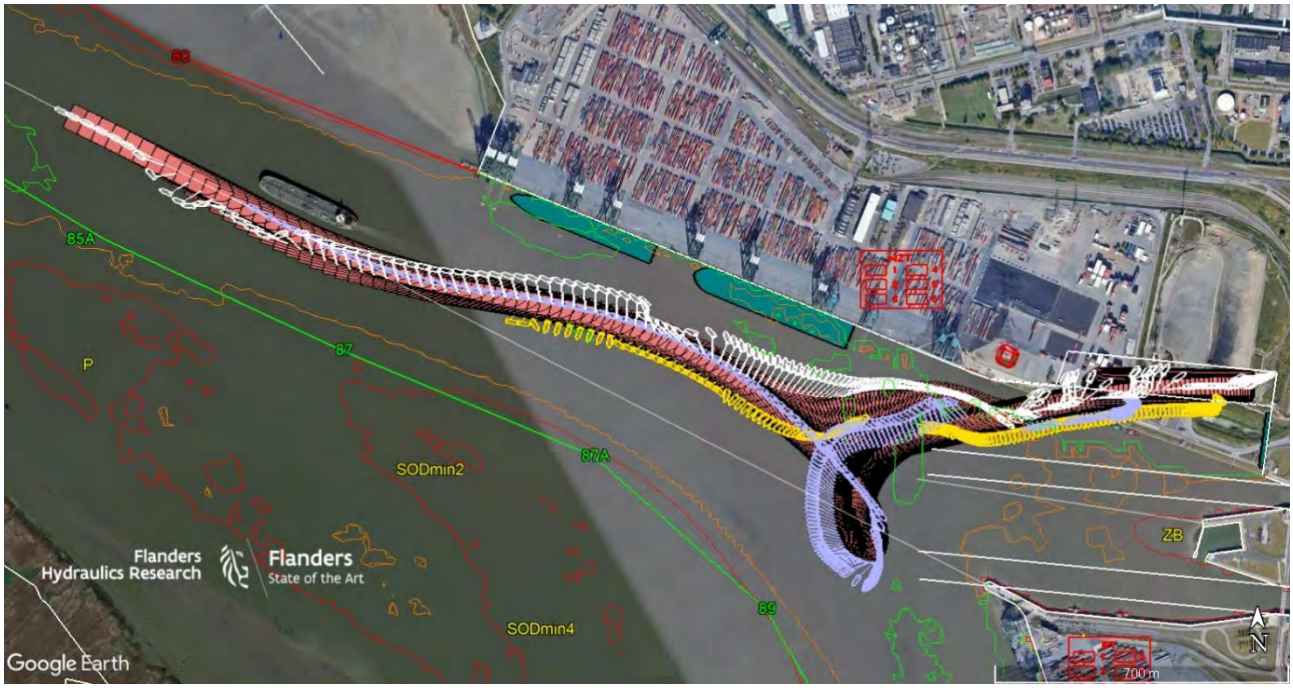
[4] Door een foute instelling op de Qastor van de scheepscontour en referentiepunt was er in de simulatie geen ruimte meer tussen kopse kant ligplaats en het schip maar op de Qastor die de loodsen volgden wel.



Figuur 10 – Run 1 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 1

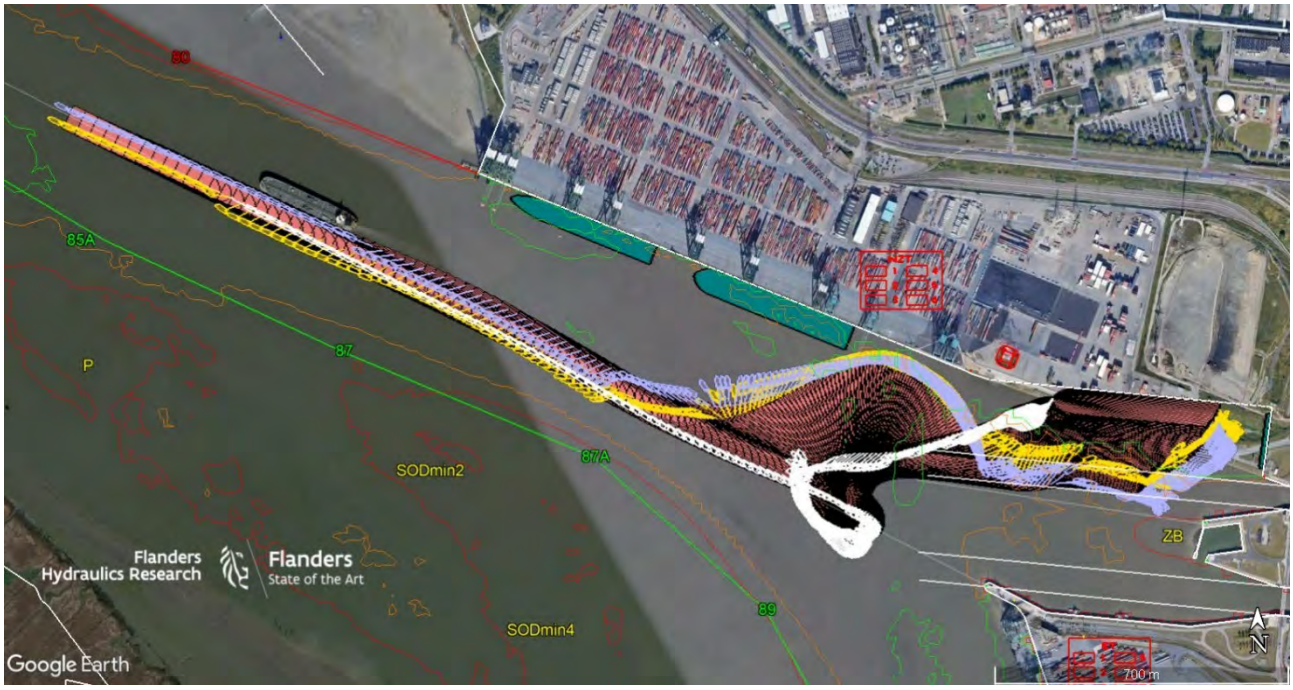


Figuur 11 – Run 2 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en N 6 Bft, scenario 2

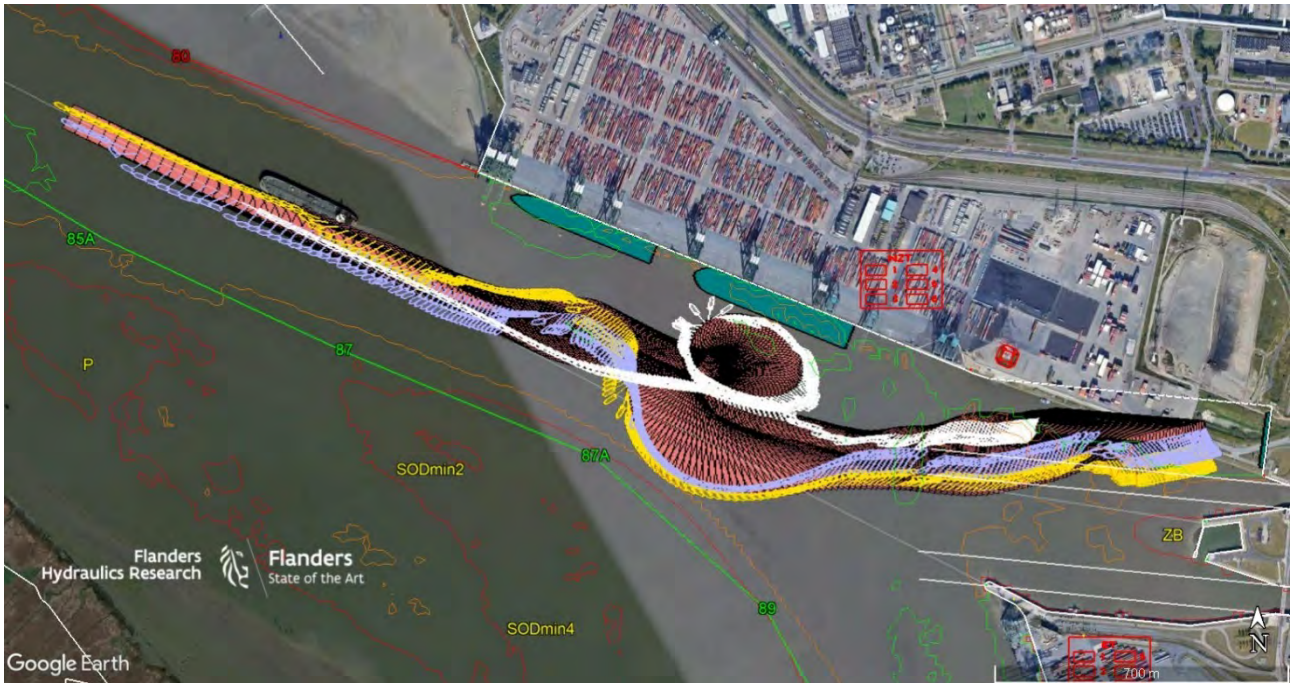


Figuur 12 – Run 3 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en N 5 Bft, scenario 2

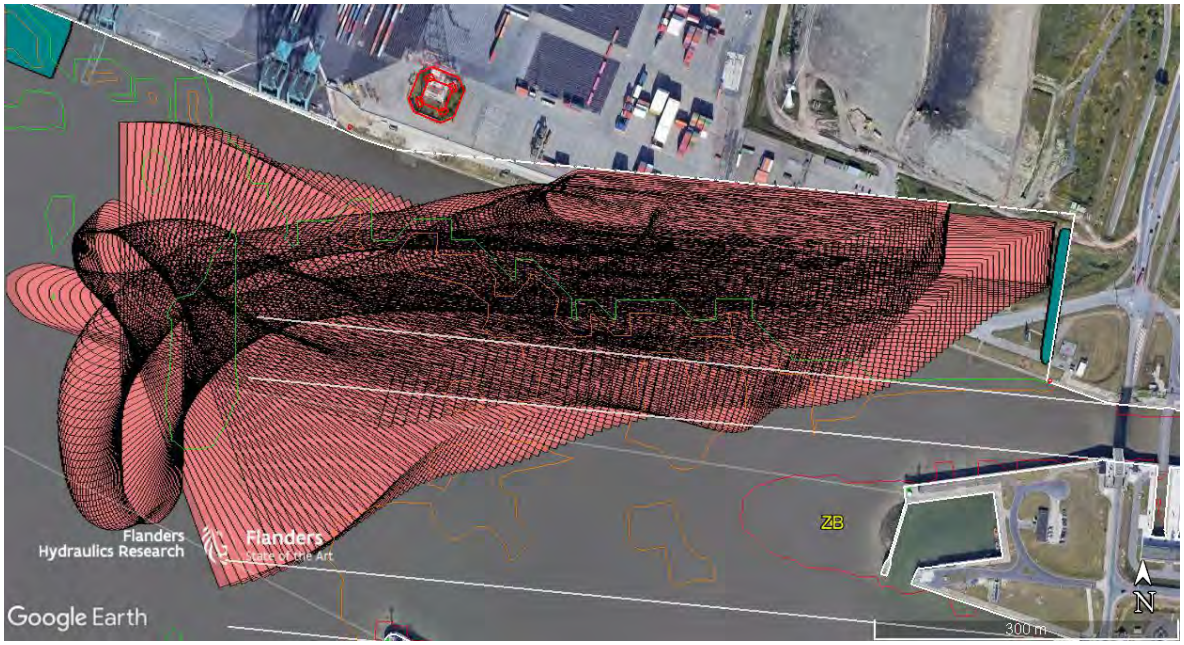
Runs 2 en 3 werden uitgevoerd bij noordelijke wind en scenario 2 waarbij de kade dieper op het land gelegen is. Bij de sleepbootconfiguratie van run 2 en N 6 Bft was er geen reserve op de sleepbootkracht en volstond deze niet om pieken op te vangen. In run 3 werd daarom de gemiddelde windkracht verlaagd naar 5 Bft zonder het aantal sleepboten te verminderen. Hierdoor is het mogelijk voor de voorsleepboot om, na assistentie aan de boeg voor zwaaien en het schip richting de kade te brengen, los te gooien en vervolgens in de zij te gaan duwen tegen de wind in. In beide runs konden het schip en de sleepboten de hoek in de uitvoering van scenario 2 vermijden maar de sleepbootkapitein vestigde de aandacht op een minimale vrije ruimte van 75 m aan weerszijden van het schip om sleepboten manoeuvreerruimte te laten. Er wordt normaal gezien tussen twee afgemeerde schepen gewerkt met een afstand van 50 m en deze waarde werd ook gebruikt om de lengte van de kade van 500 m te bepalen (400 m scheepslengte plus tweemaal 50 m aan elke zijde). Echter om te vermijden dat de sleepboten die opereren tussen een muur en een schip elkaar te veel hinderen zou eerder 550 m moeten beschikbaar zijn. De hoogspanningspyloon vormt een obstakel tussen de layout van scenario 1 (doorlopende kade) en 2 (insteekdok) en zal bij een geoptimaliseerde layout op basis van deze studie moeten in rekening gebracht worden.



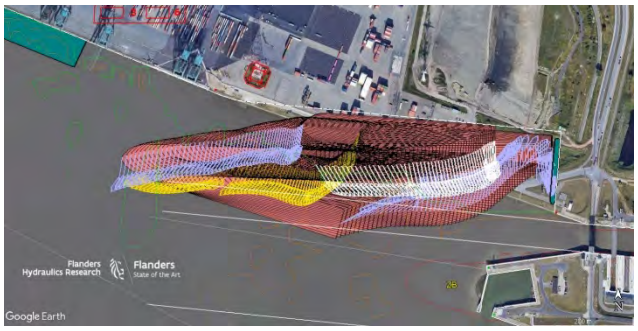
Figuur 13 – Run 16 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 1



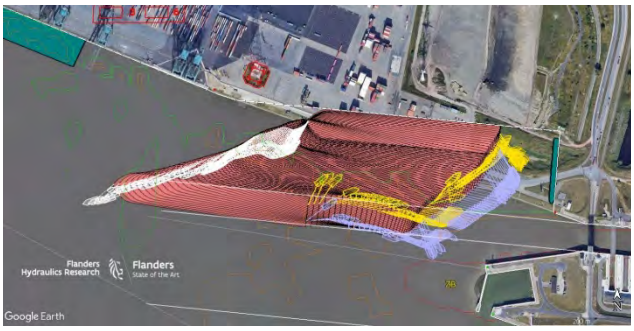
Figuur 14 – Run 17 voor opvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 1



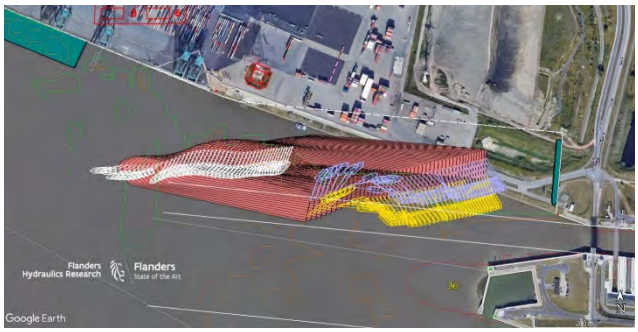
Figuur 15 – Scenario 1 met runs 0, 1, 16 en 17 en tracks over een periode van 20 minuten



(a)

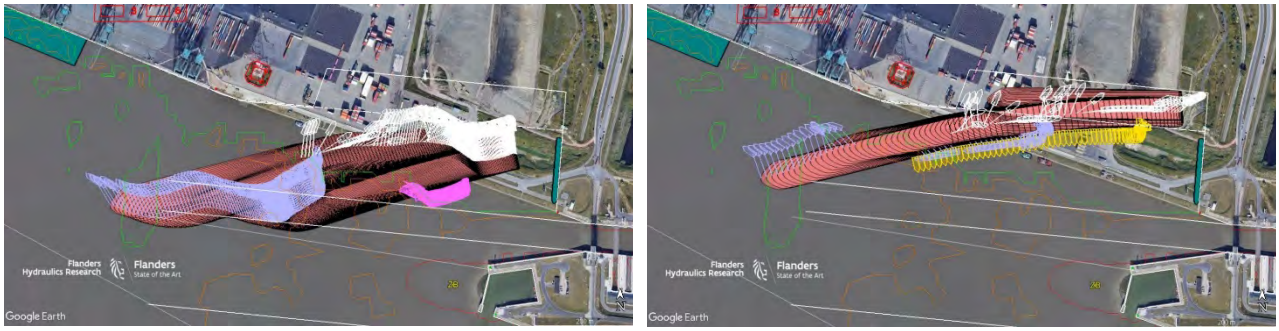


(b)



(c)

Figuur 16 – Scenario 1 bij vloed: individuele tracks in aanloop naar kade:
(a) run 0 en 1 (10 min), (b) run 16 (20 min) en (c) run 17 (17 min)



(a) (b)

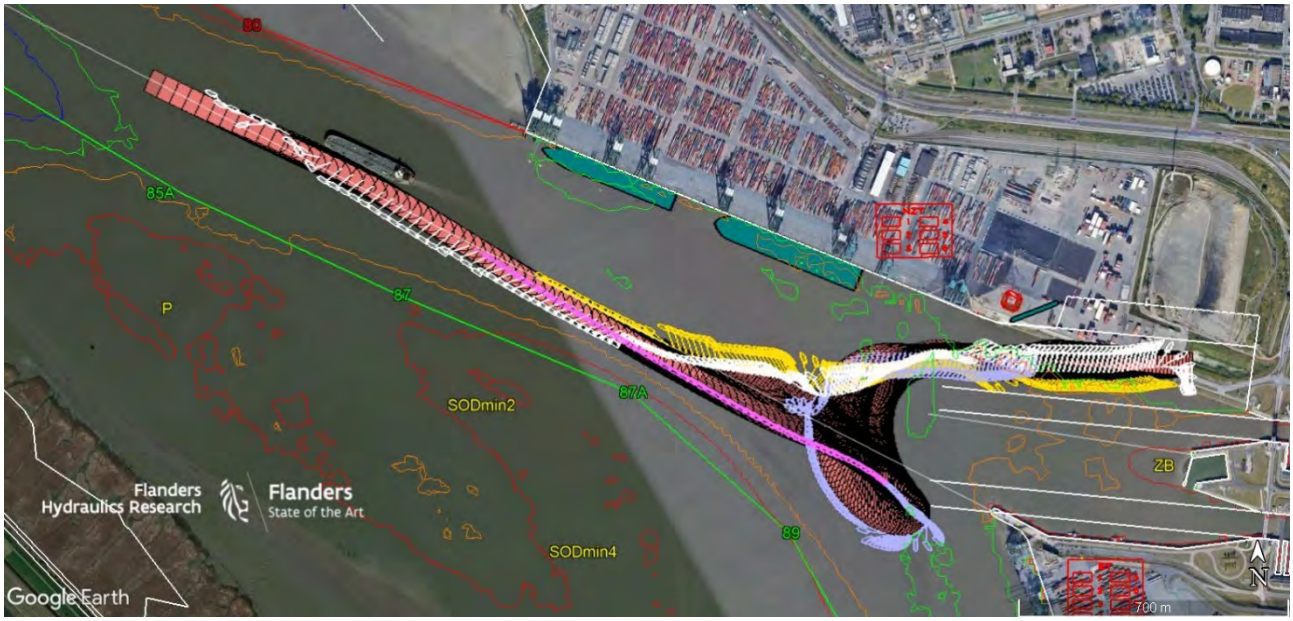
Figuur 17 – Scenario 2 bij vloed: individuele tracks in aanloop naar kade: (a) run 2 (20 min) en (b) run 3 (10 min)

De individuele tracks in de aanloop naar de kade in scenario 2 zijn voorgesteld in Figuur 17. De tracks verschillen in ingenomen ruimte en in tijd. Dankzij de kleinere gemiddelde windkracht van 5 Bft in run 3 en de meer geschikte sleepbootconfiguratie en -kracht kan het schip scherp in het insteekdok gebracht worden (slechts duur van 10 minuten) waarbij de westelijke punt wel dicht wordt genaderd en dus een verruiming (zoals schuine zijde driehoek in Figuur 2) noodzakelijk is. Het schip komt ook sneller uit de aanloopzone van de Zandvlietsluis. Niettemin zullen de duwende sleepboten in de zij met hun schroefstralen een invloed hebben op het passerende verkeer in en uit de Zandvlietsluis. Deze scheepsbewegingen moeten dus op elkaar afgestemd worden rekening houdend met de geldende omgevingscondities. Zolang het schip niet parallel aan de kade ligt en met sleepboten voldoende ver van het (divergerende) pad van de schepen uit de sluis (zie ook hoofdstuk 4.2), wordt passage afgeraden.

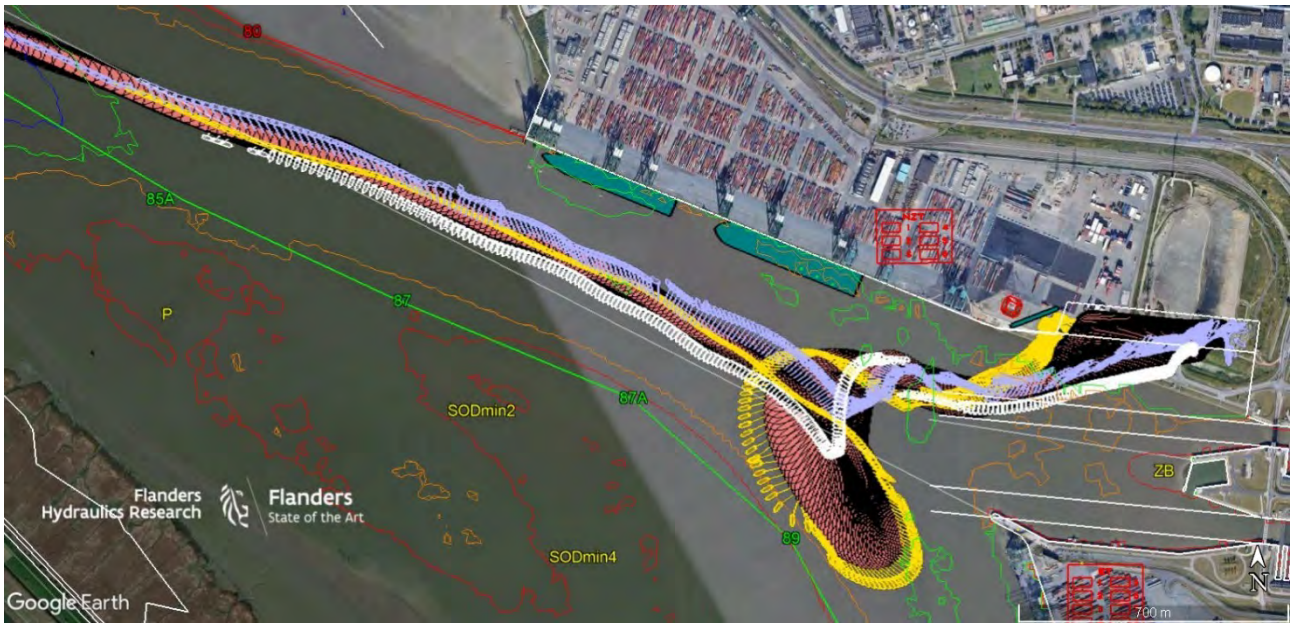
Tabel 3 – Simulaties bij opvaart met zwaaien en ebstroom en standaardfeedback

Run	SC	Draft (dm)	Sleepboten	Wind	Reserve	Moeilijkheid	Realiteit
6	2	150	80 ton F x 80 ton A x 60 ton A PS	ZW6	3	3	ja
9	2	150	60 ton F x 80 ton A x 80 ton P SS/PS	N5	2	2	ja
10	1	150	60 ton F x 80 ton A x 80 ton P SS/PS	ZW6	2	3	ja

De simulatieruns bij ebstroom werden allen met zwaaien over stuurboord uitgevoerd. De ebstroom wordt gebruikt om de boeg over te zwaaien ongeacht de windrichting. De beoordeling volgens Tabel 3 varieert tussen voldoende en weinig reserve en normaal uitgevoerd of meer dan normale moeilijkheid. Men acht het manoeuvre bij de opgelegde condities wel realistisch. Runs 6 (Figuur 18) en 9 (Figuur 19) werden bij scenario 2 uitgevoerd met telkens drie sleepboten en windcondities ZW 6 Bft en N 5 Bft. Er werd in run 6 niet tot in het insteekdok gevaren, in run 9 wel waarbij het niet eenvoudig bleek om het schip met de beperkte ruimte voor en achter (ook na afschuinen van de hoek) met de sleepboten veilig aan de kade te brengen. De kadelengte zou bij voorkeur vergroot moeten worden of het schip zou minder diep landinwaarts moeten varen.



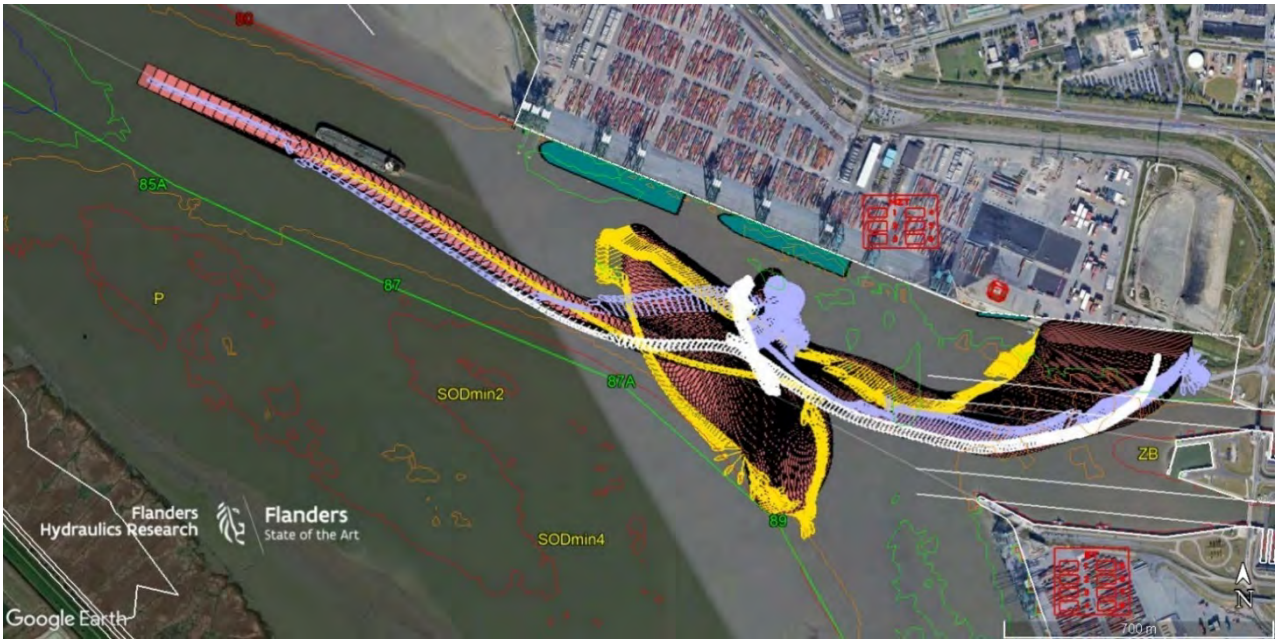
Figuur 18 – Run 6 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 2



Figuur 19 – Run 9 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij eb en N 5 Bft, scenario 2

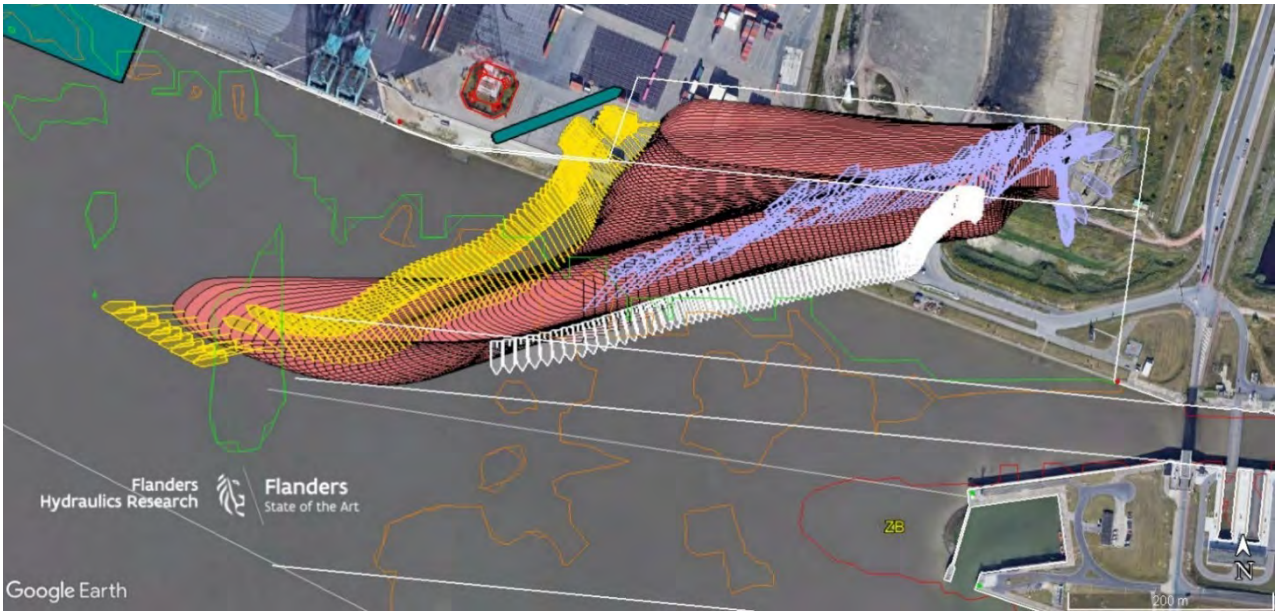
Bij run 10 (Figuur 20) waren er problemen met de Full SNMS waardoor het zwaaimanoeuvre op de rivier niet vlot verliep. Er werd over boei 89 gezwaaid waarbij het voorschip eigenlijk aan de grond liep. Dit was volledig te wijten aan de foutieve indicaties op de Full SNMS. Een zwaaimanoeuvre over de eb wordt bij voorkeur met het schip nagenoeg op de lichtenlijn van de Berendrechtsluis opgelijnd en met de boeg op één derde van de vaargeul (ten opzichte van de punt van Berendrecht) zodat bij het inzetten van de zwaaibeweging het achterschip voldoende snel in de toegangsgeul tot de sluizen komt. Rekening houdend dat het schip in run 10 nog volledig op stroom ligt na zwaaien moet het schip tegen de richting van de stroom langzaam naar achteren in de toegangsgeul gebracht worden. Hierdoor is de toegangsgeul lang bezet. Dit moet vermeden

worden. De sleepbootconfiguratie bestond uit een voor- en achtersleepboot en een duwende sleepboot in de zij. Nabij de kade zullen de twee sleepboten voor en achter bij pieken van 6 Bft en meer niet volstaan. In Bijlage 5 blijkt ook dat op het einde van de simulatie beide op maximum werden ingezet. Een beperking van de maximale windkracht (gunstige simulatie bij ZW 5 Bft) of een configuratie met drie vastgemaakte sleepboten omvatten de mogelijkheden.



Figuur 20 – Run 10 voor opvaart met zwaaien over stuurboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1

Zoals voor de runs bij vloedstroom voor scenario 1 en 2 tijden werden opgegeven voor het brengen van het schip vanuit de aanloopzone van de Zandvlietsluis naar de kade wordt in Figuur 21 op basis van run 9 waarbij het schip tot de kade in scenario 2 werd gebracht de tijd geregistreerd en bedroeg deze 15 minuten.



Figuur 21 – Scenario 2 bij eb: individuele track in aanloop naar kade: run 9 (15 min)

3.2 Afvaart met zwaaien

Twee simulaties werden uitgevoerd met een zwaaimanoeuvre bij afvaart en vloedstroom (Tabel 4) en twee simulaties bij ebstroom (Tabel 5). Alle simulaties werden uitgevoerd bij een getijonafhankelijke diepgang van 120 dm omdat afvaart van de NZT bij maximale vloed- of ebstroom enkel kan voor getijonafhankelijke schepen. De KMZ tracks van de individuele simulaties zijn voorgesteld in Figuur 22 en Figuur 23 voor de simulaties bij vloedstroom en in Figuur 24 en Figuur 25 bij ebstroom.

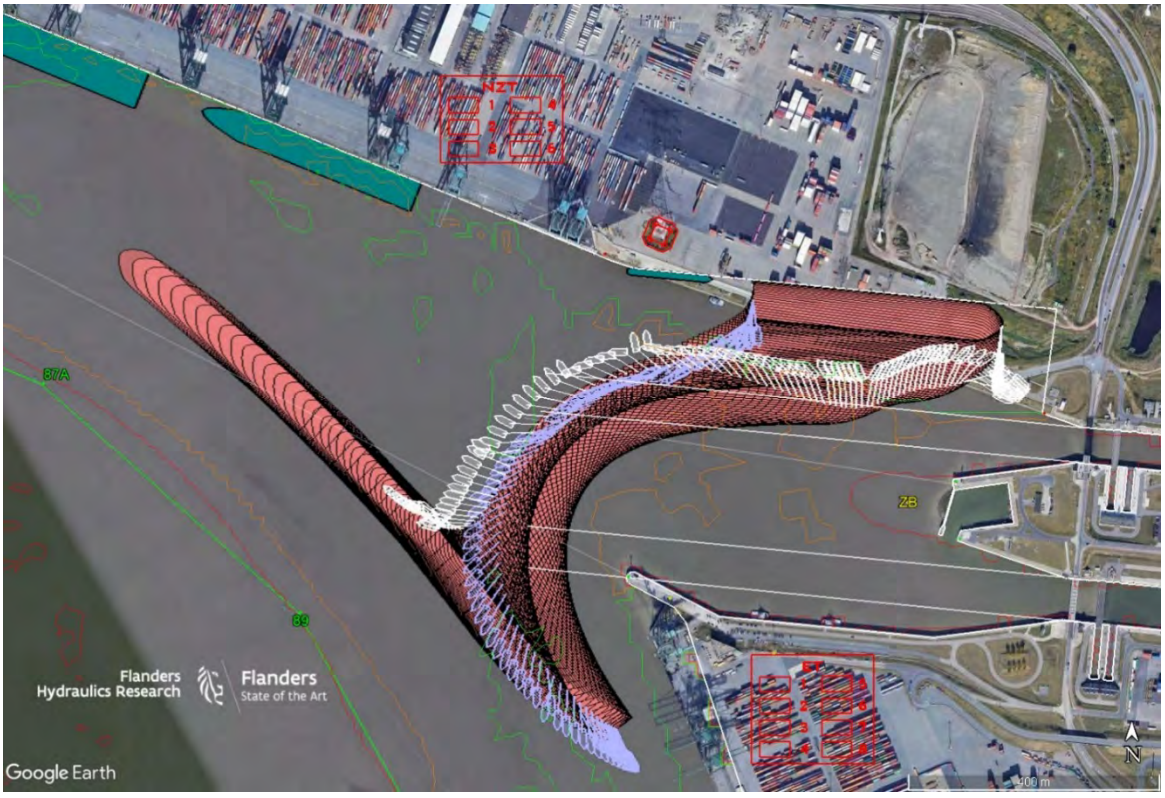
De gestandaardiseerde feedback van de loodsen voor de simulaties bij vloedstroom varieert tussen gelukt met veel (1 bij een gunstige noordelijke wind) en voldoende reserve (2) en vlot (1) tot normaal uitgevoerd (2). In realiteit zou men dit afvaartmanoeuvre met zwaaien en de gekozen sleepbootconfiguratie ook uitvoeren.

Tabel 4 – Simulaties bij afvaart met zwaaien en vloedstroom en standaardfeedback

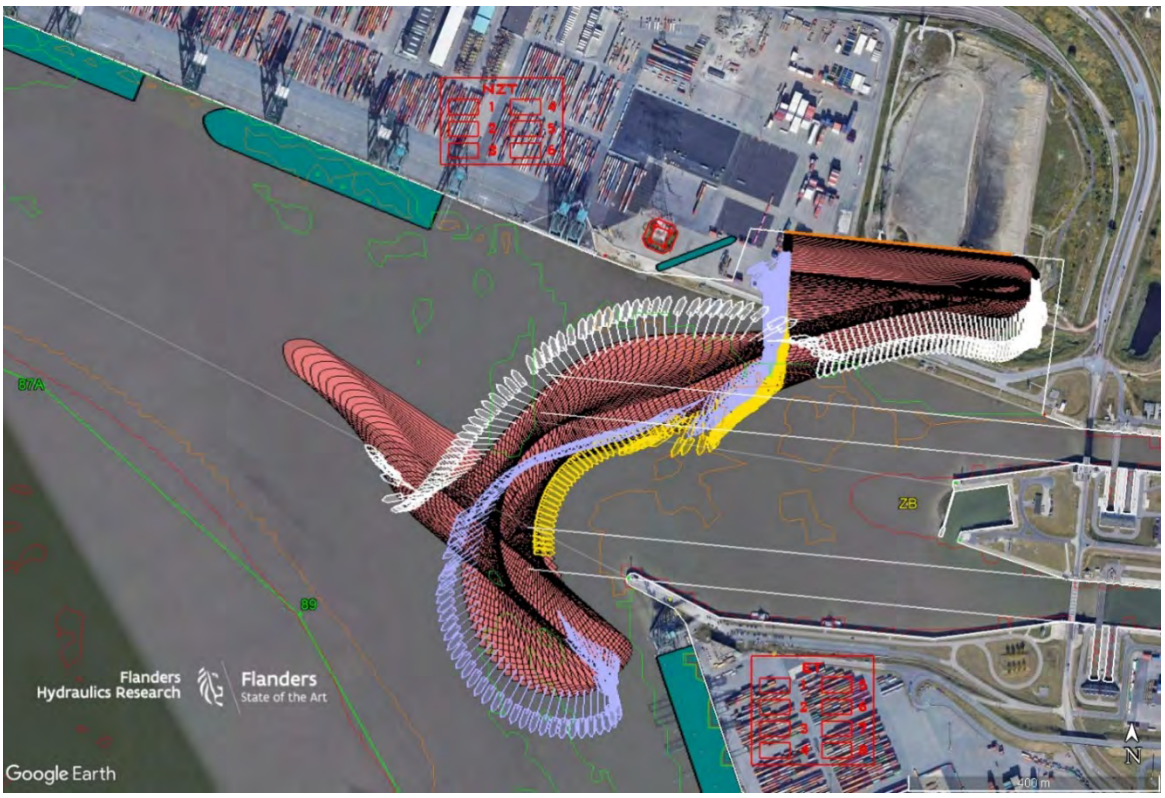
Run	SC	Draft (dm)	Sleepboten	Wind	Reserve	Moeilijkheid	Realiteit
11	1	120	80 ton F x 80 ton A	N6	1	1	ja
12	2	120	80 ton F x 80 ton A x 60 ton A SS	ZW6	2	2	ja

Run 11 en 12 bij verschillende windrichtingen worden gelijkaardig uitgevoerd. Het schip wordt achteruit en zwaaiend naar de rivier gebracht om vervolgens het schip langszij de noordelijke zijde van de Europaterminal (EUT) af te stoppen. Vervolgens wordt het schip versneld om de Noordzeeterminal te passeren. De vloedstroom beïnvloedt het manoeuvre bij het op de rivier komen en versnellen. De afstand tussen schip en EUT (of afgemeerd schip aan EUT, Figuur 23) is klein en zou bij voorkeur groter zijn. Voor de Europaterminal werd tijdens de simulatiestudie reeds de gedraaide variant opgenomen. In run 11 bij de noordelijke wind waarbij het schip van de kade wordt weggeblazen volstaan twee 80 ton sleepboten (achterste wordt weinig ingezet) die voornamelijk het achteruit varen en zwaaien assisteren en in run 12 bij de zuidwestelijke wind zijn drie sleepboten nodig om het schip tegen de wind in van de kade los te trekken. De duur van de volledige simulaties varieert ook met deze windinvloed van ongeveer 25 minuten bij noordelijke wind tot 36 minuten bij een zuidwestelijke wind. Deze tijd bepaalt mee de toegankelijkheid van de Zandvliet- en Berendrechtsluis.

Run 12 werd in scenario 2 uitgevoerd met de ingesprongen kade waarbij de sleepboten (twee achter en één voor) reserve hadden tot de hoek achteraan maar vooraan de ruimte krap was. In run 11 met een doorgaande kade in scenario 1 was nog een binnenschip afgemeerd aan de afwaartse zijde. Bij dit manoeuvre vormde dit schip geen belemmering terwijl bij de opvaart zoals in 3.1 dit wel was.



Figuur 22 – Run 11 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en N 6 Bft, scenario 1

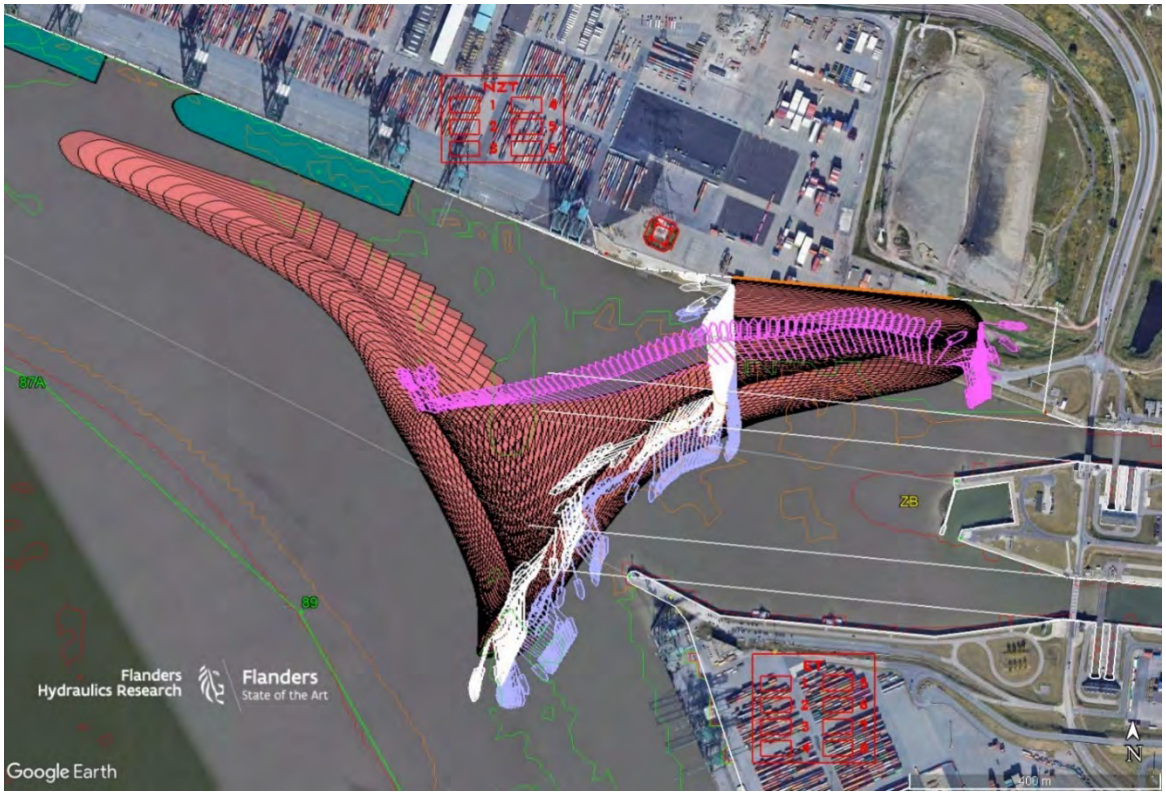


Figuur 23 – Run 12 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij vloed en ZW 6 Bft, scenario 2

De simulaties die bij ebstroom werden uitgevoerd geven een gestandaardiseerde feedback van telkens voldoende reserve en normaal uitgevoerd (Tabel 5). In run 7 werd er op de rivier gezwaaid terwijl onder dezelfde condities in run 8 ter plaatse van de kade dus in de toegangsgeul van Zandvliet- en Berendrechtsluis gezwaaid werd. De loods is van oordeel dat een kapitein dit in realiteit niet zal doen aangezien bij dit manoeuvre het schip kortbij rondom rond door beton (noord-, oost- en zuidzijde) is ingesloten. Eventueel kan dit bij minimale wind wel nog voorkomen in realiteit (indien men de doorgaande trafiek op de rivier minder lang wenst te verstoren).

Tabel 5 – Simulaties bij afvaart met zwaaien en ebstroom en standaardfeedback

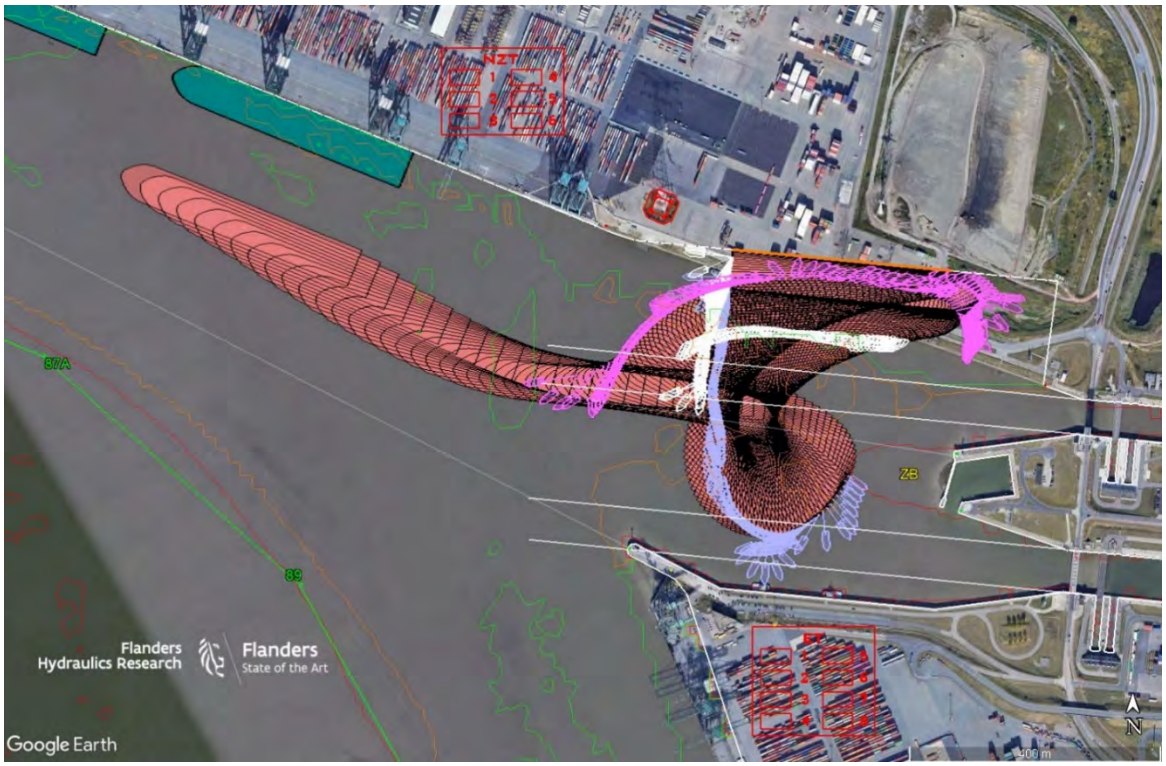
Run	SC	Draft (dm)	Sleepboten	Wind	Reserve	Moeilijkheid	Realiteit
7	1	120	60 ton F x 80 ton A PS x 80 ton A SS	ZW6	2	2	ja
8	1	120	60 ton F x 80 ton A PS/P SS x 80 ton A SS	ZW6	2	2	neen



Figuur 24 – Run 7 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1

In run 7 in Figuur 24 is zichtbaar hoe de afstand tussen het afvarende schip en afgemeerde schepen aan de NZT te klein wordt. Het is noodzakelijk om op de rivier tijdens het zwaaien de koers meer parallel met de NZT te brengen alvorens het schip te versnellen. De zuidwestelijke wind en de stroom duwen beide het schip naar de NZT toe zodat het opbouwen van een rate of turn over bakboord moeilijk wordt met enkel schroef en roer

(en boegschroef). In run 8 (Figuur 25) werd daarom ook alvorens op stroom te komen de koers eerder west genomen zodat bij het op stroom komen van de boeg er nog reserve is om op een parallelle vaart langs de NZT te passeren.



Figuur 25 – Run 8 voor afvaart met zwaaien over bakboord bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1

Beide runs werden in scenario 1 met doorgaande kade uitgevoerd. De duur van de simulatie in run 7 was 30 en in run 8 24 minuten. In run 8 wordt de sleepbootconfiguratie tijdens uitvoering gewijzigd ten opzichte van run 7 omdat de achterboot aan bakboordzijde losgooit na lostrekken van de kade om vervolgens te duwen vooraan aan stuurboordzijde. Het schip komt in run 8 op de rivier zonder sleepboten.

3.3 Opvaart zonder zwaaien

Twee simulaties werden uitgevoerd in opvaart zonder zwaaien bij dezelfde windconditie (N 6 Bft) en vloedstroom (run 13 bij scenario 2 en run 14 bij scenario 1, Tabel 6) en twee simulaties bij ebstroom (scenario 2, Tabel 7 – run 4 afgebroken en herhaald in run 5). Alle simulaties werden uitgevoerd bij een diepgang van 150 dm. De KMZ tracks van de individuele simulaties zijn voorgesteld in Figuur 26 en Figuur 27 voor de simulaties bij vloedstroom en in Figuur 29 en Figuur 30 bij ebstroom.

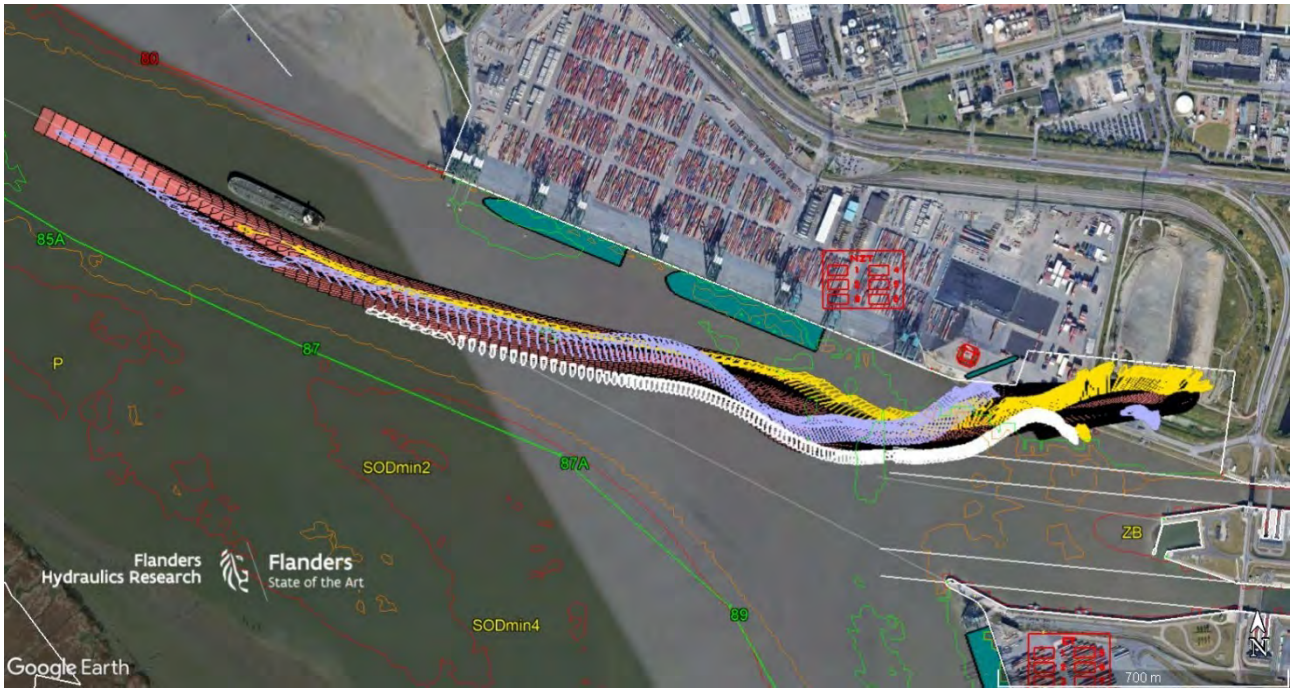
De gestandaardiseerde feedback van de loodsen voor de simulaties bij vloedstroom geeft weinig reserve en normaal uitgevoerd tot meer dan normale moeilijkheid. De sleepbootconfiguratie die in run 13 werd toegepast geeft aanleiding tot een verlijeren van het schip waardoor aangegeven wordt dat met deze configuratie (losgooien om daarna te gaan duwen) een manoeuvre in realiteit niet kan uitgevoerd worden. Ook pieken in de wind tot 7 en 8 Bft moeten vermeden worden. In run 14 werden twee duwers gebruikt (80 ton vooraan en 60 ton achteraan) en één slepende sleepboot achteraan (80 ton) waarbij er geen reserve was bij pieken boven 6 Bft. Er was wel een betere continue balans (geen losgooien van sleepboten) waardoor dit manoeuvre in realiteit wel uitvoerbaar is.

Tabel 6 – Simulaties bij opvaart zonder zwaaien en vloedstroom en standaardfeedback

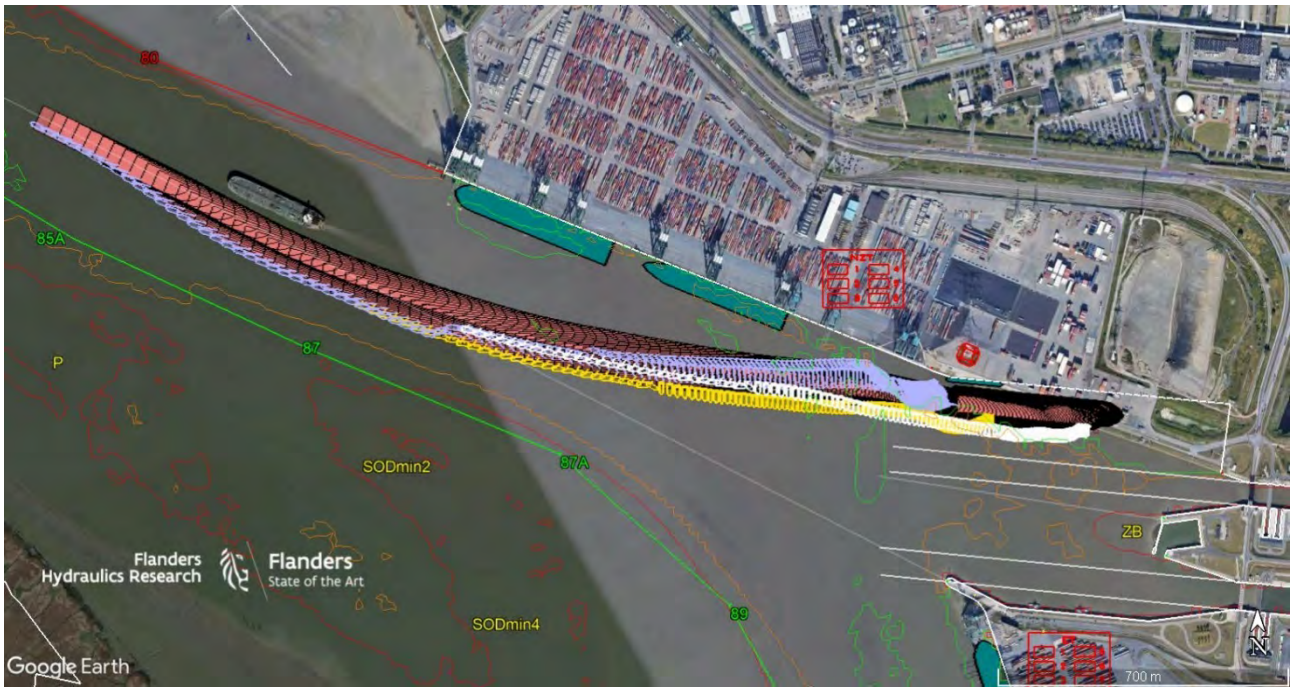
Run	SC	Draft (dm)	Sleepboten	Wind	Reserve	Moeilijkheid	Realiteit
13	2	150	60 ton F/P SS x 80 ton A/P SS x 80 ton P SS	N6	3	3	neen
14	1	150	80 ton A SS x 80 ton P SS x 60 ton P SS	N6	3	2	ja

Run 13 bij scenario 2 met ingesprongen kade had een duur van 37 minuten waarbij de simulatie werd gestopt omdat het schip niet binnen aanvaardbare tijd tot langszij de kade kon gebracht worden (Figuur 26 en Figuur 28). Door de ingesprongen kade en de beperkte ruimte voor de sleepboten maakt de slepende achterboot eerst los om vervolgens te gaan duwen stuurboord voor en vervolgens de slepende voorboot om te duwen stuurboord achter. Als gevolg van de noodzakelijke verplaatsing van deze sleepboten wordt het schip door de noordelijke wind verzet en wordt het moeilijk om het schip terug naar de kade te brengen. De simulatie werd dan ook gestopt voor er terug een dwarssnelheid tegen de wind werd opgebouwd. Pieken tot 7 en 8 Bft geven een winddruk op deze schepen die met drie sleepboten niet te compenseren is.

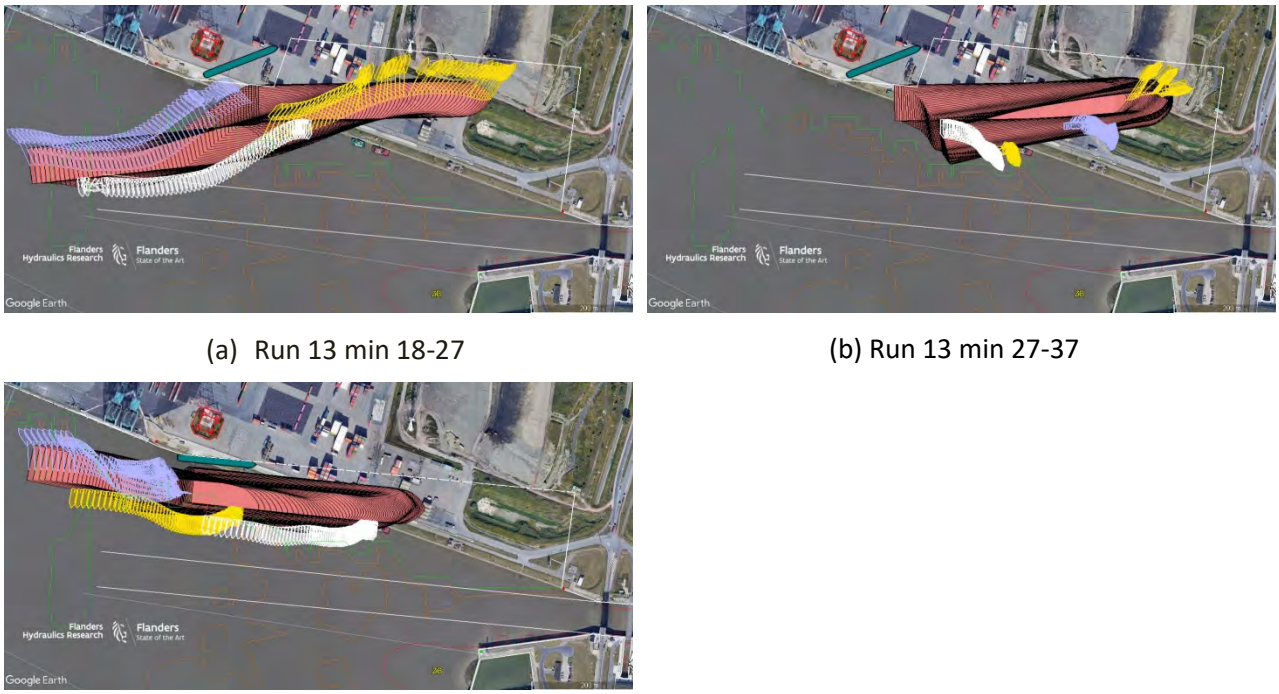
In run 14 bij scenario 1 met doorgaande kade werd de NZT scherp aangevaren waarbij het afgemeerde binnenschip aan de afwaartse zijde niet aanwezig zou mogen zijn (Figuur 27 en Figuur 28). Dit is in overeenkomst met de bevindingen in 3.1 in opvaart met zwaaien. Het schip vaart op korte afstand van de kade maar de wind verzet het schip weg van de kade zodat dit realistisch wordt geacht. Er is geen reserve op de sleepboten bij een gemiddelde windkracht van 6 Bft met pieken. Run 14 duurde 27 minuten maar het schip was minder ver langs de kade (naar oostelijke zijde) dan in run 13.



Figuur 26 – Run 13 voor opvaart zonder zwaaien bij vloed en N 6 Bft, scenario 2



Figuur 27 – Run 14 voor opvaart zonder zwaaien bij vloed en N 6 Bft, scenario 1



(a) Run 13 min 18-27

(b) Run 13 min 27-37

(c) Run 14 min 16-27

Figuur 28 – Scenario 1 en 2 bij vloed: individuele tracks in aanloop naar kade:
(a) run 13 min 18 tot 27, (b) run 13 min 27 tot 37 en (c) run 13 min 16 tot 27

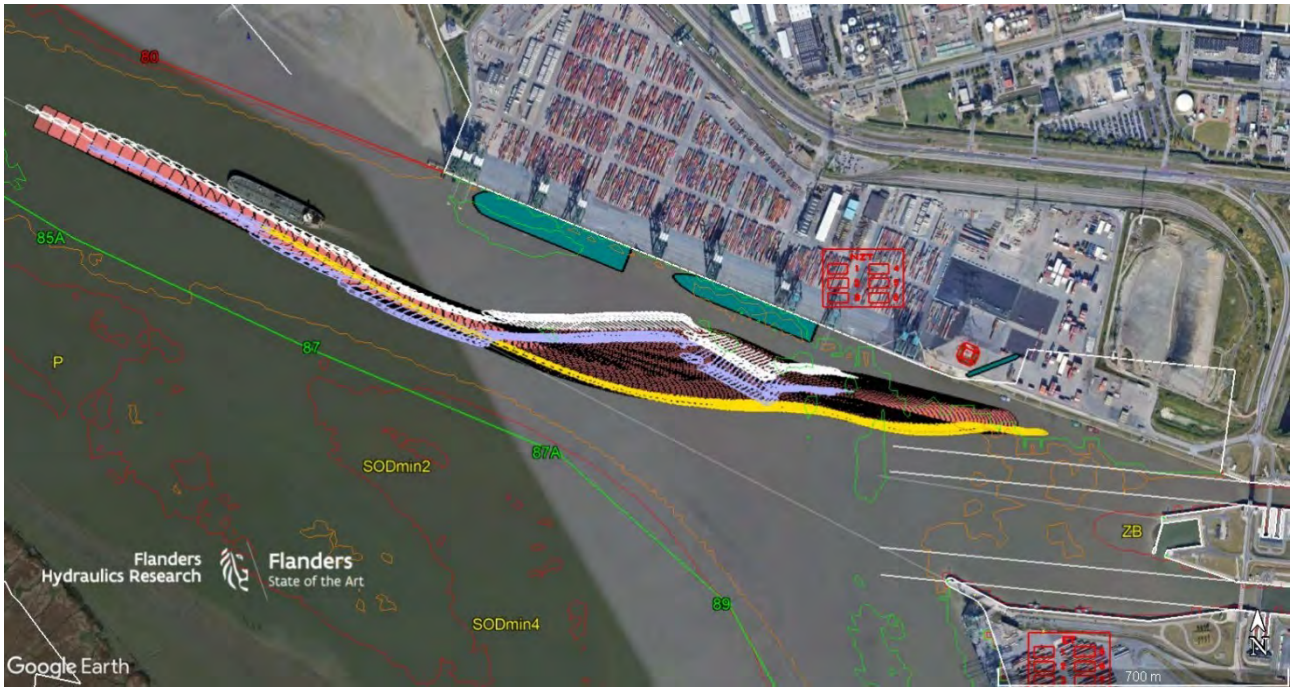
De simulaties die bij ebstroom werden uitgevoerd (run 4 onvolledig) geven een gestandaardiseerde feedback van uitgevoerd met weinig reserve maar wel normaal qua moeilijkheid (Tabel 7). Bij de zuidwestelijke windrichting wordt een sleepbootconfiguratie met drie sleepboten aan de lijn gebruikt (één vooraan en twee achteraan). In realiteit wordt dit manoeuvre mogelijk geacht.

Tabel 7 – Simulaties bij opvaart zonder zwaaien en ebstroom en standaardfeedback

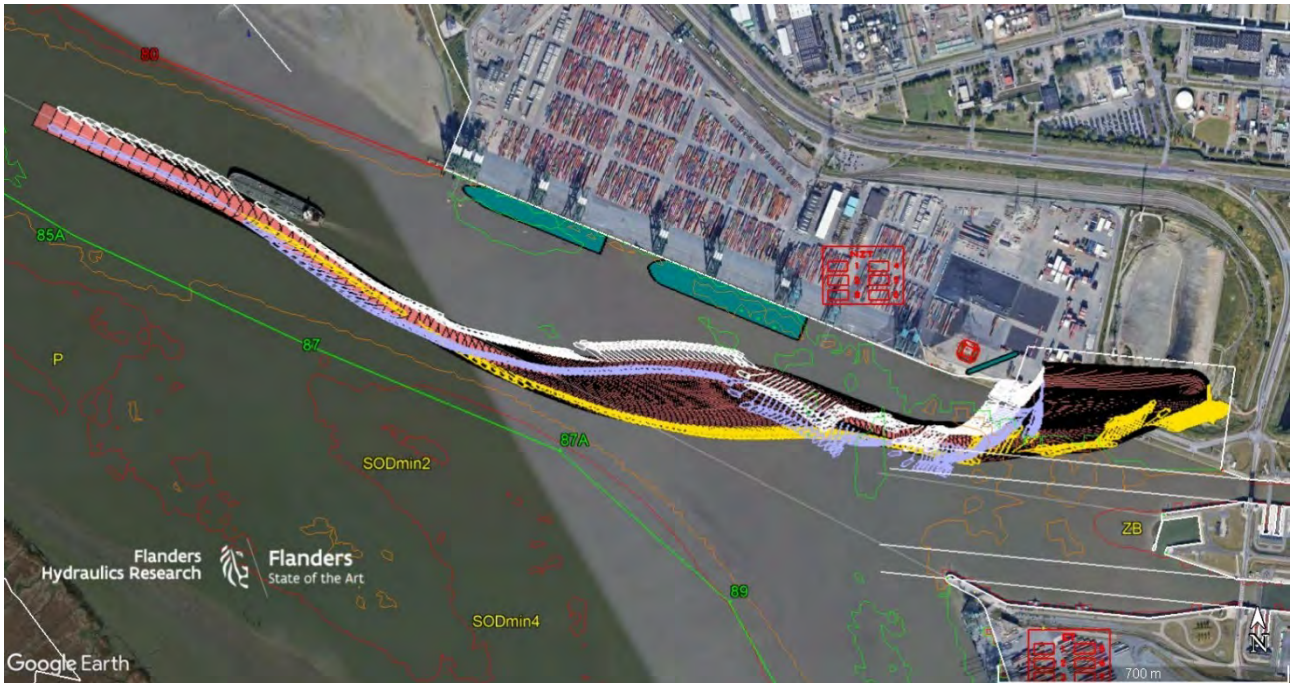
Run	SC	Draft (dm)	Sleepboten	Wind	Reserve	Moeilijkheid	Realiteit
4	2	150	60 ton F x 80 ton A PS x 80 ton A SS	ZW6	-[5]	-	-
5	2	150	60 ton F x 80 ton A PS x 80 ton A SS	ZW6	3	2	ja

In run 4 werd de ingesprongen kade scherper aangevaren (Figuur 29) dan in run 5. Dit was ondermeer te wijten aan de ebstroom en de wind die het schip naar het noorden verzetten. In run 5 nadert men dichter bij de groene kant op de rivier en wordt het schip dan door de zuidwestelijke wind naar de ingesprongen kade gebracht (Figuur 30). De ruimte vooraan en achteraan het schip langs de kade is te beperkt ook indien de westelijke hoek wordt weggenomen volgens de lijn van het visueel aangebrachte binnenschip. De kadelengte zou minstens 550 m moeten zijn zoals door de sleepbootkapitein aangegeven.

[5] Deze simulatie werd onderbroken door een verlies van connectie met de sleepbootkast waardoor de sleepboten niet meer bediend konden worden. De simulatie werd herhaald in run 5.



Figuur 29 – Run 4 voor opvaart zonder zwaaien bij eb en ZW 6 Bft, scenario 2



Figuur 30 – Run 5 voor opvaart zonder zwaaien bij eb en ZW 6 Bft, scenario 2

De duur van run 5 ligt opnieuw rond de 30 minuten zoals voor de simulaties bij vloedstroom. Er is ook weinig reserve op de sleepboten bij een gemiddelde windkracht van 6 Bft en geen reserve bij hogere pieken. Door een maximaal gebruik van de sleepboten en boegschroeven kon de dwarse naderingssnelheid tot de kaai op het einde van simulatie teruggebracht worden tot een aanvaardbare waarde.

3.4 Afvaart zonder zwaaien

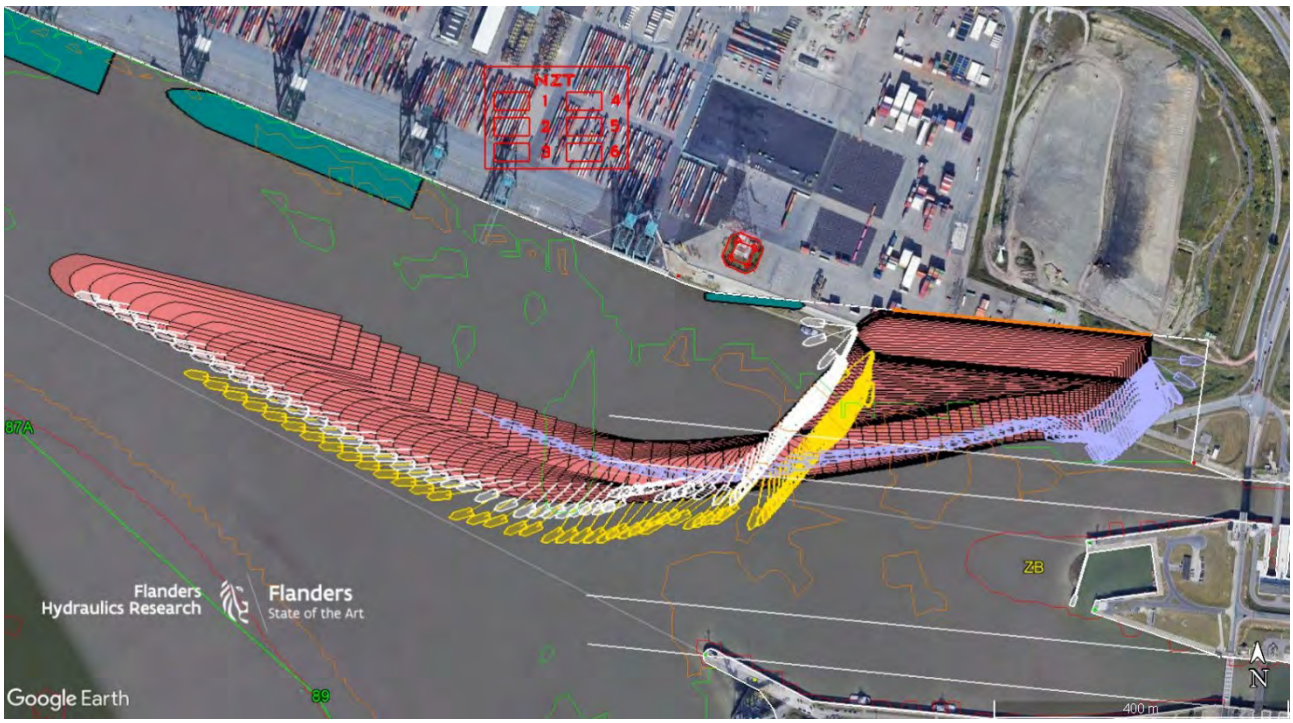
Er werd in afvaart zonder zwaaien, het eenvoudigste van de vier manoeuvres, slechts één simulatie uitgevoerd (Tabel 8). Het schip vertrekt van de kade bij scenario 1 en een zuidwestelijke wind van 6 Bft met twee sleepboten vooraan vastgemaakt en één achteraan. De simulatie werd uitgevoerd bij een diepgang van 120 dm. De KMZ track van run 15 is voorgesteld in Figuur 31.

Voor het loskomen van de kade worden alle sleepboten op maximum vermogen ingezet. Er is dus geen reserve. Eens het schip voldoende ver in de toegangsgeul van de Zandvlietsluis is verplaatst, worden de sleepboten niet meer gebruikt. Ze volgen dus zonder kracht tot het schip op de rivier is. De koers bij het op stroom komen wordt opnieuw voldoende westelijk gekozen om het verzetten van de boeg te kunnen opvangen.

Tabel 8 – Simulaties bij afvaart zonder zwaaien en ebstroom en standaardfeedback

Run	SC	Draft (dm)	Sleepboten	Wind	Reserve	Moeilijkheid	Realiteit
15	1	120	60 ton F PS x 80 ton F x 80 ton A	ZW6	2	1	ja

De gestandaardiseerde feedback van de loodsen voor de simulatie bij ebstroom is uitgevoerd met voldoende reserve en vlot uitgevoerd. Ook in realiteit zou de loods het uitvoeren. De duur van het volledig uitgevoerde manoeuvre is 15 minuten.



Figuur 31 – Run 15 voor afvaart zonder zwaaien bij eb en ZW 6 Bft, scenario 1

4 Conclusies

In het kader van het complex project Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit (ECA) in het havengebied Antwerpen is er een project gedefinieerd waarbij de Noordzeeterminal wordt verlengd met één ligplaats voor een ontwerpschip van 400 m lengte op 61.5 m breedte. Dit laatste schip behoort tot de grootste ultra large containerschepen (ULCS) die begin 2021 naar de haven van Antwerpen komen. Doel van de simulatiestudie in samenwerking met het Vlaamse (DABL) en het Nederlandse loodswezen en met de sleepbedrijven was om door middel van realtime simulaties twee scenario's te evalueren en tot een gevalideerd ontwerp te komen. Voor de verlenging van de Noordzeeterminal werd door het Havenbedrijf Antwerpen een ruimtelijke variantenstudie uitgevoerd waaruit twee scenario's zijn geselecteerd (scenario 1 en 2) die tijdens de simulatiestudie werden onderzocht. Scenario 1 is een doorgaande kade en scenario 2 een ingesprongen kade over een diepte van 85 m (Figuur 2).

Er werden op 15 en 18 maart 18 simulaties uitgevoerd met verschillende condities en aanbevelingen zoals voorgesteld in Tabel 9. Deze aanbevelingen hebben betrekking op de operationele voorwaarden. De verschillen tussen scenario 1 en 2 worden niet behandeld in Tabel 9 maar op basis van de resultaten uit de simulaties worden vereisten opgegeven voor een geoptimaliseerd ontwerp of scenario. Hiervoor wordt ook een AIS-analyse beschouwd en een vergelijking met de toegangsgeul tot de Kieldrechtsluis aan de zijde van het Deurganckdok gemaakt.

4.1 Operationele randvoorwaarden

De simulaties werden uitgevoerd volgens de parameters die worden beschreven in hoofdstuk 2 waarbij naast de gekozen stroomcondities van maximale vloedstroom of maximale eb met neer in de toegangsgeul Zandvliet-Berendrecht de wind gekozen werd bij een noordelijke of zuidwestelijke richting met een gemiddelde windkracht van 5 of 6 Bft waarbij pieken optreden tot twee Beaufortklassen hoger. Rekening houdend met de schaalvergroting van het 400 m ontwerpschip met 23,000 TEU geeft een gemiddelde windsnelheid van 12.3 m/s (gemiddelde waarde voor de 6 Bft klasse) een winddruk van minstens 160 ton op de laterale windoppervlakte[6]. Indien men het schip dus tegen de wind in moet bewegen (een zwaaimanoeuvre en/of aan/afmeermanoeuvre) en nog voldoende reserve moet overhouden zijn minstens drie sleepboten vereist bij pieken van 6 Bft. Uit een bespreking met de loodsen en rekening houdend met het gebrek aan of de zeer beperkte reserve tijdens de simulaties met drie sleepboten (twee 80 ton en één 60 ton) bij pieken tot 7 en 8 Bft wordt aanbevolen om deze schepen van 400 m op 61.5 m niet toe te laten bij windsnelheden groter dan 6 Beaufort. Bijkomend is het noodzakelijk om gezien de blijvende schaalvergroting in de containerschepen ook zwaardere sleepboten te voorzien met bollard pull van meer dan 85 ton. Hierdoor kan eenzelfde aantal sleepboten ingezet worden zoals tijdens de simulaties maar ontstaat er toch enige reserve.

Tabel 9 geeft een overzicht van de condities en de aanbevelingen voor sleepbootconfiguratie.

[6] Voor een gemiddelde windsnelheid van 15.5 m/s (gemiddelde waarde voor de 7 Bft klasse) is de winddruk minstens 255 ton.

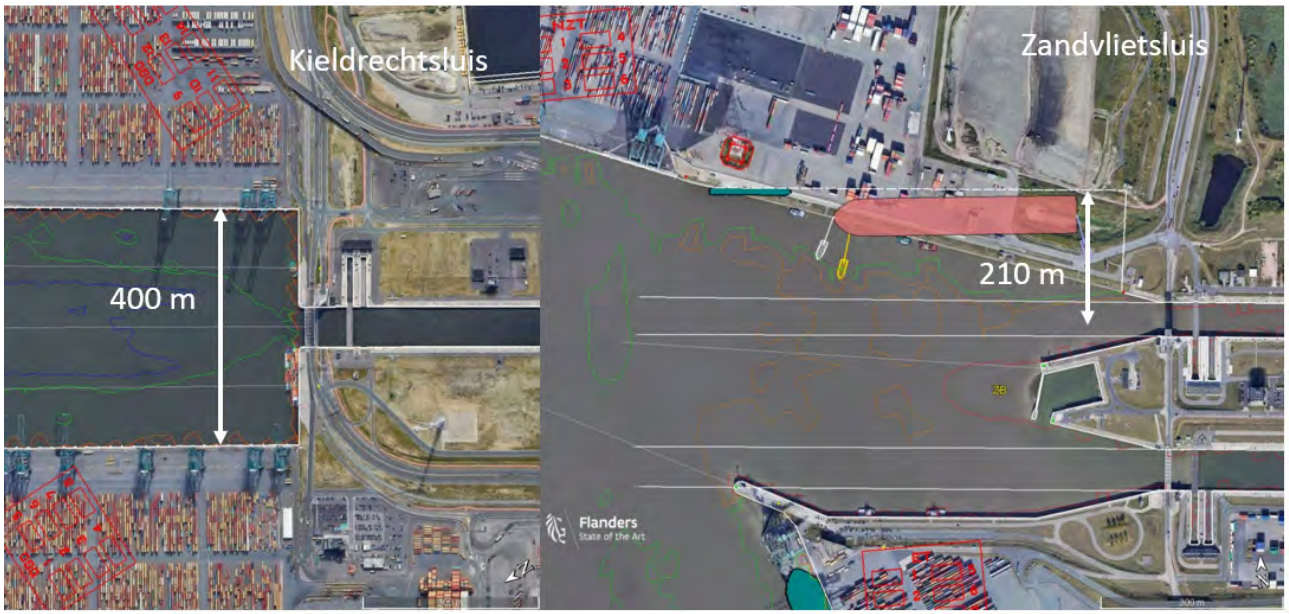
Tabel 9 – Overzicht van condities en aanbevelingen

Op/Af	Zwaaien	Stroom (zwaairichting)	Sleepbootconfiguratie bij maximale dwarse wind ten opzichte van kade
Op	Ja	Vloed (eerder stuurboord)	Noordelijk: tug Fore/Pusher PS x tug Aft x tug Pusher SS/PS Zuidwestelijk: tug Fore x tug Aft (PS) x tug Aft SS
Op	Ja	Eb (stuurboord)	
Op	Neen	Vloed	Noordelijk: tug Aft SS x tug Pusher SS x tug Pusher SS Zuidwestelijk: tug Fore x tug Aft (PS) x tug Aft SS
Op	Neen	Eb	
Af	Ja	Vloed (bakboord)	Noordelijk: tug Fore x tug Aft Zuidwestelijk: tug Fore x tug Aft (PS) x tug Aft SS
Af	Ja	Eb (bakboord)	
Af	Neen	Vloed	Noordelijk: tug Fore x tug Aft[7] Zuidwestelijk: tug Fore PS x tug Fore x tug Aft
Af	Neen	Eb	

4.2 Vereisten voor geoptimaliseerde layout van uitbreiding

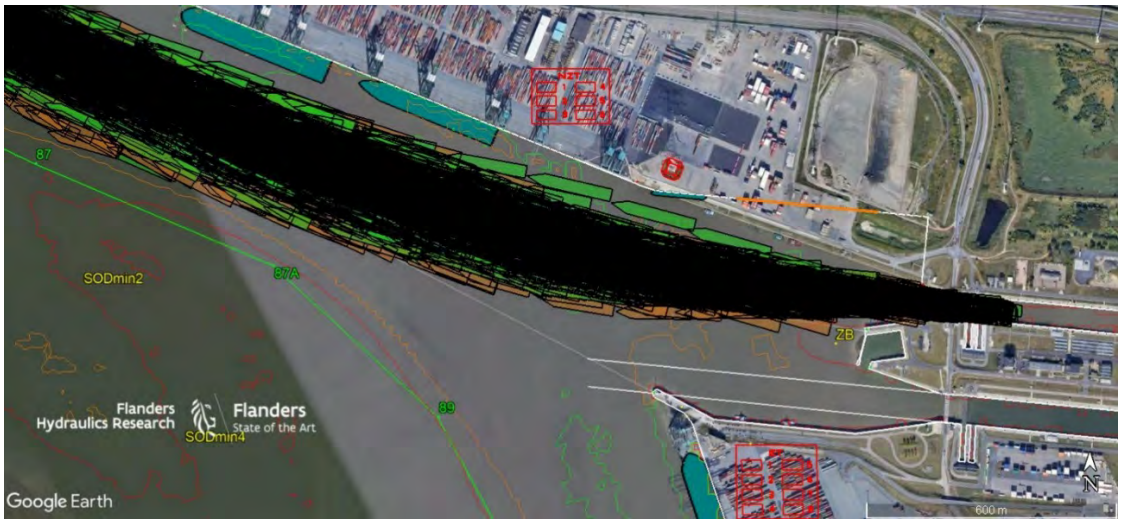
De simulaties werden bij de verschillende condities uitgevoerd in zowel scenario 1 als 2. Scenario 1 omvat een doorgaande kade zoals in Figuur 32 voorgesteld waarbij tegelijkertijd een vergelijking wordt gemaakt met de kades aan weerszijden van het Deurganckdok komende uit de Kieldrechtsluis. Met de ligging van de kade in scenario 1 worden dezelfde afstanden gerespecteerd tot de centrale as van de aangrenzende sluis zoals deze nu gelden in het Deurganckdok. Het is echter geweten dat de aanloop van een schip met bestemming Kieldrechtsluis kan beïnvloed worden door de schroefstraal van de assisterende duwende sleepboten bij het aan/afmeren van een containerschip.

[7] Deze conditie werd niet gesimuleerd en werd daarom overgenomen van de conditie afvaart met zwaaien bij noordelijke wind. Mogelijk kan het aantal sleepboten nog aangepast worden.

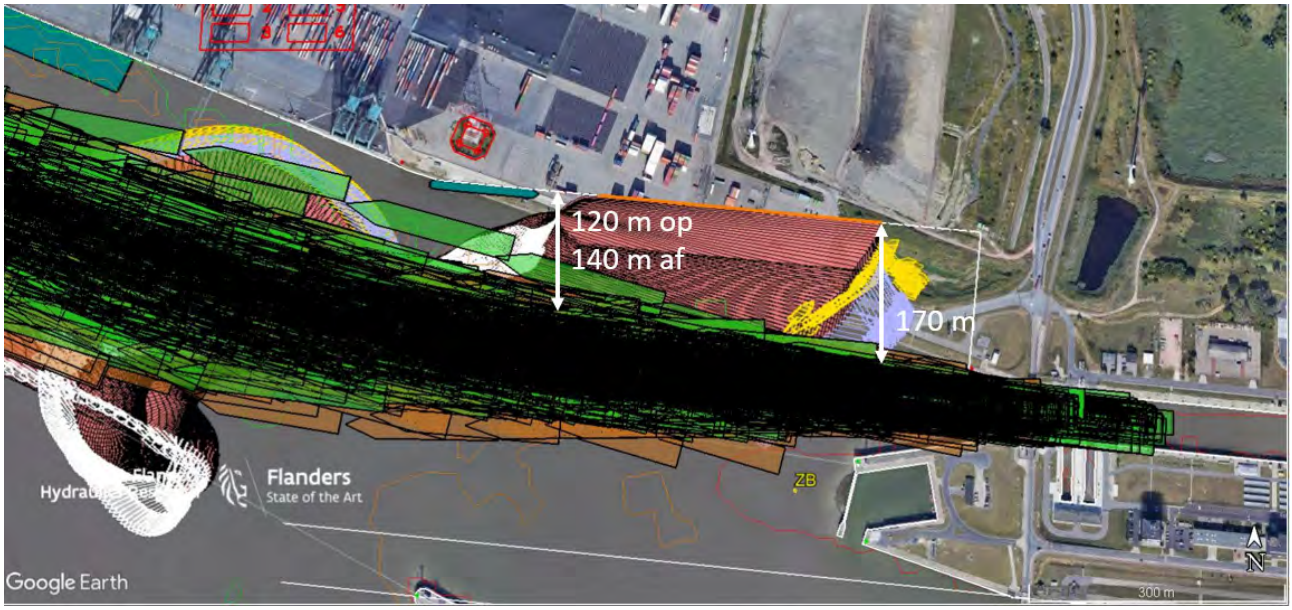


Figuur 32 – Vergelijking van de kade in scenario 1 ter hoogte van de Zandvlietsluis en de oostelijke kade van het Deurganckdok ter hoogte van de Kieldrechtsluis

Bijkomend is er een verschil in tracks van de schepen die uit de Kieldrechtsluis komen en de schepen die in afvaart uit de Zandvlietsluis komen zoals in de AIS-analyse in Figuur 33 is voorgesteld. De meeste schepen maken op de laatste locatie een koerswijziging naar het noorden of dus naar de knik tussen de bestaande kade van de Noordzeeterminal en de uitgebreide kade in scenario 1. Indien echter in het Deurganckdok een passage tussen een afvarend schip uit de Kieldrechtsluis en een opvarend schip naar deze sluis of de kade moet uitgevoerd worden, dan moet dit afvarende schip zich ook oostelijker gaan verplaatsen. De oriëntatie van de Kieldrechtsluis (zuidwestelijk) is wel anders dan deze van de Zandvlietsluis (westelijk) ten opzichte van de overheersende windrichting. Er werd tijdens de simulaties door de loodsen gewezen op de afvaart uit de Zandvlietsluis bij een zuidwestelijke sterke wind waarbij het schip naar de Noordzeeterminal wordt verzet (zie ook noordelijk pad van een schip in afvaart in Figuur 33).



Figuur 33 – Scenario 1: AIS analyse doorgaande afvaart (periode 01/10/2018 tot 01/01/2020)



Figuur 34 – Scenario 1, detail: AIS analyse doorgaande afvaart (periode 01/10/2018 tot 01/01/2020) tot afmerend schip met sleepboten

In Figuur 34 wordt een detail voorgesteld van de track van een afmerend schip aan de nieuwe kade van de Noordzeeterminal waarbij afstanden worden voorgesteld tot de zwarte bulk van scheepscontouren die de meest voorkomende padbreedtes aangeven van afvarende schepen uit de Zandvlietsluis. Het dichtst bij de Zandvlietsluis bedraagt deze afstand 170 m terwijl deze het verst van de sluis varieert tussen 140 m voor de bulk van afvarende schepen en 120 m voor de bulk van opvarende schepen (niet voorgesteld). Er wordt bijkomend opgemerkt dat tijdens een opvaartmanoeuvre van een (groot) containerschip naar de verlengde NZT (nieuwe kade) nabij de Zandvlietsluis geen aanlopen naar of uitvaarten uit deze sluis worden toegestaan tot het aanmeren met meerlijnen gestart is.

In scenario 2 met ingesprongen kade kan men die interactie tussen een afmerend schip aan de nieuwe kade en de passage in en uit de Zandvlietsluis meer ruimte geven door de insprong over 85 m. De ontworpen kadelengte van 500 m is echter te weinig voor een schip met een lengte van 400 m en de assisterende sleepboten. Een minimale lengte van 550 m is gewenst. Een ingesprongen kade is echter te vermijden omdat men steeds met schip of sleepboten rond een nabijgelegen vaste constructie moet gaan. Aan de noordzijde van de gedraaide Europaterminal doet zich dit ook voor maar de inspringing is beperkt tot 60 m en er bevindt zich mogelijk wel een afgemeerd schip maar geen kopse muur aan de andere zijde van de afmeerlocatie. Dit geeft een verschil in ruimte voor de assisterende sleepboten.

Rekening houdend met de aanwezigheid van de hoogspanningspyloon en de te vermijden zones (Figuur 4) is het moeilijk om tegelijkertijd een doorlopende kade te voorzien vanaf de knik die dan ook nog ver genoeg gelegen is van de doorgaande vaart van schepen in en uit de sluis. Het wordt ook belangrijk om verschillende functies te beschouwen:

- afmeren van sleepboten en binnenschepen nabij terminals
- specifieke ligplaats voor het ontwerpschip
- vlotte en veilige doorvaart naar en van de Zandvlietsluis

Daarom wordt voorgesteld om in overleg met betrokken partijen voor de disciplines nautica, bouwtechnisch en operationeel de uitbreiding van de Noordzeeterminal met één ligplaats en de toegangsgeul tot de Zandvliet- en Berendrechtsluis als een geheel te optimaliseren voor deze verschillende functies.



Figuur 35 – Voorbeelden van opties voor optimalisatie van scenario 1 en 2

In Figuur 35 is een samenvatting gegeven van drie opties, de zwaaizone voor de nieuwe ligplaats en de te baggeren zone op een bodemdiepte zoals voor de verdiepte EUT. De drie opties zijn slechts voorbeelden van optimalisaties:

1. Optie 1 (roos): is een doorgaande kade waarbij het startpunt meer afwaarts de voorgestelde knik voor scenario 1 ligt en waarbij het eindpunt gelijk genomen wordt als het punt van scenario 1.
2. Optie 2 (groen): is een doorgaande kade waarbij het startpunt gelijk genomen wordt aan dit van optie 1 maar waarbij de doorgaande kade parallel is met de kade in scenario 1 maar 15 m meer landinwaarts (34 graden koerswijziging ten opzichte van bestaande NZT).
3. Optie 3 (blauw): is een ingesprongen kade waarbij het startpunt gelijk genomen wordt aan de knik in scenario 1 en het eindpunt bepaald wordt als een kadelengte van 550 m die 35 m landinwaarts ligt parallel aan de kade in scenario 1.

De functie voor het afmeren van binnenschepen en sleepboten is niet voorgesteld. Op basis van de simulaties wordt het afmeren op de kopse kant van de nieuwe ligplaats verboden en wordt eigenlijk ook het afmeren aan de afwaartse zijde van de nieuwe ligplaats afgeraden omwille van mogelijkheid tot verzetten onder invloed van zuidwestelijke windinvloed (ULCS naar binnenschip).

Referenties

Eloot, K.; Verwilligen, J.; Mostaert, F. (2020a). Haven van Antwerpen: alternatievenonderzoek voor de Europaterminal: deelrapport 2. Simulatiestudie: ontmoetingen. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 19_046_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Eloot, K.; Verwilligen, J.; Mostaert, F. (2020b). Haven van Antwerpen: Alternatievenonderzoek voor de Europaterminal: deelrapport 3. Simulatiestudie: zwaaimanoeuvres. versie 5.0. *WL Rapporten*, 19_046_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Bijlage 1 Expert judgement afgemeerde schepen (Universiteit Gent)

Samenvatting voor het veilig afmeren van containerschepen in de voorgestelde uitbreiding aan Noordzeeterminal richting Zandvlietsluis.

1. Effect lange golf passerend schip

Dit eerste punt is min of meer het gebruikelijke studiewerk dat door UGent Maritieme Techniek wordt verricht, namelijk de respons van het afgemeerde schip door een passage van een schip varend volgens een rechtlijnig traject en constante snelheid. Uiteraard zal het schip bij het aanvaren / vertrekken uit de sluis een versnelling hebben, dit wordt in het tweede punt behandeld. Ik heb eens op Marinetraffic het verkeer bekeken dat op 2021/01/24 voorbij de zone vaart. Dit zijn voornamelijk tankers op weg naar het Kanaaldok. Ik zag snelheden tot max. 8.3 knoop (snelheid over de grond). Dit was wel voor een 'kleiner schip'(144 m lang en 22 m breed). Deze snelheden worden bereikt net op het einde van de nieuwe expansie (die getande inkeping in muur), dus een (zeer) conservatieve aanname. Als ik terugdenk aan de passage geregistreerd tijdens het bolderincident aan de Noordzeeterminal, dan was de snelheid van de tanker daar 6 knoop (door het water) en verder dalend voorbij de noordelijke ligplaats aan Noordzeeterminal. Dus dat zal ongeveer 4 a 5 knoop geweest bij het de nieuwe afmeerzone.

De passeerafstand tussen de schepen bedraagt minstens 100 m ter hoogte van de Zandvlietsluis voor het geval van de nieuwe kaaimuur. (165 m naar achter, schip max. 65 m breed). Op basis van de vaarlijnen gezien in Marinetraffic stel ik vast dat over de volledige afmeerplaats ten minste 100 m afstand zal worden gehouden tussen het afgemeerde en voorbijvarende schip.

Om dit te interpreteren grijp ik terug naar eerdere rapporten die we hebben gemaakt voor jullie aan de Noordzeeterminal (Februari 2015). Dan zie ik dat voor een afgemeerd 18,000 TEU containerschip, de passage van een "max tanker" (waarmee ik de grootste die we momenteel in Kanaaldok zien (250X44X15.5) bedoel) op 100 m afstand en bij 6 knoop, de limiet van 0.50 m langsbeweging net wordt overschreden (0.65 m amplitude). Dit is zonder ShoreTension en geen bijzonder stijve lijnen ('gewoon goede lijnen'). Ik verwacht dus dat, beide voorstellen voor nieuwe infrastructuur hier haalbaar zijn. Hoe verder het afgemeerd schip zich van de vaarweg bevindt (voorstel 2), hoe minder groot dit effect uiteraard zal zijn.

We hebben nog geen berekening gedaan voor het geval waar een schip afgemeerd ligt in een 'hoek', dus een kaaimuur 90° ten zuiden van de aanmeerplaats. Ik vermoed dat er hier geen grote invloed zal zijn, maar is wel iets wat we numeriek snel kunnen inschatten voor een algemene passage om hier meer inzicht in te verkrijgen.

2. Effect versnelling schepen

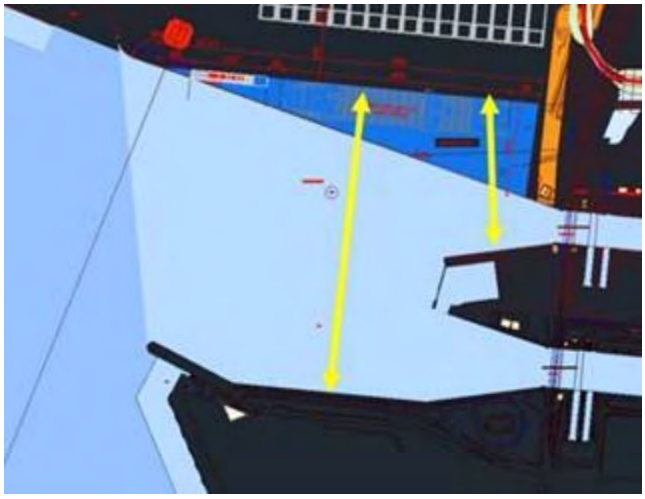
Zoals eerder aangehaald zullen schepen versnellen / vertragen en geen constante snelheid houden ter hoogte van de nieuwe ligplaats. Hiervoor heb ik wat modelproeven bekeken uitgevoerd op het Waterbouwkundig Labo. Ik zie daar dat de (snelle) acceleratie van het schip een kleinere kracht veroorzaakt dan de uiteindelijke passage bij regimesnelheid. Dit is dus geen probleem op zich.

3. Effect resonantie in basin – staande golf

Dit is een rechtstreeks gevolg van een golf zoals (1) en (2). Het is eerder bekend en ook frequent waargenomen bij inwerking zeegolven veroorzaakt door een lange swell (denk aan Spaanse kusthavens). Hier zal een staande golf zich ontwikkelen tussen twee kaaien (evenwijdige), zoals geschetst hieronder (gele

pijlen). Een continue excitatie en volledig evenwijdige kaaimuren zijn in onze case niet aanwezig, het vermoeden is dus dat de randvoorwaarden voor het ontstaan van dergelijke golf niet aanwezig zijn. Dit kan wel in de situatie van vandaag worden onderzocht om dit uit te sluiten, door middel van metingen in situ van waterstanden.

Navraag bij sleepboten of ze een dergelijke golf al hebben gevoeld kan ook een indicatie geven, al hebben deze golven doorgaans een zeer beperkte amplitude, dus moeilijker waarneembaar. Waterstandsmetingen met een meetperiode van 1 tot enkele seconden kunnen wel uitsluitsel geven (misschien zijn die er al?).



4. Effect sleepboten op afgemeerde schepen

Er wordt geacht dat dit niet anders zal zijn dan op gelijkaardige terminals. Bovendien wordt verwacht dat de snelheid van sleepboten daar lager zal liggen.

5. Positie kaaimuur – afmeerconfiguratie

Zoals op de Autocad getekend hebben de schepen minstens 50 m aan beide zijden. Dit zou dus (zie waarneming Europaterminal) voldoende moeten zijn om de voor- en achterlijnen vast te maken indien er dubbele bolders aanwezig zijn.

6. Aanvaring door varend schip

Dit is een aspect dat we hier expliciet willen benoemen aangezien het afgemeerd schip dicht bij de ingang van het Zandvliet/Berendrecht complex ligt. De kans op een aanvaring met een passerend schip is daardoor groter dan in een ‘normale setting’, waar dergelijk aanvaarmanoeuvre voor een sluis niet moet worden uitgevoerd. UGent kan, indien deze vraag naar ons wordt gesteld, een analyse uitvoeren of in elk geval verdere ondersteuning geven hieromtrent aan de havenautoriteit.

Bijlage 2 Pilot card 400 m op 61.5 m ULCS

Con400_615 PRINCIPLE CHARACTERISTICS

based on fast time simulations

Name	Con400_615_160.shi
Project	00_107

Main Dimensions		
L_{OA}	[m]	400
L_{PP}	[m]	383
B	[m]	61.5
T_{design}	[m]	16.0
m	[ton]	266,699
$A_{wind\ frontal}$	[m²]	2,885
$A_{wind\ lateral}$	[m²]	16,304

Propeller		
#	[-]	1
n_{max}	[1/s]	1.24
n_{min}	[1/s]	0.28
CPP		No

Thruster		
Bow thruster	[-]	2
Total Power	[kW]	2 x 3000
Stern Thruster	[-]	-
Total Power	[kW]	-

Rudders		
#	[-]	1
d_{max}	[°]	35
Time from +35 to -35	[s]	26



Manoeuvring speeds					
	RPM	UKC=150%	UKC=35%	UKC=20%	UKC=10%
	[-]	[kn]	[kn]	[kn]	[kn]
Sea Full Ahead	74.3	21.49	-	-	-
Manoeuvring Full Ahead	55.6	16.07	13.83	-	-
Half Ahead	45.4	13.09	11.29	10.59	9.15
Slow Ahead	35.8	10.23	8.89	8.32	7.22
Dead Slow Ahead	26.6	7.39	6.55	6.10	5.34
Minimum	17.0	4.20		3.60	3.30

Stopping specifications			
	Time		Distance
	[s]	[min]	[m]
From Man. Full Ahead to Full Astern			
From Slow Ahead to Slow Astern			

Turning specifications Portside			
	Advance	Transfer	Tact Diam
UKC = 150%	[m]	[m]	[m]
Full Ahead	1176.3	-662.7	-1420.8
Slow Ahead	1139.7	-659.3	-1416.1
UKC = 35%			
Full Ahead	1224.6	-848.6	-1712.2
Slow Ahead	1201.0	-839.8	-1698.3
UKC=20%			
Half Ahead	1212.9	-923.0	-1805.9
Slow Ahead	1195.8	-911.1	-1781.4
UKC=10%			
Half Ahead	1670.0	-1401.2	-2686.0
Slow Ahead	1608.0	-1329.5	-2554.7

Turning specifications Starboardside			
	Advance	Transfer	Tact Diam
UKC = 150%	[m]	[m]	[m]
Full Ahead	1176.0	678.9	1457.3
Slow Ahead	1149.8	673.2	1450.2
UKC = 35%			
Full Ahead	1105.2	753.3	1524.7
Slow Ahead	1079.0	739.8	1493.9
UKC=20%			
Half Ahead	1256.6	957.4	1829.5
Slow Ahead	1229.0	929.5	1785.5
UKC=10%			
Half Ahead	1438.4	1149.6	2210.1
Slow Ahead	1391.3	1104.3	2131.3

Con400_615 PRINCIPLE CHARACTERISTICS

based on fast time simulations

Name	Con400_615_120.shi
Project	00_107

Main Dimensions		
L_{OA}	[m]	400
L_{PP}	[m]	383
B	[m]	61.5
T_{design}	[m]	12.0
m	[ton]	194,920
$A_{wind\ frontal}$	[m²]	2,987
$A_{wind\ lateral}$	[m²]	17,030

Propeller		
#	[-]	1
n_{max}	[1/s]	1.24
n_{min}	[1/s]	0.28
CPP		No

Thruster		
Bow thruster	[-]	2
Total Power	[kW]	2 x 3000
Stern Thruster	[-]	-
Total Power	[kW]	-

Rudders		
#	[-]	1
d_{max}	[°]	35
Time from +35 to -35	[s]	26



Manoeuvring speeds

	RPM	UKC=150%	UKC=35%	UKC=20%	UKC=10%
	[-]	[kn]	[kn]	[kn]	[kn]
Sea Full Ahead	74.3	22.72	-	-	-
Manoeuvring Full Ahead	55.6	17.00	14.04	-	-
Half Ahead	45.4	13.88	11.46	11.07	9.93
Slow Ahead	35.8	10.92	9.03	8.72	7.83
Dead Slow Ahead	26.6	8.02	6.71	6.44	5.81
Minimum	17.0	4.74	4.21	3.91	3.60

Stopping specifications			
	Time		Distance
	[s]	[min]	[m]
From Man. Full Ahead to Full Astern			
From Slow Ahead to Slow Astern			

Turning specifications Portside			
	Advance	Transfer	Tact Diam
UKC = 150%	[m]	[m]	[m]
Full Ahead	1245.6	-681.6	-1430.0
Slow Ahead	1211.1	-680.8	-1420.1
UKC = 35%			
Full Ahead	1217.8	-874.0	-1807.5
Slow Ahead	1197.8	-869.7	-1797.2
UKC=20%			
Half Ahead	1298.2	-1012.5	-1969.9
Slow Ahead	1284.8	-1001.1	-1951.9
UKC=10%			
Half Ahead	1691.0	-1394.3	-2716.6
Slow Ahead	1648.0	-1345.4	-2619.1
Turning specifications Starboardside			
	Advance	Transfer	Tact Diam
UKC = 150%	[m]	[m]	[m]
Full Ahead	1152.6	660.5	1383.9
Slow Ahead	1132.5	658.2	1382.2
UKC = 35%			
Full Ahead	1173.5	856.4	1758.8
Slow Ahead	1152.2	839.6	1730.7
UKC=20%			
Half Ahead	1241.2	953.1	1824.8
Slow Ahead	1219.0	931.7	1784.2
UKC=10%			
Half Ahead	1253.4	939.7	1790.2
Slow Ahead	1219.2	897.1	1714.0

Bijlage 3 Manual voor de KMZ presentaties

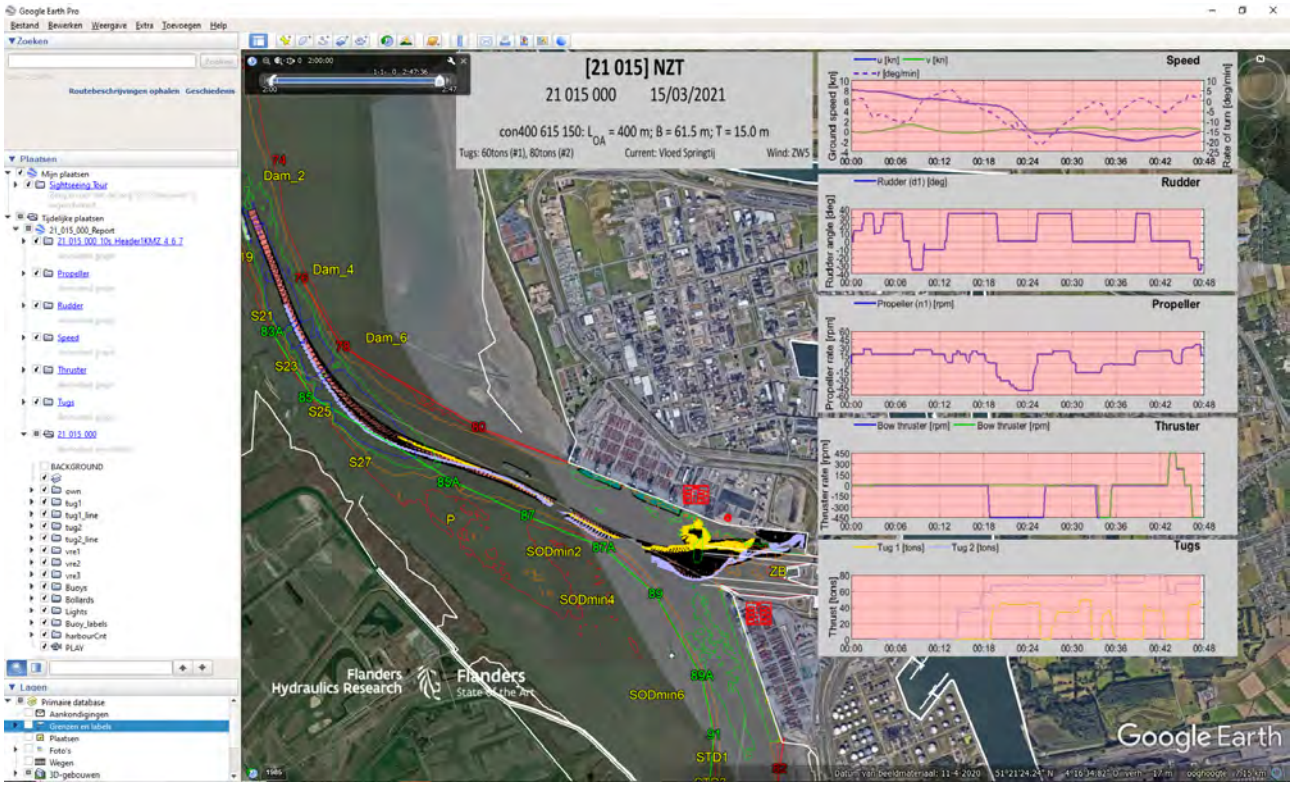
De uitgevoerde simulaties kunnen bekeken worden met animatie in Google Earth op basis van de bijgeleverde KMZ bestanden. Voor het bekijken van deze bestanden werd een korte Engelstalige manual opgesteld.

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

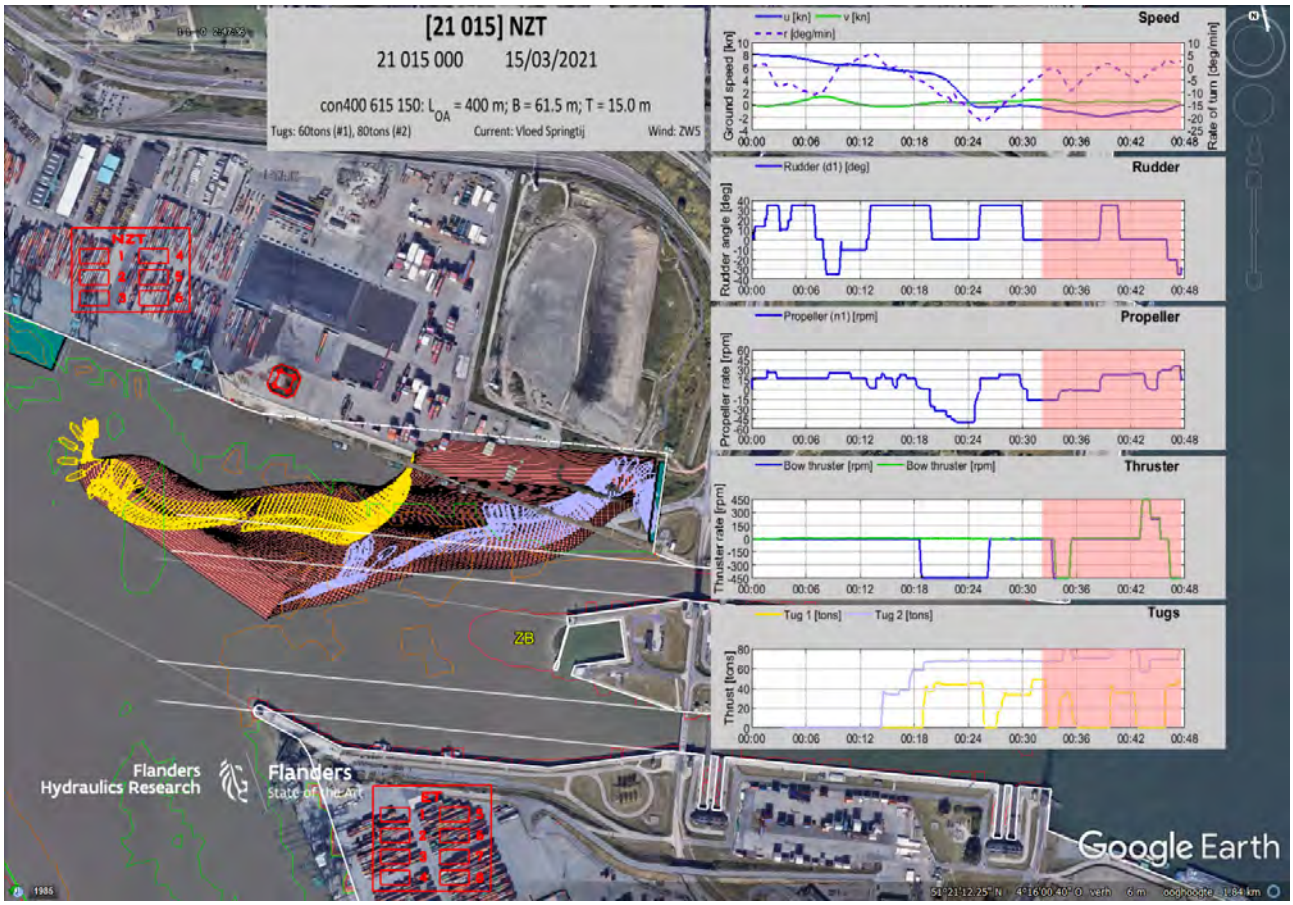
Go to Windows Explorer or the KMZ files attached to the report and double click on a selected KMZ file:

e.g. 21_015_000_Report.kmz

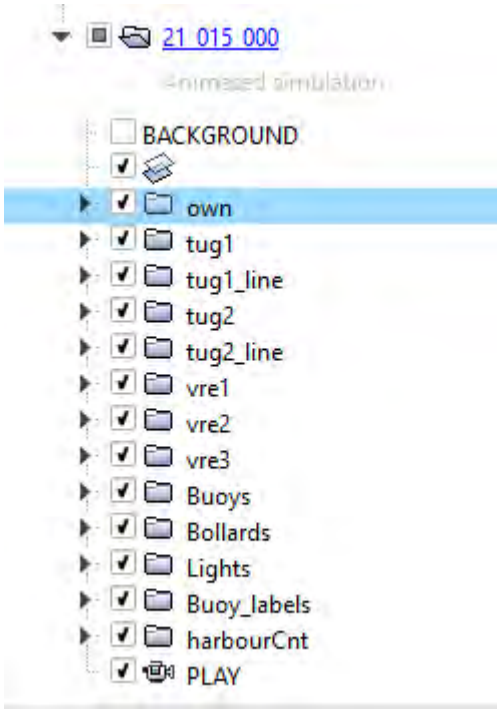
The KMZ file with animated graphs and animated simulation can be seen in the temporary locations at the left pull down menu. On the main screen the location is seen with the simulation data on top of it and the overlay graphs (right column with time graphs). You can tick on or off the different overlay graphs in the left pull down menu.



The overlay graphs are light red on top of the different series in the graphs 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.

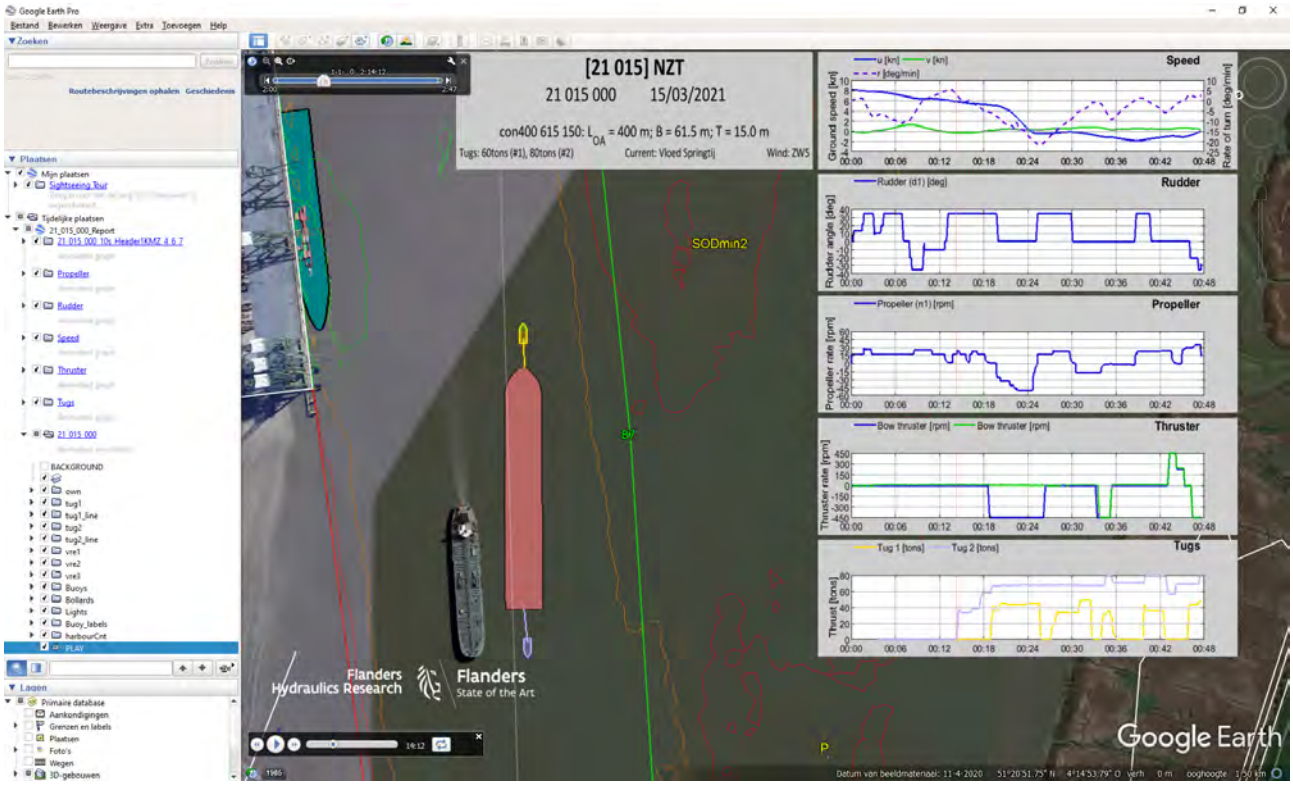


To clearly focus on the track of the own ship you can select the pull down list of the animated simulation



and double click on “own”. Then the Google Earth presentation zooms to the track of the own ship. You can once again use the slider to go back and forward in the simulation.

In the pull down list of the animated simulation there is also a PLAY button, by double clicking on this button the simulation replays with a vertical red 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 corner below, the play button is presented and can be used for increasing the replay speed.



The following graphs are shown on the Google Earth presentation:

The longitudinal speed component (u), the lateral speed component (v) and the rate of turn (r) of the vessel.

The rudder angle (d1) with a minimum of -35 degrees (to starboard) and a maximum of 35 degrees (to port).

The propeller rate (rn1) with a minimum of -55.6 rpm (harbour full astern) and a maximum of 55.6 rpm (harbour full ahead).

The bow thruster (rn3) with a minimum propeller rate of -450 rpm (to port) and a maximum propeller rate of 450 rpm (to starboard).

The tugs (tug1, tug2, tug 3, tug 4) with the given thrust of the tug shown in tons. Tugs of 60 (tug 1 and 4) and 80 tons (tug 2 and 3) bollard pull have been used.

On the Google Earth overview are the red lines the depth lines at -10 m LAT, the orange lines the depth lines at -14.5 m LAT, the green lines at -16.5 m LAT and the blue lines at -18.0 m LAT. Along the newly dredged deeper bottom at the Europa terminal and the North Sea terminal extension the bottom depth is -17.5 m TAW or -16.81 m LAT.

Bijlage 4 Feedback

Standaardfeedbackformulier

[21_015] NZT

Beoordeling 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 op de simulator

1. het werd vlot uitgevoerd
2. het werd normaal uitgevoerd
3. meer dan normale moeilijkheid
4. het was moeilijk
5. het was uiterst moeilijk, riskant
6. onuitvoerbaar

Uitvoerbaarheid

Is dit manoeuvre - zoals u het op de simulator uitvoerde - ook veilig uitvoerbaar op het kanaal? Ja/Nee

Run	Feedback
00	Op Qastor was er nog ruimte aan het achterschip vermoedelijk omdat er een verkeerd schip geselecteerd was of de gegevens van het simulatieschip niet correct zijn ingelezen door de PPU. De tweede boegschroef werkte ook niet gedurende het grootste deel van de simulatie. Schip loefgierig maar besloten om bakboord rond te gaan, hierdoor moeilijk om bakboorddraai er in te krijgen. Vloedstroom helpt wel op het achterschip maar misschien in het vervolg over stuurboord (met wind stuurboord uit). Sleepboten goed. Achterboot lang 80%. Schroefwater schip en sleepboot drukkend op het afgemeerde binnenschip. Dus eerder afraden om schepen daar af te meren. Ook bouwkundig moet rekening gehouden worden met de druk van schroefwater van schip en sleepboot. Iets moeilijker door het moeizamer inzetten van de bakboordzwaai.
01	De loods gaat proberen om het schip boven de lichtenlijn van de Berendrecht te krijgen waar er minder vloed staat. Het manoeuvre wordt nu met stuurboord zwaaien uitgevoerd bij aankomst. De ligging van de binnenman bij deze wind is niet wenselijk. Normaal gezien zou de loods dit met een derde sleepboot stuurboord achter om te duwen doen bij zwaaien. Verkeer kan zo sneller passeren. Balans tussen schip en sleepboten op het einde aan de limiet.
02	Mening sleepbootkapitein met betrekking tot de kaailengte ook voor sleepbootruimte: minstens 75 m nodig aan beide zijden van het schip ipv 50 m nu voor deze grootte van schepen. Eventueel kop voor er in zodat scherper kan aangevaren worden. Alles staat er vol in om tegen N6 te kunnen gaan. Het manoeuvre voor aan te meren zal zeer lang duren. Volgens de loodsen moet er ook meer ruimte zijn aan afwaartse kant (nu hoek met punt). Zwaaien lukt met 6 Bft en meer, tegen de kant komen met pieken tot 7 Bft niet maar je zit er mogelijk wel in als de wind verder aanzet.
03	De windkracht wordt met één Bft verminderd omwille van pieken bij een gemiddelde van 5 Bft tot 6 en 7 Bft. 6 Bft (pieken) wordt gezien als de limiet voor deze schepen. Er zal met drie sleepboten gevaren worden. Het binnenschip werd gelegd volgens de afgenomen punt (te krap beoordeeld). Met SC 2 maak je de Zandvlietgeul wel sneller vrij. Dus misschien een scenario tussenin zodat de Zandvliet ook voldoende snel vrij komt. Punt moet zeker weg (zie twee scheepsbreedtes vanaf de collisionlijn ongeveer 22 m). Snelheid achteruit was te hoog en sleepboten waren voldoende. In realiteit zou men dit ook doen maar trager achteruit.
04	De simulatie werd afgebroken door falen van sleepbootkast/hardware. De loods wenst de simulatie opnieuw te doen waarbij hij meer in de groene kant gaat varen zodat de ebstroom hem niet te noordelijk in de geul brengt maar eerder centraal.
05	Simulatie met parameters identiek aan voorgaande simulatie. De vaart is er snel uitgehaald (ook twee sleepboten achteraan) dus in het vervolg langer er in houden. Het ging wel om met drie sleepboten het schip onder controle te houden. Weinig reserve.
06	De loods vaart bij het naderen op de lichtenlijn van Berendrecht. Achtersleepboten worden naar bakboord ingezet voor zwaaien over stuurboord. Voorboot naar stuurboord maar aanvankelijk niets doen. De loods had liever dichter bij de punt van Berendrecht gezeten, waardoor sneller van de geul maar nu dus moeilijker. Zodra van stroom geen probleem meer, schip tegen de wind houden.
07	De sleepboten staan net niet vol bij het lostrekken van het schip van de kade. De boegschroeven staan vol. Op de stroom zwaaien met het achterschip. Niet te snel vooruitslaan om de NZT te kunnen passeren. Eens op de rivier gaat het moeizaam om bakboord rate of turn op te bouwen om de NZT te passeren. Tot full engine (o.a. voorstrooms). Moeilijk schip, in het vervolg langer laten doorzwaaien op de rivier, dus meer parallel met NZT kade alvorens vooruit te slaan.
08	Zwaaien in de geul bij zelfde condities als voorgaande vaart. Eerst alle slepers vast daarna één achterboot naar stuurboordzijde om te duwen bij over bakboord zwaaien. Dit manoeuvre met zwaaien in de toegangsgeul eerder doen bij minder wind of wanneer de trafiek op de rivier zwaaien op stroom niet toelaat. Het is immers spelen met risico omwille van korte afstanden tot afgemeerde schepen langszij in de geul. Afstand aan voorschip was weinig (door zuidwestelijke wind die het schip vooruit duwt).

09	Test om te zien of de sleepboten voldoende ruimte hebben aan de kade in SC2. Voor een schip met deze breedte kan de lijnlengte bij slepen toch niet veel minder dan 50 m zijn (machine, schroefstraal). Op rivier had de loods meer drift naar de EUT verwacht, stroomeffect wat anders. Eigenlijk had de loods op 1/3de vaargeul van punt van Berendrecht willen zitten. Krap aan boei 89. Het schip was loefgierig. Langer met achterschip op de rivier. Vraag van sleepbootkapitein of er effect is van sleepboten op passerende trafiek naar/van ZVsluis. Vergelijking met Kieldrechtsluis maar uit ervaring is er beperkte invloed. SC2 zonder punt is noodzakelijk, rondvaren wordt moeilijk. Het zicht vanop de scheepsbrug op een dergelijk schip is zeer beperkt.
10	Door problemen met de Qastor is het schip niet op de gewenste positie op de rivier gestart met het zwaaimanoeuvre. De loods heeft besloten om het manoeuvre wel verder te zetten. Plan was om midvaarwater uit te komen maar nu volgens stroom gaan liggen. Daarna bij het achteruit op de geul komen werd verwacht dat de ebstroom meer dwarser zou zitten (klein hoekje volgens stroomrichting) en dat het schip meer naar de NZT zou gezet worden. Dit was dus anders dan verwacht. Tijd interessant om van geul naar kade te komen. Het schip liep aan boei 89 aan de grond maar dit kwam door de problemen met de Qastor. Door de omstandigheden en uitgangspositie op de rivier werd het moeilijker.
11	De achterboot heeft bij dit manoeuvre niets gedaan. Theoretisch niet nodig een tweede achterboot maar voor een 400 m schip neem je er wel twee. Bij een afgemeerd schip aan de noordzijde EUT zal er wel meer op de rivier moeten doorgezwaaid worden. En ook Half Ahead direct krijgen bij vooruitslaan is ook niet altijd mogelijk.
12	Zwaaien in de toegangsgeul zal de kapitein vermoedelijk niet graag doen (beton rondom rond). Er wordt terug op de rivier gezwaaid. Oppassen voor de punt van Berendrecht (afstand van 40 m tot het afgemeerde schip aan de EUT). Drie sleepboten noodzakelijk om het schip van de kade te krijgen. Weinig reserve om van de kade te komen maar daarna voldoende.
13	Een uitvoering met punt in SC2 is niet mogelijk, zie pad schip. Meer dan 6 Bft. Door de achterboot los te gooien en als duwer in te zetten is het achterschip beginnen verlijeren en was het schip weg. Dus max. 6 Bft en geen pieken naar 7 en 8 Bft. Geen reserve op de sleepboten en boegschroeven.
14	Op de rivier vertrekken van 1/3de rood langs de NZT. Betere balans tussen de sleepboten in deze configuratie: twee pushers, 80 ton voor en 60 ton achter, en één sleper van 80 ton achter + twee boegschroeven. Wel geen reserve.
15	Lang gewacht om de boegschroeven bij te zetten, maar met twee boten zou er geen reserve geweest zijn. Drie boten voldoende reserve. Vlotte beweging vanaf de kade. Machine kon snel ingezet worden. 80 ton achteraan is toch even nodig.
16	Meer plaats voor de sleepboten achteraan aan de NZT was wel wenselijk geweest, zeker als twee boten moeten werken dichtbij elkaar. Over stuurboord gezwaaid na resultaten van simulaties van maandag maar niet duidelijk of dit aangewezen was. De loods was zich langszij de kade aan het baseren op de bestaande kade van de ZV sluis. Hierdoor misverstand en schip nog opwerken naar de meer noordelijk gelegen kade. Het was moeilijk om het schip niet over stuurboord te laten gaan door de wind, maar voor het manoeuvre verder in de toegangsgeul zou de loods misschien verkiezen om over bakboord gezwaaid te zijn.
17	Zelfde simulatie als er voor maar nu zal er over bakboord gezwaaid worden op de rivier. Iets te vroeg beginnen zwaaien waardoor tussen afgemeerd schip aan NZT en groene boeienlijn, maar verder verloop goed onder controle. Het zwaaien duurt lang. Het zwaaien gaat sneller over stuurboord.

Bijlage 5 Tijdsgrafieken per simulatie

De tijdsgrafieken worden chronologisch in het rapport weergegeven.

De volgende parameters worden voorgesteld:
Manoeuvreren:
Ground speed (kn) and rate of turn (deg/min): de snelheidscomponenten u (langs) en v (dwars) en de giersnelheid r
Rudder angle (deg): de roerhoek met maximale roerhoek 35 graden naar bakboord of -35 graden naar stuurboord
Propeller rate (rpm): het toerental van de schroef in toeren per minuut (harbour full is 55 rpm)
Bow thruster (rpm): het toerental van de boegschroeven (twee boegschroeven) in toeren per minuut (maximaal 450 rpm). Een positief toerental betekent een stuwkracht naar stuurboord en een negatief toerental een stuwkracht naar bakboord.
Thrust (tons) of the tugs: de stuwkracht van de sleepboot (maximale bollard pull van de sleepboten is 60 of 80 ton)

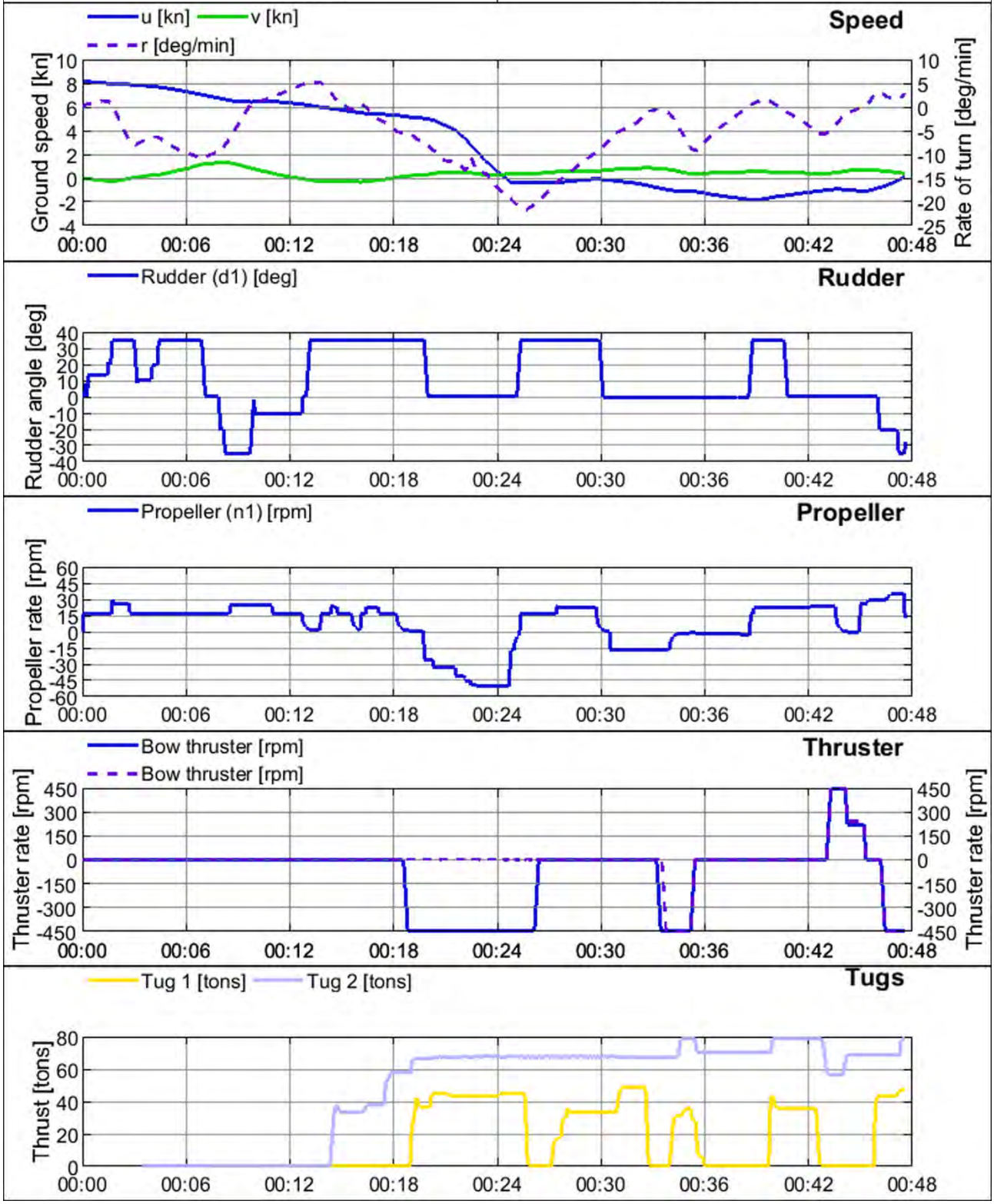
Omgevingscondities:
Current speed (kn) and current gradient (deg/min): de snelheidscomponenten van de stroom in het scheepsvastassenstelsel uc (langs) en vc (dwars) en de giersnelheid rc
Relative wind speed (m/s) and wind direction (deg): windsnelheid en windrichting relatief ten opzichte van het schip
Absolute wind speed (m/s) and wind direction (deg to N): windsnelheid en windrichting in een aardvastassenstelsel met richting ten opzichte van het Noorden

Depth (m): de waterdiepte waarbij rekening gehouden wordt met de waterstand en de bodemligging

Parameters: Manoeuvreren

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2)

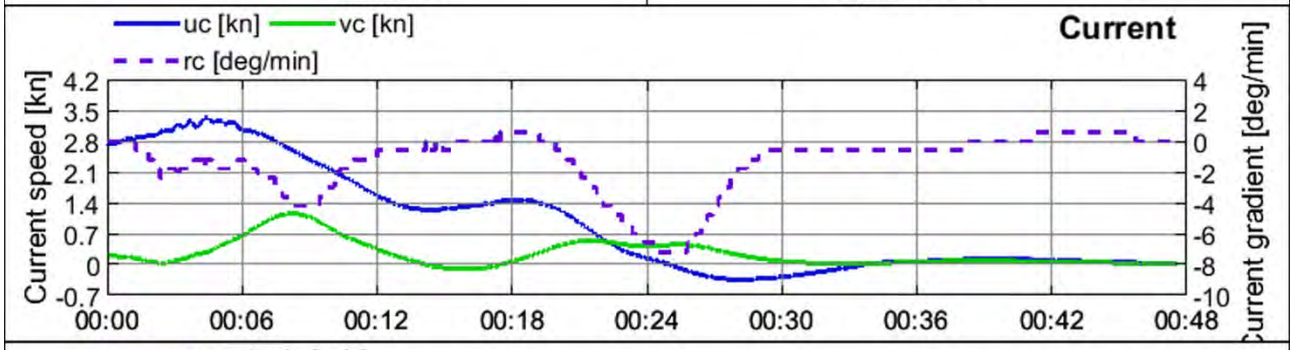
Wind: ZW5	Simulatie: 21 015 000
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

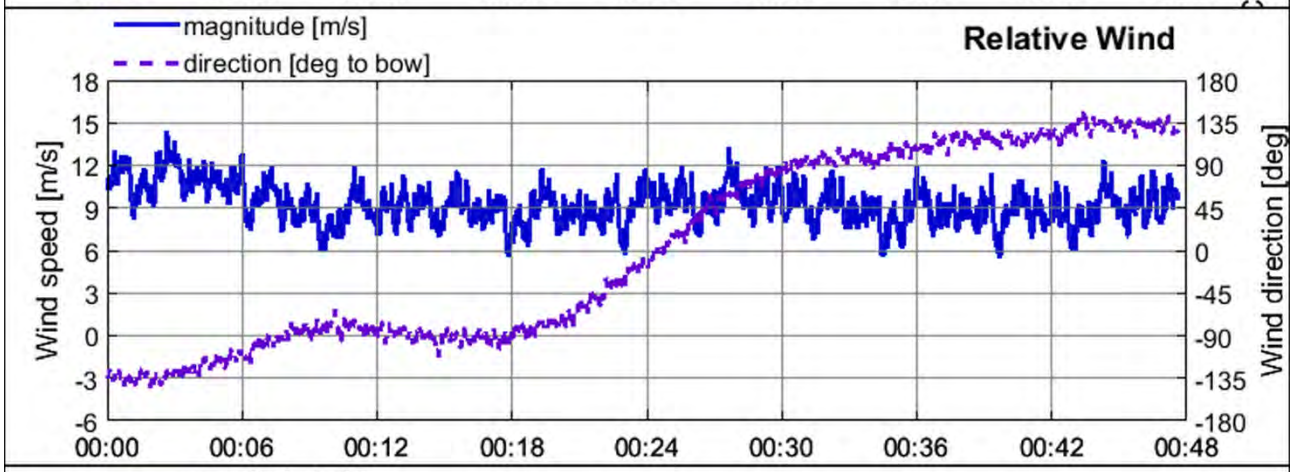


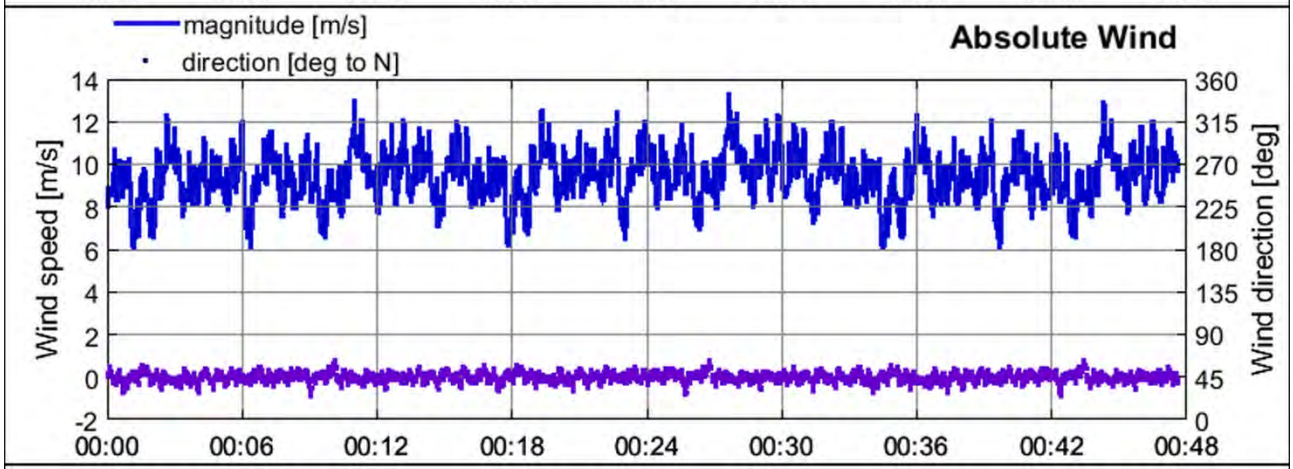
Parameters: Omgevingscondities

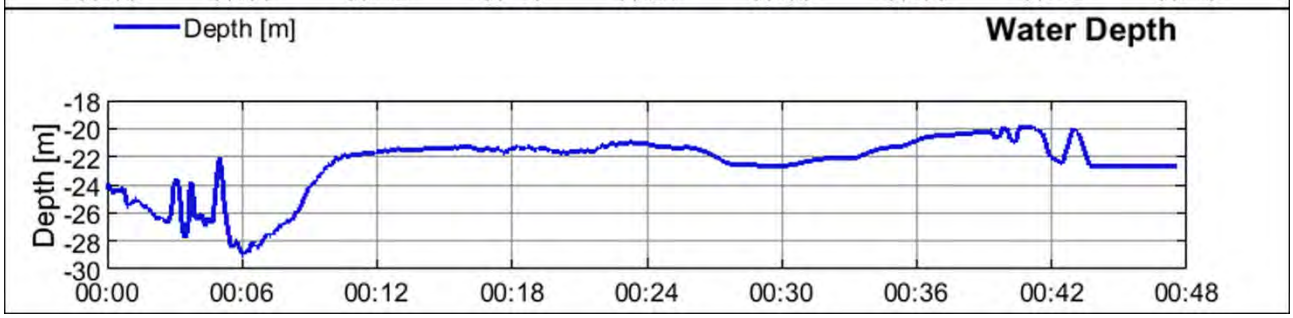
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2)

Wind: ZW5	Simulatie: 21 015 000
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





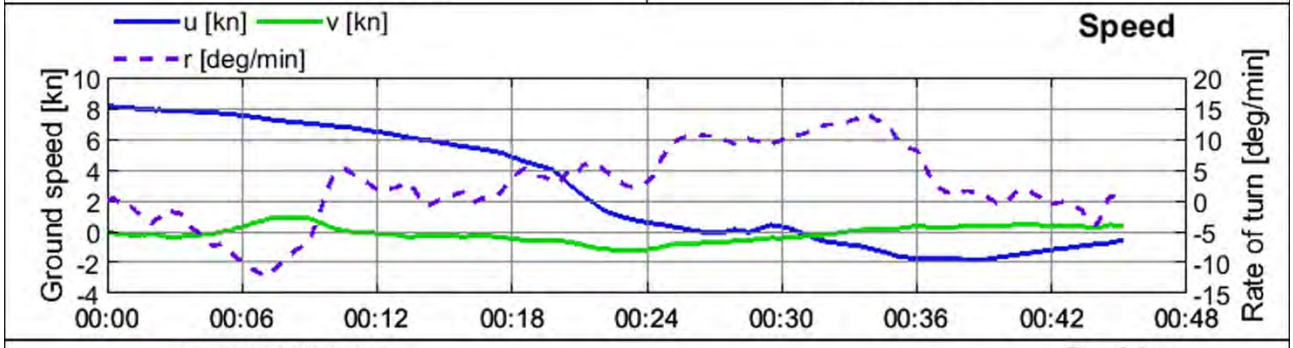


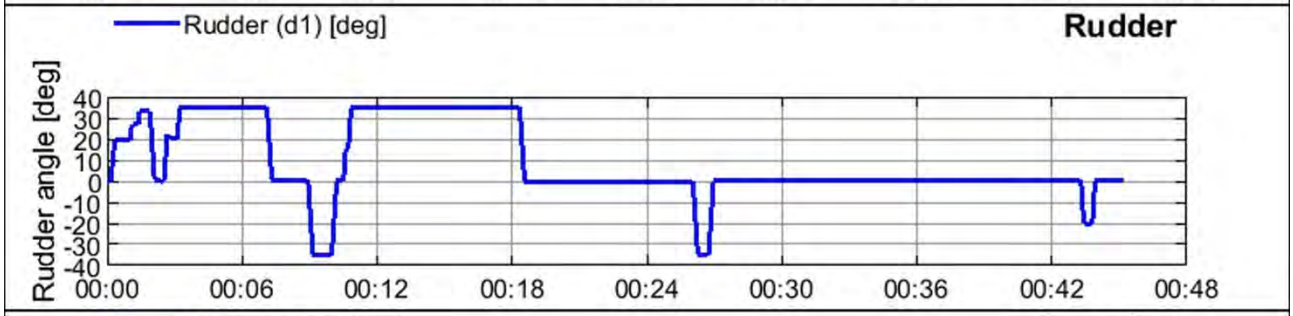


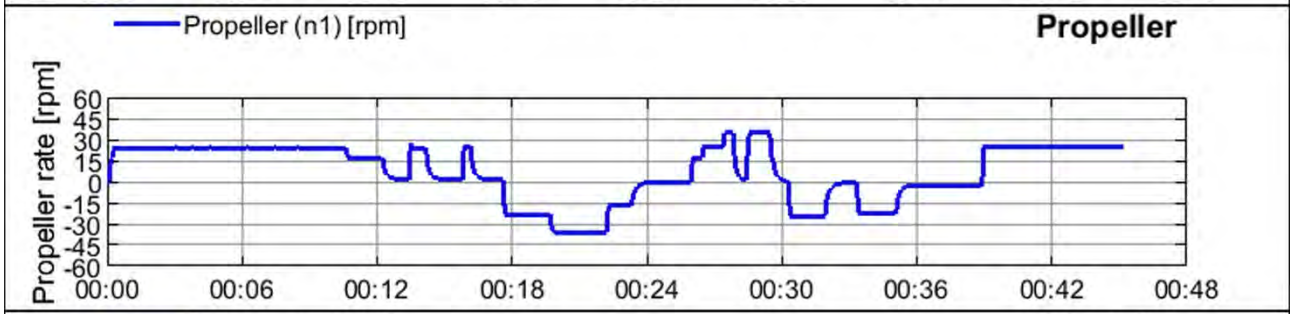
Parameters: Manoeuvreren

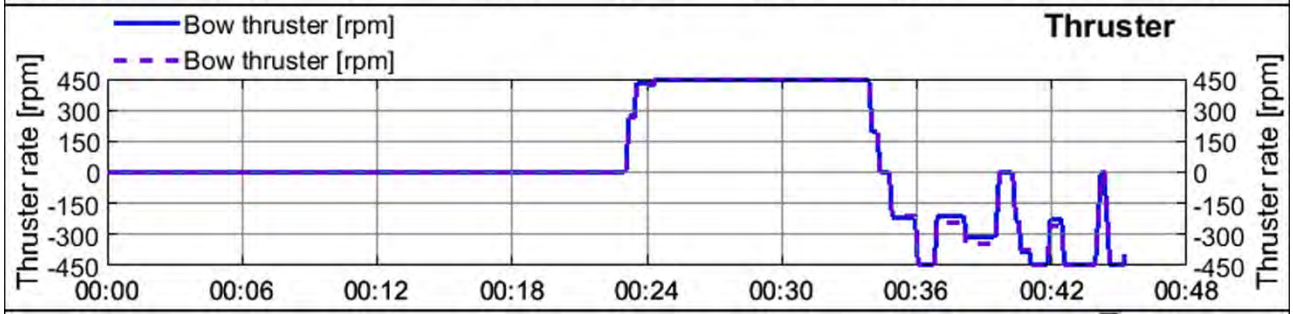
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3)

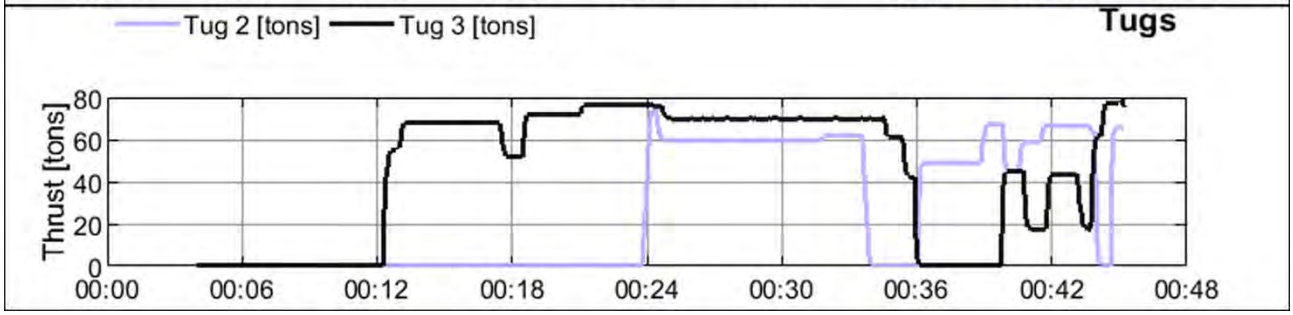
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 001
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015







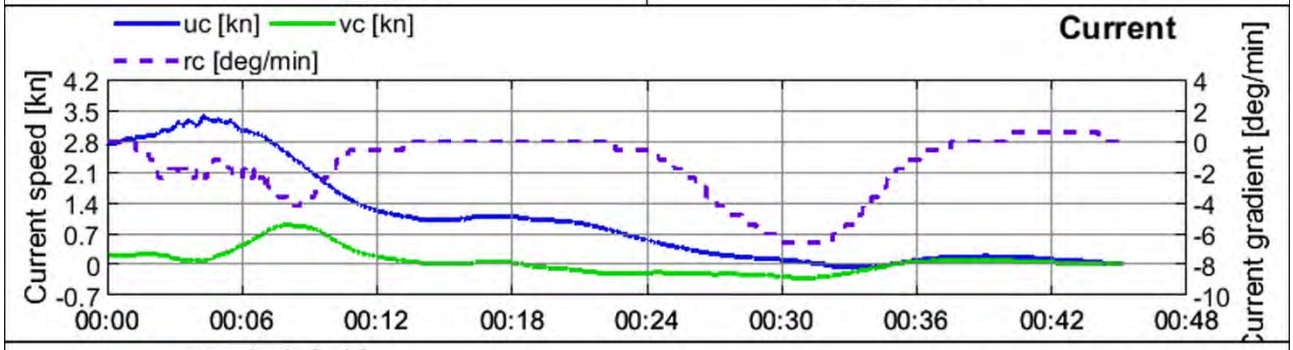


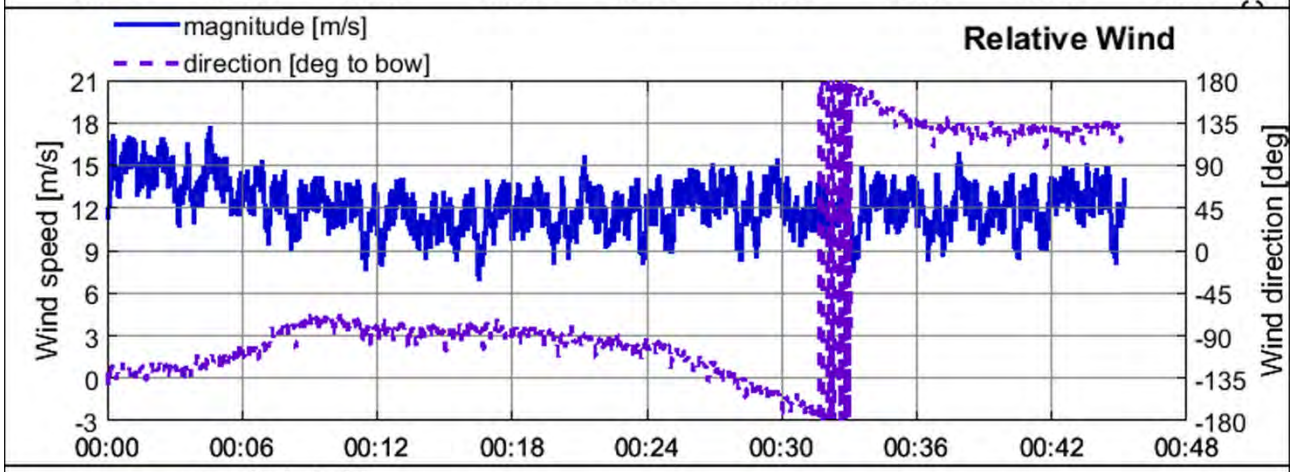


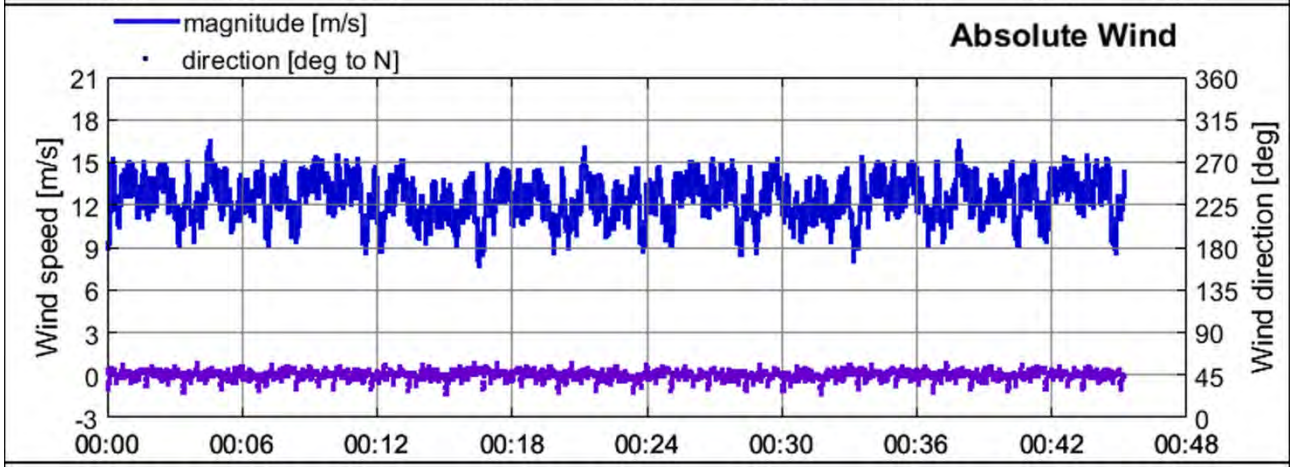
Parameters: Omgevingscondities

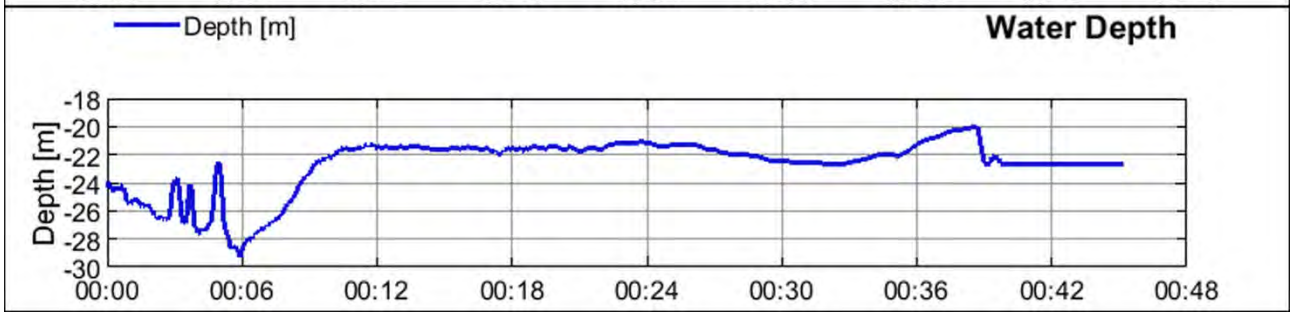
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3)

Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 001
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





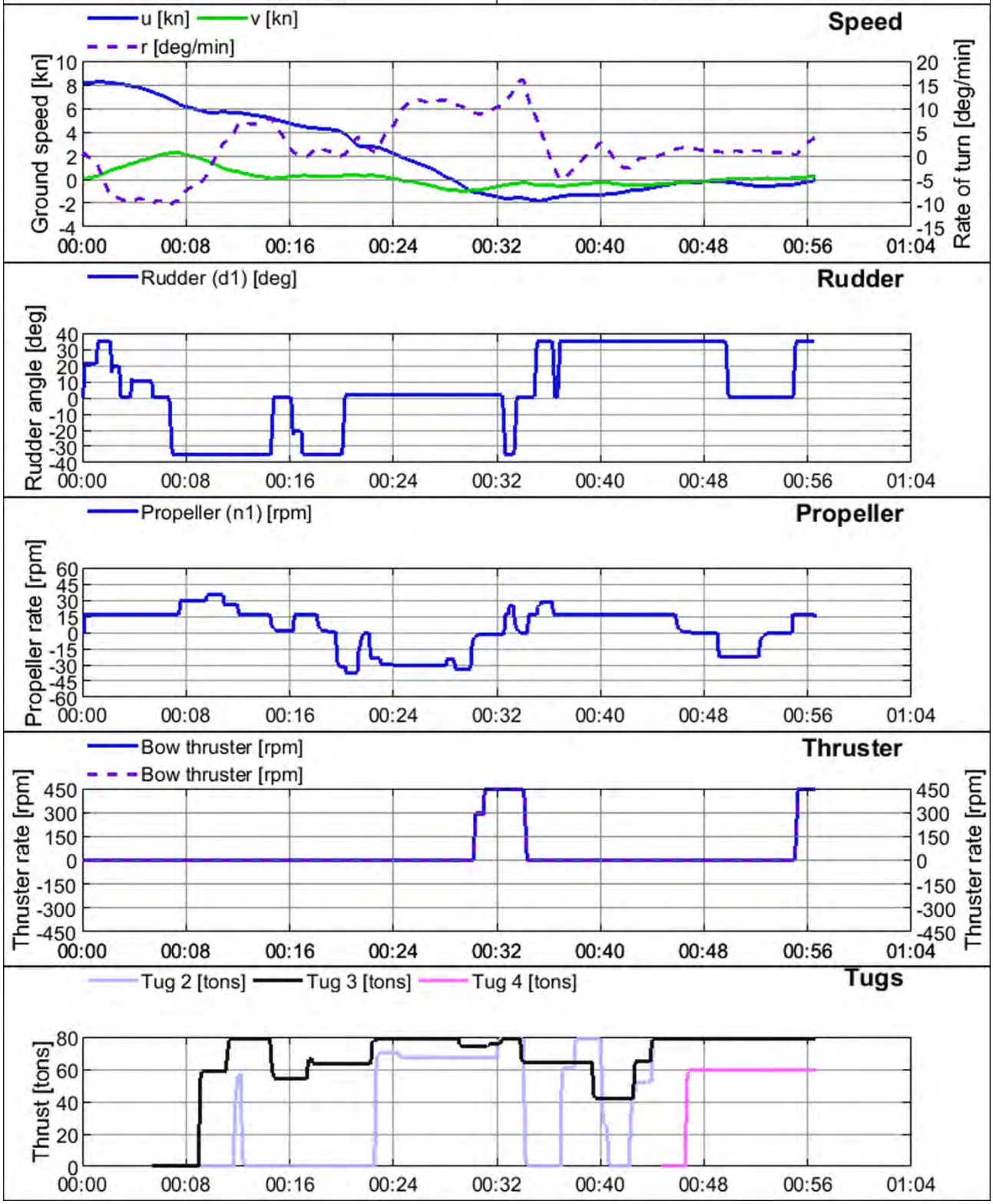




Parameters: Manoeuvreren

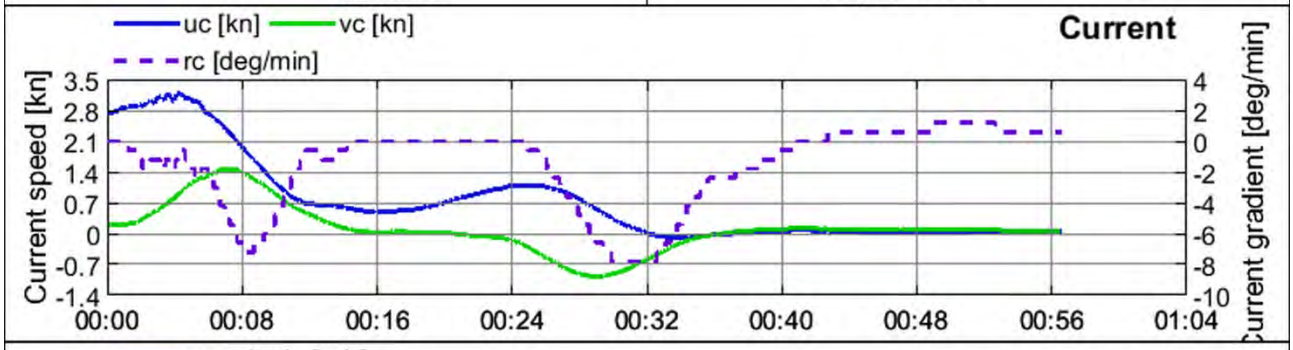
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)

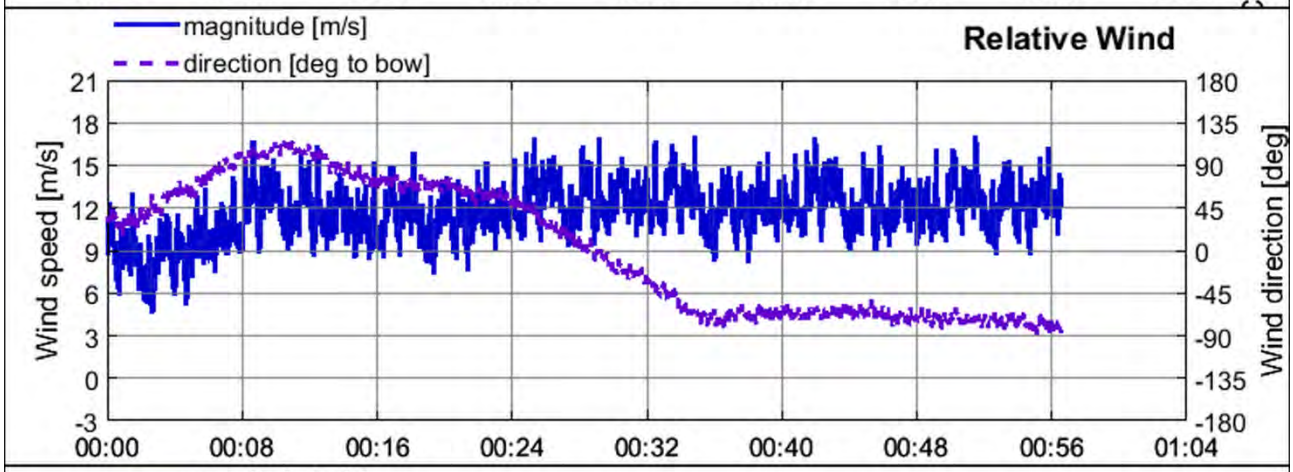
Wind: N6	Simulatie: 21 015 002
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

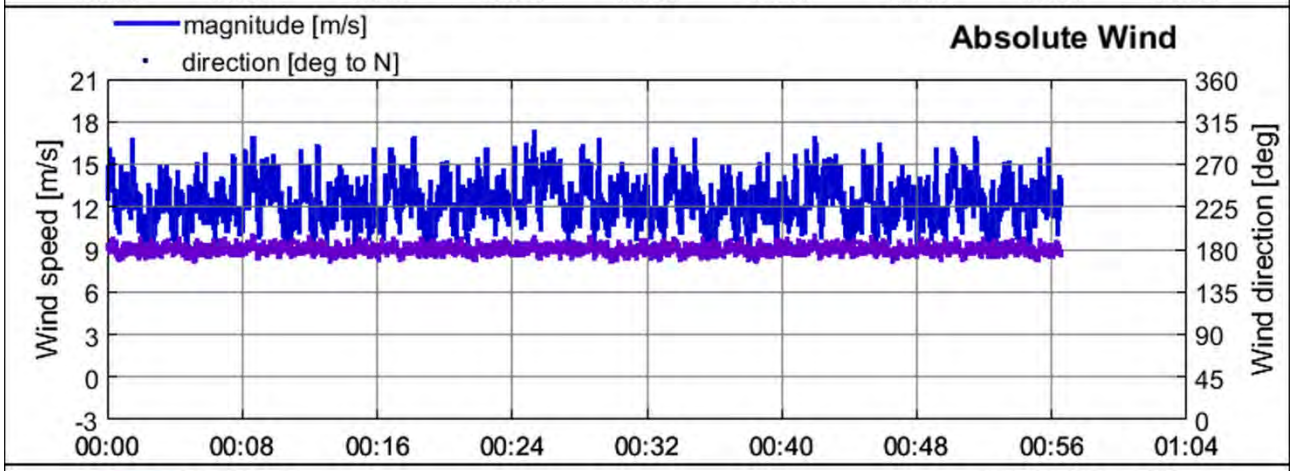


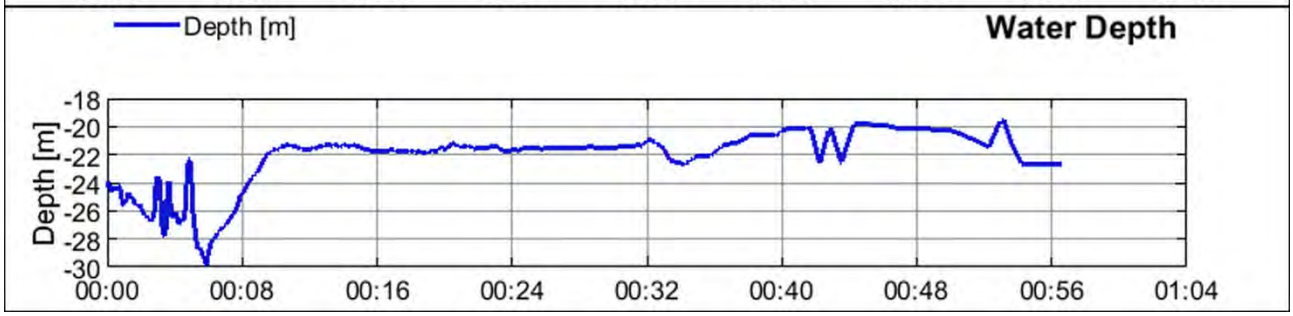
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m	Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)
Wind: N6	Simulatie: 21 015 002
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





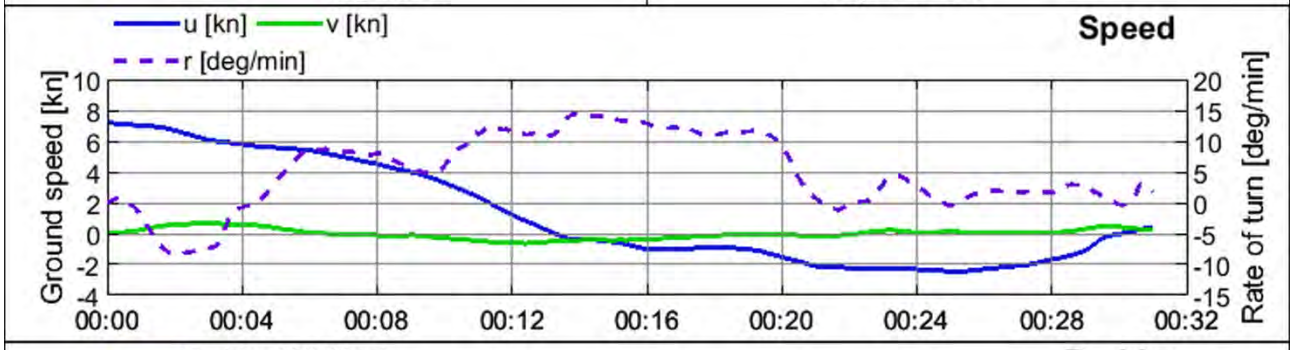


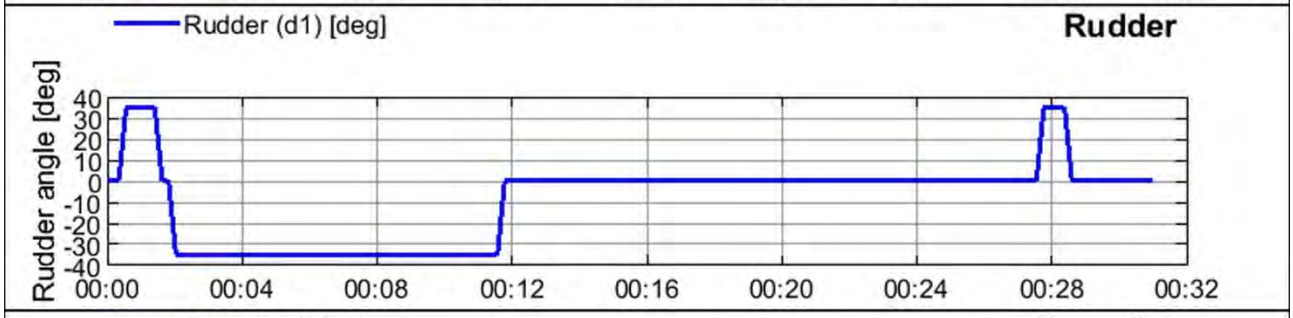


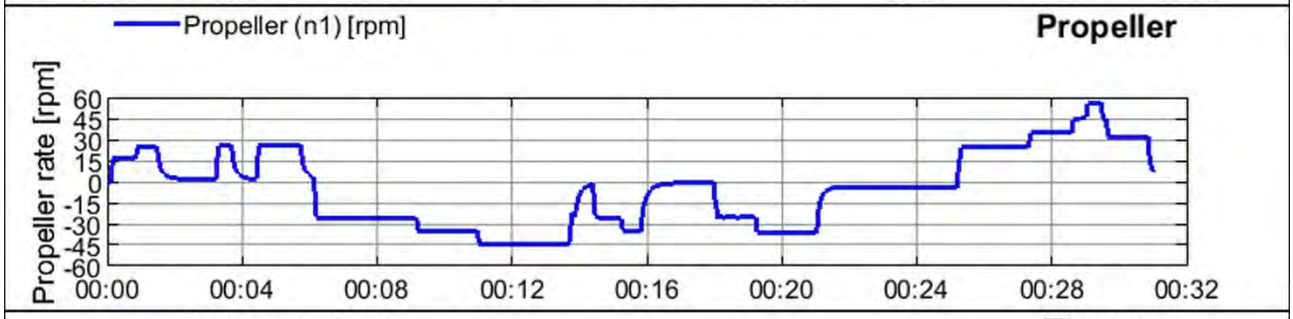
Parameters: Manoeuvreren

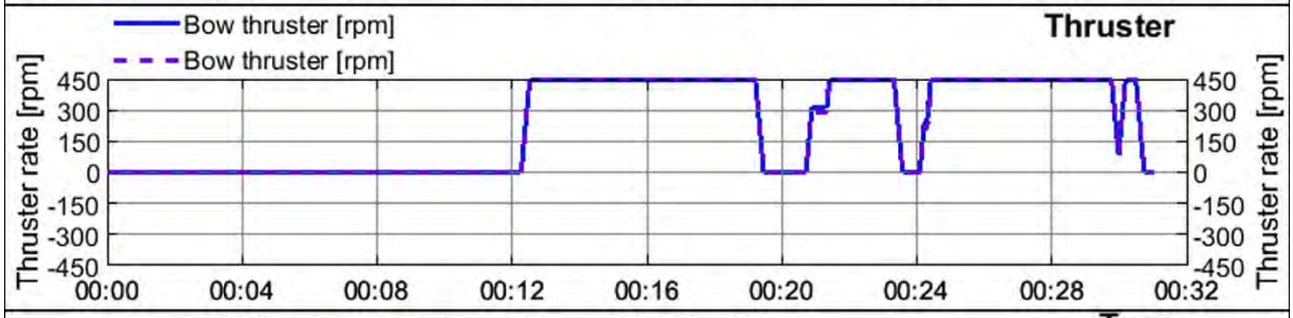
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

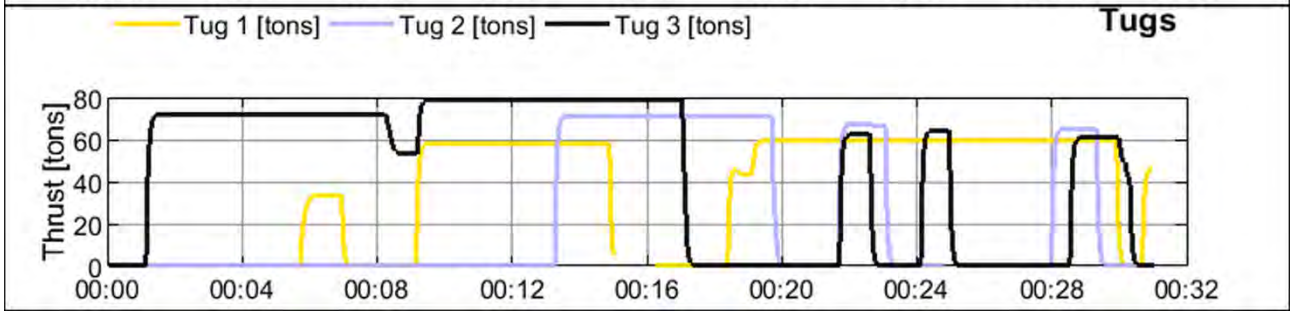
Wind: N5	Simulatie: 21 015 003
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





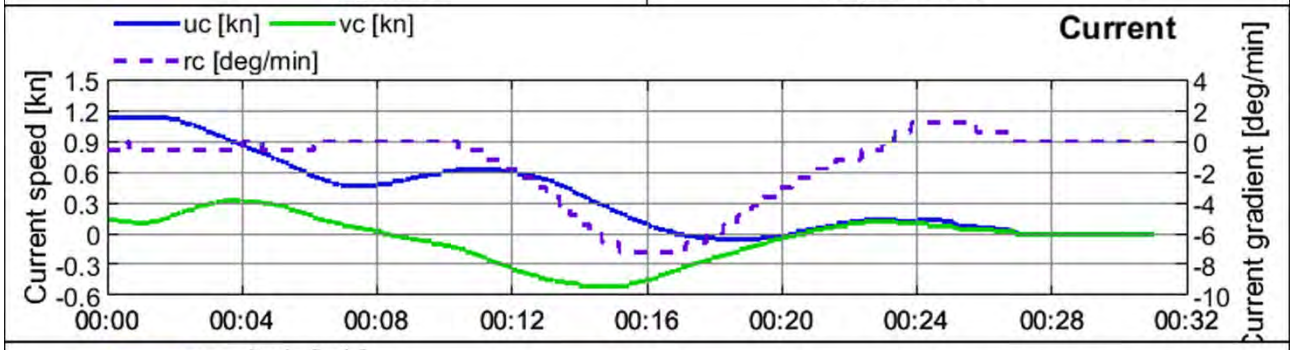


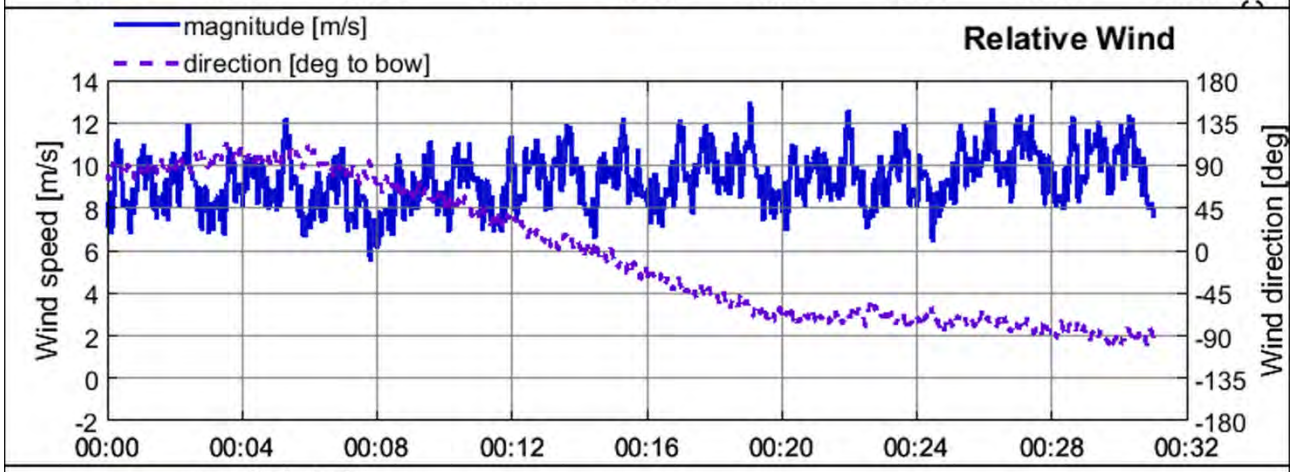


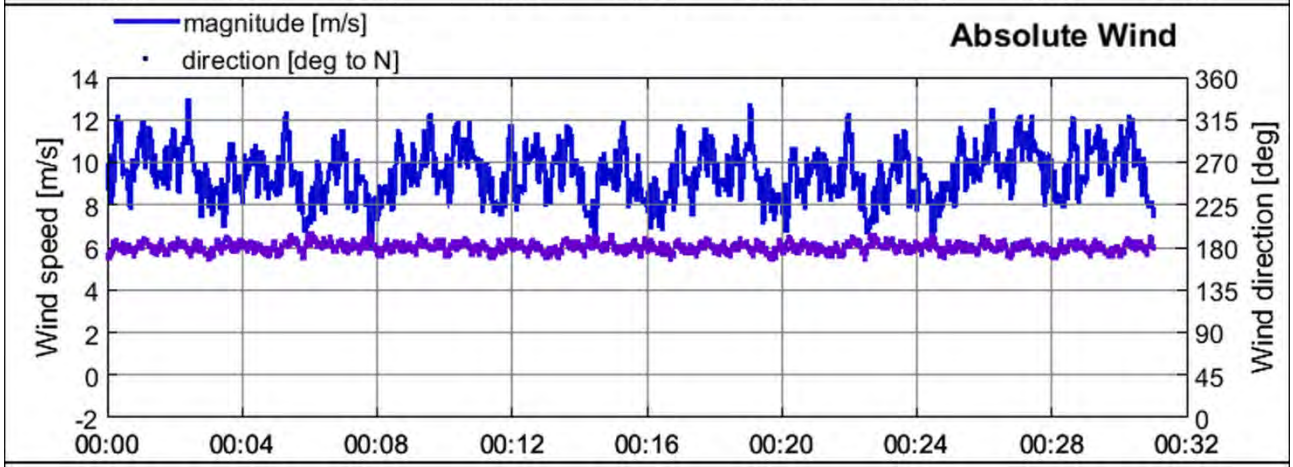


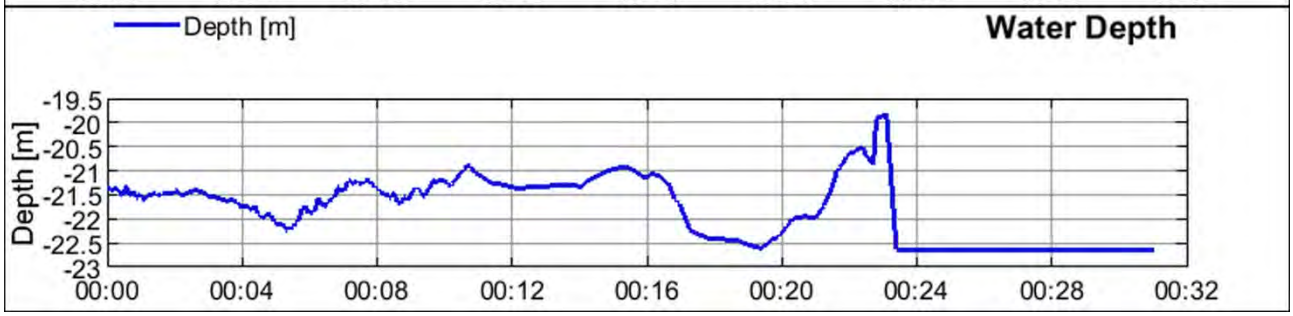
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m	Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)
Wind: N5	Simulatie: 21 015 003
Current: Vloed Springtij	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





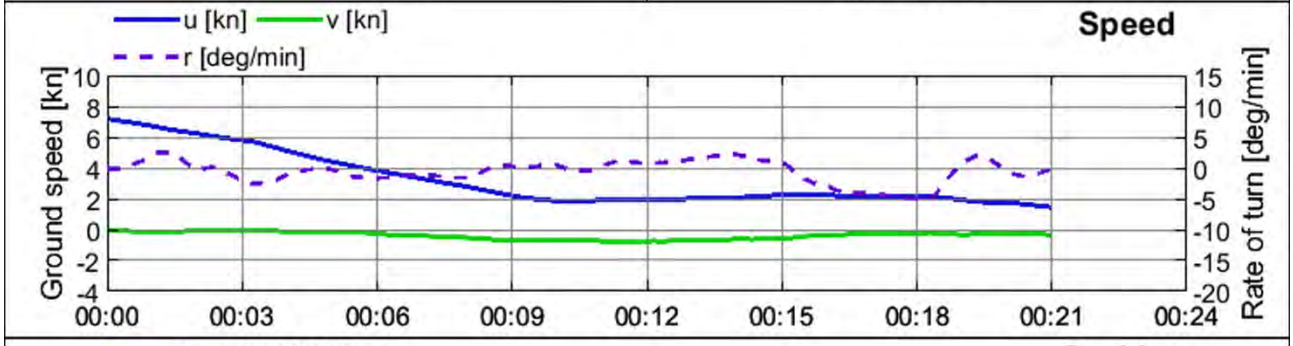


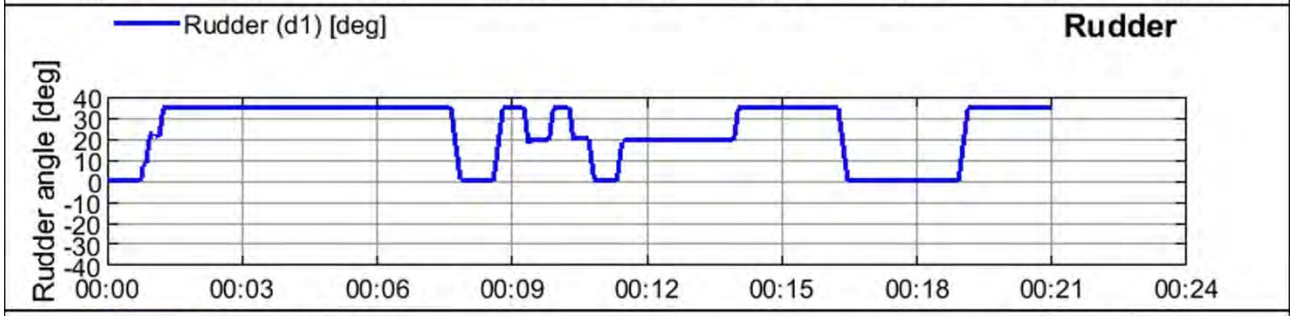


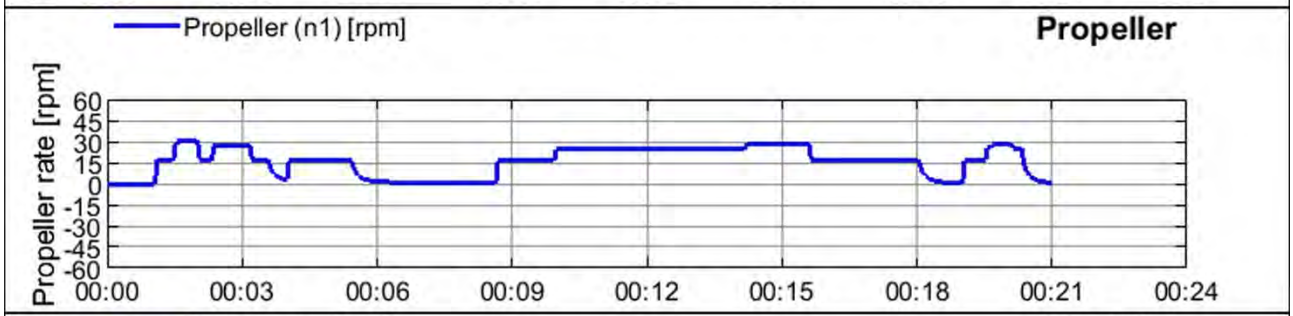
Parameters: Manoeuvreren

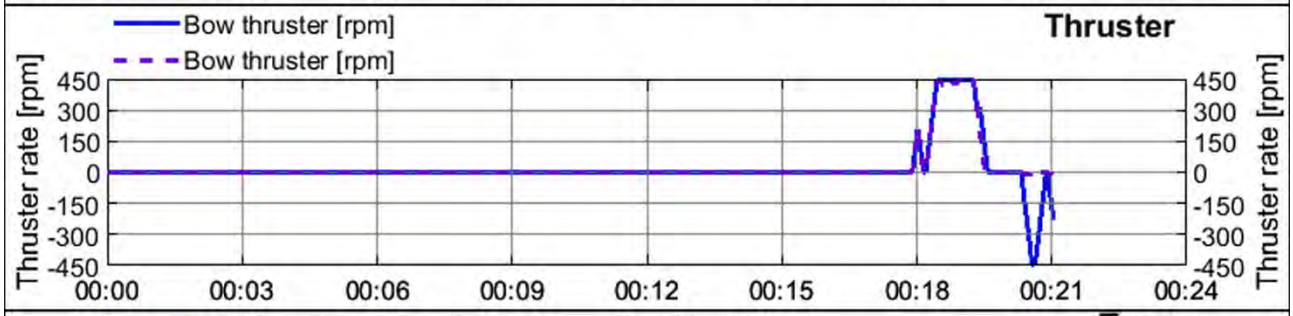
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

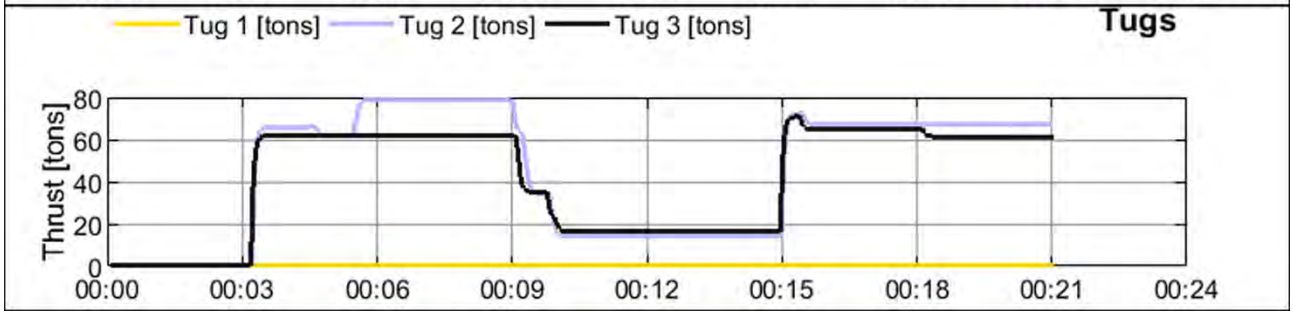
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 004
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015







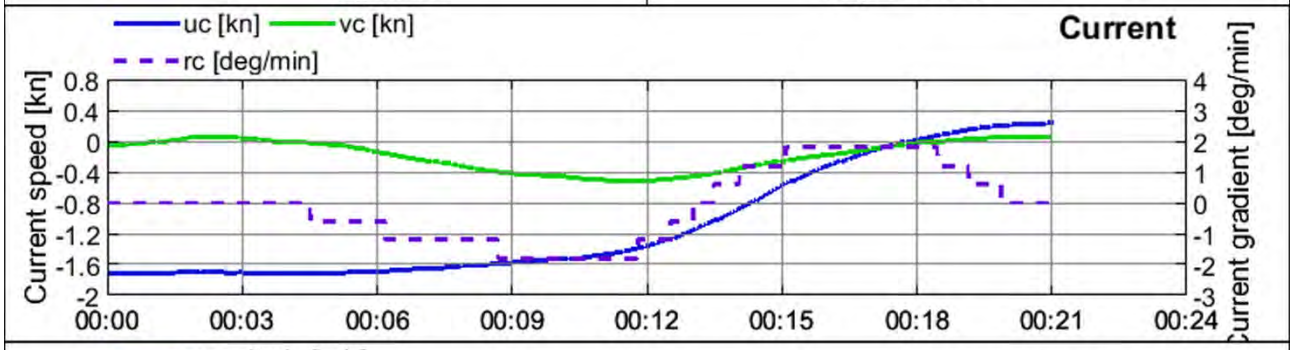


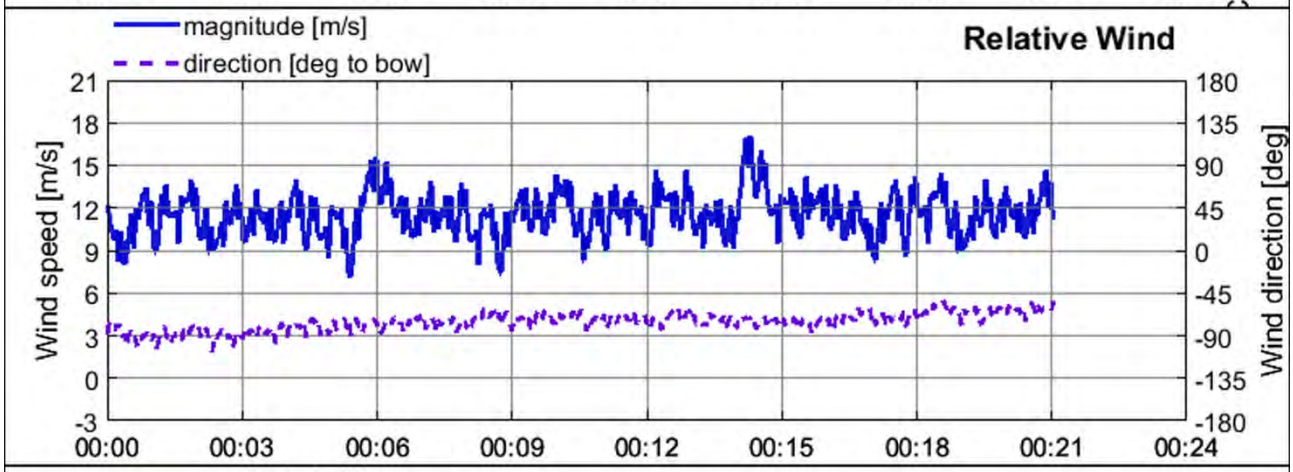


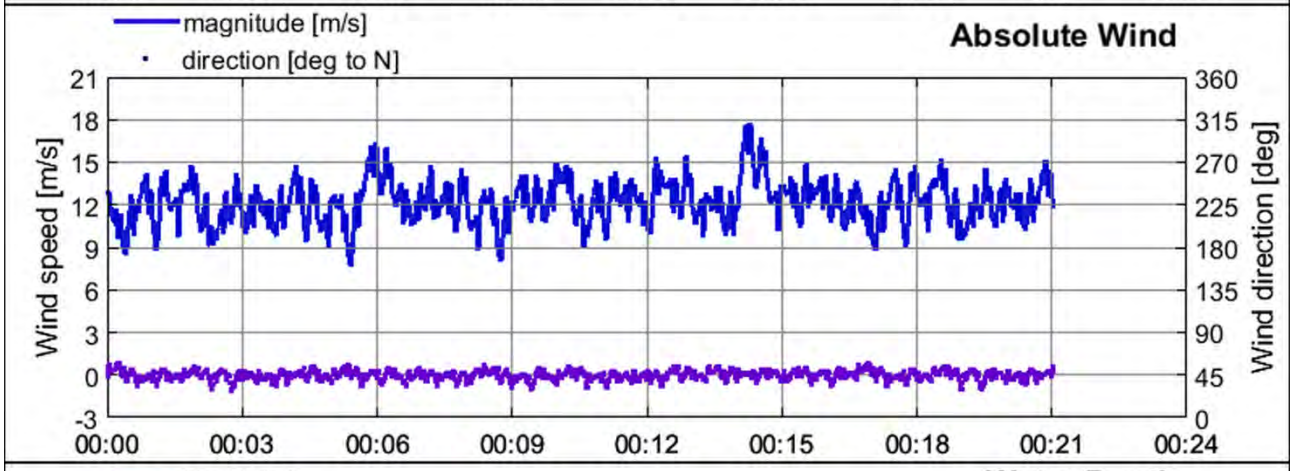
Parameters: Omgevingscondities

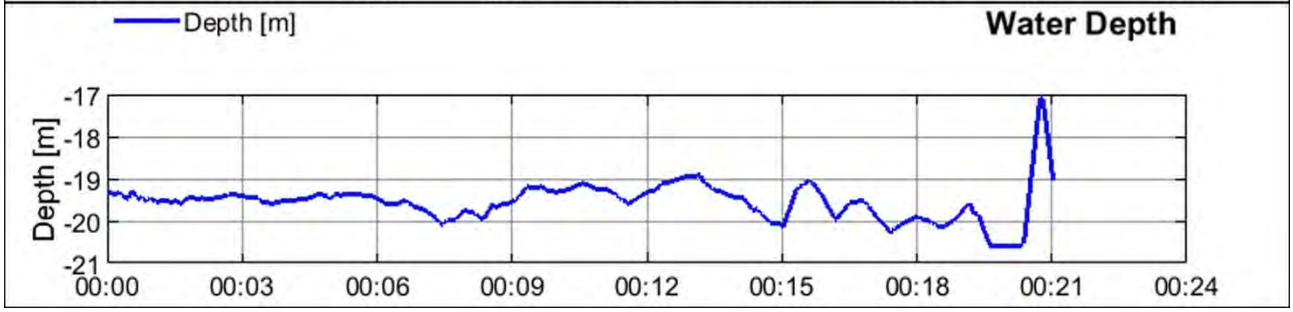
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 004
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





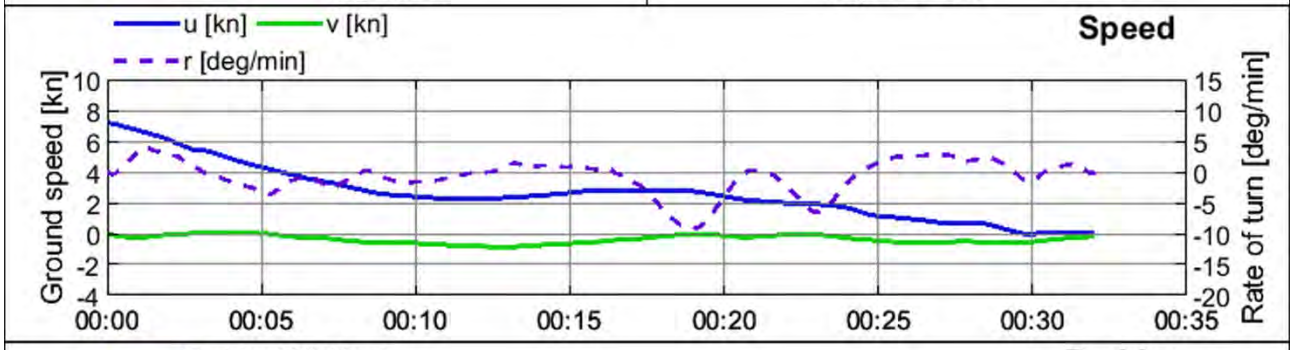


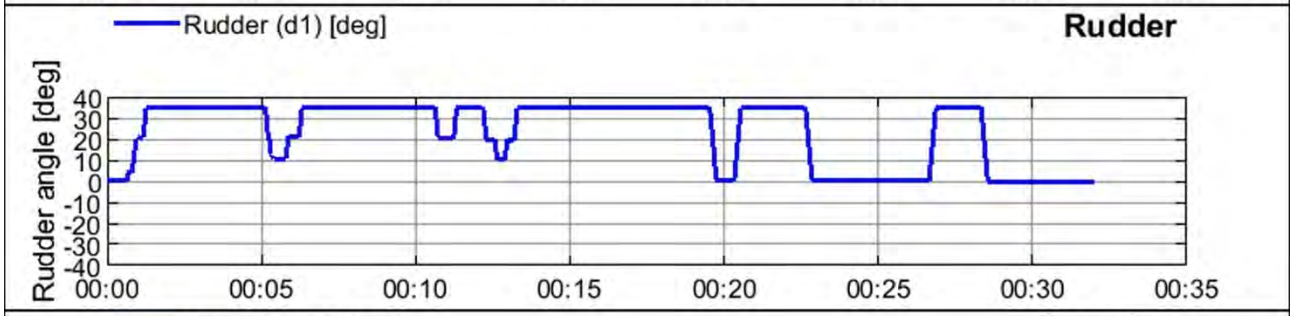


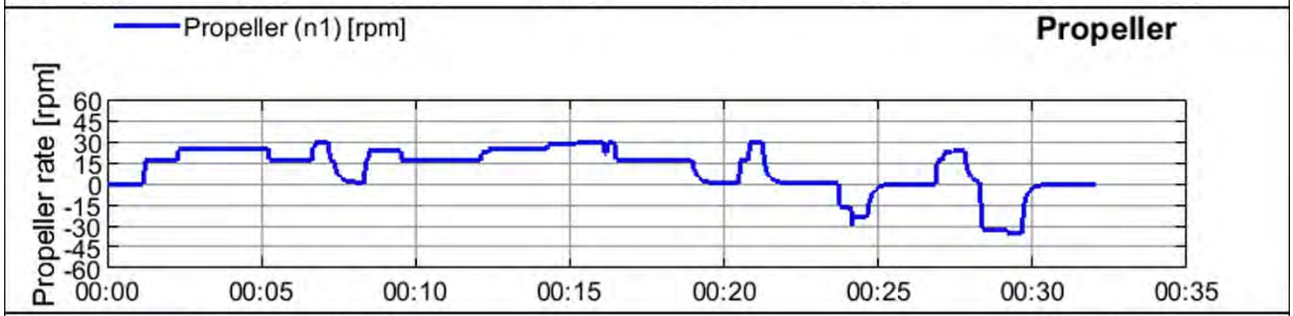
Parameters: Manoeuvreren

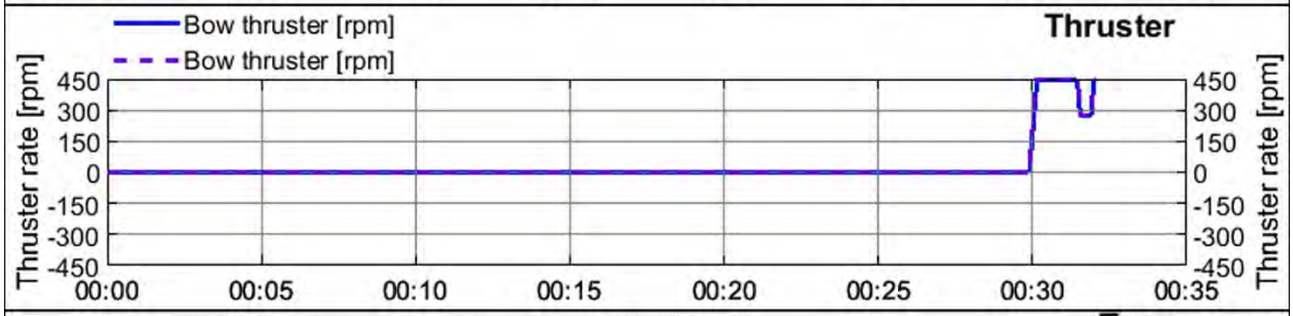
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

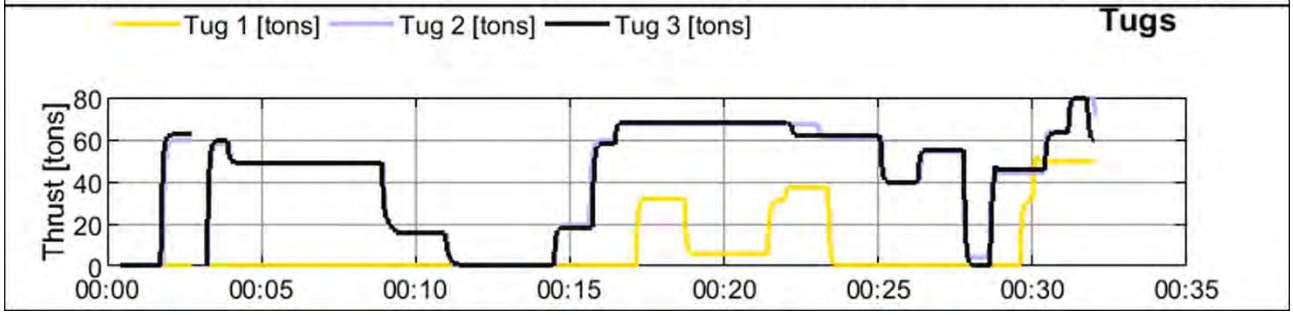
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 005
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





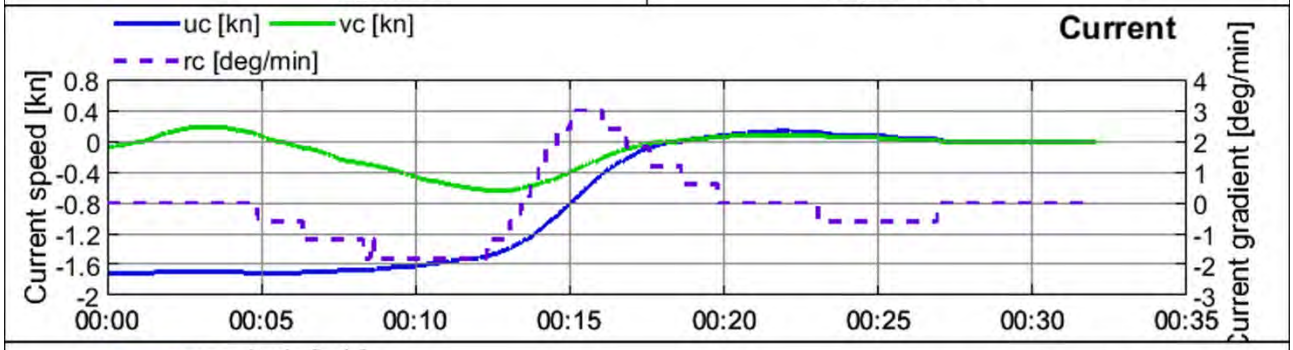


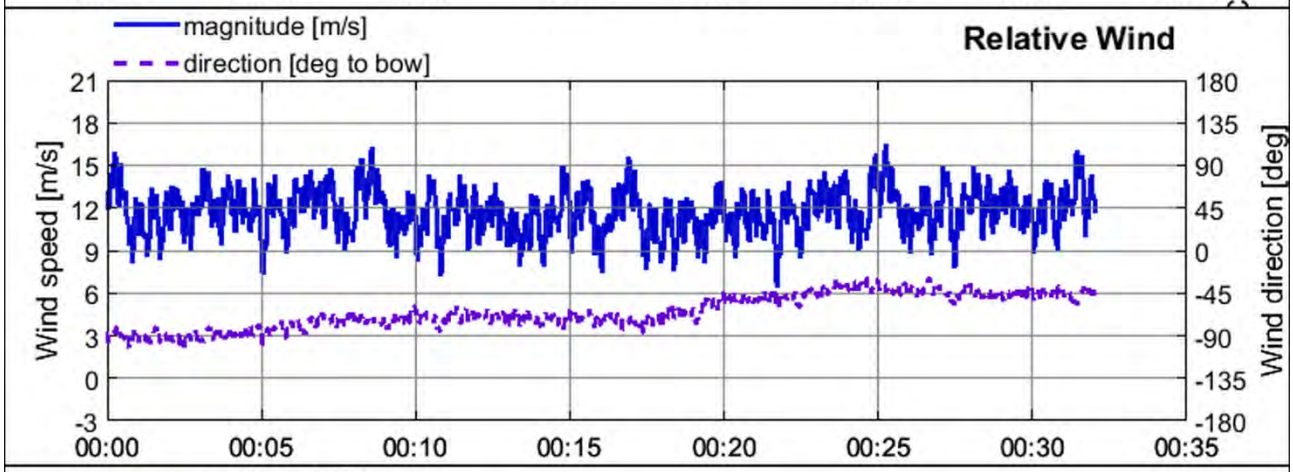


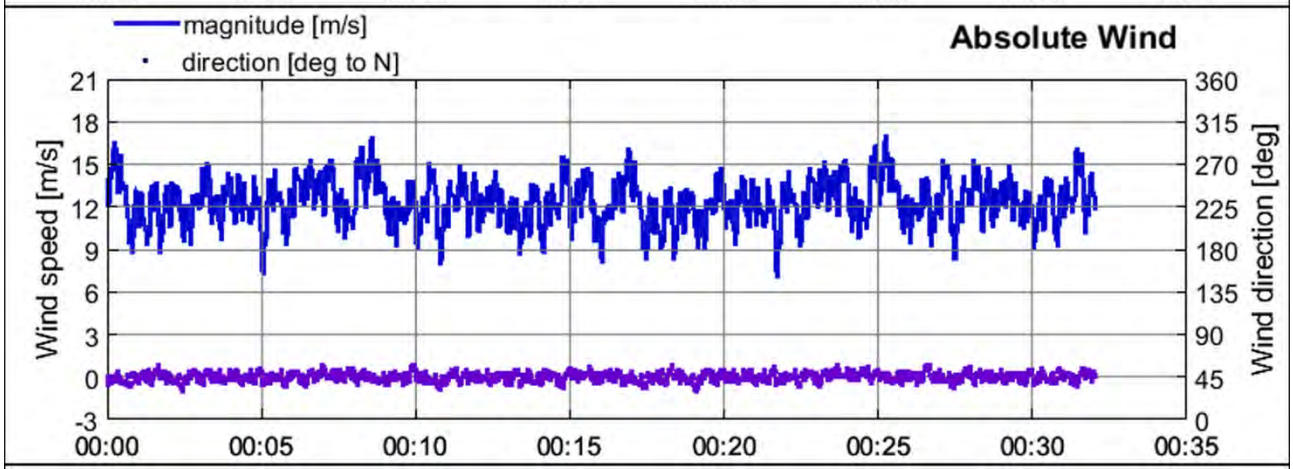


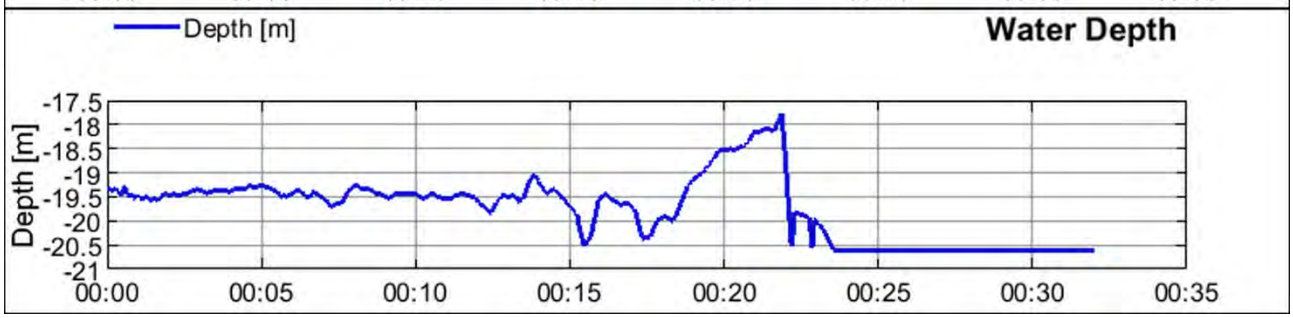
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m	Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 005
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





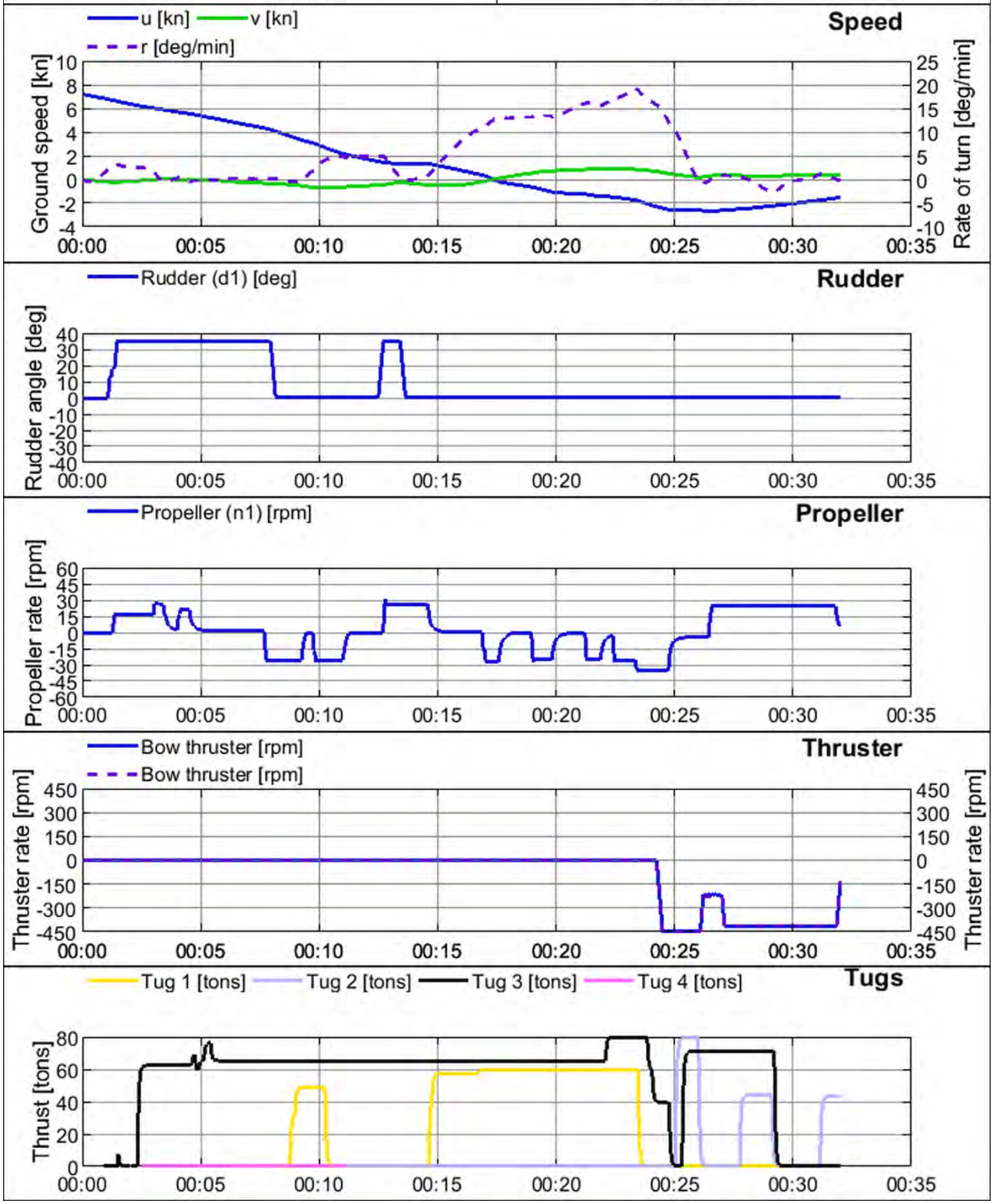




Parameters: Manoeuvreren

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)

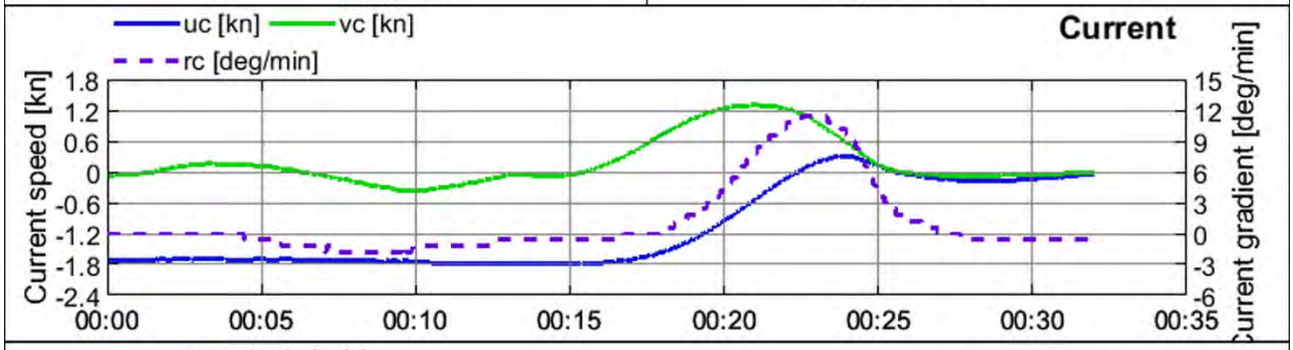
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 006
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

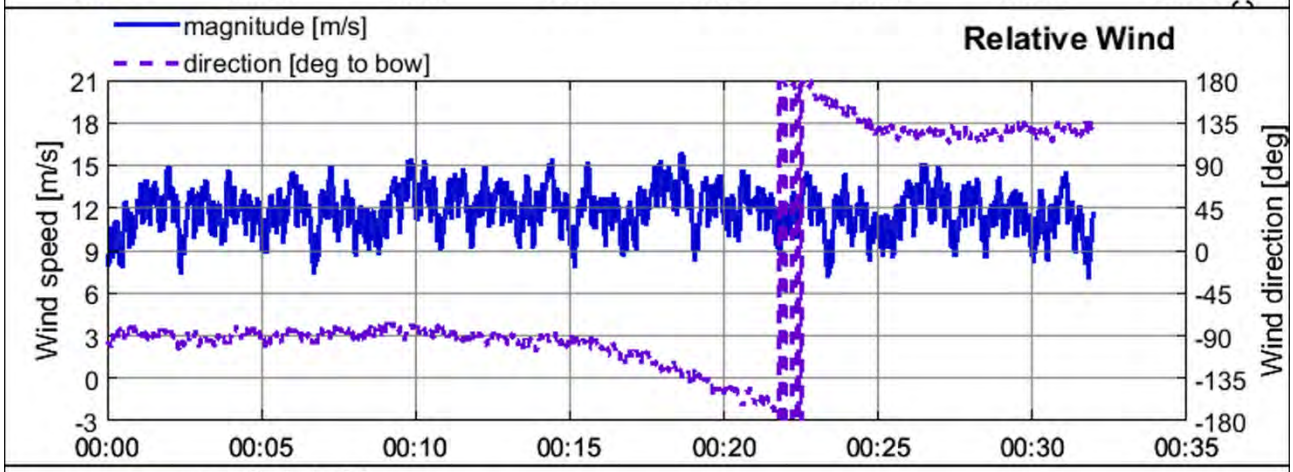


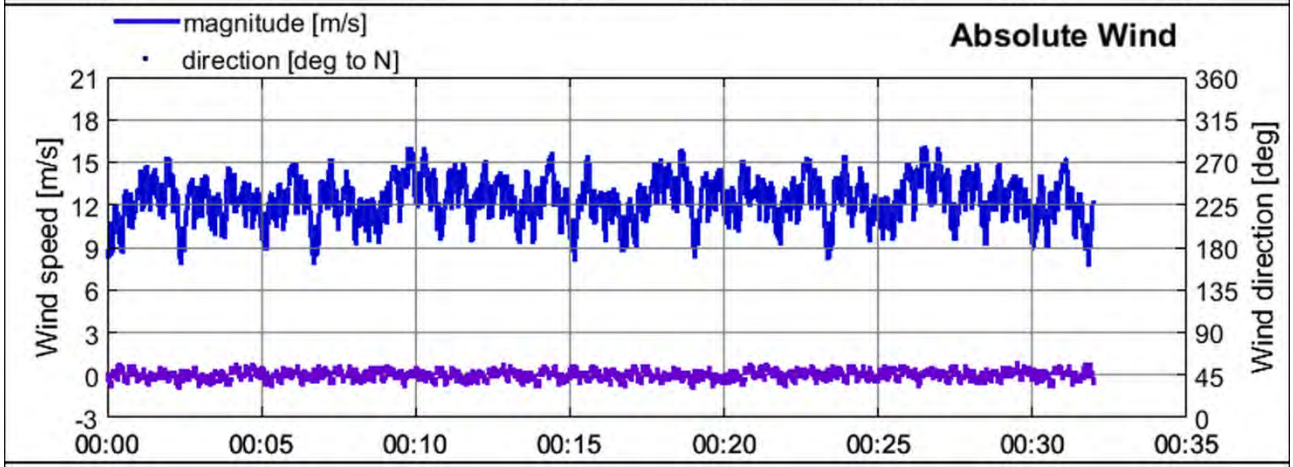
Parameters: Omgevingscondities

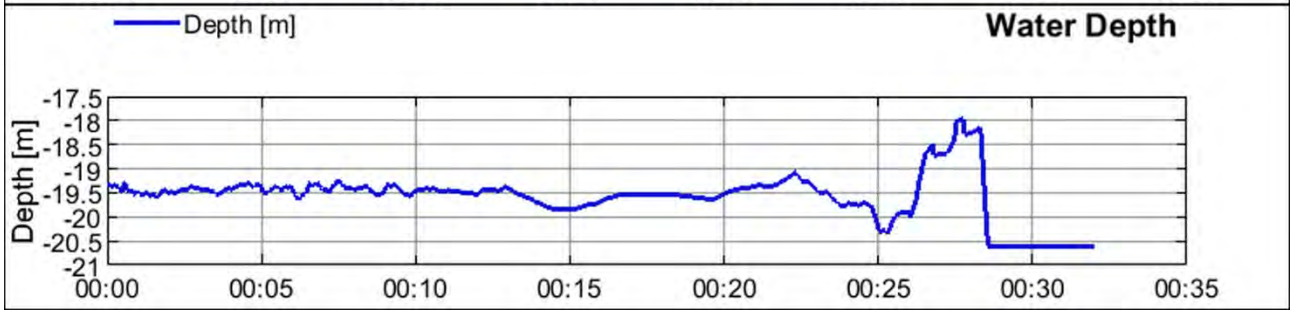
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)

Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 006
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





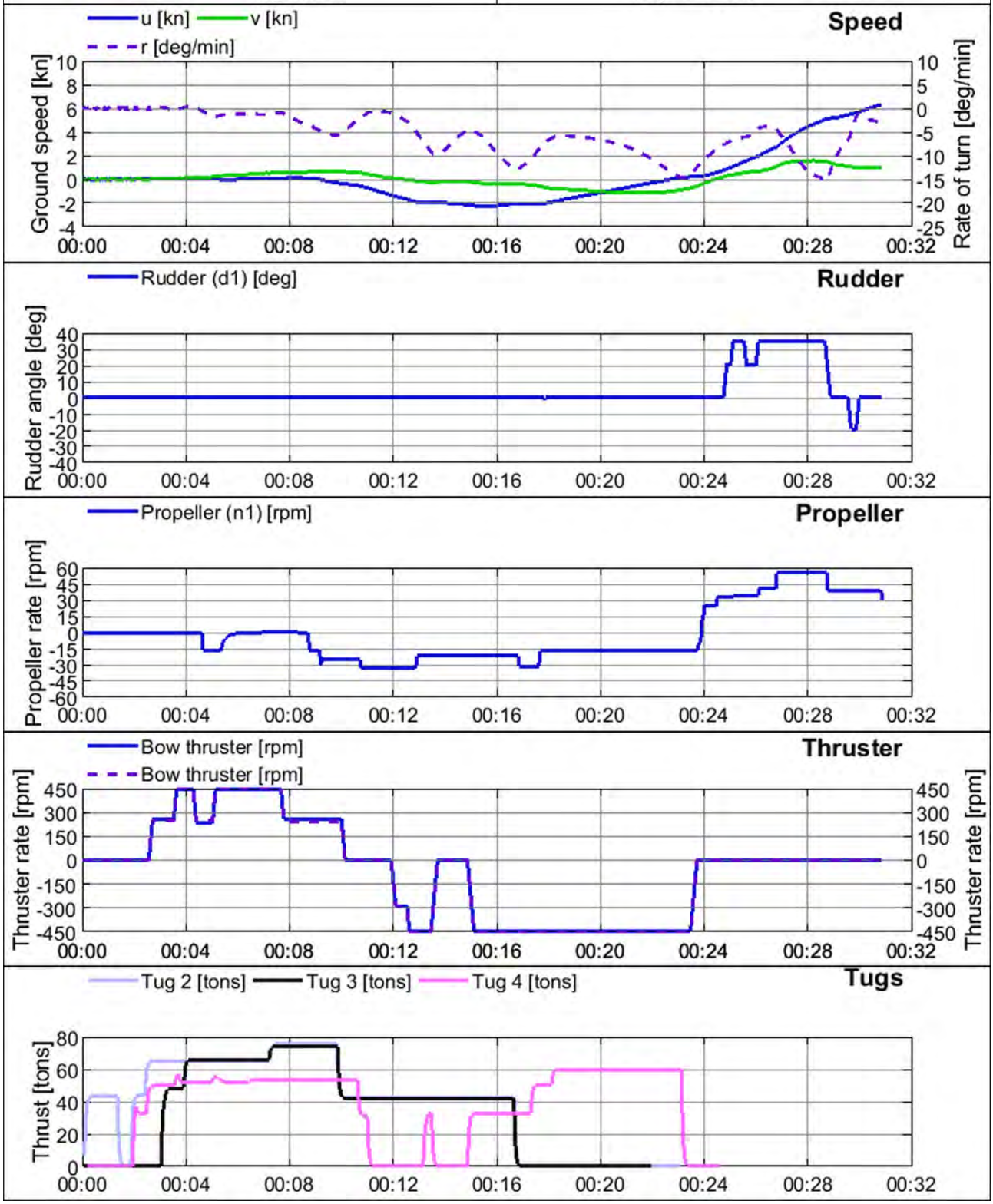




Parameters: Manoeuvreren

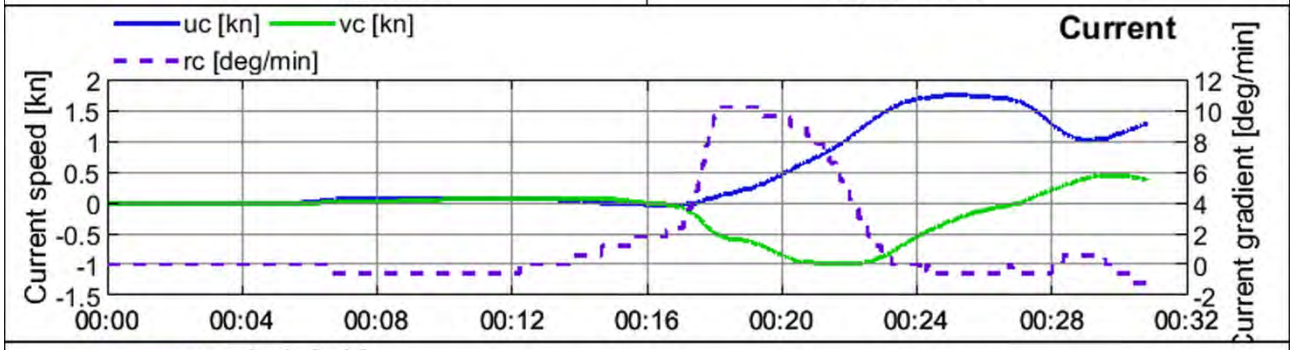
con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)

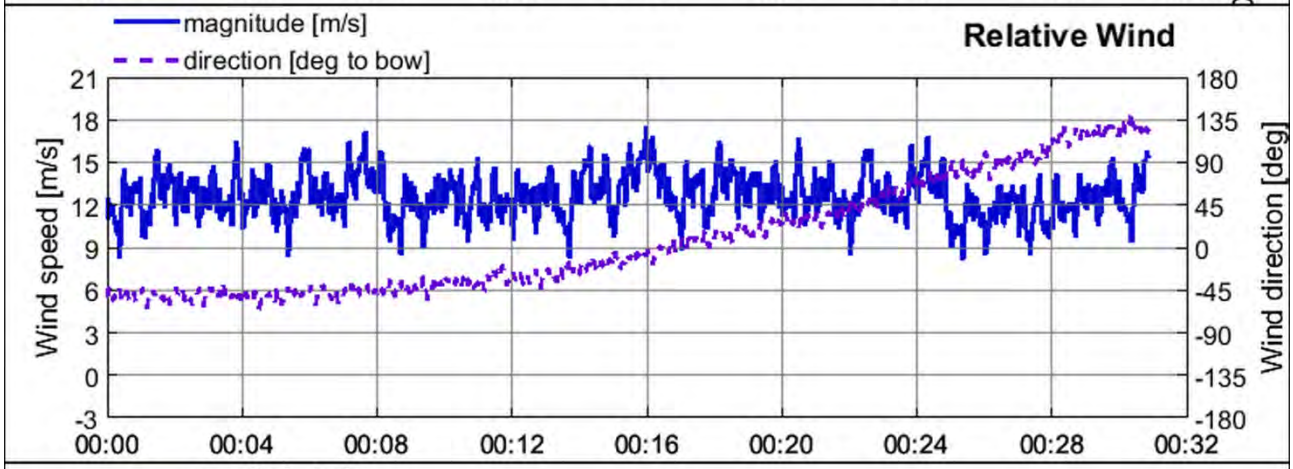
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 007
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

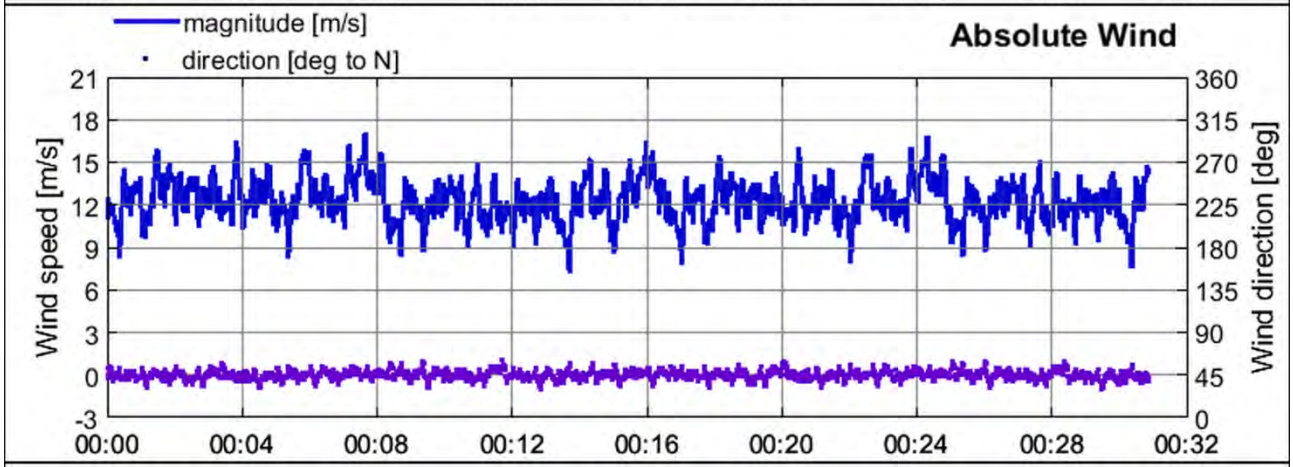


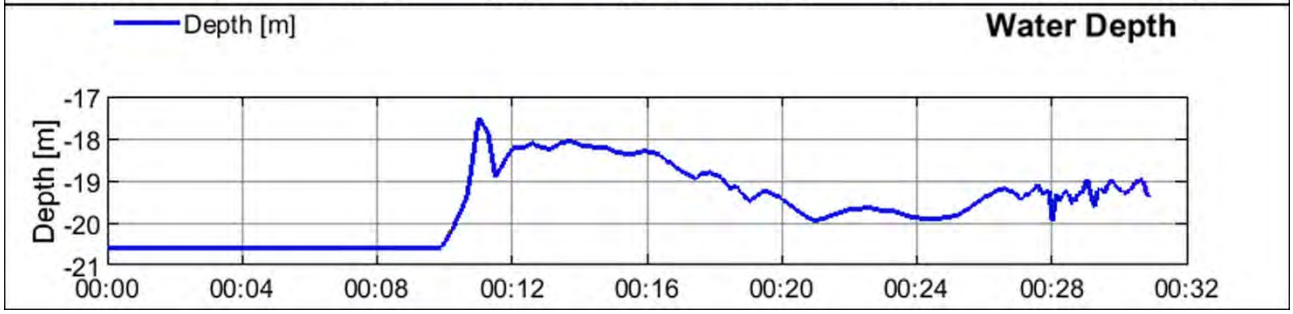
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m	Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 007
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





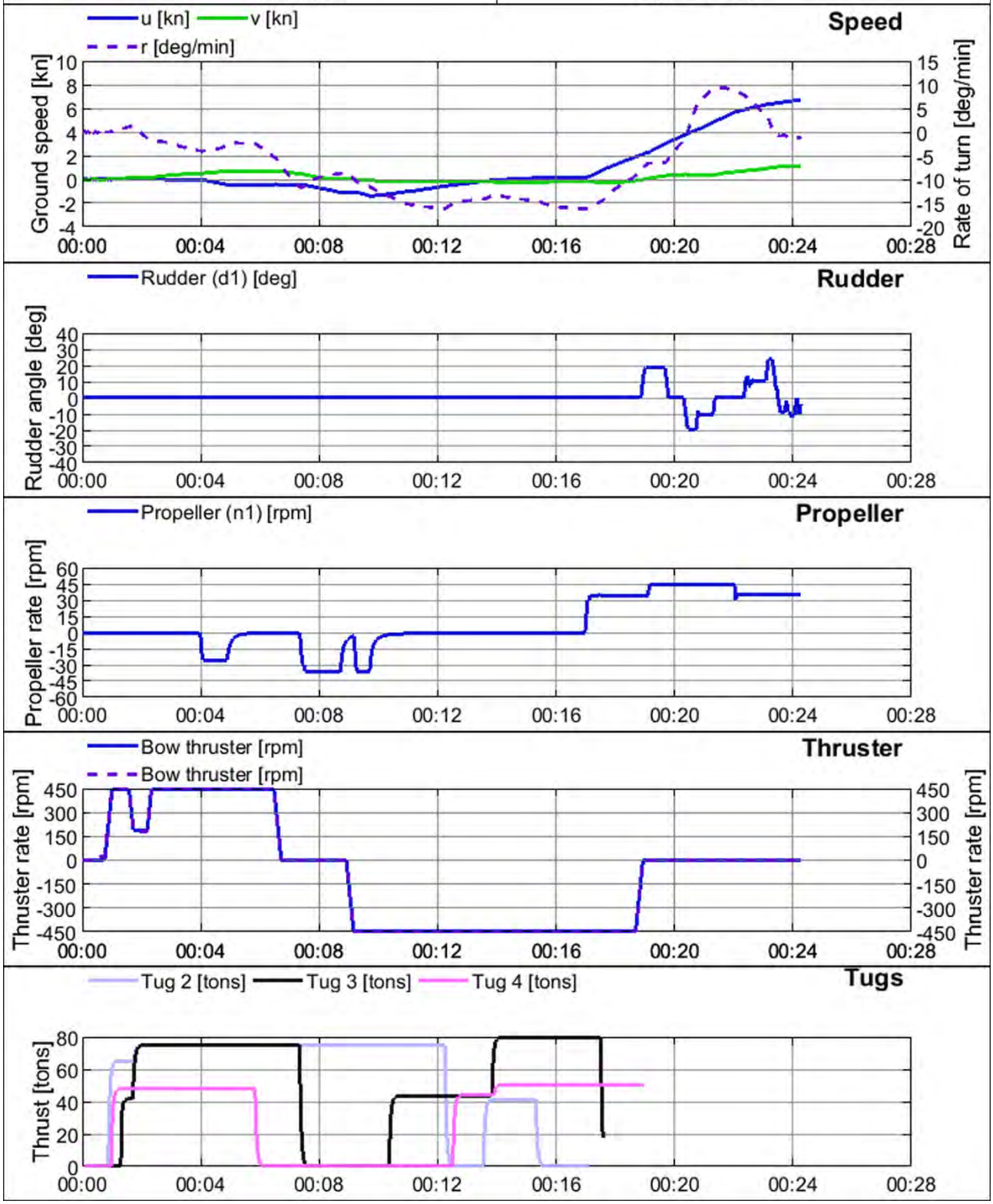




Parameters: Manoeuvreren

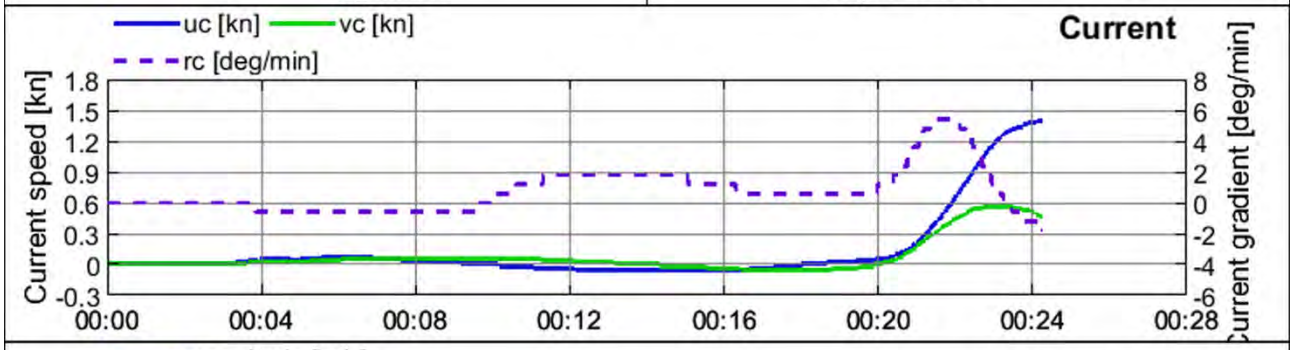
con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)

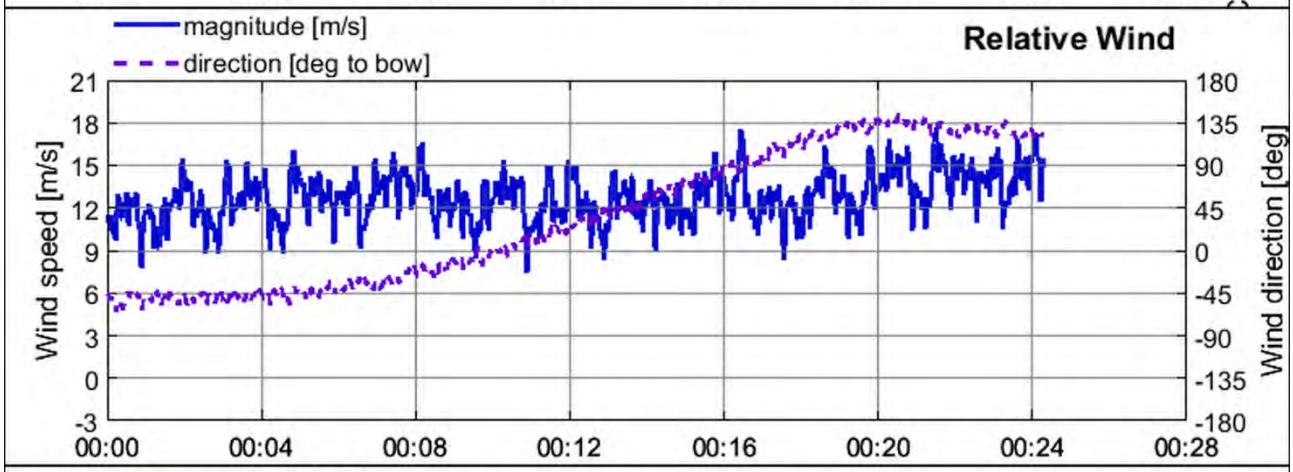
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 008
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

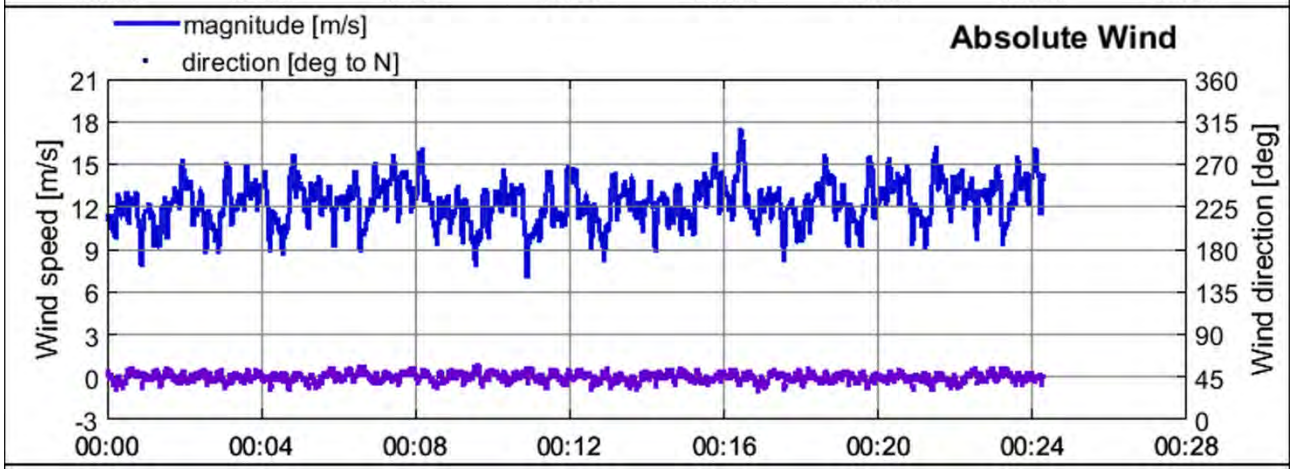


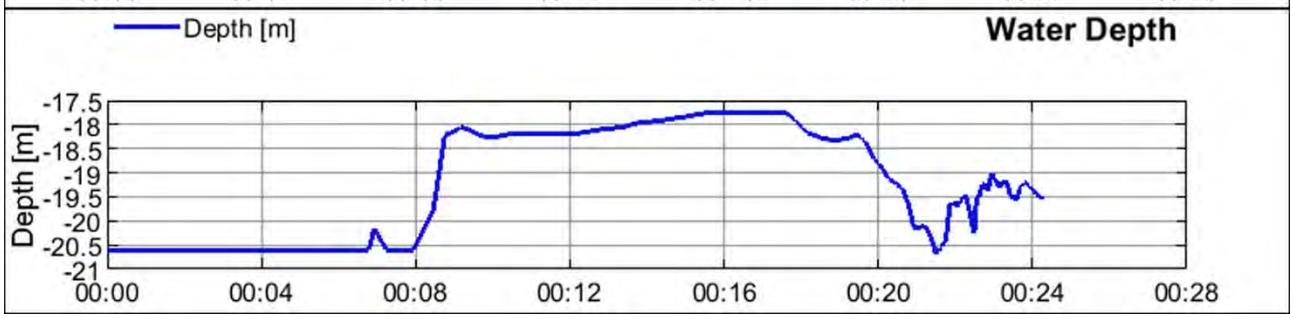
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m	Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3), 60tons (#4)
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 008
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 15/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015



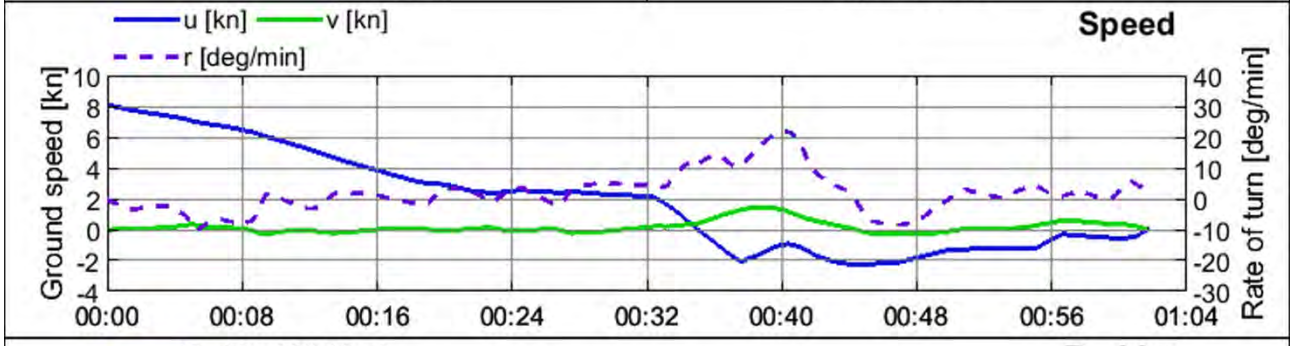


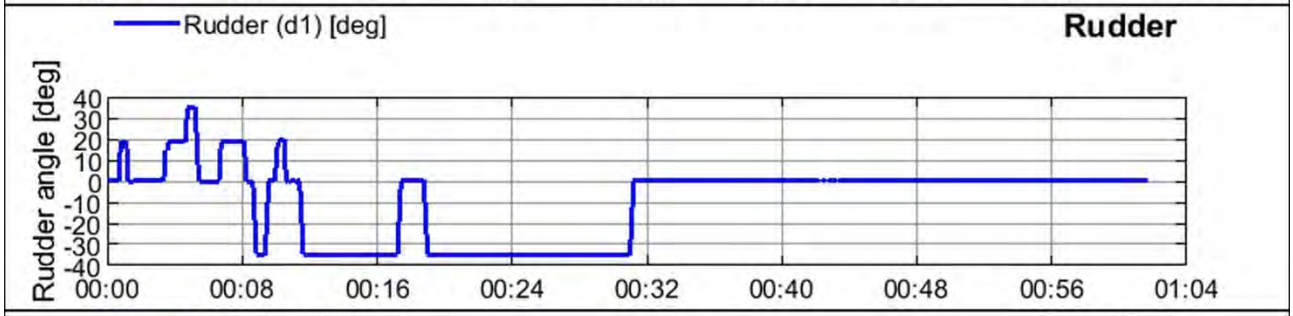


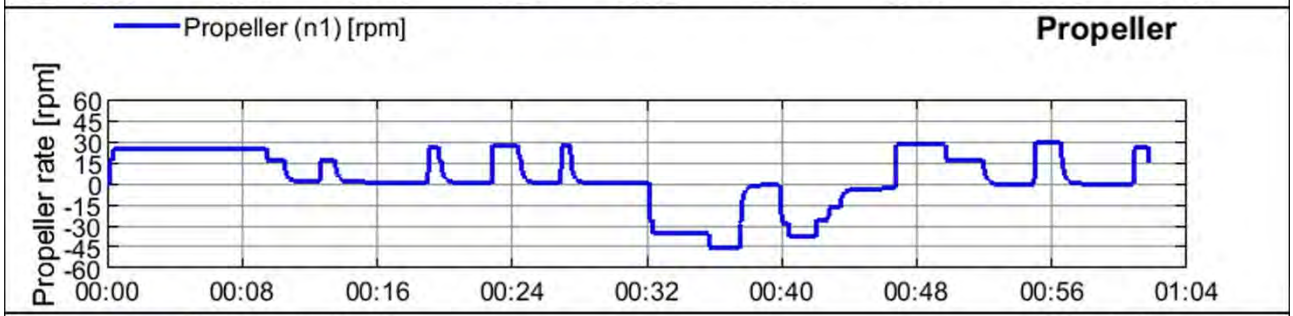


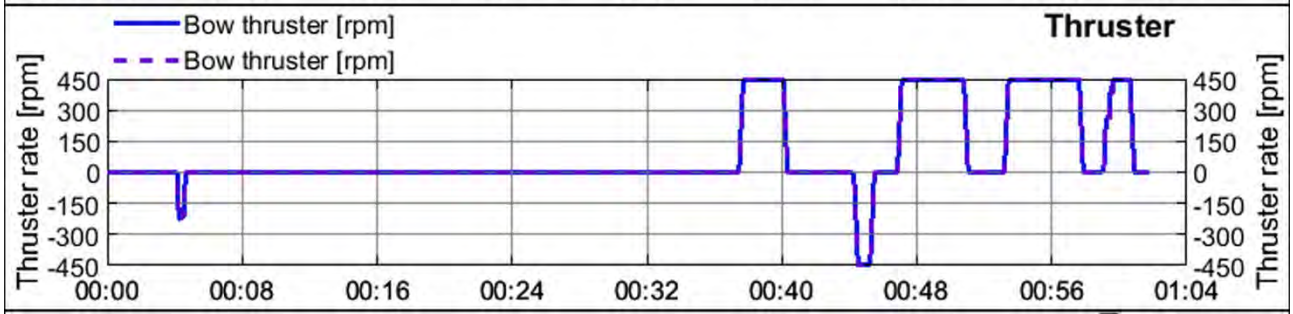
Parameters: Manoeuvreren

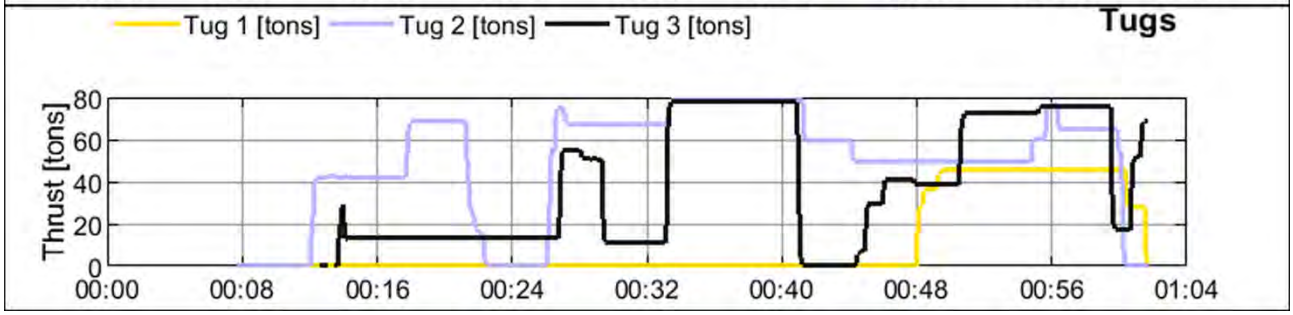
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m	Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)
Wind: N5	Simulatie: 21 015 009
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





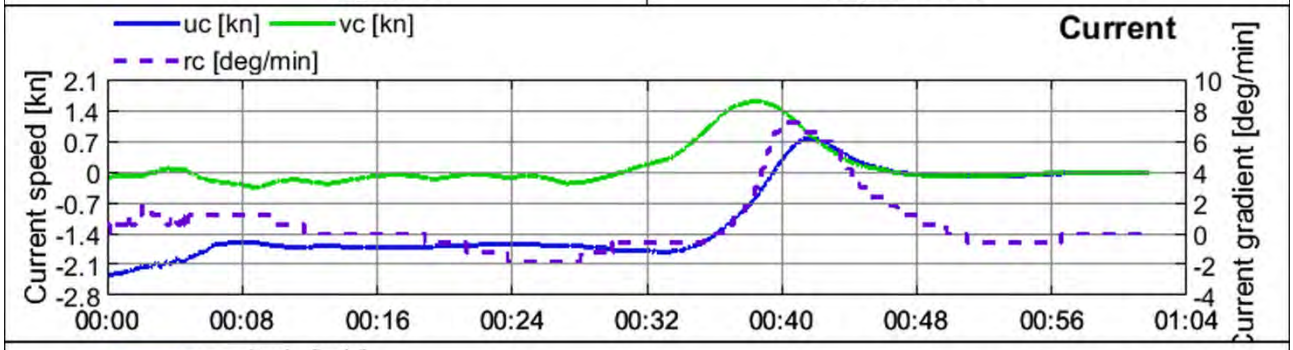


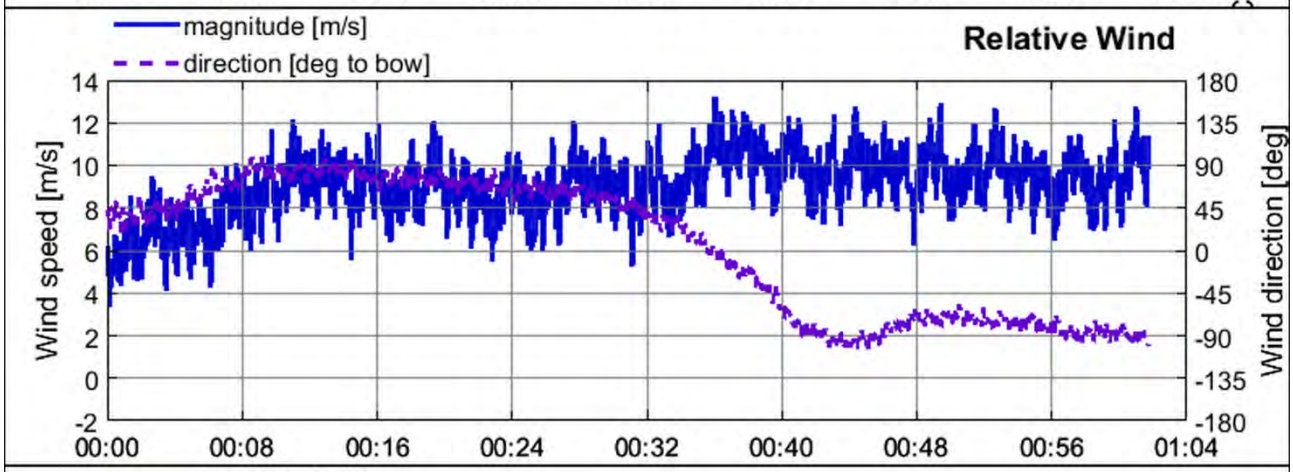


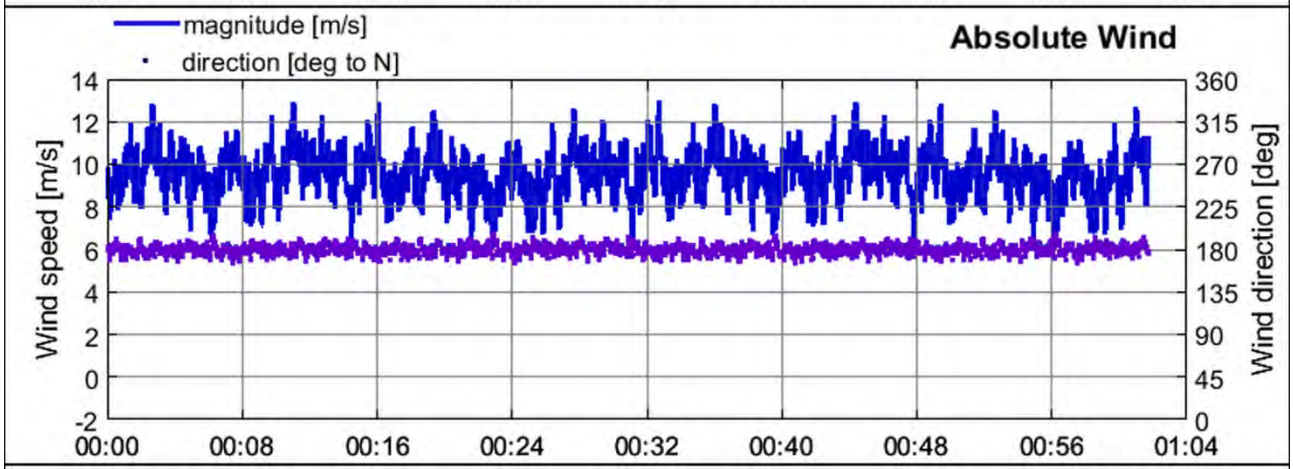


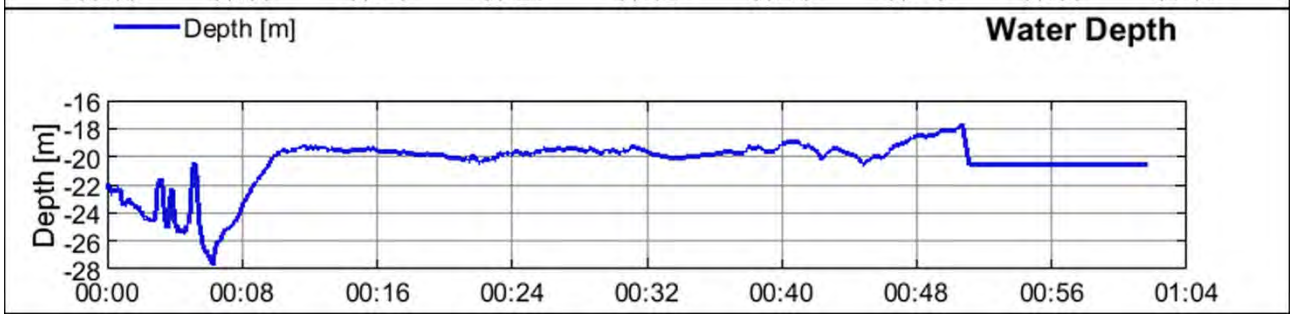
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m	Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)
Wind: N5	Simulatie: 21 015 009
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





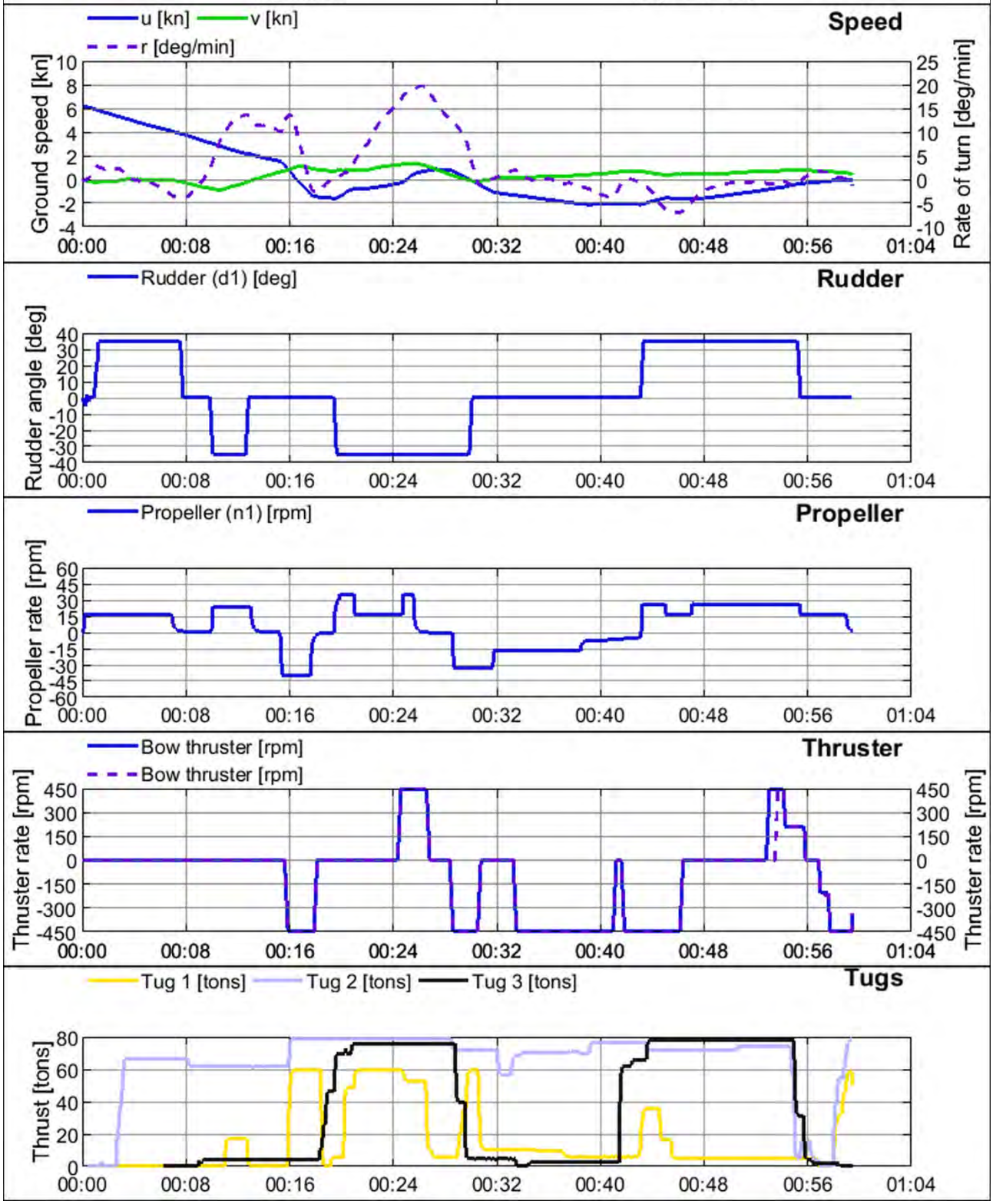




Parameters: Manoeuvreren

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

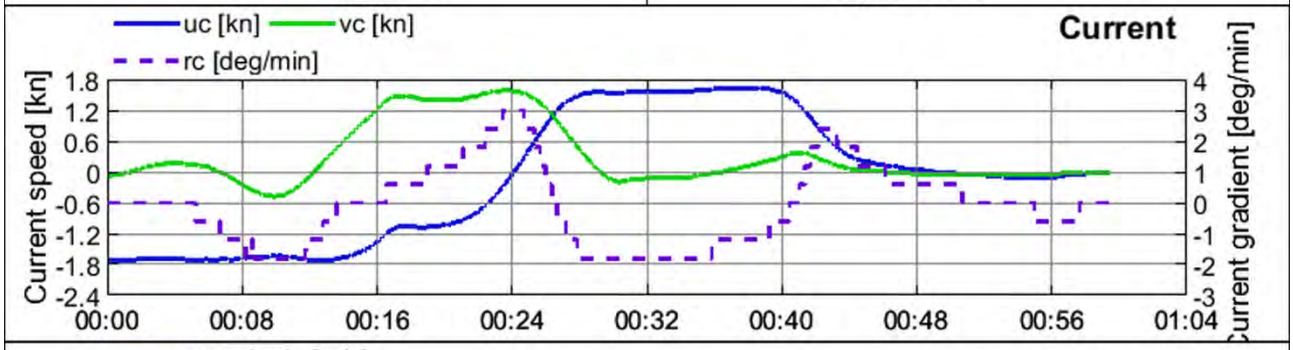
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 010
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

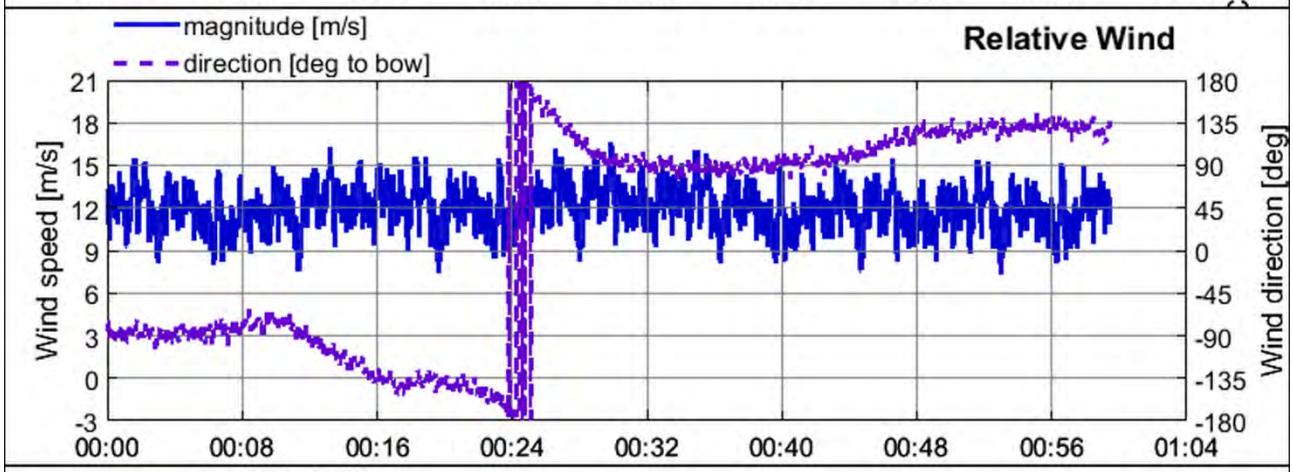


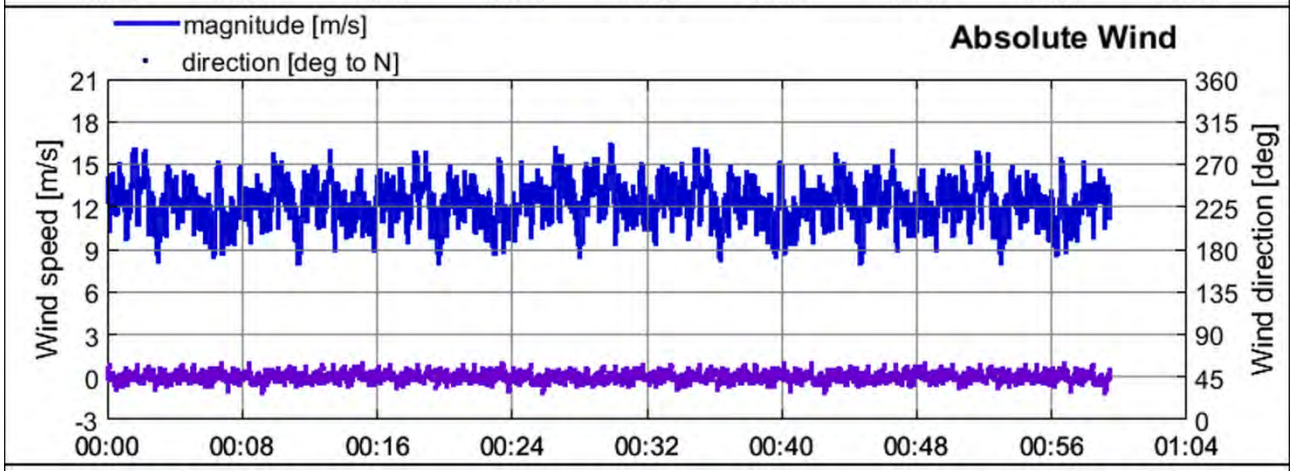
Parameters: Omgevingscondities

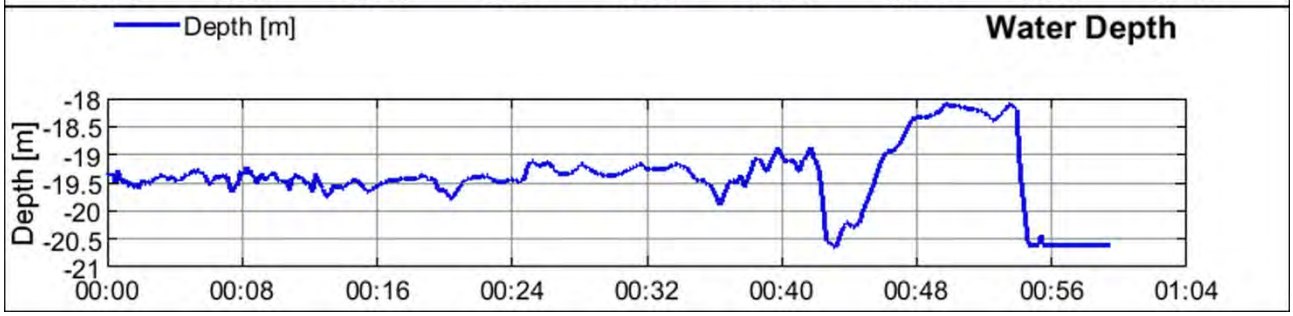
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 010
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





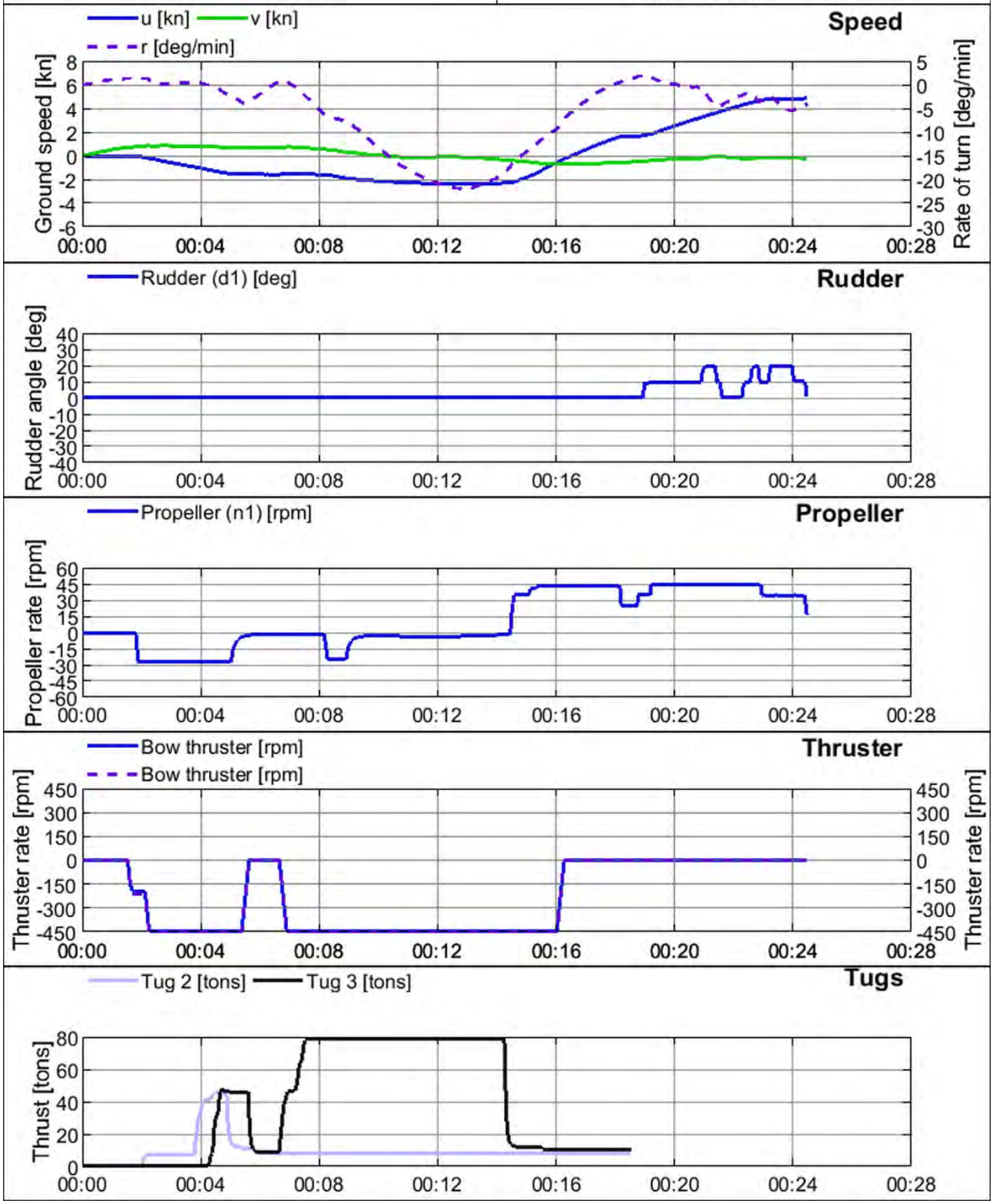




Parameters: Manoeuvreren

con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3)

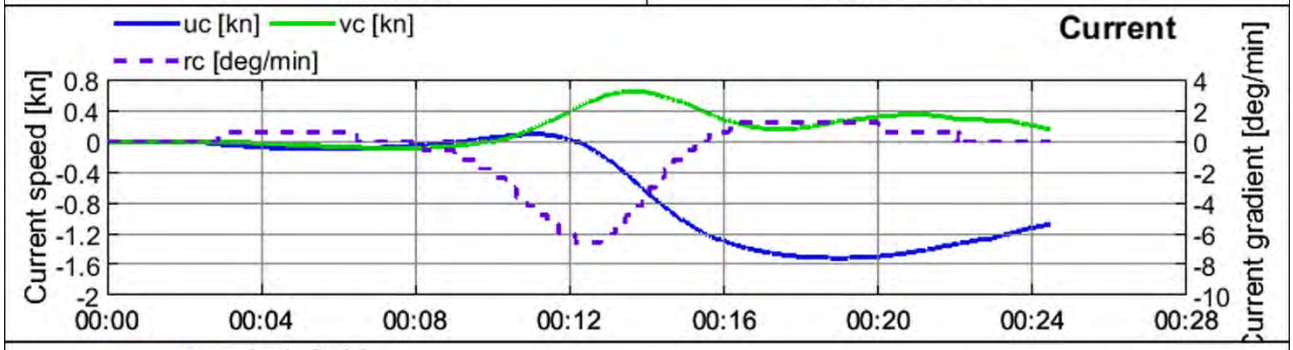
Wind: N6	Simulatie: 21 015 011
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

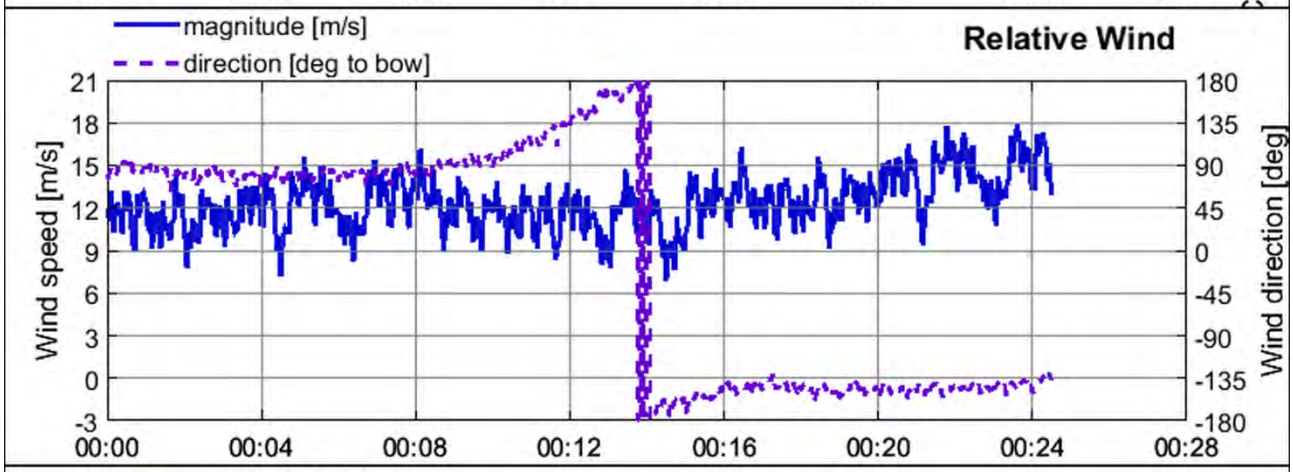


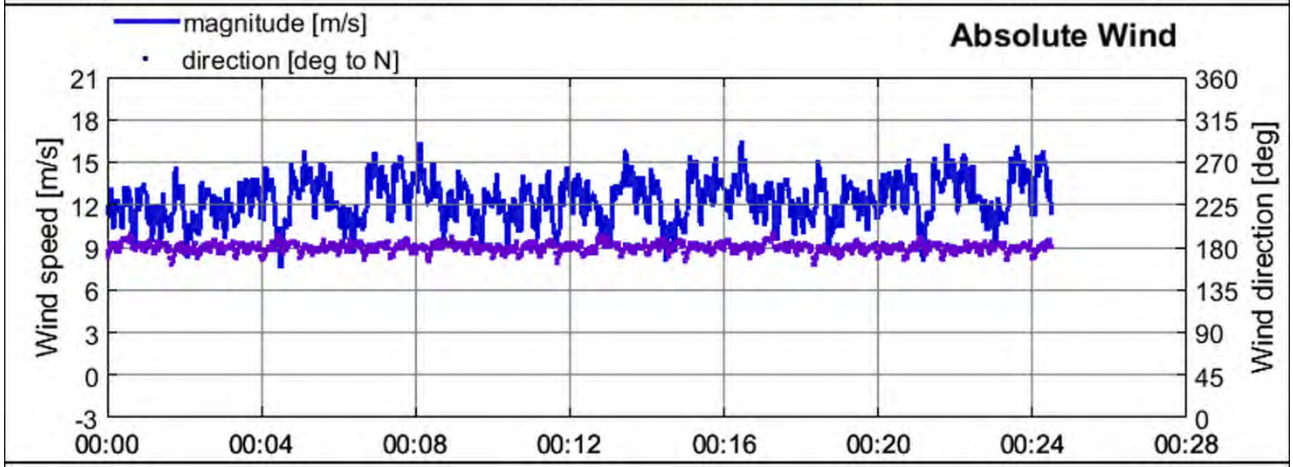
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m Tugs: 80tons (#2), 80tons (#3)

Wind: N6	Simulatie: 21 015 011
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





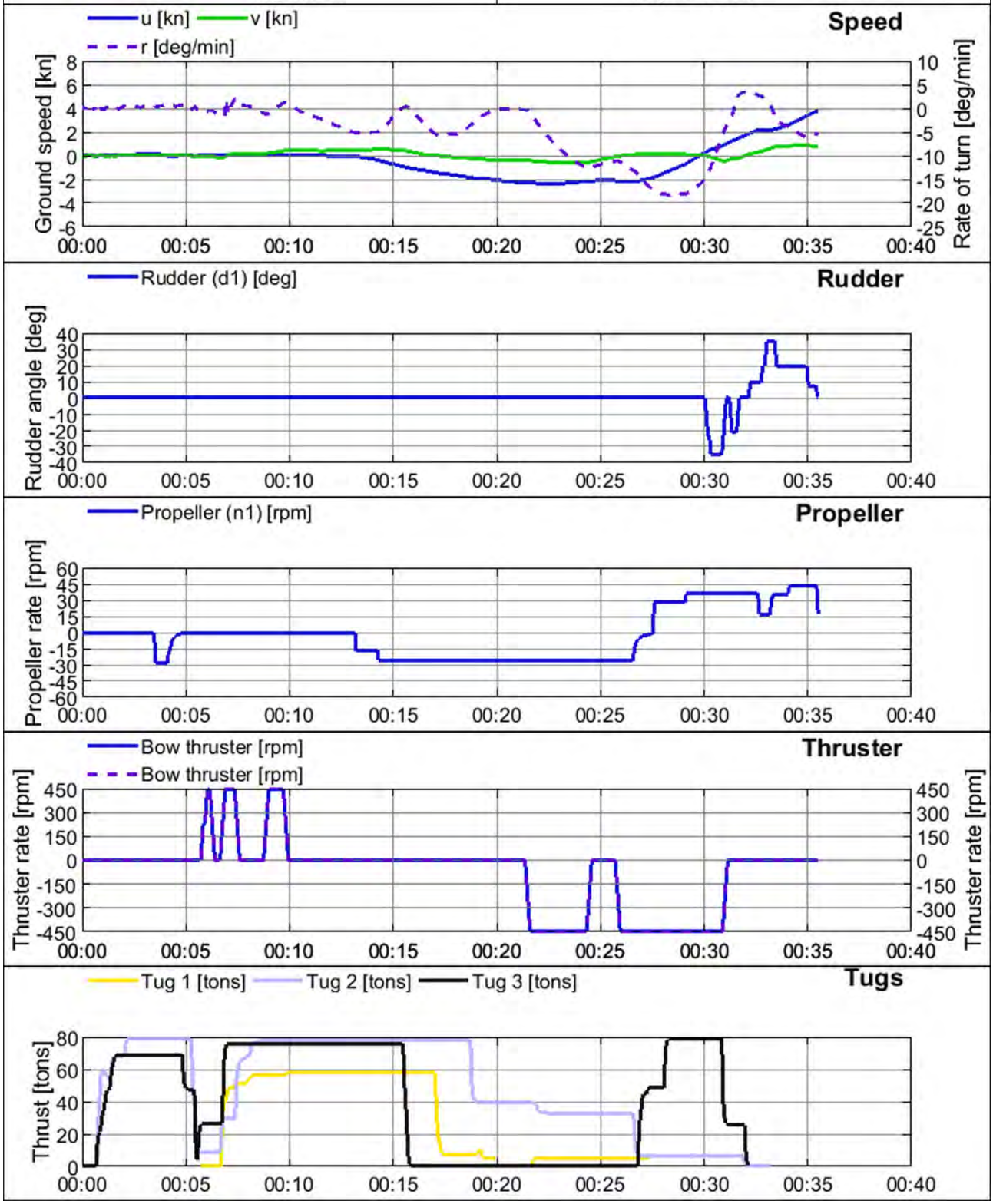




Parameters: Manoeuvreren

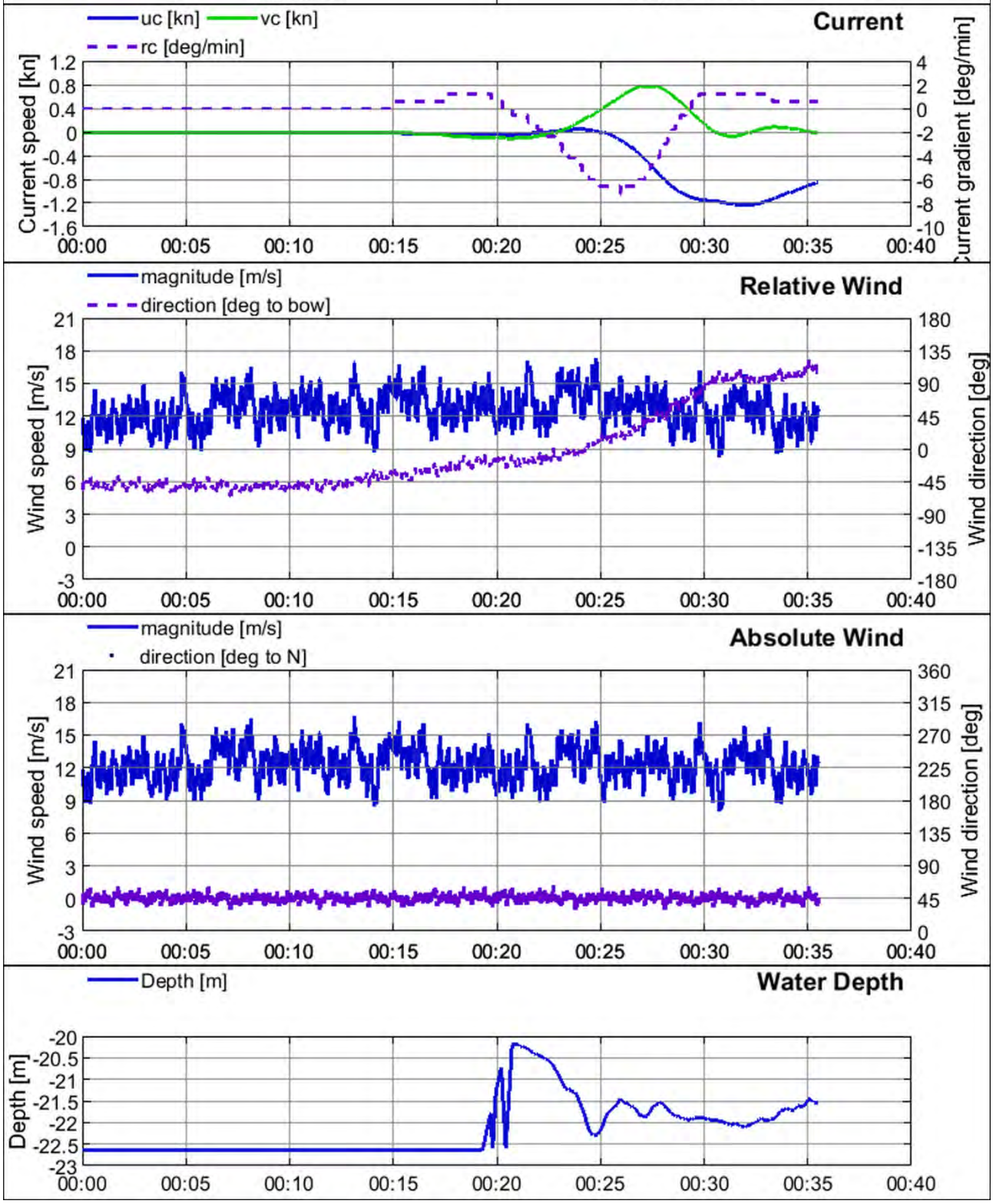
con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 012
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015



Parameters: Omgevingscondities

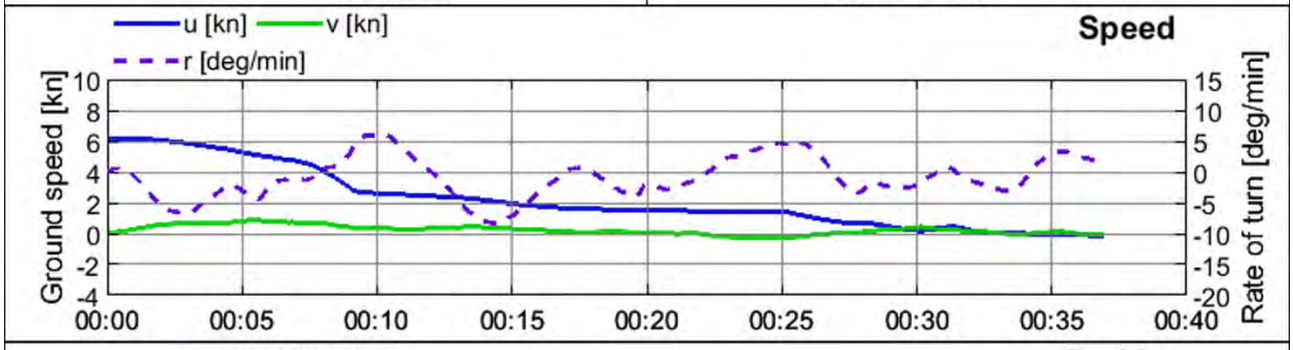
con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m	Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 012
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

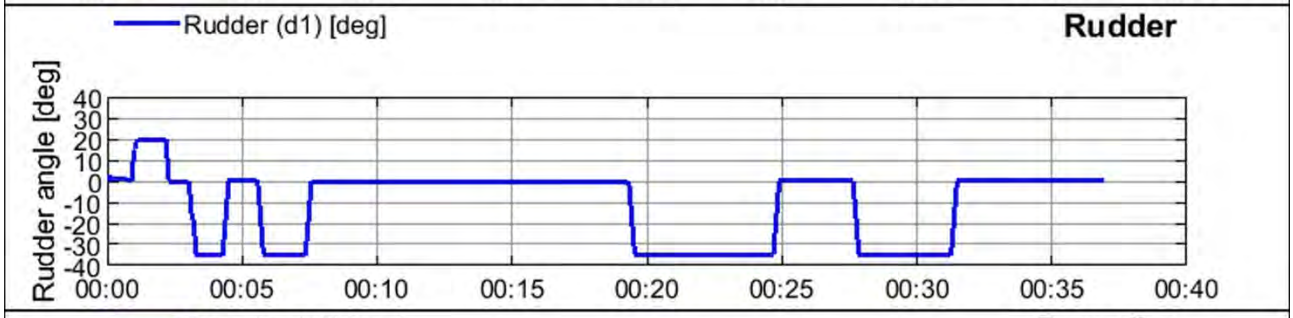


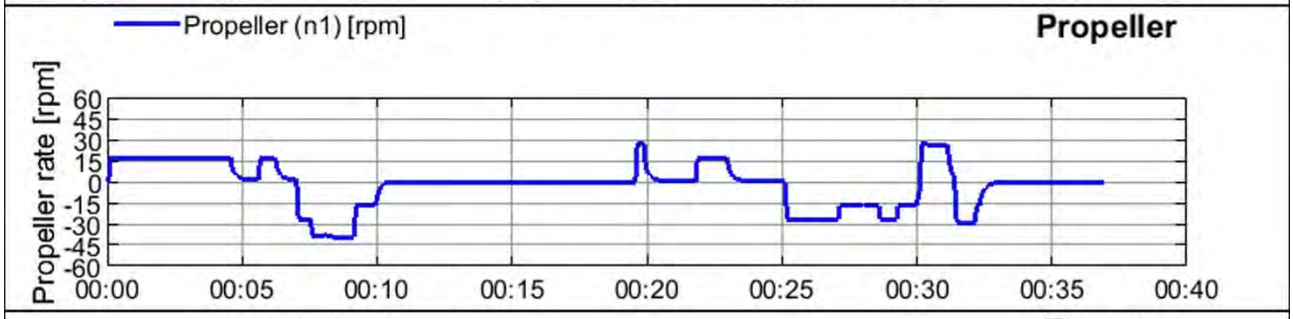
Parameters: Manoeuvreren

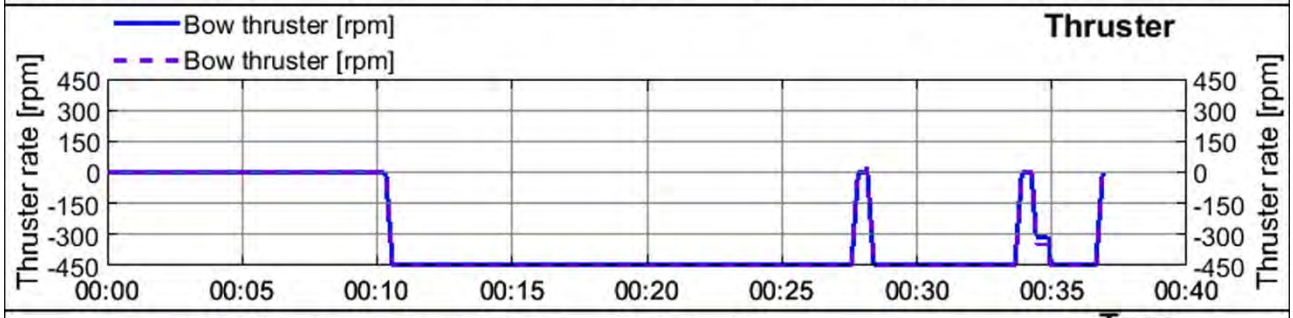
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

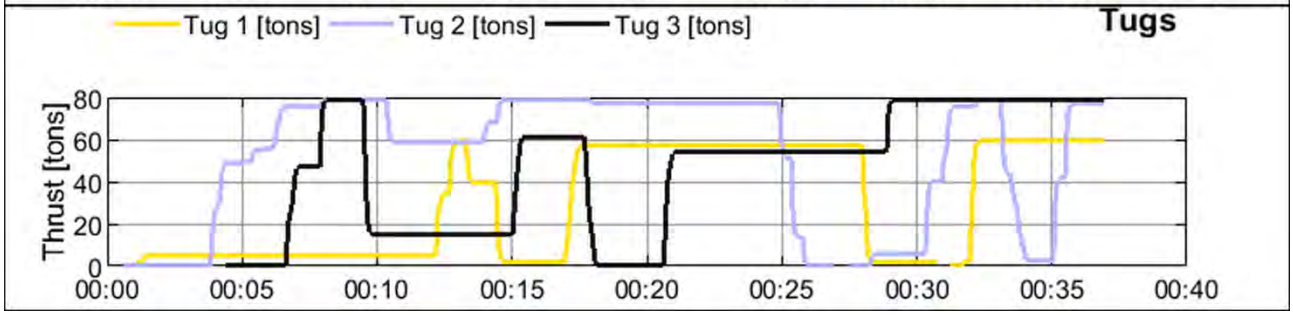
Wind: N6	Simulatie: 21 015 013
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





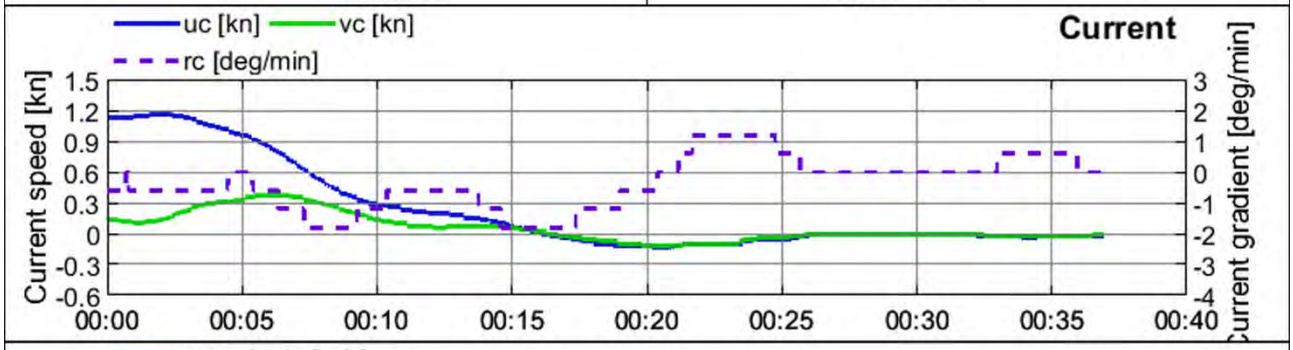


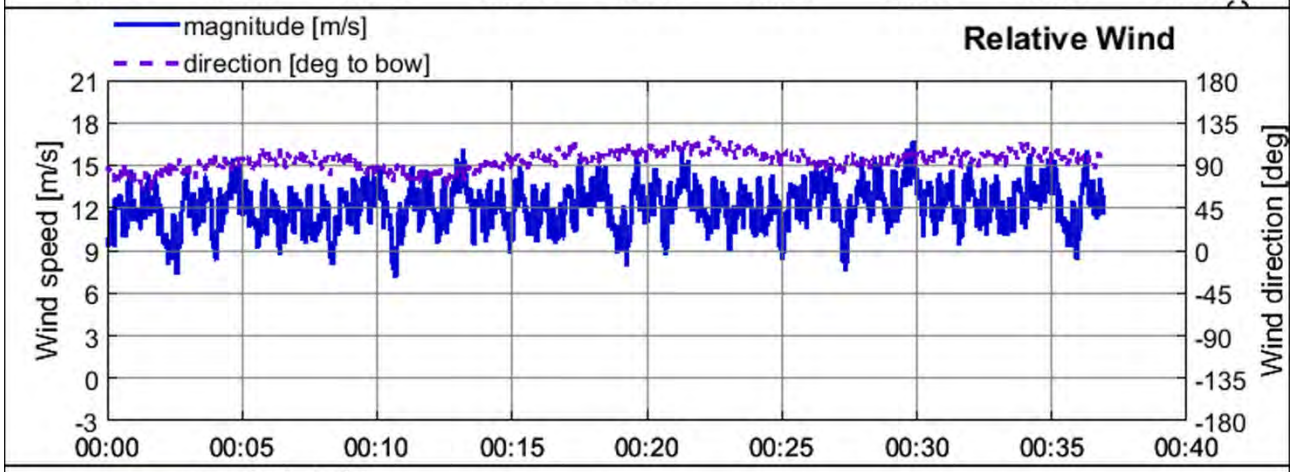


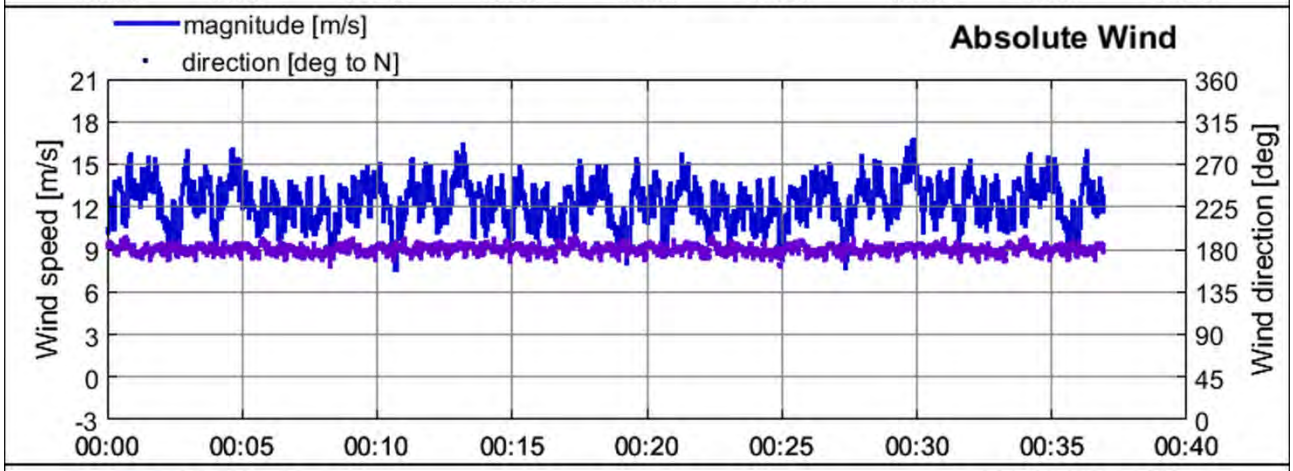


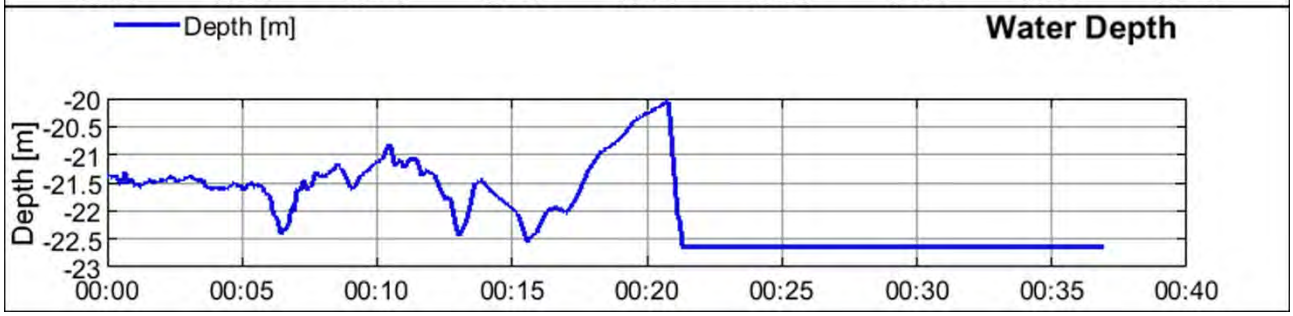
Parameters: Omgevingscondities

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m	Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)
Wind: N6	Simulatie: 21 015 013
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





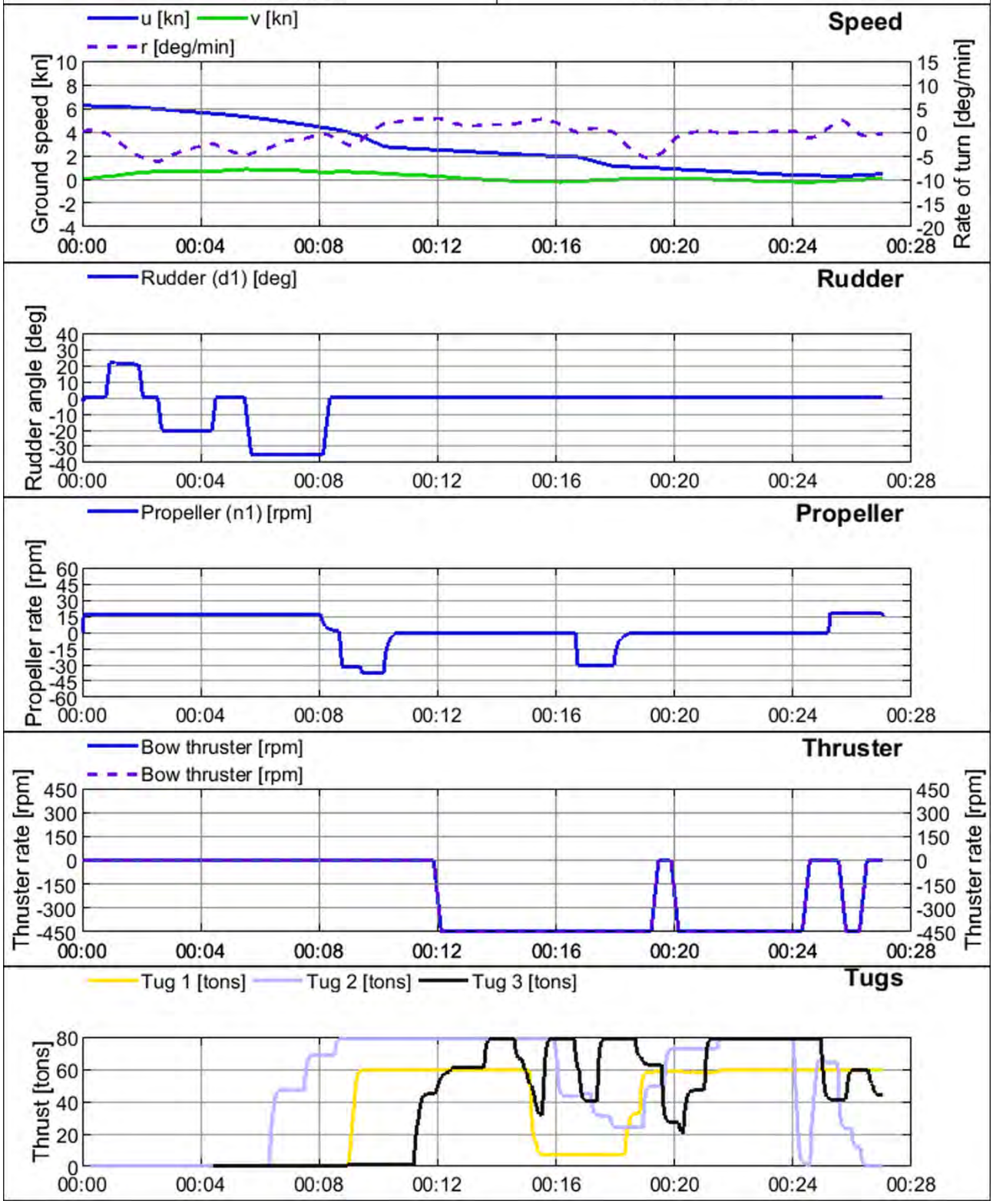




Parameters: Manoeuvreren

con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

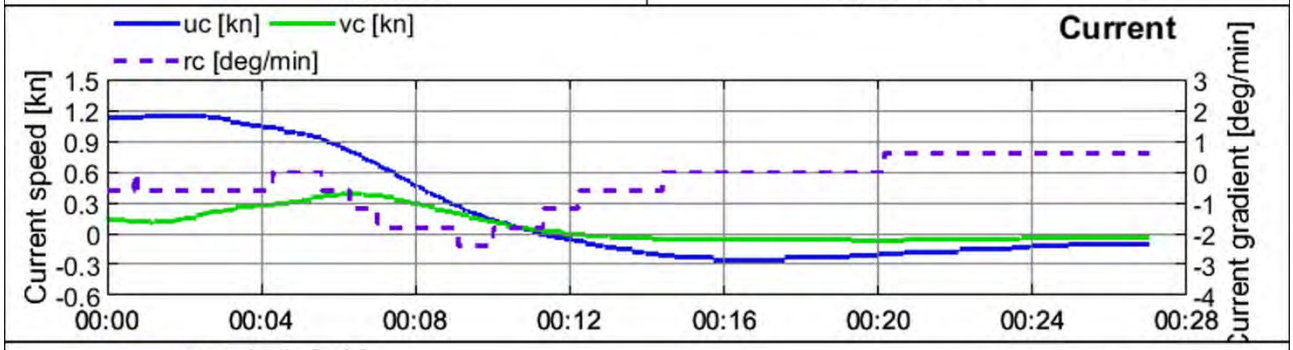
Wind: N6	Simulatie: 21 015 014
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

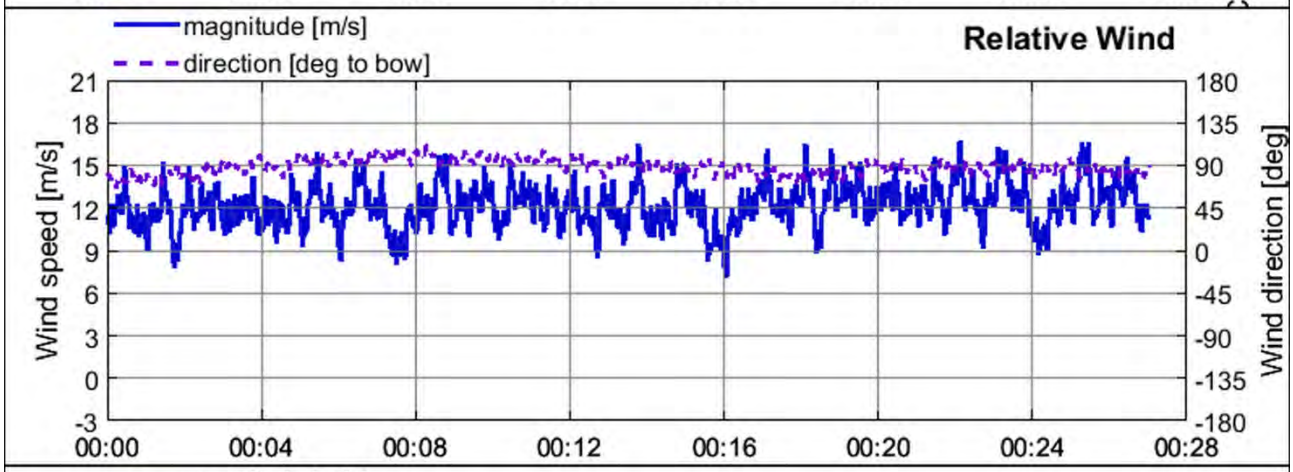


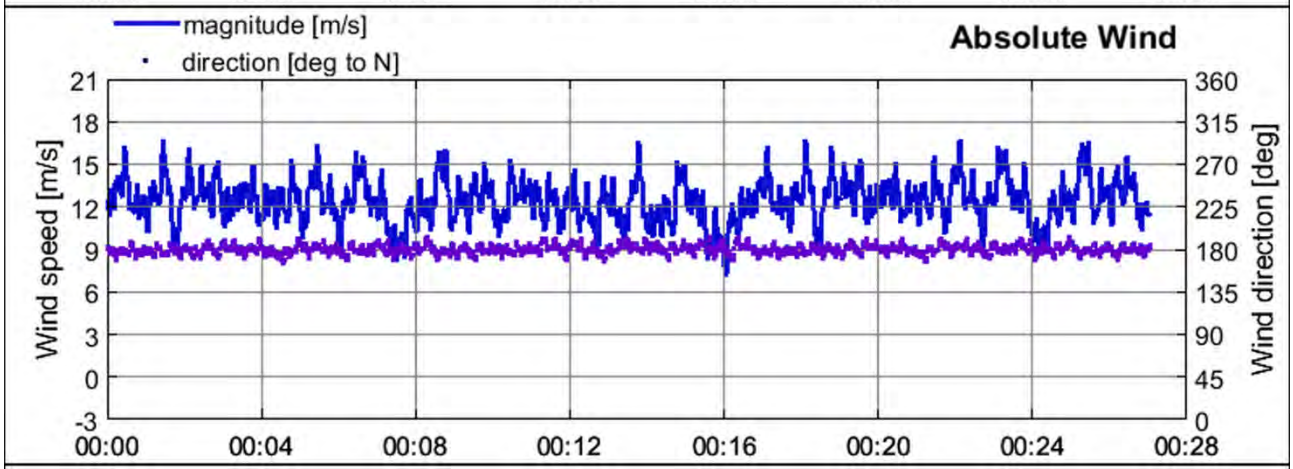
Parameters: Omgevingscondities

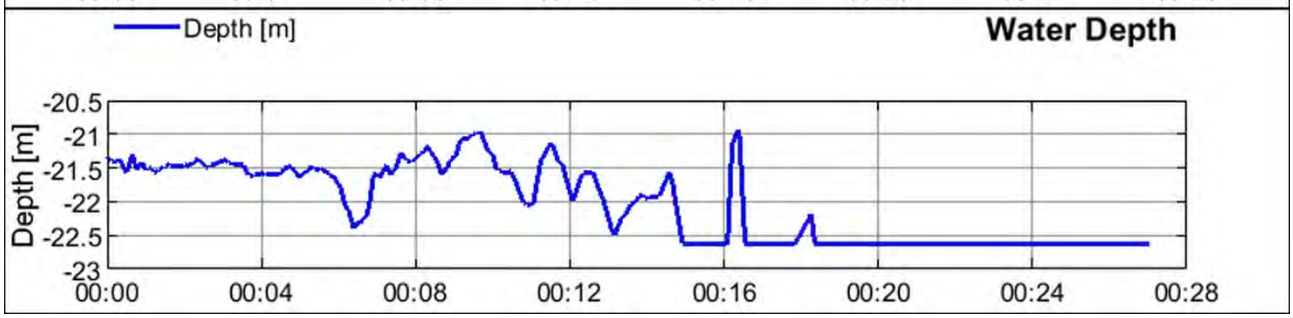
con400 615 150: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

Wind: N6	Simulatie: 21 015 014
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





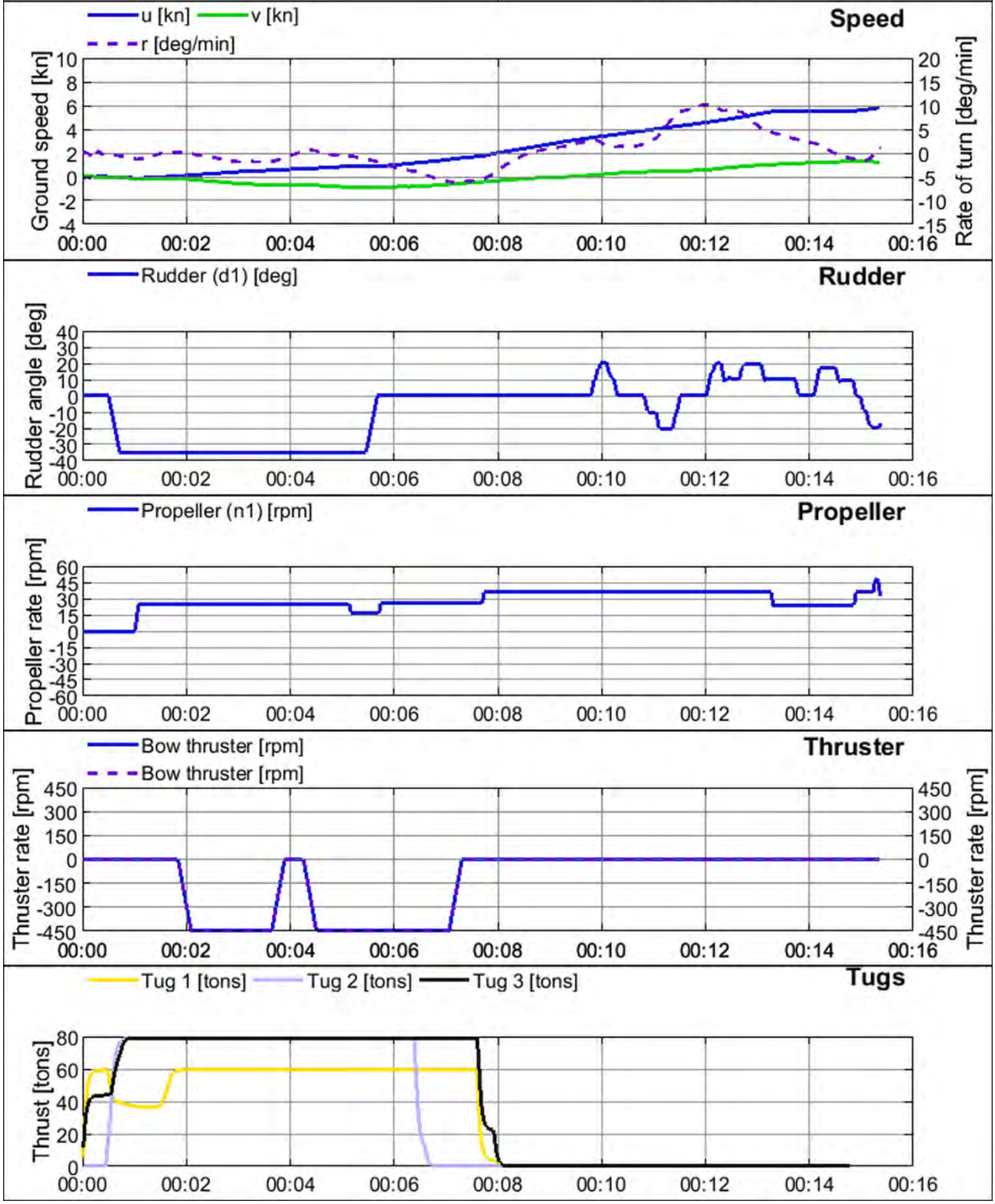




Parameters: Manoeuvreren

con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

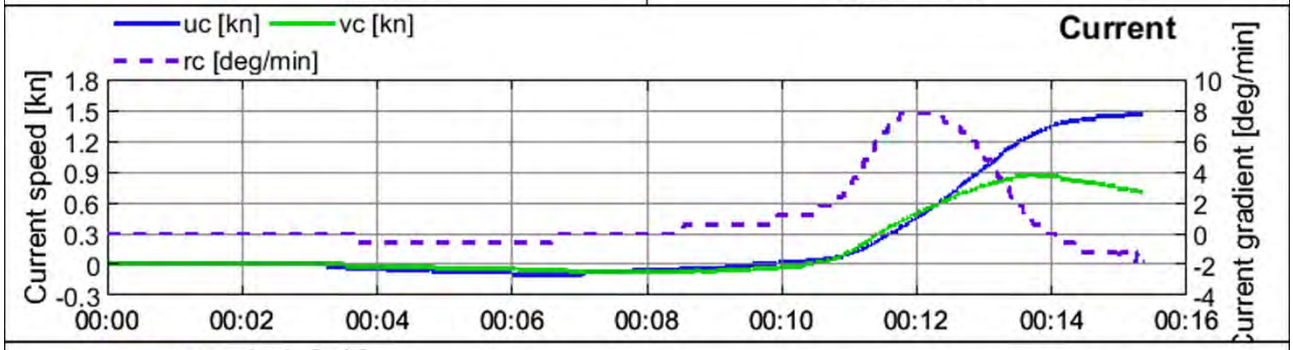
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 015
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

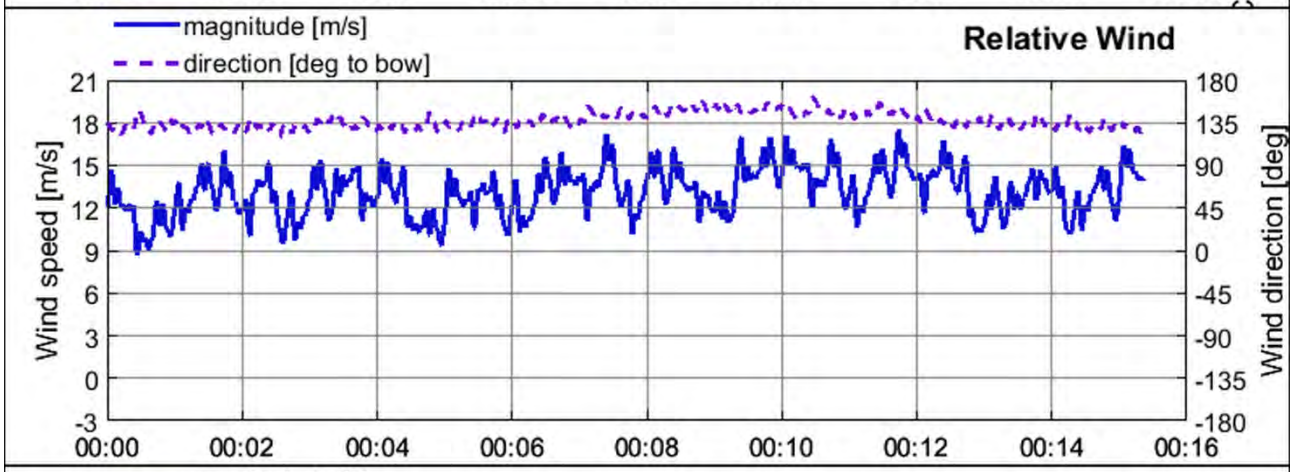


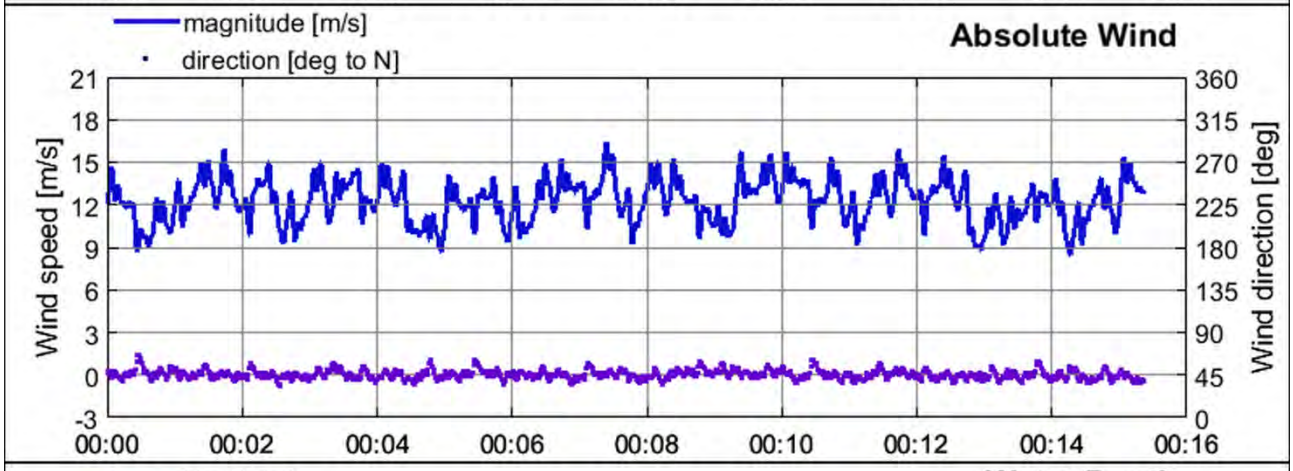
Parameters: Omgevingscondities

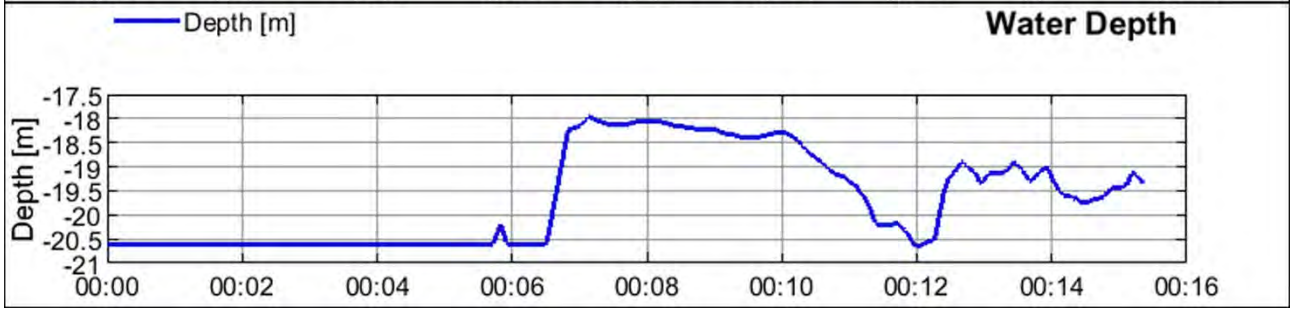
con400 615 120: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 12.0 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 015
Current: Eb Springtij met neer	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





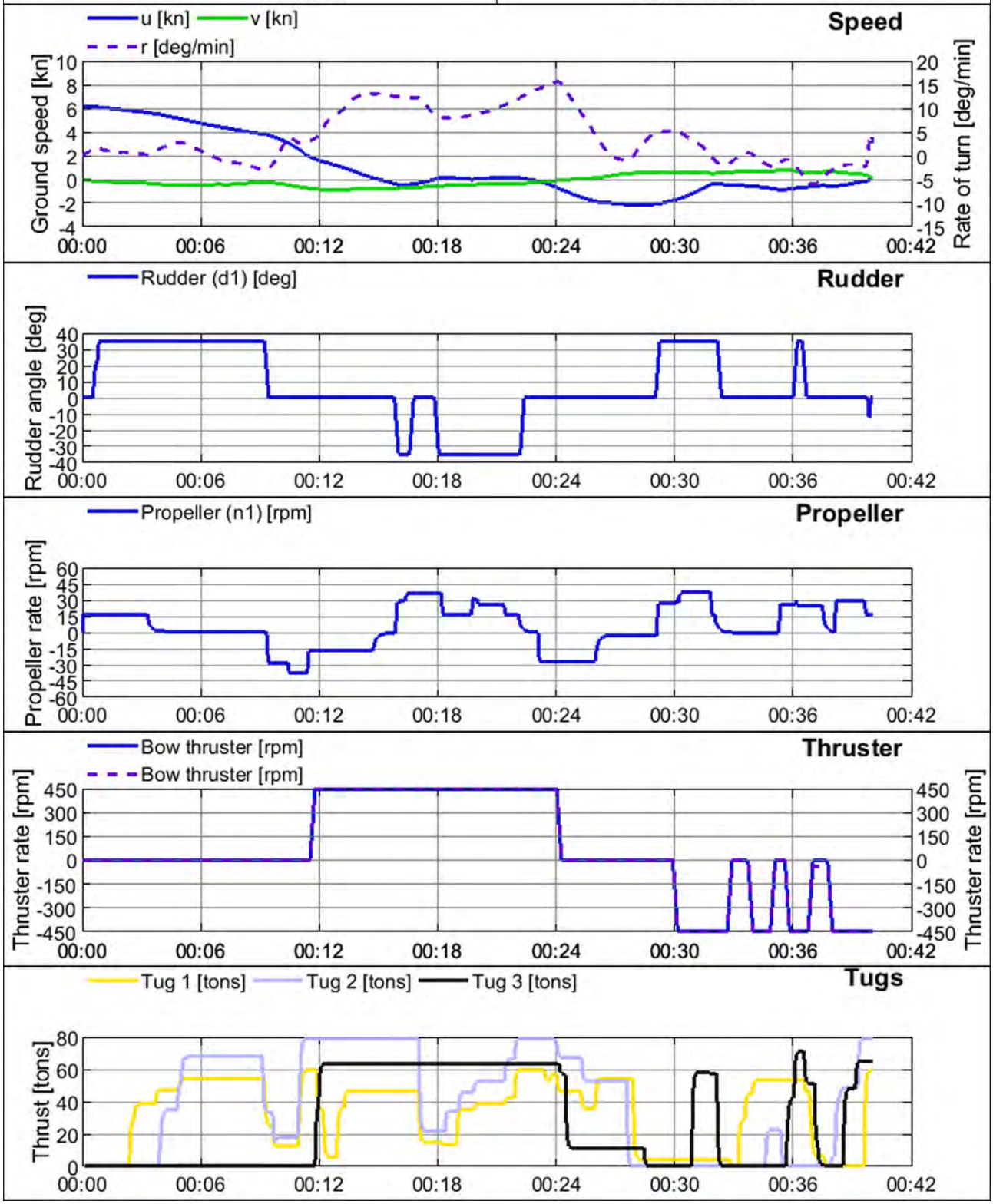




Parameters: Manoeuvreren

con400 615 155: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.5 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

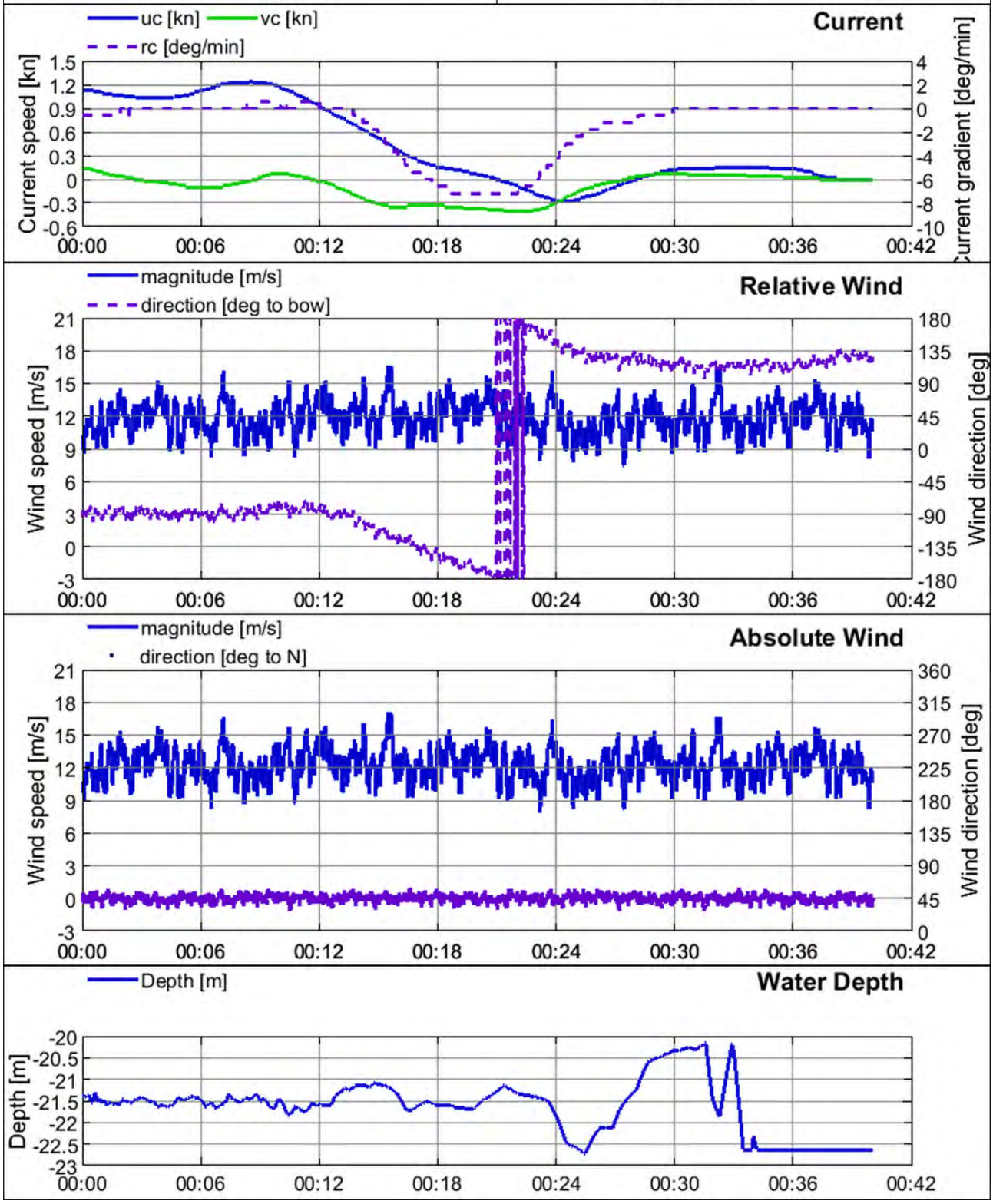
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 016
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015



Parameters: Omgevingscondities

con400 615 155: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.5 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

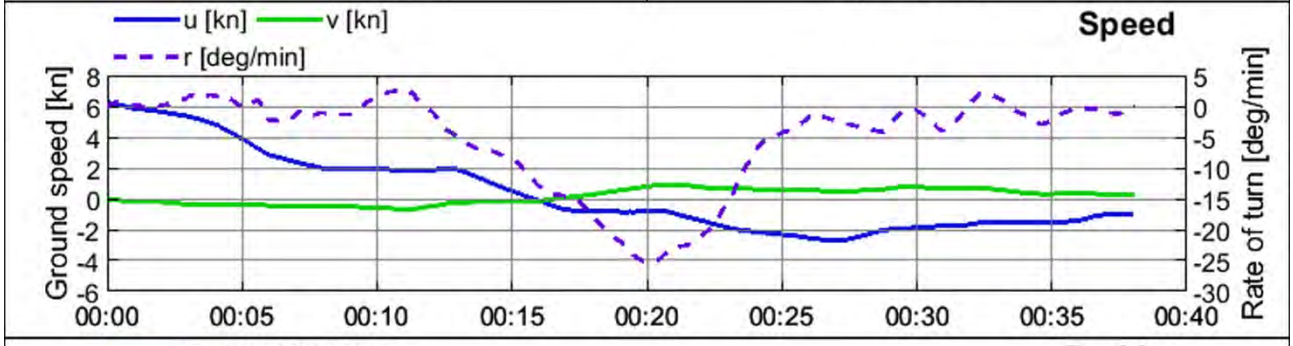
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 016
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015

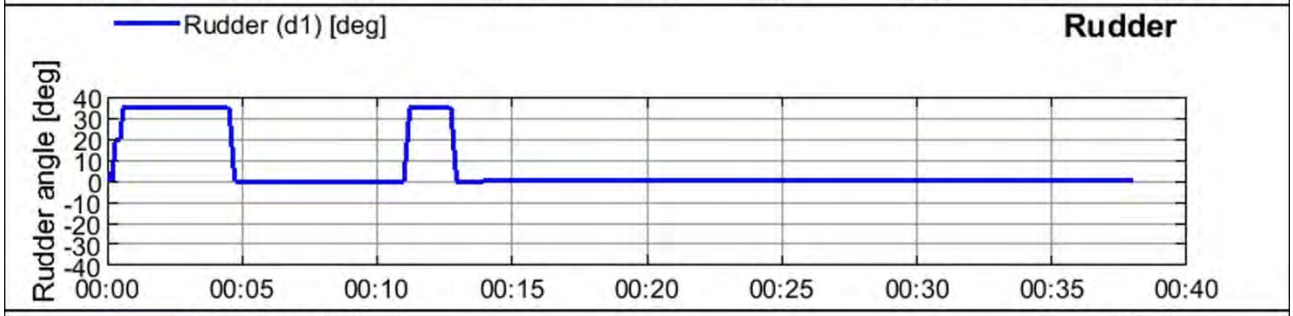


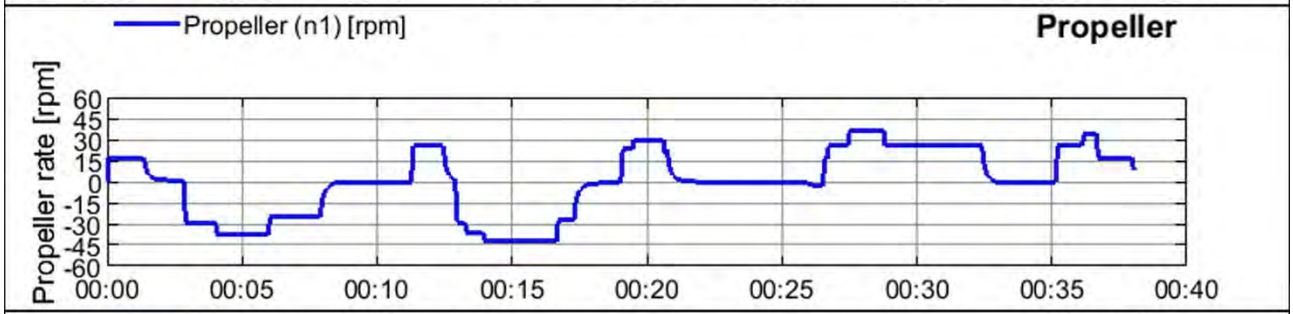
Parameters: Manoeuvreren

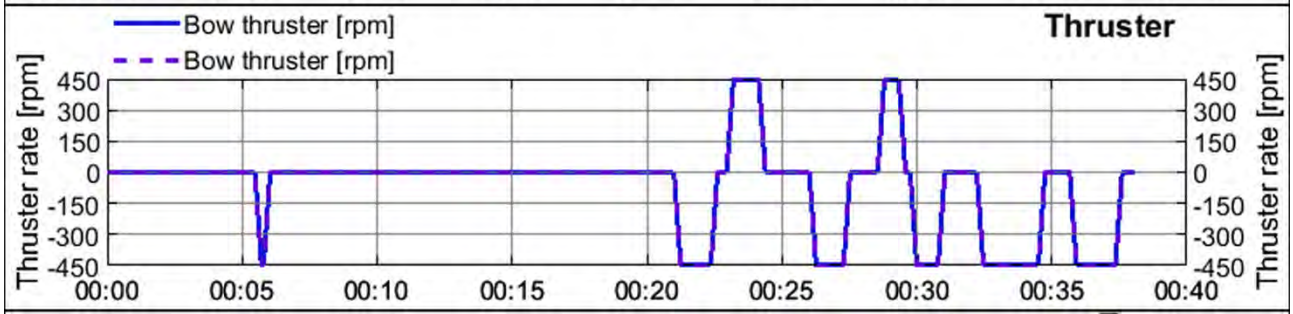
con400 615 155: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.5 m Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)

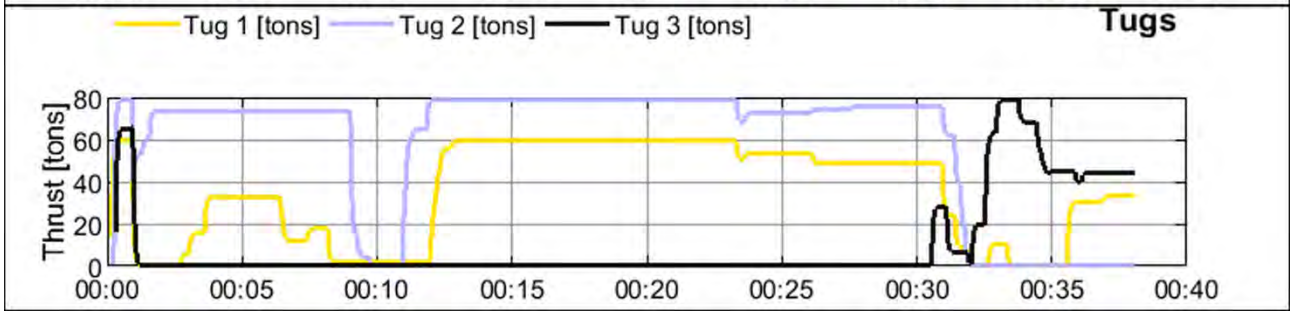
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 017
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015





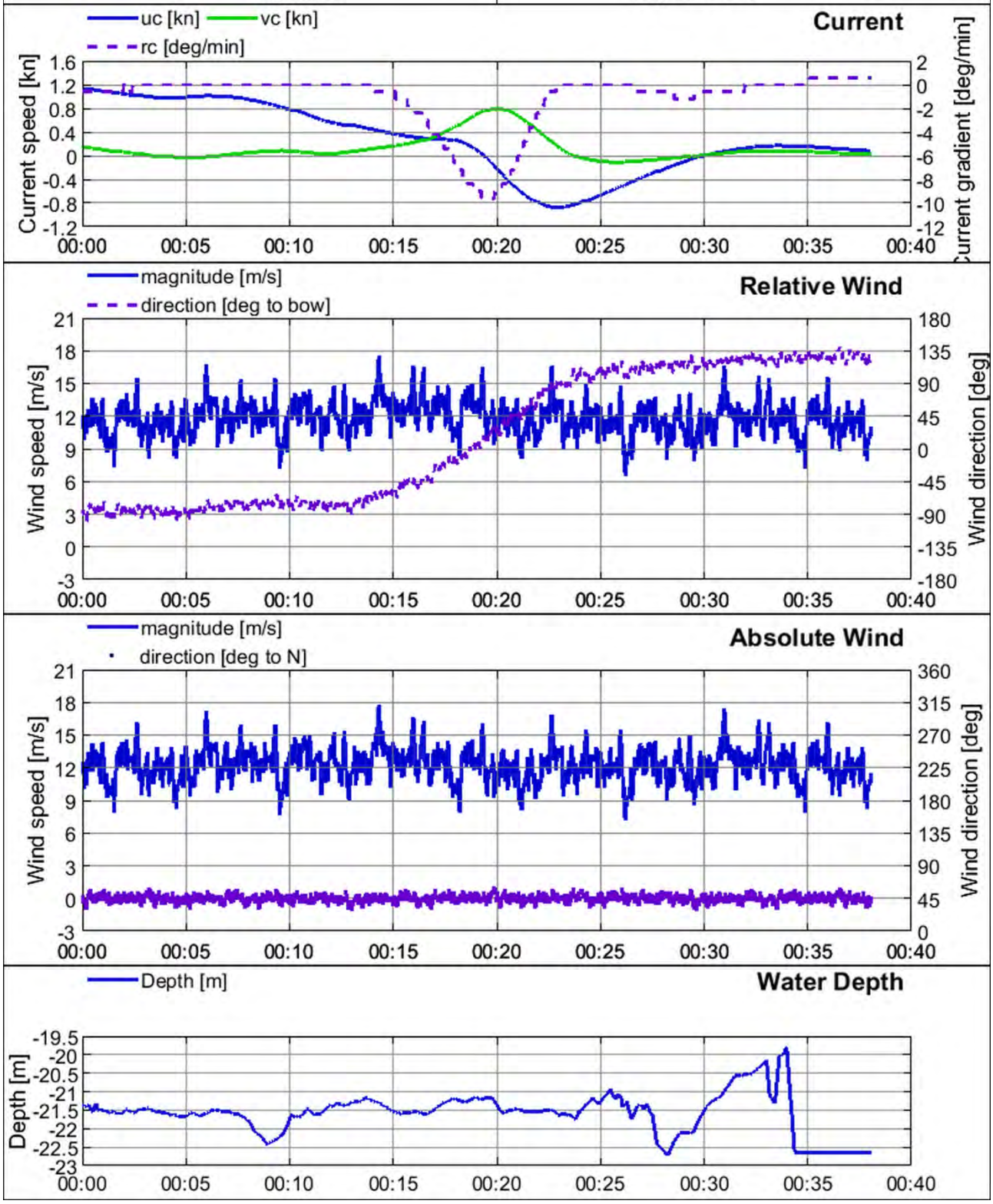






Parameters: Omgevingscondities

con400 615 155: L_{OA} = 400 m; B = 61.5 m; T = 15.5 m	Tugs: 60tons (#1), 80tons (#2), 80tons (#3)
Wind: ZW6	Simulatie: 21 015 017
Current: Vloed Springtij	Datum: 18/03/2021
Afgemeerd	Project: 21 015



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