



Vlaanderen
is wetenschap



18_099_1
WL rapporten

Oosterweel tijdelijke vaargeulen voor de Scheldetunnel

Deelrapport 1
Simulatiestudie

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Oosterweel: tijdelijke vaargeulen voor de Scheldetunnel

Deelrapport 1 – Simulatiestudie

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

Juridische kennisgeving

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

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

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2019
D/2019/3241/049

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Eloot, K.; Verwilligen, J.; Mostaert, F. (2019). Oosterweel: tijdelijke vaargeulen voor de Scheldetunnel: Deelrapport 1 – Simulatiestudie. Versie 4.0. WL Rapporten, 18_099_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Tot en met de datum van vrijgave, kan overname uit en verwijzen naar deze publicatie enkel mits uitdrukkelijke en schriftelijke toestemming van de opdrachtgever of het Waterbouwkundig Laboratorium. Correcte bronvermelding is steeds noodzakelijk.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel	Ref.:	WL2019R18_099_1
Keywords (3-5):	Tijdelijke vaargeulen, cruiseschepen, Scheldetunnels		
Tekst (p.):	31	Bijlagen (p.):	28
Vertrouwelijk	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	Vrijgegeven vanaf:	01/01/2025

Auteur(s)	Eloot, Katrien
-----------	----------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Verwilligen, Jeroen	<small>Getekend door: Jeroen Verwilligen (Signature) Getekend op: 2019-03-12 13:45:27 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small> <i>Jeroen Verwilligen</i>
Projectleider:	Eloot, Katrien	<small>Getekend door: Katrien Eloot (Signature) Getekend op: 2019-03-12 13:57:03 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small> <i>Katrien Eloot</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	<small>Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-03-12 15:54:11 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small> <i>Frank Mostaert</i>
-----------------	--------------	--



Abstract

Voor de Oosterweelverbinding wordt een Scheldetunnel gebouwd waarvoor tijdens de bouw tijdelijke vaargeulen zullen ingesteld worden. Deze tijdelijke vaargeulen (noordelijk en zuidelijk) beperken in belangrijke mate de vaarwegbreedte. Om de toegankelijkheid van de grootste cruiseschepen bij passages van deze vaargeulen te onderzoeken, werd gedurende twee dagen door vier Vlaamse loodsen gesimuleerd met een 265 m cruiseschip. De stroom/getij- en windcondities werden gevarieerd om de invloed van deze parameters op het gevaren traject te onderzoeken. Uit de 23 simulaties blijkt dat de zuidelijke vaargeul volstaat maar dat voor de noordelijke vaargeul bijkomende baggerinspanningen moeten uitgevoerd worden om de vaargeul toegankelijk te maken. Deze uitbreiding van de noordelijke vaargeul is noodzakelijk om een veilige en vlotte passage van een groot cruiseschip te garanderen.

Kennisdomein: Manoeuvreergedrag: Oevers: Simulaties

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
2 Simulatieomgeving en -programma	3
2.1 Simulatieomgeving	3
2.1.1 Bathymetrie	3
2.1.2 Stroom- en getijconditie	7
2.1.3 Windcondities.....	7
2.1.4 3D Simulatiemodel van Antwerpen-Wintam	8
2.1.5 Simulatiemodel van het schip The Seas	8
2.1.6 Full SNMS en NaviLines	11
2.2 Simulatieprogramma	11
3 Analyse van de simulaties.....	14
3.1 Zuidelijke vaargeul.....	14
3.2 Noordelijke vaargeul	16
3.2.1 Vloedstroom	16
3.2.2 Ebstroom	18
3.2.3 Laag water	22
3.3 Feedback van de loodsen	24
3.3.1 Zuidelijke vaargeul.....	24
3.3.2 Noordelijke vaargeul	24
4 Besluit	27
Referenties	31
Appendix A: Manual voor de KMZ presentaties.....	A1
Appendix B: Enquêteformulier	A4
Appendix C: Feedback van de loodsen.....	A5
Appendix D: Individuele Google Earth views	A7
Zuidelijke vaargeul.....	A7
Noordelijke vaargeul, maximale vloedstroom	A10
Ebstroom	A17
Laag water	A24

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Verband drifthoek en padbreedte voor een schip met een lengte over alles van 264.4 m en een breedte van 32 m	4
Tabel 2 – Stroomconditie en waterstand	7
Tabel 3 – Procentuele verdeling van de werkelijke wind over de Beaufortklassen voor terreinklasse 3	7
Tabel 4 – Gegevens van het simulatiemodel The Seas.....	8
Tabel 5 – Verschillen tussen de gebruikte simulatiemodellen voor The Seas op basis van een turning circle.	9
Tabel 6 – Simulatieprogramma: chronologische beschrijving.....	13
Tabel 7 – Simulaties voor de zuidelijke vaargeul.....	14
Tabel 8 – Simulaties voor de noordelijke vaargeul en vloedstroom	16
Tabel 9 – Simulaties voor de noordelijke vaargeul en ebstroom.....	19
Tabel 10 – Simulaties voor de noordelijke vaargeul en laag water.....	22
Tabel 11 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: zuidelijke vaargeul	24
Tabel 12 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: noordelijke vaargeul, vloedstroom.....	25
Tabel 13 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: noordelijke vaargeul, ebstroom	25
Tabel 14 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: noordelijke vaargeul, laag water	26
Tabel 15 – Selectie van simulaties in de noordelijke vaargeul voor de beoordeling	28

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Voorbeeld van een gesimuleerd traject in 2012 met de tijdelijke vaargeulen als contourlijnen	2
Figuur 2 – ENC kaart van het onderzoeksgebied van boei 116 tot STA-3: drempel van Oosterweel	3
Figuur 3 – Simulatie 12_007_007 van [1] bij maximale vloedstroom en NW 6 Bft wind.....	4
Figuur 4 – Detail tekening OWL2-ATL-TEK-150-8.01-ECO	5
Figuur 5 – Bathymetrie tijdens de simulatiestudie	6
Figuur 6 – Waterdiepte-diepgangverhouding h/T tijdens de simulaties voor de noordelijke vaargeul	11
Figuur 7 – Vergelijking tussen de zuidelijke vaargeul en de bestaande bathymetrie	15
Figuur 8 – Google Earth view van de samengestelde runs Z_000, Z_001 en Z_002	15
Figuur 9 - Google Earth view van de samengestelde runs N_000 en N_009	17
Figuur 10 – Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_001, N_002, N_010, N_011 en N_018.....	18
Figuur 11 - Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_004, N_005, N_012, N_015 en N_019.....	20
Figuur 12 - Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_006 en N_016	21
Figuur 13 - Detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_007 en N_014	22
Figuur 14 - Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_008, N_013 en N_017	23
Figuur 15 – Samenvatting van de beoordeling voor de zuidelijke vaargeul	27
Figuur 16 – Samenvatting van de beoordeling voor de noordelijke vaargeul	29

1 Inleiding

De constructie van een nieuwe Scheldetunnel afwaarts van de Royerssluis, heeft een belangrijke impact op de beschikbaarheid van de vaarweg op de Schelde tijdens de werken. Op vandaag werden er twee tijdelijke vaargeulen ontworpen (op basis van overleg tussen betrokken instanties) welke de doorgaande scheepvaart dienen te faciliteren. Deze vaargeulen gaan lokaal echter gepaard met een minimale breedte van 85 m, daar waar de huidige vaarwegbreedte 200 m bedraagt.

Naar aanleiding van de offertevraag voor de uitvoering van deze werken vroeg de Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel N.V. (BAM), na het raadplegen van nautisch bevoegde instanties zoals de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA) en de Vlaamse en Nederlandse loodswezens, voor het uitvoeren van een realtime simulatiestudie. Met deze studie wordt de nautische aanvaardbare ligging van deze tijdelijke vaargeulen getoetst en indien nodig aangepast naar de werkelijke benodigde ruimte. Verder wordt ook de bebakening voor deze tijdelijke vaargeulen onderzocht.

De grootste schepen die de tijdelijke vaargeulen zullen passeren tijdens de werken aan de Scheldetunnel, zijn cruiseschepen. In 2012 werd door middel van een realtime simulatiestudie in opdracht van de Haven van Antwerpen een toegankelijkheidsstudie uitgevoerd voor cruiseschepen tot 265 m lengte waarop de huidige Gezamenlijke Bekendmaking met bestemming Scheldekaaien gebaseerd is [1]:

<http://www.kustcodex.be/kustcodex-consult/plainWettekstServlet?wettekstId=66325&lang=nl>.

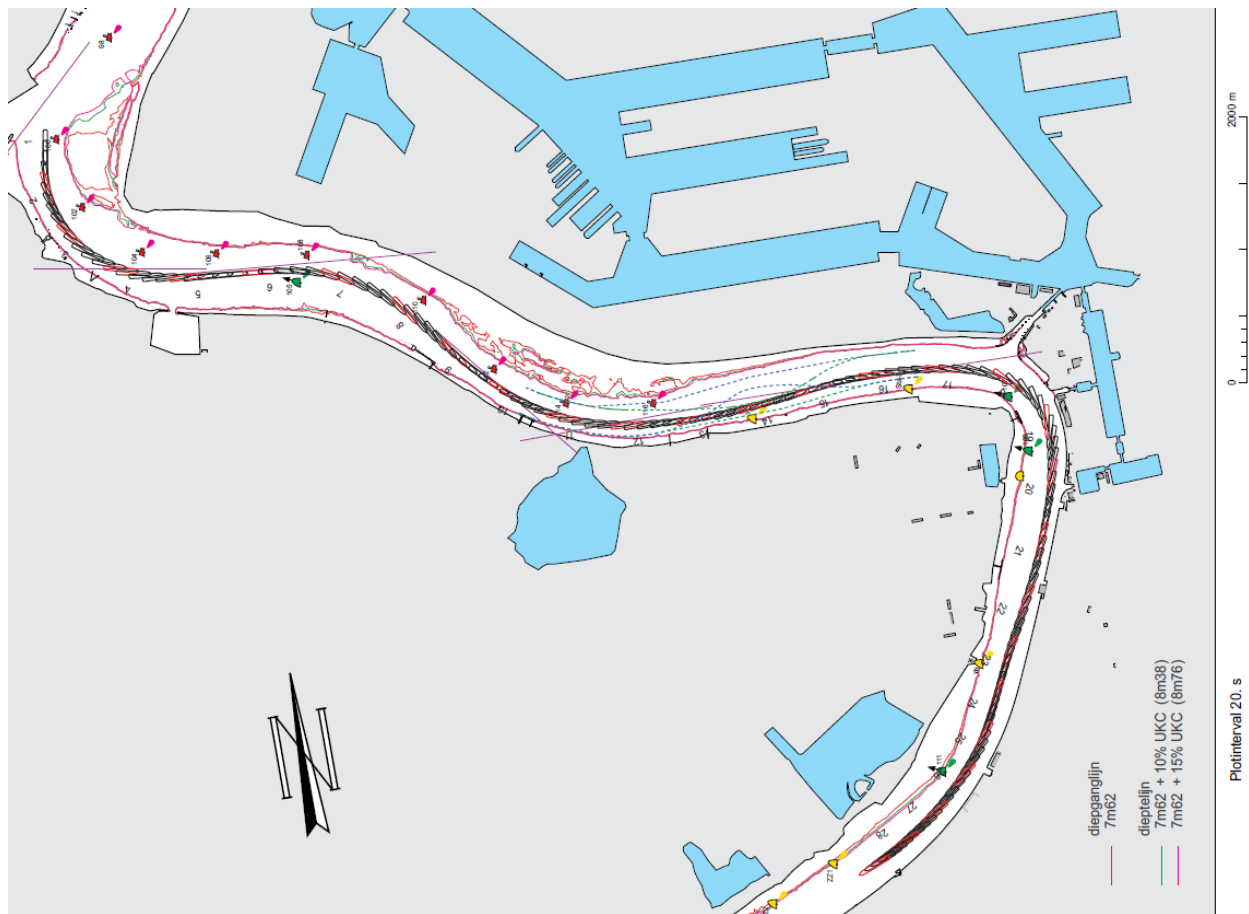
Hoewel de cruiseschepen die actueel Antwerpen aanlopen eerder beperkt zijn tot een maximale lengte van 247 m (zie <http://cruiseshipsinantwerp.be/>), wordt de simulatiestudie voor de tijdelijke vaargeulen uitgevoerd voor het 265 m cruiseschip. De voorziene duur van de werken bedraagt ongeveer twee en een half jaar en de kalender voor aanlopen van cruises reikt tot 2020.

De simulatiestudie startte van het ontwerp dat werd meegegeven in de offertevraag. Dit ontwerp werd voor de zuidelijke en noordelijke vaargeulen (respectievelijk groene en blauwe streeplijnen op Figuur 1) geplaatst op vaarbaantrajecten die geregistreerd werden tijdens de simulatiestudie in 2012 (dieptelijnen op Figuur 1 zijn voor de bathymetrie uit 2012). Hieruit blijkt duidelijk dat vooral voor de noordelijke tijdelijke vaargeul de huidige passages op die locatie zullen beïnvloed worden en kritisch zullen zijn. Voor de zuidelijke vaargeul in afvaart is er ruimte om na het nemen van de bocht van de Rijnkaai op te sturen naar de zuidelijke vaargeul.

Er werden twee dagen gesimuleerd op 16 en 18 oktober 2018 door vier Vlaamse loodsen¹. De simulatieomgeving en het -programma worden beschreven in Hoofdstuk 2. De uitgevoerde simulaties worden geanalyseerd in Hoofdstuk 3 met de klemtoon op het bepalen van de noodzakelijke vorm van de tijdelijke vaargeulen bij verschillende stroom- en windcondities. Hoofdstuk 4 geeft het besluit.

¹ Er waren geen Nederlandse loodsen beschikbaar in die periode.

Figuur 1 – Voorbeeld van een gesimuleerd traject in 2012 met de tijdelijke vaargeulen als contourlijnen (groene streeplijn = zuidelijke vaargeul; blauwe streeplijn = noordelijke vaargeul)



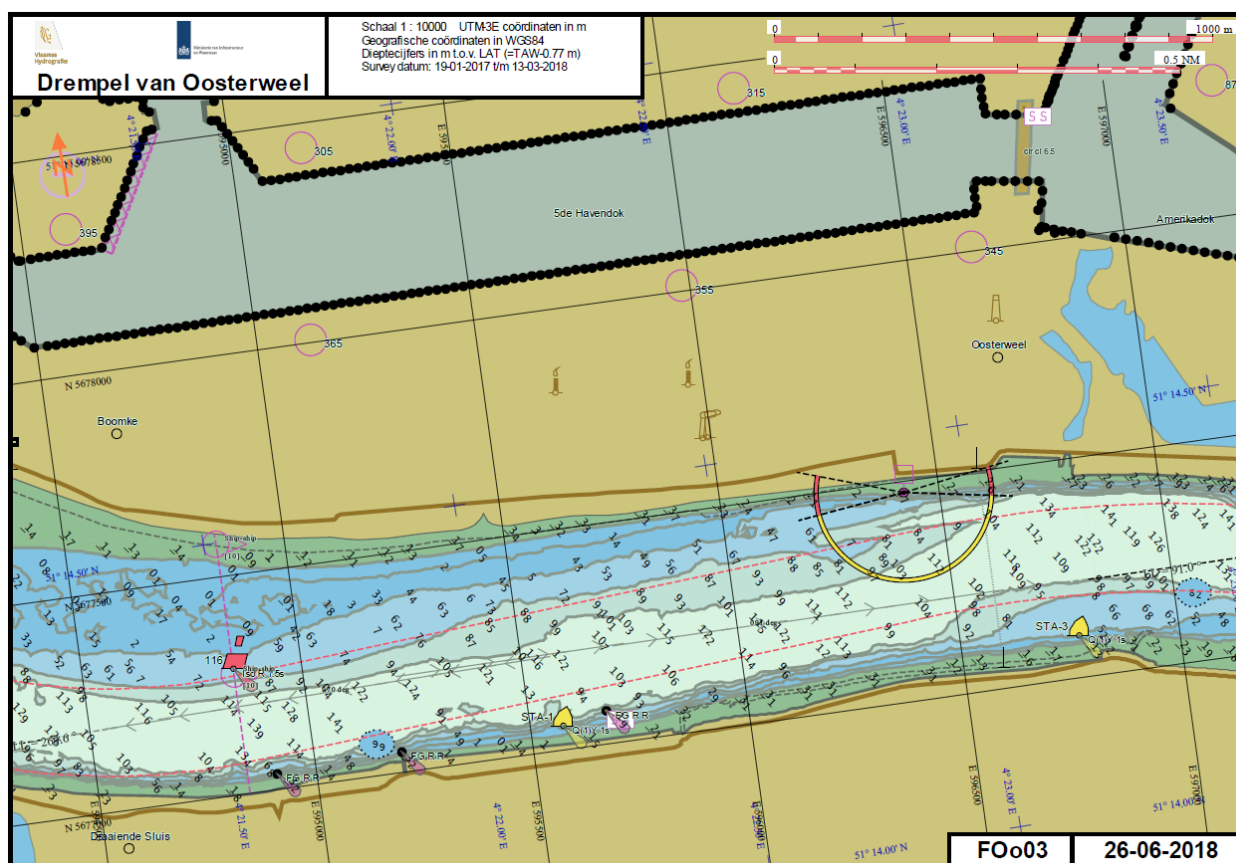
2 Simulatieomgeving en -programma

2.1 Simulatieomgeving

2.1.1 Bathymetrie

De ENC kaart met LAT dieptegegevens van het onderzoeksgebied, waarin de tijdelijke vaargeulen liggen, is voorgesteld in Figuur 2. De boeien zijn aangegeven als ook de actuele vaargeul met rode streeplijnen. Hieruit blijkt dat de huidige vaargeul zich niet noodzakelijk boven het diepste deel van de rivier bevindt en dat moet rekening gehouden worden met ondiepe zones of oevers. Uit een discussie tussen de betrokken partijen en de Afdeling Maritieme Toegang blijkt dat de streefdiepte voor dit deel van de Schelde 7.7 m LAT bedraagt. De baggerdiepte is met 0.7 m overdiepte en 0.3 m baggertolerantie gelegen op 8.7 m LAT om deze streefdiepte te garanderen. Op Figuur 2 is duidelijk te zien dat in de diepere zones de bodemdiepte toeneemt tot boven de 13 m LAT terwijl aan de randen van de vaargeul ondiepe zones voorkomen die de 7.7 m LAT streefdiepte niet halen.

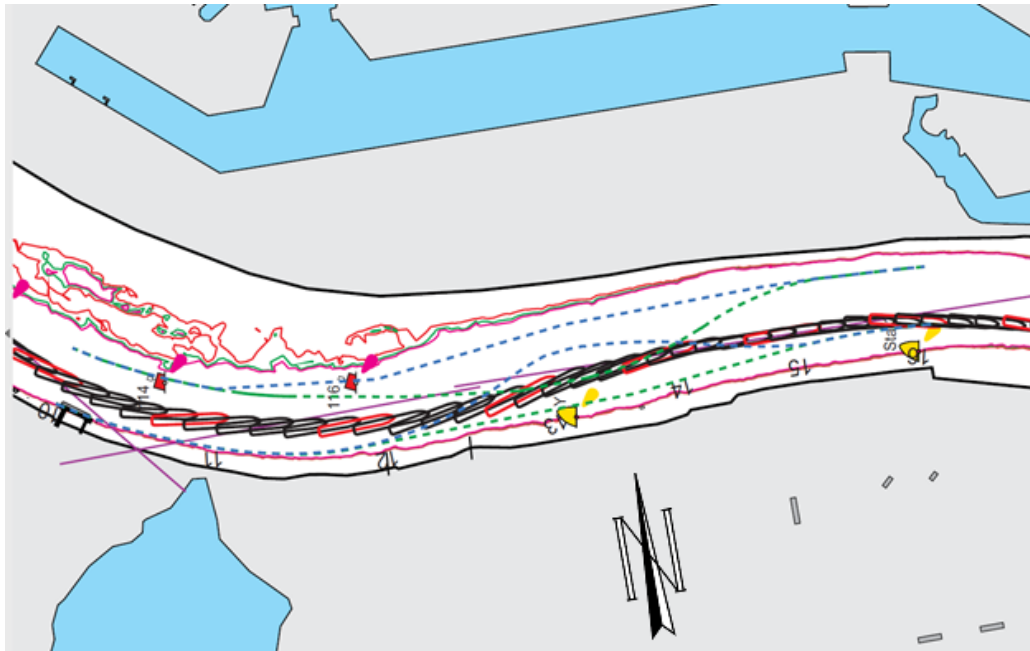
Figuur 2 – ENC kaart van het onderzoeksgebied van boei 116 tot STA-3: drempel van Oosterweel



Het voorzien van een tijdelijke zuidelijke of noordelijke vaargeul heeft een belangrijke impact op de bevaarbaarheid van deze zone aangezien de vaargeulen verlegd worden en bovendien in breedte beperkt worden tot een minimale breedte van 85 m. In Figuur 3 is een voorbeeld van een traject gevolgd door een 265 m cruiseschip voorgesteld bij maximale vloedstroom en een noordwestelijke wind van 6 Bft tijdens de

simulatiestudie van 2012 [1]. De drifthoek van het schip (dit is de hoek tussen de ogenblikkelijke scheepssnelheid en de langsas van het schip) tussen boeien 116 en STA-1 is aanzienlijk waardoor de padbreedte van het driftende schip ongeveer 85 m is. In Tabel 1 is het verband tussen drifthoek en padbreedte opgenomen voor een schip met een lengte over alles van 264.4 m en een breedte van 32 m. Hieruit blijkt dat bij een drifthoek tussen 11 en 12 graden de volledige minimale breedte van de tijdelijke vaargeul wordt ingenomen door de padbreedte of dus het schip.

Figuur 3 – Simulatie 12_007_007 van [1] bij maximale vloedstroom en NW 6 Bft wind



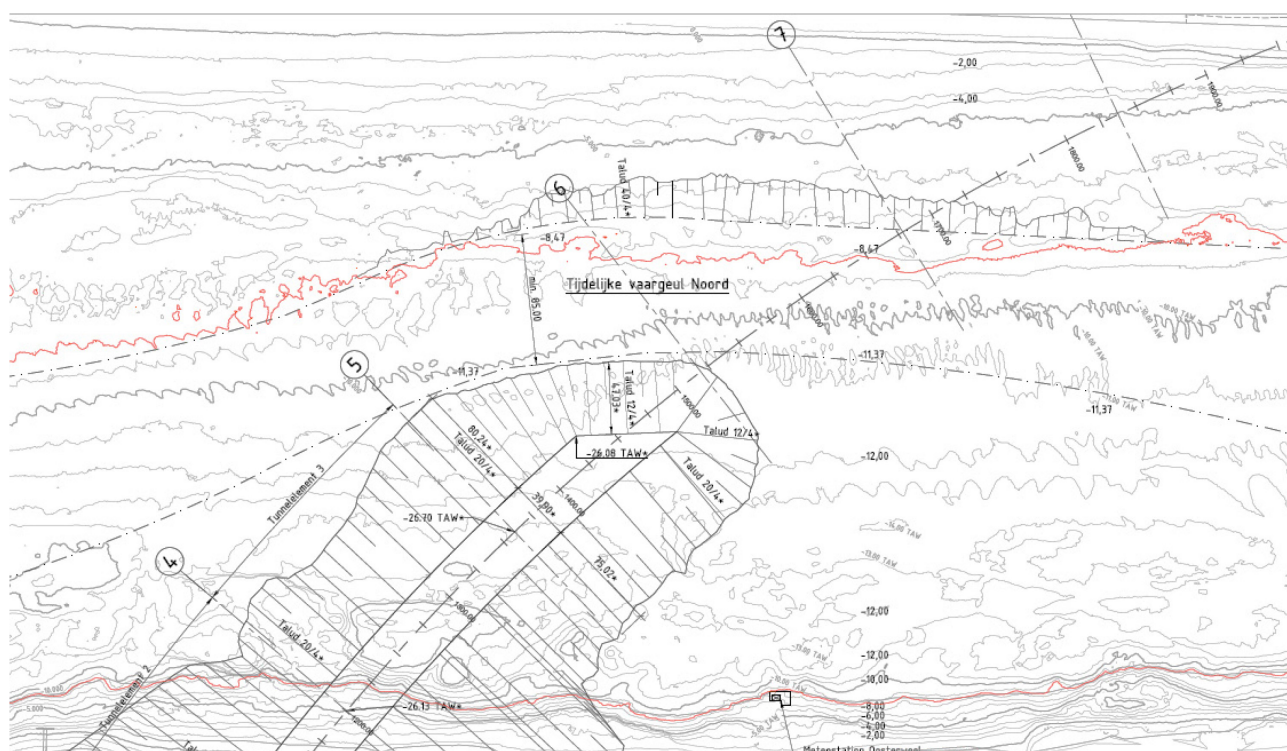
Tabel 1 – Verband drifthoek en padbreedte voor een schip met een lengte over alles van 264.4 m en een breedte van 32 m

Dirfthoek (deg)	Padbreedte (m)
1	36.6
2	41.2
3	45.8
4	50.4
5	55.0
6	59.6
7	64.2
8	68.8
9	73.4
10	77.9
11	82.4
12	87.0
13	91.5
14	96.0
15	100.4

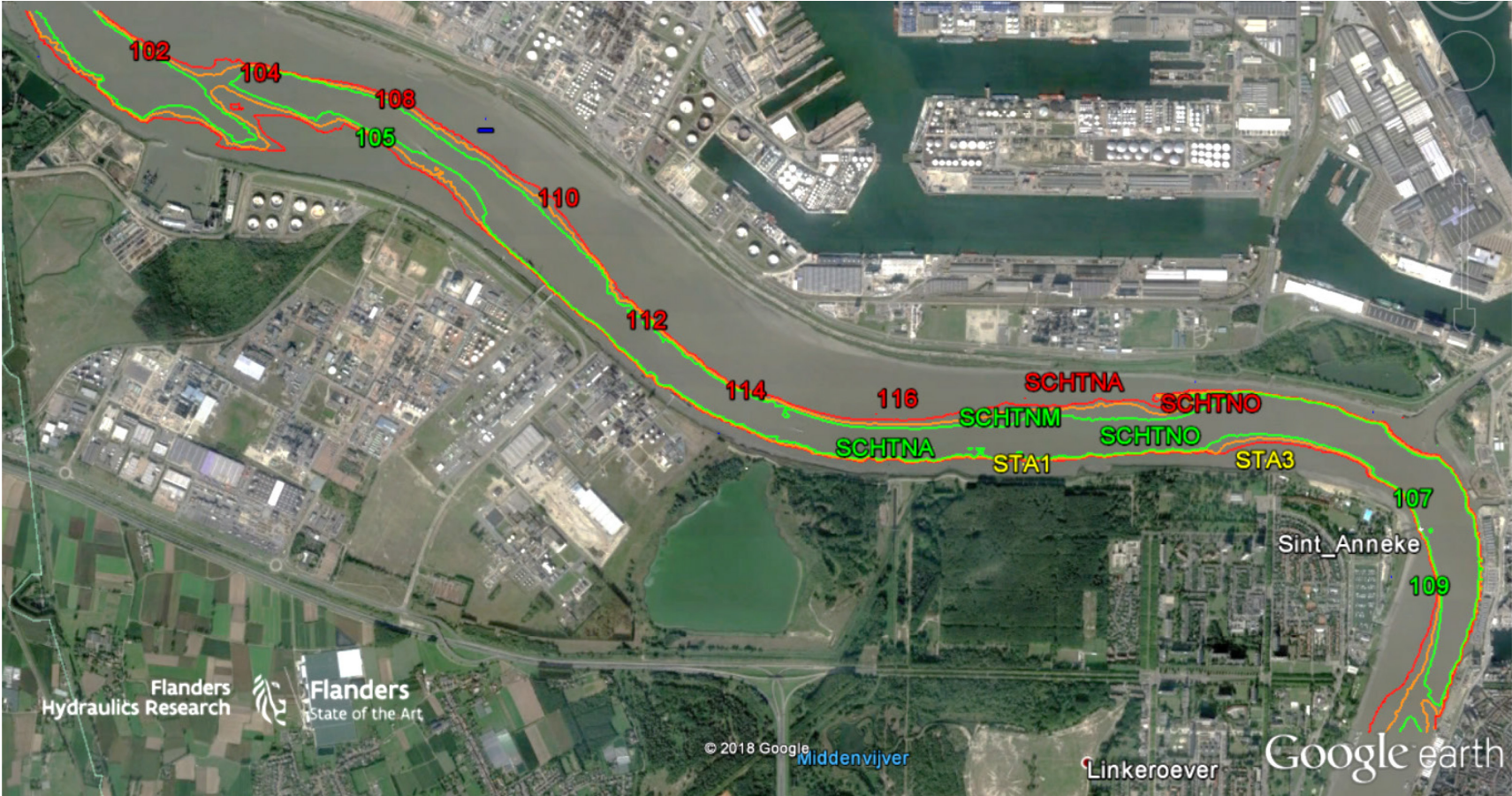
Aangezien de cruiseschepen bijkomend tot op vandaag onafhankelijk van het getij en de bijhorende stroomcondities de Scheldekaaien kunnen bereiken, moeten de tijdelijke zuidelijke en noordelijke vaargeul onderzocht worden bij de dagelijkse extremere condities die kunnen optreden zoals maximale vloedstroom, maximale ebstroom en laag water. Onder invloed van de maximale stroomcondities en extremere windcondities zal het cruiseschip zich in de stroom moeten blijven positioneren zodat het niet in de werfzones van de Scheldetunnel terecht komt. Anderzijds zal bij laag water voldoende kielspeling moeten beschikbaar zijn zodat een schip met voldoende grote diepgang nog 10% kielspeling over heeft om voldoende manoeuvreerbaar te blijven ook dicht bij de oevers.

Tijdens de simulatiestudie werden de peilingen van zomer 2018 (Figuur 5) als basis gebruikt voor de bathymetrie en werd voor de tijdelijke noordelijke vaargeul een beperkte ruimte gebaggerd aan de uiterste noordelijke grens van deze vaargeul (Figuur 4).

Figuur 4 – Detail tekening OWL2-ATL-TEK-150-8.01-ECO (bron BAM)



Figuur 5 – Bathymetrie tijdens de simulatiestudie (groen -9.8 m LAT, oranje -8.7 m LAT, rood -7.7 m LAT)



2.1.2 Stroom- en getijconditie

De gekozen stroomcondities met de bijhorende waterstand worden voorgesteld in Tabel 2. Er werd verondersteld dat de aanpassingen aan de bathymetrie voor de tijdelijke vaargeulen (tijdens de simulatiestudie enkel een beperkte aanpassing aan de noordelijke vaargeul) en de werkzaamheden voor het voorzien van zinksluiven geen invloed hebben op de stroomprofielen ter plaatse van de werkzone van de tijdelijke vaargeulen.

Tabel 2 – Stroomconditie en waterstand

Beschrijving	Naam file ²	Waterstand (m)
Maximale vloed	ST_-1h00HW_2kn25_T07m_Scaldis.inv	+5.41 m LAT
Maximale eb	ST_+3h00HW_1kn96_T07m_Scaldis.inv	+3.98 m LAT
Gematigde eb	ST_+4h50HW_1kn99_T07m_Scaldis.inv	+1.96 m LAT
Laag water	ST_+1h00HW_0kn71_T07m_Scaldis.inv ³	+0.54 m LAT

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

Nominale windsnelheid		Procentuele verdeling van de werkelijke wind over de Beaufortklassen						
Bft	m/s	3 Bft	4 Bft	5 Bft	6 Bft	7 Bft	8 Bft	9 Bft
4	6.7	2.7	84.6	12.7				
5	9.4	0.7	18.5	61.6	18.9	0.3		
6	12.3	0.1	1.9	21.6	54.9	20.5	1	
7	15.5		0.2	3.5	23.7	46.8	23.6	2.2

2.1.3 Windcondities

De gesimuleerde wind in de simulator is een vlagerige wind in grootte en in richting. De vlagerigheid die optreedt binnen een synoptische meetperiode van 10 minuten wordt nagebootst met het Von Karmanspectrum. Daarnaast wordt in de simulator rekening gehouden met een terreinklasse die gebaseerd

² De snelheden aangegeven in de naam van de file zijn maximale snelheden op één punt in het stroomprofiel.

³ Hoewel de stroomconditie overeenkomt met 1 uur na HW (kentering) is het gekozen moment van het getij deze van laag water. Enkel stroomcondities tussen 1 uur voor HW en 4u50 na HW water waren aanwezig om een conditie te kiezen.

is op de indeling in ruwheidsklassen volgens Davenport. De afscherming van de wind door afgemeerde schepen of kades werd niet in rekening gebracht tijdens de simulatie.

Bij alle vaarten werd een vlagerige wind bij terreinklasse 3 toegepast. Voor deze klasse is de procentuele verdeling van de werkelijke wind over de Beaufortklassen gegeven in Tabel 3. Voor een gekozen Beaufortklasse van 5 Bft tijdens de simulaties zal bijvoorbeeld volgens Tabel 3 gedurende 18.9 % van de tijd de windkracht in Beaufort overeenkomen met 6 Bft. Omdat het evalueren van de windsterkte tijdens het varen op de rivier in werkelijkheid gebaseerd wordt op de geregistreerde windsnelheden op de windmeters van de schepen of VTS, blijken tijdens simulaties de gemiddelde windklassen sterker te zijn dan in werkelijkheid. Een windkracht van 5 Bft tijdens de simulaties zal dus een windkracht zijn die reeds naar de 6 Bft klasse neigt.

2.1.4 3D Simulatiemodel van Antwerpen-Wintam

Voor het uitvoeren van de simulaties werd vertrokken van de simulatieomgeving die voor het project 12_007 uit [1] werd opgesteld. Er werd in overleg met het loodswezen ook een initiële bebakening van de tijdelijke vaargeulen vooropgesteld. Tijdens het uitvoeren van de simulaties werd in overleg met de loodsen beslist om de bebakening aan te passen.

Aangezien in het onderzoek voor de toegankelijkheid voor cruiseschepen in project 12_007 ook schepen werden afgemeerd aan de omliggende kades en steigers zullen ook voor deze simulaties afgemeerde schepen aan deze afmeerplaatsen beschikbaar zijn. In de uitgevoerde simulaties was vooral de Ineossteiger de bepalende steiger voor het voorzien van afgemeerde schepen.

2.1.5 Simulatiemodel van het schip The Seas

Het cruiseschip The Seas dat ontwikkeld werd als simulatiemodel bij het uitvoeren van de studie 12_007 in 2012, wordt hergebruikt in dit project. Gezien de afmetingen van dit schip (in lengte over alles met 264.4 m, breedte 32 m en diepgang 7.62 m) groter zijn of in de buurt komen van de afmetingen van de Columbus (lengte over alles 245.6 m, breedte 32.23 m en diepgang 8.1 m), het grootste schip dat in 2018, 2019 en 2020 Antwerpen aandoet, wordt er geen nieuw simulatiemodel ontwikkeld voor deze studie. Het verschil in diepgang van ongeveer een halve meter kan bij de evaluatie van de noodzakelijke vaargeulen op basis van de simulatiestudie nog bijkomend in rekening gebracht worden door een minimale kielspeling te voorzien van 10%. Aangezien de Columbus wel dieper ligt maar tegelijkertijd korter is, zal bij eenzelfde drifthoek de padbreedte kleiner zijn dan voor het simulatiemodel The Seas (de 85 m padbreedte wordt bereikt bij een drifthoek tussen 12 en 13 graden, dus 1 graad verschil met The Seas).

Tabel 4 – Gegevens van het simulatiemodel The Seas

Tonnage	69,130 GT	Bow thruster	5362 HP
Length overall	264.4 m	Stern thruster	3753 HP
Breadth moulded	32.0 m	Propeller	CPP
Draught	7.6 m		

In project 12_007 werd de simulatordatabase uitgebreid met een simulatiemodel van het cruiseschip The Legend of the Seas. De gegevens van dit simulatiemodel zijn opgenomen in Tabel 4.

Het wiskundig manoeuvreermodel is van het De Voorst type en werd niet ontwikkeld op basis van modelproefgegevens uit de sleeptank. De manoeuvreermodellen zijn opgesteld voor een kielspeling van 100% en 10% van de diepgang. Extrapolatie buiten deze kielspelingen is niet mogelijk. Met een streefdiepte van -7.7 m LAT op de Drempel van Oosterweel (Figuur 2) en een gemiddelde LW stand van +0.54 m LAT (Getijtafels 2018, gemiddel springtij) zou minimaal een waterdiepte van 8.24 m op de Drempel van Oosterweel beschikbaar moeten zijn zodat bij LW slechts een kielspeling van 8% van de diepgang van 7.6 m beschikbaar is. Rekening houdend dat een minimale kielspeling van 10% moet beschikbaar zijn bij de passage van alle drempels zal een manoeuvreermodel bij een minimale kielspeling van 10% volstaan.

Tabel 5 – Verschillen tussen de gebruikte simulatiemodellen voor The Seas op basis van een turning circle

Turning circle (100% UKC / 10% UKC)	Model a	Model b	Model c
Beschrijving	Model 2012 (12_007) Runs N_016 tem N_019	Model 2018 (16/10) Runs N_000 tem N_008 Runs Z_000 en Z_001	Model 2018 (18/10) Runs N_009 tem N_015 Run Z_002
Startsnelheid (knots)	12.5 / 10.5 ⁴	12.5 / 10.5	12.5 / 10.5
Pitch Engine PS/SS	6/6	6/6	6/6
Roerhoek (deg)	35	35	35
Advance (m)	571.9 / 1929.1	594.7 / 2293.8	405.8 / 1214.8
Transfer (m)	-256.8 / -1662.1	-292.7 / -2116.8	-150.8 / -997.1
Tactical Diameter (m)	-574.8 / -3395.7	-674.3 / -4338.8	-372.0 / -2097.7
u final (knots)	4.5 / 8.7	7.7 / 11.4	4.4 / 9.9
v final (knots)	1.7 / 0.3	2.1 / 0.3	2.3 / 0.5
r final (deg/min)	-41.14 / -9.1	-47.2 / -9.3	-61.3 / -16.8

Tijdens het uitvoeren van de simulatiestudie is gebleken dat het simulatiemodel van The Seas door wijzigingen aan de simulatiesoftware en de database tussen 2012 en 2018 fouten bevatte. Hierdoor werd gedurende het grootste deel van de studie niet met exact hetzelfde schip als in 2012 gevaren. Na de studie werd onderzocht welke de verschillen waren tussen de gebruikte simulatiemodellen. Deze verschillen worden gevisualiseerd op basis van draaicirkels in Tabel 5. Alle uitgevoerde simulaties starten met dezelfde condities (startsnelheid, pitch stand van de CPP – namelijk 6, roerhoek) en worden uitgevoerd bij een kielspeling (UKC) van 100% en 10% van de diepgang. In de eerste kolom met resultaten (kolom 2, model a in Tabel 5) worden de resultaten van een port turning circle voorgesteld op basis van het model dat in 2012 werd gebruikt voor de studie 12_007 en het model dat tijdens de vier laatste simulaties voor deze studie

⁴ De eerste waarde geldt steeds voor 100% UKC, de tweede waarde voor 10% UKC

18_099 werd gebruikt (runs N_016 tot en met N_019 op 18/10). In de volgende kolommen in Tabel 5 worden de resultaten van de simulatiemodellen gebruikt op respectievelijk 16/10 (model b) en op 18/10 (behalve de vier laatste runs, model c) voorgesteld.

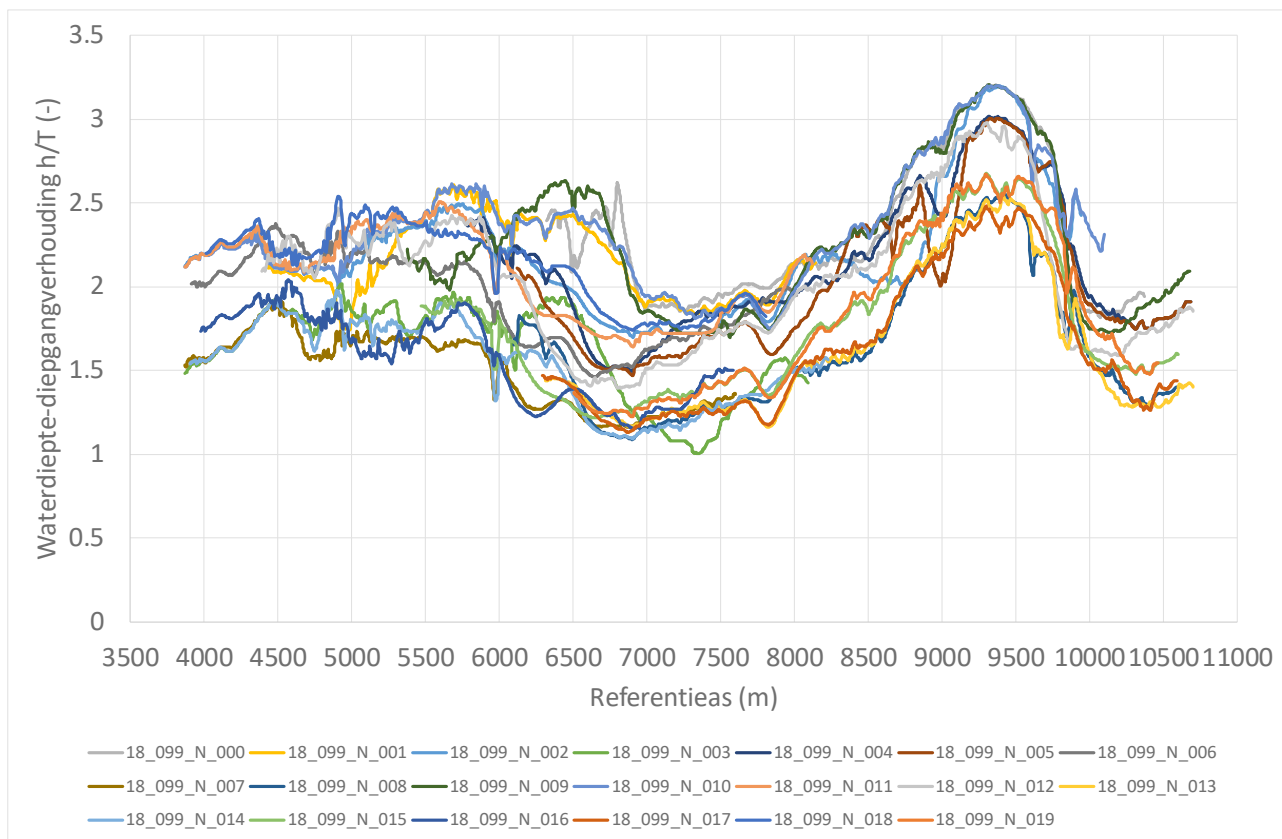
Algemeen kan men vaststellen dat de bereikte rate of turn het laagste is voor het model van 2012 (en 2018 – laatste vier runs, model a) zowel bij 100 als 10% UKC. Er is echter ook een groot verschil in de snelheidsreductie door het draaien van het schip waardoor de tactische diameter, ondanks de grotere rate of turn, groter is voor de runs van 16/10 (model b) dan de runs N_016 tot en met N_019 (model a). Het simulatiemodel dat op 18/10 werd gebruikt (model c) vertoont inderdaad een beter manoeuvreerbaar schip.

Grote verschillen in Tabel 5 zijn zichtbaar indien men de manoeuvreerbaarheid van de simulatiemodellen vergelijkt tussen 100% (diep water) en 10% UKC (zeer ondiep water). Aangezien de simulatiemodellen niet konden afgeleid worden uit sleeptankproeven, uitgevoerd op het Waterbouwkundig Laboratorium, moesten deze modellen afgeleid worden uit opschaling van bestaande simulatiemodellen voor cruiseschepen. Voor de studie 12_007 werden de simulaties uitgevoerd bij de ongewijzigde vaargeul tussen de Kallosluis en de Rede van Antwerpen waarbij het cruiseschip in een diepere vaargeul kon varen (kielspelingen 100% UKC en lager). Door het verleggen van de vaargeul naar een ondiepe, noordelijke tijdelijke vaargeul wordt tijdens deze simulatiestudie het simulatiemodel bij de minimale kielspeling van 10% aangesproken (kielspelingen 10% UKC en hoger) waardoor het schip moeilijker manoeuvreerbaar wordt. Validatie van het simulatiemodel bij 10% UKC is echter niet mogelijk omdat er gegevens uit de praktijk ontbreken voor deze validatie. Hiervoor kan enkel de subjectieve validatie van loodsen gebruikt worden die zich baseren op hun eigen ervaring bij het varen met deze cruiseschepen. Aangezien de situatie met een ondiepe noordelijke vaargeul zich in realiteit nog niet heeft voorgedaan, ontbreekt deze ervaring. De loodsen die op 16/10 simuleerden, bestempelden het simulatiemodel b als zeer log. De loodsen die op 18/10 met de simulatiemodellen a en c hebben gevaren, benoemden het model c als een (zeer) goed manoeuvreerbaar schip en het model a als een realistisch model. De simulatiemodellen a en b liggen wel dicht bij elkaar dan het model c en deze modellen.

De simulaties die op 16/10 met model b werden uitgevoerd met ontkoppelde schroeven (verschillende standen voor de bakboord- en stuurboordtelegraaf) worden in het bijzonder bekeken omdat de roereffectiviteit niet realistisch was bij dit gesplitst gebruik van de schroeven. Per run met ontkoppelde schroeven wordt nagegaan of er impact is op het simulatieresultaat bij het doorvaren van de tijdelijke vaargeulen:

- Run N_000: gewenningsvaart, ontkoppelde schroeven worden toegepast na het uitkoerslopen van het schip, geen impact op het uitkoerslopen
- Run N_001: zeer kortstondig gebruik van ontkoppelde schroeven, geen impact
- Run Z_000: gebruik van ontkoppelde schroeven in de bocht van de Rijnkaai, geen impact

Figuur 6 – Waterdiepte-diepgangverhouding h/T tijdens de simulaties voor de noordelijke vaargeul



De waterdiepte-diepgangverhouding tijdens elke individuele simulatie voor de noordelijke vaargeul is weergegeven in Figuur 6. Ten opzichte van een referentieas bevinden de lage getallen (3500 en hoger) zich aan de afwaartse zijde van de rivier (start van de simulaties in opvaart) en de hoge getallen (11000 en lager) zich aan de opwaartse zijde van de rivier (start van de simulaties in afvaart, Rede van Antwerpen). Voor de meeste simulaties en het grootste deel van de tijd van een individuele simulatie is de kielspeling meer dan 50% van de diepgang. Ook bij de passage van de tijdelijke vaargeul (tussen 6000 en 8000) is de kielspeling groter dan 50% behalve voor de volgende simulaties: 003 (minimale waarde van $h/T = 1.0$), 008, 012, 013, 014, 016, 017 en 019. Deze simulaties worden verder besproken in Hoofdstuk 3.

2.1.6 Full SNMS en NaviLines

Tijdens de simulatiestudie werd de Full SNMS door de loodsen ingezet en werden de contouren van de tijdelijke vaargeulen zoals die door de BAM werden aangeleverd, als NaviLines aan het project in de Full SNMS toegevoegd. Op deze manier konden de loodsen de afstanden tussen het schip en de tijdelijke vaargeulen visualiseren tijdens de simulaties. Ook de predictie van de beweging van het schip werd gevisualiseerd op de Full SNMS zodat geanticipeerd kon worden op deze predictie.

2.2 Simulatieprogramma

Gedurende twee dagen werden er 23 simulaties uitgevoerd door telkens twee loodsen per dag (vier verschillende loodsen voor de twee dagen). De simulaties werden uitgevoerd op SIM225 en SIM360+ naargelang de beschikbaarheid van deze simulatoren. Voor het simulatieprogramma werden vooraf afspraken gemaakt met de rivierloodsen en werd het simulatieprogramma voor de aanvang van de simulaties aan de BAM voorgelegd. De focus lag op het passeren van de tijdelijke vaargeulen waarbij echter een

voldoende afstand opwaarts en afwaarts van deze vaargeulen werd meegenomen. In principe wordt er gesimuleerd opwaarts de Kallosluis tot afwaarts de Rede van Antwerpen (de bocht van de Rijnkaai wordt meegenomen in de meeste simulaties).

De te wijzigen parameters tijdens de simulaties waren:

- Zuidelijke of noordelijke vaargeul (2)
- Opvaart of afvaart (aantal 2)
- Windconditie: hiervoor werden matige tot strenge windcondities opgelegd. Zowel de windsnelheid als de windrichting werden gevarieerd. Voor de maximale windsterkte was de Gezamenlijke Bekendmaking richtinggevend. Afscherming van de wind door de afgemeerde schepen werd niet in rekening gebracht voor het passerende cruiseschip. (1 à 2 windsnelheden tot en met 6 Bft⁵ en 3 windrichtingen)
- Getij- en stroomconditie: hiervoor werden matige tot maximale stroomsnelheden gekozen. De meest nadelige stroomcondities werden geselecteerd. Er werd ook gesimuleerd bij een laagwaterconditie met minimale stroom. (aantal 3)
- Afgemeerde schepen: er werd geen opvaart of afvaart uitgevoerd zonder afgemeerde schepen. Alle simulaties werden uitgevoerd met afgemeerde schepen aan alle ligplaatsen waar volgens de Gezamenlijke Bekendmaking schepen mogen afgemeerd zijn tijdens de passages van een cruiseschip.

Rekening houdend met het aantal variabelen binnen elke parameter zijn er 72 combinaties die werden gereduceerd doordat de variatie in windsnelheid of windrichting niet telkens voor twee windsnelheden of drie windrichtingen uit te voeren. Omdat de simulaties tijdens deze studie in af te leggen afstand enigszins korter waren dan de simulaties in project 12_007 (ongeveer 8 per dag in 2012), werden op twee dagen 23 simulaties uitgevoerd (11 per dag).

Bij het opstellen van dit simulatieprogramma werd er van uitgegaan dat de cruiseschepen de tijdelijke vaargeulen passeren zonder sleepboothulp. In dit verband kan er vermeld worden dat in de realiteit slechts voor één atypisch cruiseschip qua voortstuwing geadviseerd wordt om een achtersleepboot te gebruiken. Het gaat over de Columbus met twee schroeven en één centraal roer, waardoor enkel bij voldoende snelheid door het water het schip bestuurbaar wordt. Dit schip heeft éénmaal de Rede aangedaan tot nu toe maar staat ook op de lijst voor de komende twee jaren. Aangezien echter deze configuratie van schroeven en roer eerder de uitzondering dan de regel is, wordt uitgegaan van het simulatiemodel The Seas met één schroef (CPP) en één roer (goede aanstroming van het roer door de schroefstraal).

Het uitgevoerde programma is voorgesteld in Tabel 6.

⁵ Uiteindelijk werden geen simulaties uitgevoerd bij windkracht 6 Bft omdat het reeds bij een gemiddelde windsnelheid van 5 Bft noodzakelijk was om de passages te optimaliseren en een sterkere windkracht een bijkomende wijziging inhield. Uit voorgaande simulatiestudies is gebleken dat de interpretatie van een 10 minuten gemiddelde windkracht op de simulator zodanig is dat deze wind sterker is dan de heersende windkracht in de realiteit (eerder één derde hoogste windpieken als heersende windkracht).

Tabel 6 – Simulatieprogramma: chronologische beschrijving

Run	Datum	Op/af	Stroom/Getij	Wind	
				Bft	Richting
18_099_N_000	16/10/18	AF	Maximale vloed	3	ZW
18_099_Z_000	16/10/18	AF	Maximale vloed	4	ZW
18_099_N_001	16/10/18	OP	Maximale vloed	4	ZW
18_099_N_002	16/10/18	OP	Maximale vloed	4	ZW
18_099_N_003	16/10/18	OP	Laag water	5	ZW
18_099_N_004	16/10/18	AF	Maximale eb	5	ZW
18_099_N_005	16/10/18	AF	Maximale eb	5	ZW
18_099_N_006	16/10/18	OP	Maximale eb	5	ZW
18_099_Z_001	16/10/18	OP	Maximale vloed	5	NW
18_099_N_007	16/10/18	OP	Laag water	5	ZW
18_099_N_008	16/10/18	AF	Laag water	5	NW
18_099_Z_002	18/10/18	OP	Laag water	4	ZW
18_099_N_009	18/10/18	AF	Maximale vloed	5	ZW
18_099_N_010	18/10/18	OP	Maximale vloed	5	ZW
18_099_N_011	18/10/18	OP	Maximale vloed	5	ZW
18_099_N_012	18/10/18	AF	Maximale eb	5	ZW
18_099_N_013	18/10/18	AF	Laag water	5	ZW
18_099_N_014	18/10/18	OP	Laag water	5	ZW
18_099_N_015	18/10/18	AF	Gematigde eb	5	N
18_099_N_016	18/10/18	OP	Gematigde eb	5	N
18_099_N_017	18/10/18	AF	Laag water	5	N
18_099_N_018	18/10/18	OP	Maximale vloed	5	ZW
18_099_N_019	18/10/18	AF	Maximale eb	5	N

3 Analyse van de simulaties

De simulaties worden geanalyseerd op basis van de feedback van de loodsen (Appendix A Appendix B: enquêteformulieren en Appendix C) en de padbreedtes van het cruiseschip in KMZ bestanden te openen in Google Earth (Appendix A). Op deze KMZ bestanden wordt ook het tijdsverloop van de controleparameters (CPP, roer en boegschroef) en de scheepssnelheden (langs, dwars en giersnelheid) weergegeven. Omdat de afstand van de scheepscontour tot de zuidelijke of noordelijke vaargeulcontourlijnen niet relevant was, aangezien tijdens de studie bleek dat de noordelijke vaargeul niet voldeed, wordt deze parameter niet mee genomen in de analyse.

De bespreking wordt opgesplitst naargelang de noordelijke of zuidelijke vaargeul en de gekozen stroomcondities.

3.1 Zuidelijke vaargeul

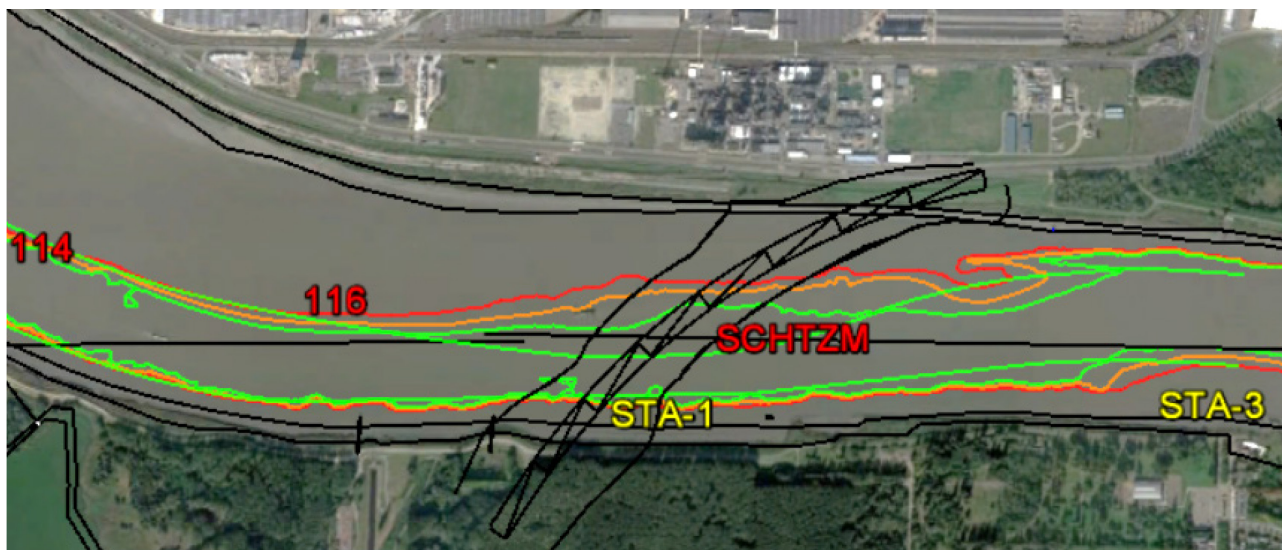
Er werden drie simulaties uitgevoerd in de zuidelijke tijdelijke vaargeul (Tabel 7). Het aantal simulaties is beperkt omdat de zuidelijke vaargeul volledig over de bestaande vaargeul ligt en een gestrekte aanloop mogelijk maakt in de zone van de werken (Figuur 7). Op Figuur 7 wordt de zuidelijke vaargeul voorgesteld in het groen met een strakke doorlopende lijn terwijl de dieptelijnen met een grillige lijn worden voorgesteld (groen: -9.8 m LAT, oranje: -8.7 m LAT, rood: -7.7 m LAT). De zuidelijke grens van deze vaargeul valt samen met deze dieptelijnen terwijl de noordelijke grens een versmalling tot 85 m geeft maar tegelijkertijd nog valt binnen de -9.8 m LAT dieptelijnen (met uitzondering van het meer opwaartse gedeelte voorbij de werken waar de vaargeul echter meer dan breed genoeg is).

De simulaties werden uitgevoerd bij maximale vloedstroom zowel in opvaart (Z_001) als afvaart (Z_000) (dus voorstroom en tegenstroom) en bij laag water (Z_002). De laagwaterconditie zorgt voor de krapste vaargeul. De individuele Google Earth views zijn voorgesteld in Appendix D. Hieruit blijkt dat ook bij laag water en een matige wind ZW 4 Bft de doorvaartbreedte voldoende is.

Tabel 7 – Simulaties voor de zuidelijke vaargeul

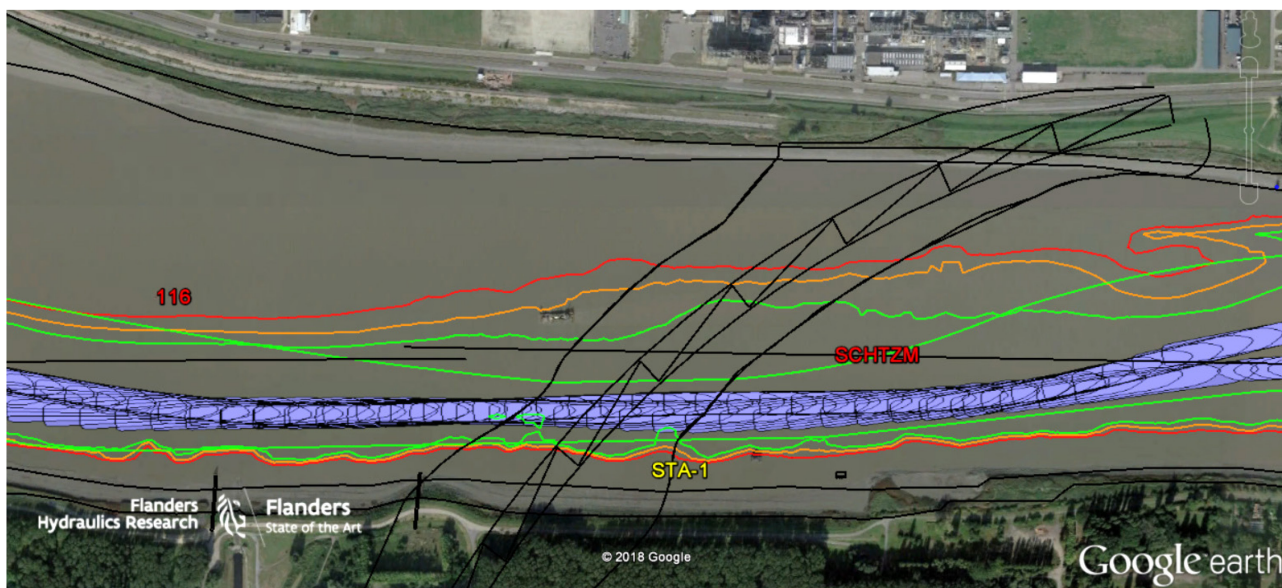
Run	Datum	Op/af	Stroom/Getij	Wind	
				Bft	Richting
18_099_Z_000	16/10/18	AF	Maximale vloed	4	ZW
18_099_Z_001	16/10/18	OP	Maximale vloed	5	NW
18_099_Z_002	18/10/18	OP	Laag water	4	ZW

Figuur 7 – Vergelijking tussen de zuidelijke vaargeul en de bestaande bathymetrie



De combinatie van de tracks van de drie simulaties in de smalste sectie van de zuidelijke vaargeul is voorgesteld in Figuur 8. Hieruit blijkt nogmaals dat ook indien voorstroom wordt gevaren met een NW 5 Bft wind (Z_001) de simulatie wordt uitgevoerd met reserve op de controlemiddelen (voornamelijk roergebruik). Het grootste roergebruik is nodig bij het nemen van de bocht van de Rijnkaai. De zuidelijke vaargeul wordt dus gevalideerd als voldoende om tijdens de werken de grootste cruiseschepen tot 265 m (en diepgang 7.6 m) toegang te verlenen. Voor schepen met grotere diepgang (bijvoorbeeld de Columbus met 8.1 m) ziet men op Figuur 8 dat de oranje 8.7 m LAT dieptelijn in het smalste stuk van de vaargeul deze vaargeul niet snijdt zodat bij een minimale waterstand van +0.21 m LAT de 10% kielspeling gegarandeerd is aan de rand van de zuidelijke zijde van deze vaargeul terwijl de diepte in de vaargeul uiteraard meer is dan deze 10% UKC.

Figuur 8 – Google Earth view van de samengestelde runs Z_000, Z_001 en Z_002



3.2 Noordelijke vaargeul

3.2.1 Vloedstroom

De simulaties bij vloedstroom voor de noordelijke vaargeul zijn samengevat in Tabel 8. Er werden zeven simulaties uitgevoerd waarvan vijf in opvaart (voorstroom, moeilijkste situatie) en twee in afvaart. De wind werd gevarieerd tussen ZW 3 tot en met 5 Bft. Rekening houdend met de verschillen in manoeuvreerbaarheid van de simulatiemodellen zijn er vier simulaties uitgevoerd met een realistisch tot log schip (N_000, N_001, N_002 en N_018) en drie met een zeer goed manoeuvreerbaar schip (N_009, N_010 en N_011). De simulatie N_018 kan als referentie genomen worden omdat het schip realistisch was volgens de loodsen en vergelijkbaar met het model uit 2012 en de wind krachtig⁶ was uit de overheersende windrichting.

Tabel 8 – Simulaties voor de noordelijke vaargeul en vloedstroom

Run	Datum	Op/af	Stroom/Getij	Wind	
				Bft	Richting
18_099_N_000	16/10/18	AF	Maximale vloed	3	ZW
18_099_N_001	16/10/18	OP	Maximale vloed	4	ZW
18_099_N_002	16/10/18	OP	Maximale vloed	4	ZW
18_099_N_009	18/10/18	AF	Maximale vloed	5	ZW
18_099_N_010	18/10/18	OP	Maximale vloed	5	ZW
18_099_N_011	18/10/18	OP	Maximale vloed	5	ZW
18_099_N_018	18/10/18	OP	Maximale vloed	5	ZW

De individuele tracks van de simulaties zijn opgenomen in Appendix D.

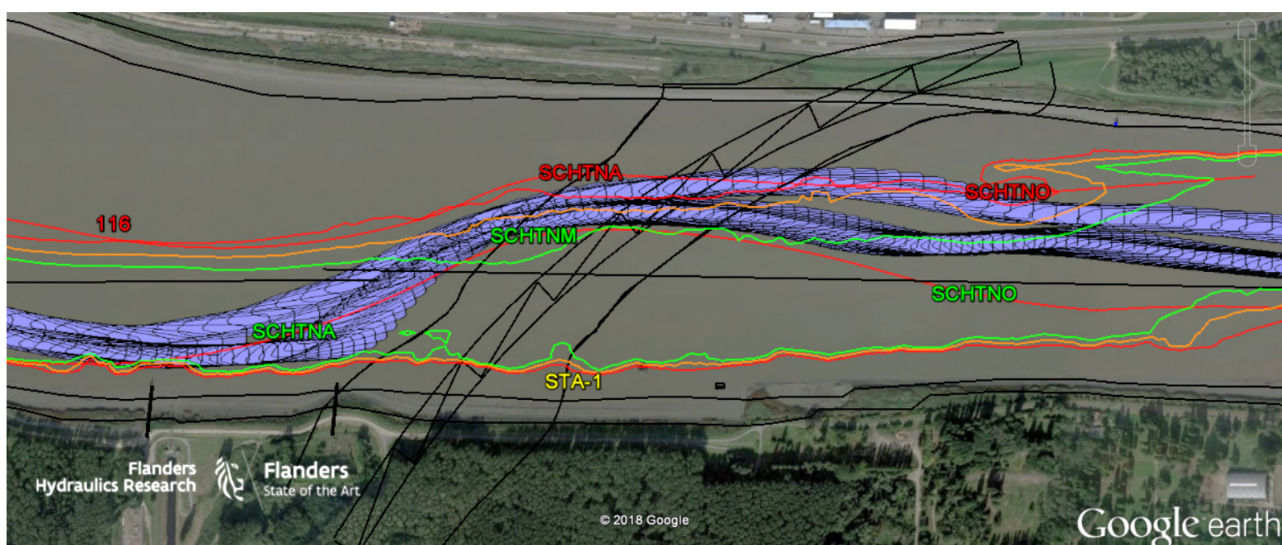
De samengestelde tracks van de runs bij vloedstroom en in afvaart zijn voorgesteld in Figuur 9 (N_000 en N_009). Beide runs zijn uitgevoerd als eerste runs van de dag voor de noordelijke vaargeul en gelden dus nog als gewenningsvaart voor deze configuratie. Rekening houdend met de hoge waterstand bij maximale vloedstroom is de noordelijke begrenzing van de noordelijke vaargeul eigenlijk een virtuele begrenzing omdat de schepen de vaargeul ten noorden van de zuidelijke begrenzing van de noordelijke vaargeul kunnen blijven gebruiken (de werken situeren zich ten zuiden van de noordelijke vaargeul). Hierdoor zijn de boeien SHTNA en SHTNO (toegevoegde boeien in de simulaties SCHeldeTunnel Noord Afwaarts of Opwaarts) boeien die eigenlijk niet beperkend zijn bij hogere waterstanden. Bij laag water moet men echter wel rekening houden met de ondiepe zone ten noorden van de noordelijke vaargeul (dieptelijnen in Figuur 9).

De aanloop van de opwaartse zijde van de noordelijke vaargeul (tussen boeien SHTNO) verloopt redelijk parallel met de stroom waardoor de stroominvloed zowel met een log schip (N_000) als een zeer goed

⁶ Er wordt nog eens op gewezen dat de 5 Bft windkracht tijdens de simulaties een 10 minuten gemiddelde windkracht is en algemeen sterker wordt ervaren dan de 5 Bft windkracht in de realiteit.

manoeuvrerbaar schip (N_009) kan gecompenseerd worden. Echter de belangrijke zijdelingse verplaatsing (van noord- naar zuidzijde van de rivier) die moet gerealiseerd worden aan de afwaartse zijde van de noordelijke vaargeul (tussen groene boeien SHTNA en SHTNM) brengt het schip onder een grote hoek op de stroom waardoor de vloedstroom het schip opwaarts verzet en buiten de noordelijke vaargeul wordt gevaren. Het schip wordt door de vloedstroom verzet naar de werken toe. Uit latere simulaties is gebleken dat een grote hoek tussen schip en stroom niet te compenseren is en leidt tot gevaarlijke situaties. Daarom zou men, vanaf de rode boei SHTNA, op de rode boei 116 moeten sturen zodat de hoek tussen schip en stroom zo klein mogelijk blijft. Bij vloedstroom vormt het geen probleem, wanneer de waterstand voldoende hoog is (bijvoorbeeld vanaf +2 m LAT), om over de dieptelijn van -7.7 m LAT te varen.

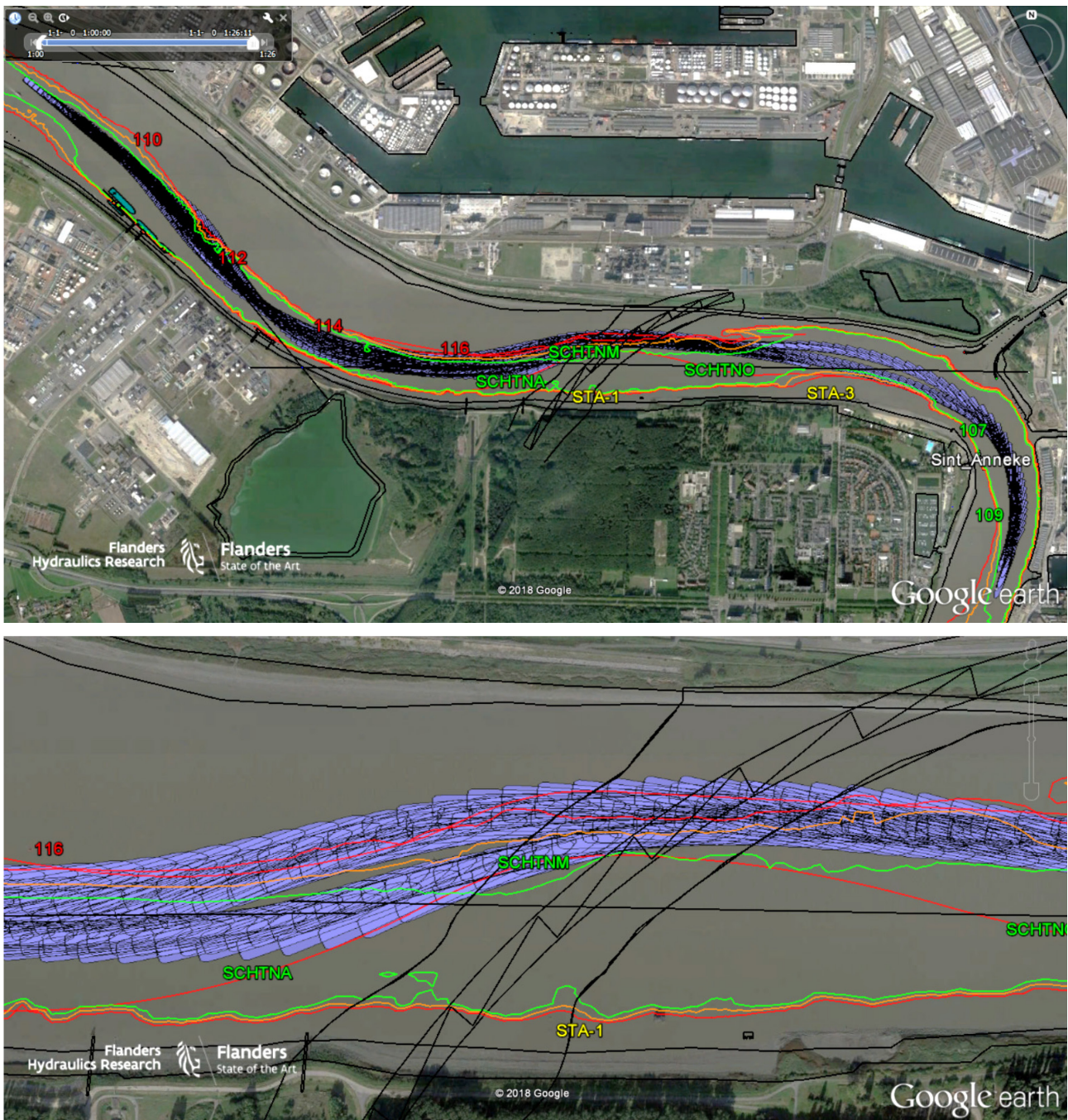
Figuur 9 - Google Earth view van de samengestelde runs N_000 en N_009



Voor de simulaties in opvaart bij maximale vloedstroom zijn de samengestelde tracks van de runs voorgesteld in Figuur 10 (N_001, N_002, N_010, N_011 en N_018). Indien men opnieuw de eerste simulaties die op 16/10 (N_001) en 18/10 (N_010) in deze conditie werden uitgevoerd, niet beschouwt, dan stelt men vast dat de noordelijke vaargeul (bij verwaarlozing van de noordelijke begrenzing van deze vaargeul) bevaarbaar is bij maximale vloedstroom. De simulaties N_001 en N_010 zijn de tracks die op Figuur 10 (detail) over de zuidelijke begrenzing van de noordelijke vaargeul gaan en dus in aanvaring komen met de werkzone. Voor deze simulaties wordt de tijdelijke vaargeul aangelopen vanuit midden vaarwater ter hoogte van boei 116. Gezien de belangrijke invloed van de stroom en de koerswijziging en zijdelingse verplaatsing die moet gerealiseerd worden om de noordelijke vaargeul te nemen, mag men ter hoogte van boei 116 niet midden vaarwater zitten. Men kan beter zo noordelijk mogelijk of dus zo dicht mogelijk bij boei 116 varen. Vanuit deze positie verloopt de passage van de werkzone wel veilig. Men ziet op basis van de uitgevoerde simulaties per dag heel duidelijk dat voortschrijdend inzicht zorgt voor bijsturing van het manoeuvre om de werkzone te kunnen passeren rekening houdend met de stroom-, tij- en windcondities. Tegelijkertijd is het ook duidelijk dat een vaarbreedte van 85 m niet volstaat voor een tijdelijke vaargeul die niet in lijn loopt met de huidige vaargeul op deze locatie.

Indien men ook het gebruik van het roer analyseert (zie Appendix D) samen met de toegepaste thrust van de schroef, dan stelt men vast dat zowel met een log schip (N_002) als een zeer goed manoeuvrerbaar (N_011) of een realistisch schip (N_018) er nog reserve is op de controlemiddelen van cruiseschepen. Het inzetten van de boegschroef is omwille van de hogere snelheden (tussen 8 en 9 knopen bij de passage van de werkzone) niet zinvol. De windinvloed is tot krachtig met ZW 5 Bft tijdens de runs N_011 en N_018.

Figuur 10 – Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_001, N_002, N_010, N_011 en N_018



3.2.2 Ebstroom

De simulaties bij ebstroom voor de noordelijke vaargeul zijn samengevat in Tabel 9. Er werden zeven simulaties uitgevoerd waarvan vijf in afvaart (voorstroom, moeilijkste situatie) en twee in opvaart. De wind werd gevarieerd tussen ZW en N 5 Bft. Rekening houdend met de verschillen in manoeuvreerbaarheid van de simulatiemodellen zijn er vijf simulaties uitgevoerd met een realistisch tot log schip (N_004, N_005, N_006, N_016 en N_019) en twee met een zeer goed manoeuvreerbaar schip (N_012 en N_015). Er werden ook twee stroomsterktes toegepast (maximale ebstroom 3 uur na HW en gematigde ebstroom 4u50 na HW) en de bijhorende waterstanden van +3.98 en +1.96 m LAT. Deze laatste conditie werd toegevoegd om de ebstroom te combineren met een smallere vaargeul ter plaatse van de noordelijke vaargeul.

De simulaties N_016 en N_019 kunnen als referentie genomen worden omdat het schip realistisch was volgens de loodsen en vergelijkbaar met het model uit 2012 en de wind krachtig was uit de noordelijke, meest nadelige windrichting.

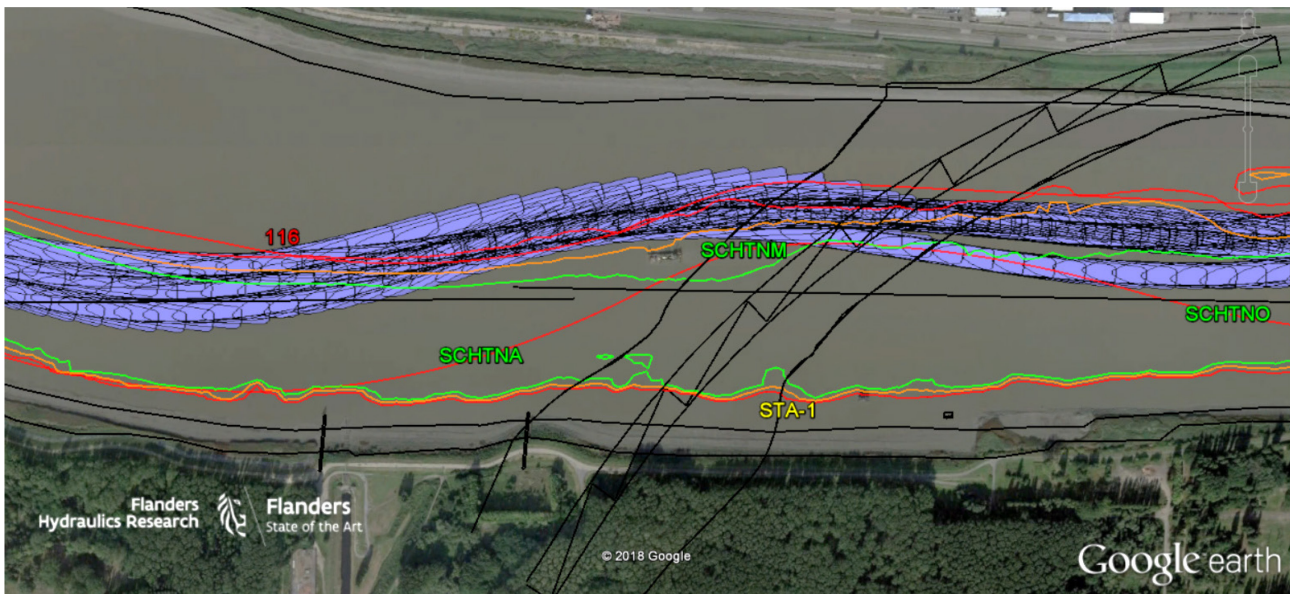
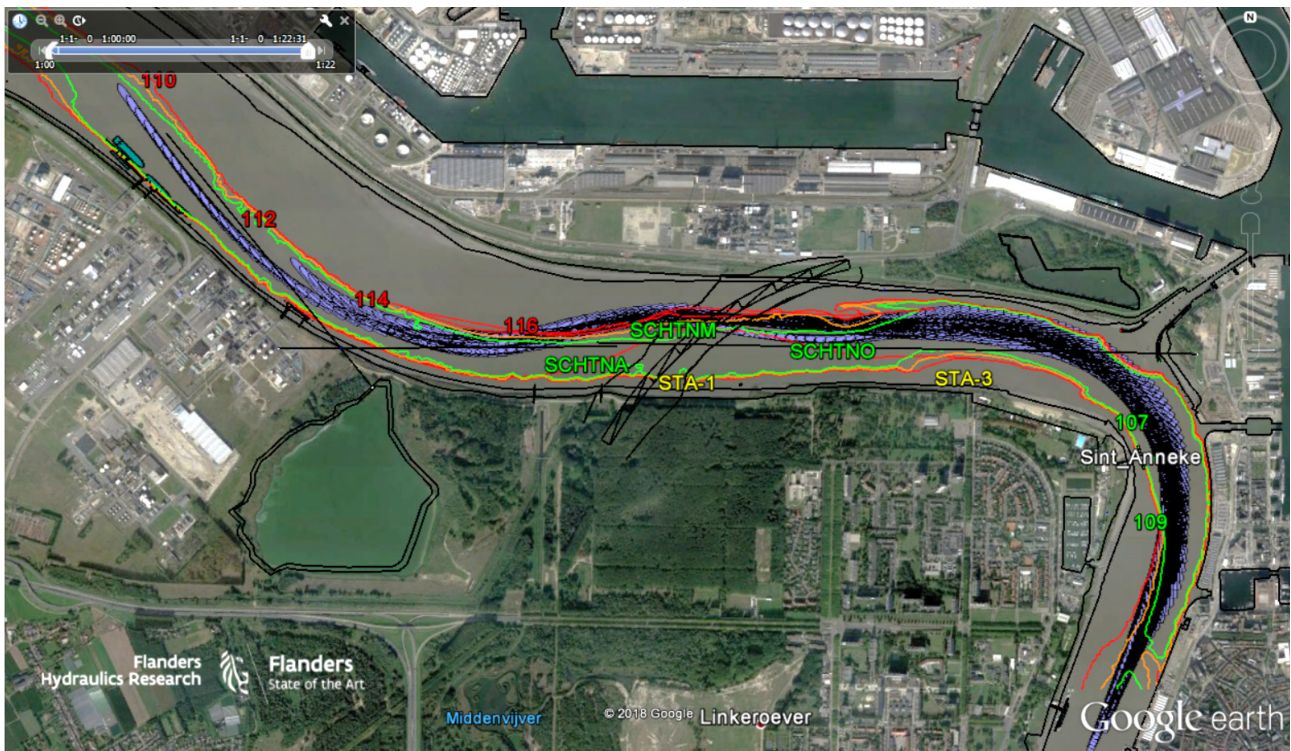
Tabel 9 – Simulaties voor de noordelijke vaargeul en ebstroom

Run	Datum	Op/af	Stroom/Getij	Wind	
				Bft	Richting
18_099_N_004	16/10/18	AF	Maximale eb	5	ZW
18_099_N_005	16/10/18	AF	Maximale eb	5	ZW
18_099_N_006	16/10/18	OP	Maximale eb	5	ZW
18_099_N_012	18/10/18	AF	Maximale eb	5	ZW
18_099_N_015	18/10/18	AF	Gematigde eb	5	N
18_099_N_016	18/10/18	OP	Gematigde eb	5	N
18_099_N_019	18/10/18	AF	Maximale eb	5	N

De samengestelde tracks van de vijf simulaties in afvaart zijn voorgesteld in Figuur 11. Op het overzicht kan men vaststellen dat de padbreedte van alle simulaties zeer groot is ter hoogte van de bocht van de Rijnkaai en afwaarts deze bocht. De brede aanloop van de noordelijke vaargeul aan de opwaartse zijde is dus noodzakelijk. Aan de afwaartse zijde van de noordelijke vaargeul is het opnieuw aangewezen om zo gestrekt mogelijk met de stroom te varen en dus boei 116 zo dicht mogelijk te naderen. Indien men zoals bij de vloedstroom dwars op de stroom zou uitkomen na het passeren van de smalste sectie van de noordelijke vaargeul, zou de stroom het schip verzetten naar de smalle vaargeul tussen boeien 116 en 114. De noordelijke begrenzing van de tijdelijke vaargeul moet dus opnieuw aan de afwaartse zijde overvaren worden om dit manoeuvre mogelijk te maken.

In het detail van Figuur 11 ziet men dat de meest zuidelijke run N_004 (de eerste simulatie van 16/10 in deze conditie) over de zuidelijke begrenzing van de vaargeul gaat waardoor de noordelijke vaargeul in afvaart steeds aan de noordzijde moet aangelopen worden. Indien men te zuidelijk vaart, is dit niet meer te corrigeren. Hierdoor volstaat de afwaartse vorm van de noordelijke vaargeul niet (S-profiel met smalste sectie van 85 m) en moet met de ebstroom aan het achterschip een brede verruiming aanwezig zijn tussen de noordelijkste punt van de tijdelijke vaargeul en boei 116. Dankzij de variërende waterstand bij ebstroom (tijdens de simulaties tussen +1.96 m en +3.98 m LAT) kan de vaarwegbreedte groter zijn. Dit is zichtbaar in de runs N_004 (compensatie van de te zuidelijke aanloop aan de opwaartse zijde), run N_005 en N_012 (beide laatste bij +3.98 m LAT en ZW 5 Bft). De runs N_015 en N_019 werden uitgevoerd bij variërende waterstanden maar ook bij N 5 Bft. Ook bij een windkracht, dwars op de vaargeul, die het schip naar de zuidelijke begrenzing van de vaargeul brengt, kan de vaargeul vrij gevaren worden.

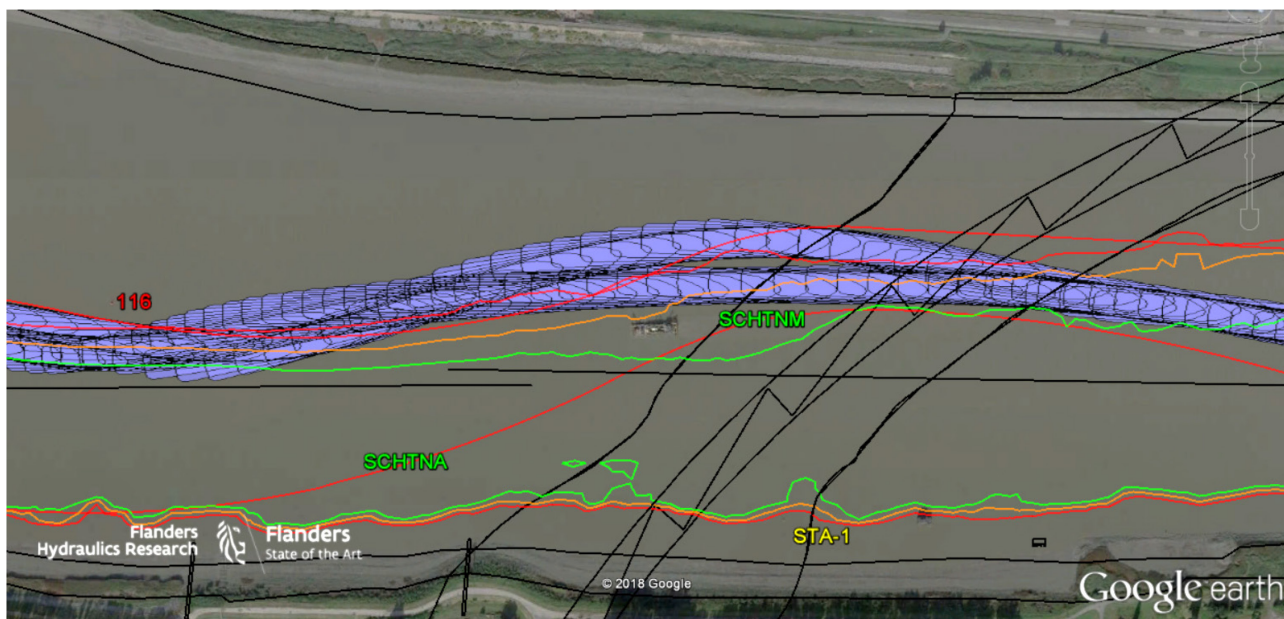
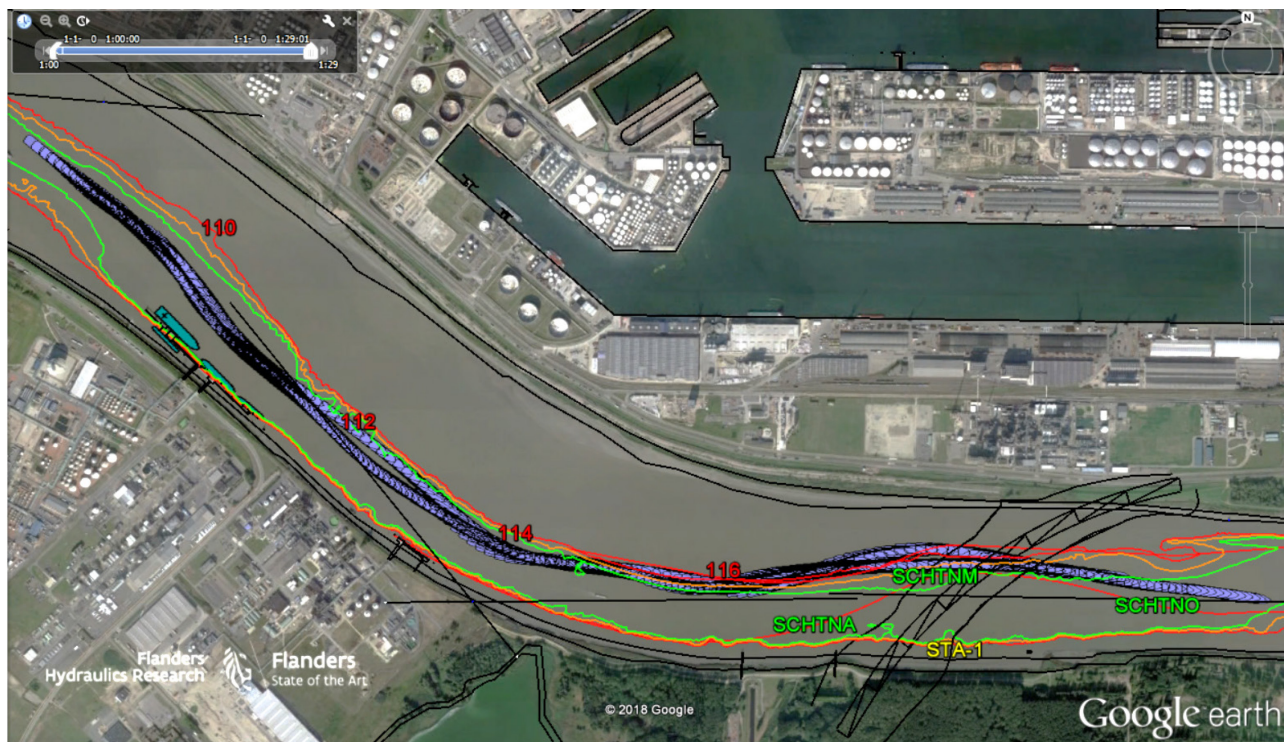
Figuur 11 - Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_004, N_005, N_012, N_015 en N_019



Op Figuur 11 werden de rode boeien van de noordelijke begrenzing weggenomen omdat deze boeien een beperkende invloed hadden op het manoeuvre⁷. Er wordt voorgesteld om boeien te leggen op een meer noordelijke positie die ook bij de hoogste waterstanden geen belemmering vormen voor de manoeuvres. Volgens de BAM zijn er ook nog infrastructuurwerken aan de rechteroever waar de tunnel aansluit op het vasteland (buiten de rivierbedding) waarmee rekening gehouden zal worden in de oeverbegrenzing van de Schelde.

⁷ Deze noordelijke rode boeien werden weggenomen vanaf simulatie N_014.

Figuur 12 - Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_006 en N_016



De twee simulaties die in opvaart zijn uitgevoerd bij ebstroom, worden voorgesteld in Figuur 12 (run N_006 bij een waterstand van +3.98 m LAT en run N_016 bij +1.96 m LAT). Run N_016 bij N 5 Bft en met een realistisch schip geeft het breedste pad tussen boei 116 en het noordelijkste punt van de tijdelijke vaargeul. Run N_006 met een log schip en ZW 5 Bft geeft een meer gestrekte passage van de smalste sectie van de vaargeul en toont dat stroom en wind ook met een logger schip kunnen gecompenseerd worden. Aangezien beide simulaties werden uitgevoerd in de namiddag van elke simulatiedag ziet men dat wat men leerde uit voorgaande simulaties meer en meer wordt meegenomen. Zo blijft de afwaartse zijde met de grote zijdelingse verplaatsing die moet gerealiseerd worden in een bocht-tegenbocht configuratie niet realistisch en is dus een bijsturing van de noordelijke vaargeul aan afwaartse zijde noodzakelijk.

3.2.3 Laag water

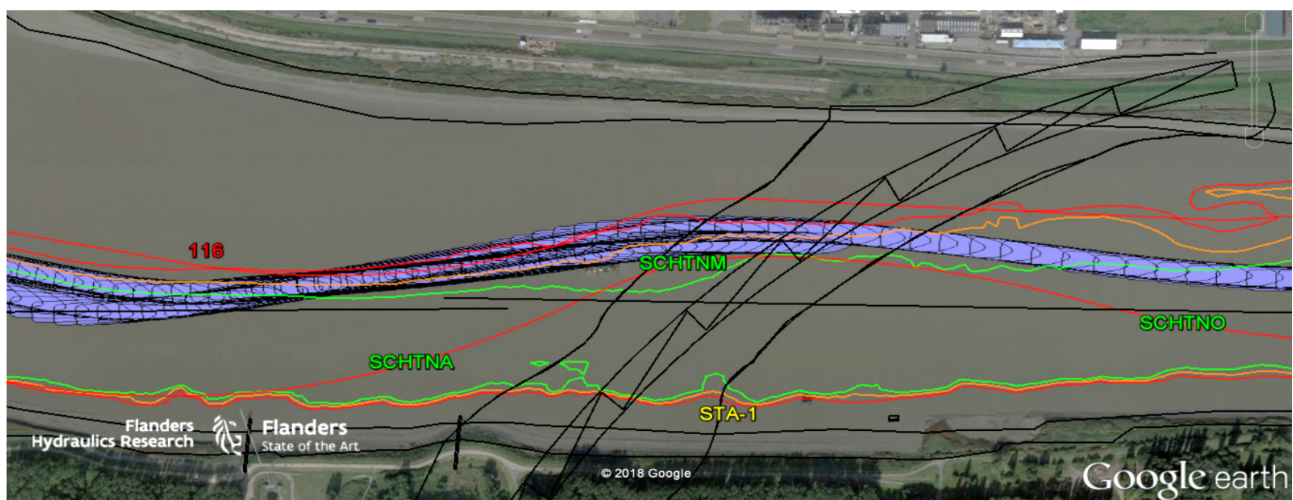
De simulaties bij laag water en beperkte stroom voor de noordelijke vaargeul zijn samengevat in Tabel 10. Er werden vijf simulaties uitgevoerd waarvan drie in afvaart en twee opvaart. De wind werd gevarieerd tussen ZW, NW en N 5 Bft. Rekening houdend met de verschillen in manoeuvreerbaarheid van de simulatiemodellen zijn er drie simulaties uitgevoerd met een log of realistisch schip (N_007, N_008 en N_017) en twee met een zeer goed manoeuvreerbaar schip (N_013 en N_014). De simulatie N_017 kan als referentie genomen worden omdat het schip realistisch was volgens de loodsen en vergelijkbaar met het model uit 2012 en de wind krachtig was uit de noordelijke, meest nadelige windrichting.

Tabel 10 – Simulaties voor de noordelijke vaargeul en laag water

Run	Datum	Op/af	Stroom/Getij	Wind	
				Bft	Richting
18_099_N_007	16/10/18	OP	Laag water	5	ZW
18_099_N_008	16/10/18	AF	Laag water	5	NW
18_099_N_013	18/10/18	AF	Laag water	5	ZW
18_099_N_014	18/10/18	OP	Laag water	5	ZW
18_099_N_017	18/10/18	AF	Laag water	5	N

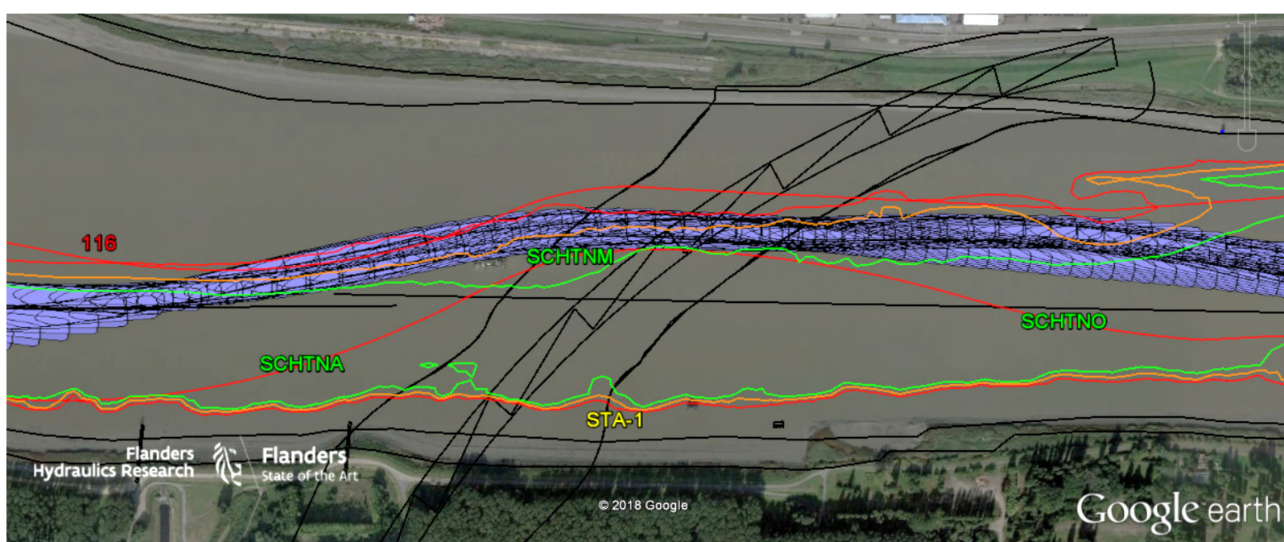
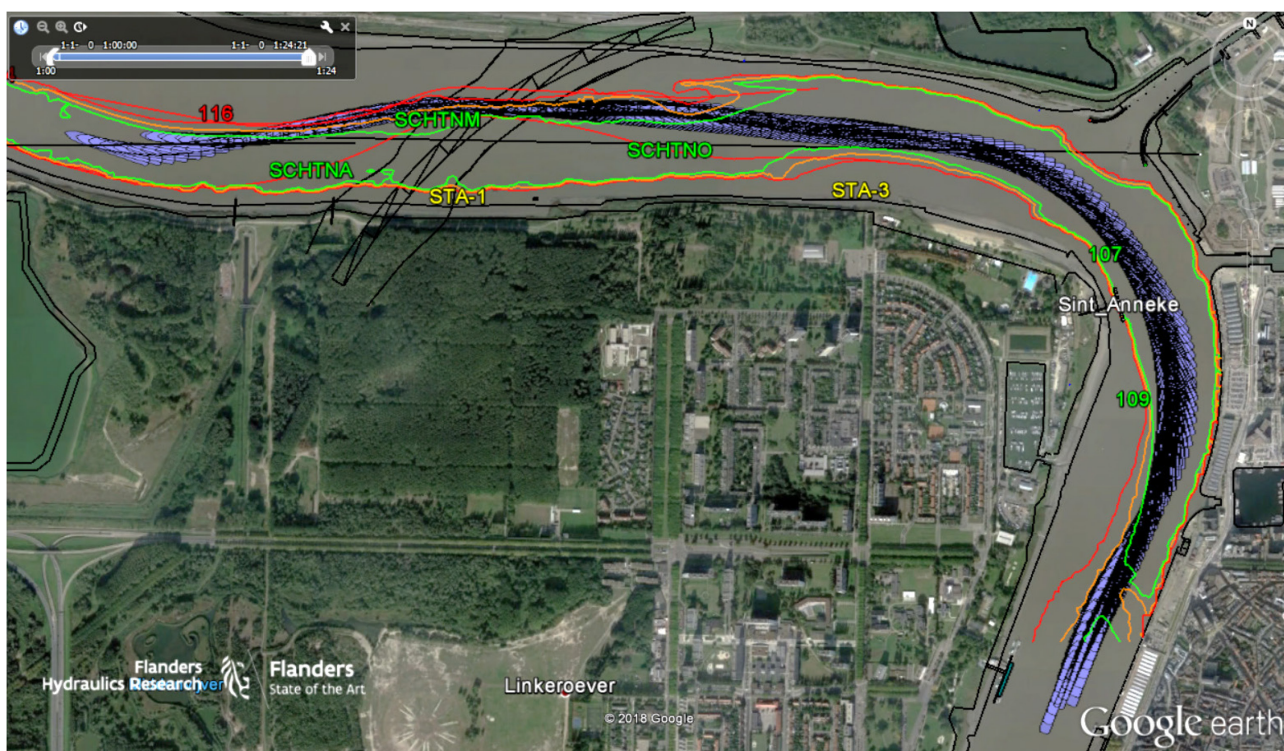
De samengestelde tracks van de simulaties in opvaart zijn voorgesteld in Figuur 13. Beide simulaties zijn uitgevoerd bij ZW 5 Bft met een log schip (run N_007) en een zeer goed manoeuvreerbaar schip (run N_014). Dit laatste schip gaat het verst buiten de oorspronkelijke noordelijke vaargeul. Met een waterstand van +0.54 m LAT stelt de -7.7 m LAT dieptelijns slechts een waterdiepte van 8.24 m voor zodat de 10% kielspelings voor het cruiseschip met een diepgang van 7.6 m niet beschikbaar is. Het schip vaart hierdoor dicht bij de oever en zal ook oevereffecten ondervinden. In de simulaties worden deze oevereffecten met een eenvoudig model voor dit type simulatiemodel (type De Voorst) meegenomen. Het algemeen effect van het dichtbij een oever varen is dat het schip naar de oever wordt gezogen (gevaar voor stranden) maar ook steeds door een giermoment met de boeg van de oever weg wordt gedraaid (gevaar van verzet worden naar de zuidelijke begrenzing van de tijdelijke vaargeul). Men kan wel vaststellen dat door de geringe stroming de padbreedte van beide simulaties beperkt is en dat de belangrijke verzetbeweging bij sterkere stroom achterwege blijft.

Figuur 13 - Detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_007 en N_014



Voor de simulaties in afvaart worden de samengestelde tracks weergegeven op Figuur 14. Gezien de beperkte waterstand blijkt zowel aan de opwaartse als afwaartse zijde van de noordelijke vaargeul lokaal over een ondiepte met minder dan 10% kielspeling gevaren te worden. De afstand tot de zuidelijke begrenzing van de tijdelijke vaargeul is ook minimaal en kan niet noodzakelijk vergroot worden omdat men zo recht mogelijk de werkzone wil passeren. Hierbij kan men zich inderdaad in de aanloop van de vaargeul en tijdens de passage van de smalste sectie richten op de positie van boei 116 en deze boei vervolgens rondens eens men ook aan het achterschip voldoende waterdiepte beschikbaar heeft. Een veiligheidsafstand van ongeveer anderhalve scheepsbreedte ten zuiden van de zuidelijke begrenzing van de vaargeul zou best gegarandeerd zijn zodat bij het uit koers lopen geen aanvaringen met werkvaartuigen of infrastructuur mogelijk is.

Figuur 14 - Overzicht en detail van de Google Earth view van de samengestelde runs N_008, N_013 en N_017



3.3 Feedback van de loodsen

De feedback van de loodsen werd gestandaardiseerd op basis van vragen met betrekking tot (zie Appendix B):

- Beoordeling van de reserves tijdens het uitvoeren van het manoeuvre: deze reserves hebben betrekking op ruimtelijke reserves maar ook reserves in het gebruik van controlemiddelen zoals roer en schroeven. Quotering tussen 1 en 6
- Beoordeling van de moeilijkheidsgraad op de simulator: hiermee kan de loods aangeven hoe moeilijk hij het uitvoeren van het manoeuvre vond op de simulator om de mate aan concentratie en spanning te registreren. Quotering tussen 1 en 6
- Beoordeling van de vraag: is dit manoeuvre - zoals u het op de simulator uitvoerde - ook veilig uitvoerbaar op de rivier? Ja/Nee

Na elke simulatie werd ook een nabespreking van de simulatie gehouden die opgenomen is Appendix C

3.3.1 Zuidelijke vaargeul

Omdat de zuidelijke vaargeul zelf volledig recht loopt (evenwijdig met en vlakbij de linkeroever) en ook de aanloopzones vanaf de bocht aan de Rijnkaai opwaarts en de zone tussen de Ineossteiger en de werkzone afwaarts geleidelijk verlopen, is de feedback van de loodsen op de toegankelijkheid van deze zuidelijke vaargeul positief. In zekere zin is het nemen van de bocht van de Rijnkaai kritischer dan het passeren van de werkzone. Er werd geen simulatie bij dwarse wind en 6 Bft uitgevoerd hoewel ook bij een noordwestelijke 5 Bft wind op de simulator met pieken tot 6 en 7 Bft, de beoordeling gelukt met weinig reserve was en een normale moeilijkheid.

Tabel 11 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: zuidelijke vaargeul

Run	Reserve	Moeilijkheidsgraad	Uitvoerbaarheid
18_099_Z_000	2	1	ja
18_099_Z_001	3	2	ja
18_099_Z_002	2	2	ja

3.3.2 Noordelijke vaargeul

Voor de noordelijke vaargeul wordt de feedback onderverdeeld volgens dezelfde onderverdeling als onder 3.2.

Vloedstroom

De beoordeling van de loodsen die is opgenomen in Tabel 12, toont duidelijk aan dat de noordelijke vaargeul een moeilijke vaargeul is in de oorspronkelijke vorm (quotering 3 en 4). Aangezien bij (maximale) vloedstroom de waterdiepte ook ten noorden van de noordelijke vaargeul nog diep genoeg is om een 265 m cruiseschip met een diepgang van 7.6 m toegang te verlenen, is het manoeuvre uitvoerbaar. Men ziet in Tabel 12 ook de evolutie tijdens de simulatiestudie waarbij de meest positieve beoordeling gegeven wordt aan run N_018 met een realistisch simulatiemodel en met een duidelijke strategie voor het aanlopen van de noordelijke vaargeul. Omwille van de extra waterdiepte bij rijzend water (en vloedstroom) werden de

noordelijke boeien in de noordelijke vaargeul tijdens de simulatiestudie weggenomen zodat deze geen belemmering meer vormden en de noordelijke vaargeul tussen boei 116 en het meest noordelijke punt zo recht mogelijk kan aangelopen worden. Het volgen van deze strategie met zo parallel mogelijke vaart met de stroom, maakt een passage mogelijk aan redelijke snelheden (ongeveer 8 knopen) waardoor het voorstel van het gebruik van boeg- of hekschroeven of sleepboten (eerder tragere snelheden vereist) niet moet aangewend worden.

Tabel 12 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: noordelijke vaargeul, vloedstroom

Run	Reserve	Moeilijkheidsgraad	Uitvoerbaarheid
18_099_N_000	3	4	ja
18_099_N_001	4	4	ja
18_099_N_002	3	4	neen
18_099_N_009	3	3	ja
18_099_N_010	4	3	ja
18_099_N_011	2	3	ja
18_099_N_018	2	2	ja

Ebstroom

Bij de beoordeling van de ebstroom in Tabel 13 worden gelijkaardige beoordelingen bekomen als voor de vloedstroom. Het manoeuvre is moeilijk en wordt uitgevoerd met weinig reserve. De laatste run N_019 geeft opnieuw de meest positieve beoordeling met gelukt met voldoende reserve en normaal uitgevoerd. De evolutie die opnieuw gezien wordt tijdens het uitvoeren van de simulatiestudie, leert dat training absoluut noodzakelijk is voorafgaand aan het aanlopen van deze tijdelijke vaargeulen in realiteit.

Tabel 13 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: noordelijke vaargeul, ebstroom

Run	Reserve	Moeilijkheidsgraad	Uitvoerbaarheid
18_099_N_004	4	4	neen
18_099_N_005	3	4	ja
18_099_N_006	2	2	ja
18_099_N_012	3	4	ja
18_099_N_015	3	3	ja
18_099_N_016	4	4	neen
18_099_N_019	2	2	ja

Laag water

De feedback van de loodsen voor de laagwaterconditie is weergegeven in Tabel 14. In vergelijking met de vloed- en ebstroom wordt de uitvoerbaarheid van de simulatie in realiteit meer negatief beoordeeld. De beoordelingen van de reserve en moeilijkheidsgraad liggen wel in lijn met deze van de simulaties bij vloed- en ebstroom. Door de beperkte waterstand en het feit dat de noordelijke vaargeul in een ondiepe zone ligt, beperkt de vaargeul zich tot een (zeer) smalle doorgang van 85 m waar geen uitwijken mogelijk is omdat men aan de grond loopt. De bijkomende uitbreiding tussen boei 116 en het noordelijkste punt van de noordelijke vaargeul is dus noodzakelijk om tot een realistische passage te komen. Verder zou een veiligheidszone moeten afgebakend worden, buiten de tijdelijke vaargeul met minimale breedte van 85 m, zodat bij verkeerde aanloop van de 85 m brede vaargeul het schip toch vrij blijft van de oever aan de noordzijde en de werktuigen aan de zuidzijde.

Tabel 14 – Beoordeling van de loodsen voor de reserve, moeilijkheidsgraad en uitvoerbaarheid: noordelijke vaargeul, laag water

Run	Reserve	Moeilijkheidsgraad	Uitvoerbaarheid
18_099_N_007	2	3	ja/nee
18_099_N_008	3	3	ja
18_099_N_013	3	3	nee
18_099_N_014	2	2	nee
18_099_N_017	3	4	ja

4 Besluit

Deze simulatiestudie werd, in opdracht van de Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel, uitgevoerd om de vorm van de tijdelijke vaargeulen voor de werken aan de Scheldetunnel te evalueren samen met de omgevingscondities (getij, stroming en wind) die deze vaargeulen toegankelijk houden. Het Waterbouwkundig Laboratorium was immers overtuigd dat vooral de noordelijke vaargeul een moeilijke passage van de werkzone zou impliceren. Daarom werd in navolging van de simulatiestudie 12_007 [1] die in 2012 werd uitgevoerd met een 265 m cruiseschip om het toelatingsbeleid voor cruiseschepen tot de Rede van Antwerpen vast te leggen, deze studie herhaald met hetzelfde cruiseschip.

Aangezien de tijdelijke vaargeulen een belangrijke beperking inhouden van de doorvaartbreedte van de rivier, werden de omgevingscondities geselecteerd met extreme getij- en stroomcondities maar werd de wind niet ingesteld op de maximale waarde van 6 Bft die in het toelatingsbeleid voorkomt. Het simuleren voor een goede strategie om de tijdelijke (vooral de noordelijke) vaargeulen te nemen, vergde immers verschillende simulaties die bij matige tot hardere windcondities tussen 3 en 5 Bft werden uitgevoerd.

Door een fout in de invoerbestanden van het simulatiemodel van het cruiseschip werd er ook gevaren met drie verschillende versies van het schip die varieerden tussen een log, een realistisch (vergelijkbaar met de versie van 2012) en een zeer goed manoeuvreerbaar gedrag. Uit het geheel van 23 uitgevoerde simulaties blijkt het verschil in deze simulatiemodellen geen invloed te hebben op de uiteindelijke strategie om een geslaagd manoeuvre te kunnen uitvoeren enerzijds en op de noodzakelijke aanpassingen aan de noordelijke vaargeul anderzijds.

Voor de zuidelijke vaargeul wordt met drie uitgevoerde simulaties de tijdelijke vaargeul zoals door de BAM opgegeven gevalideerd (Figuur 15). Er worden nog bijkomende opmerkingen geformuleerd:

- De zuidelijke begrenzing van de zuidelijke vaargeul loopt langs de steile oever aan de linkeroever van de rivier. Op Figuur 15 blijkt duidelijk dat de -9.8 m LAT (groen), -8.7 m LAT (oranje) en -7.7 m LAT (rood) dieptelijnen dichtbij elkaar liggen en dat de afstand van de zuidelijke begrenzing tot deze dieptelijnen nihil (afwaarts) of beperkt (opwaarts) is. Vooral bij de laagwaterconditie zal het cruiseschip met een diepgang van 7.6 m zich voldoende ver van deze oever (eerder een scheepsbreedte of meer) moeten bevinden om oevereffecten te minimaliseren. Dit geldt uiteraard ook voor elk schip met een nog grotere diepgang. Een kielspeling van 10% van de diepgang vereist immers dat een minimale waterdiepte in de geul aanwezig is van 8.4 m of meer.

Figuur 15 – Samenvatting van de beoordeling voor de zuidelijke vaargeul



- De noordelijke begrenzing van de zuidelijke vaargeul ligt aan de smalste sectie in een diepere zone waar steeds een waterdiepte van -9.8 m LAT en meer aanwezig is. De boei SCHATZM met Lambert 72 coördinaten (150302.286; -225732.665) ligt opwaarts de gele boei STA-1 en geeft een vaarwegbreedte aan van ongeveer 125 m. De ligging van de boei SCHATZM ten opzichte van de afwaartse boei STA-1 werd positief beoordeeld (deze boeien creëren een zicht met een vaarwegbreedte van 125 m) wat betekent dat naast de smalste doorvaartbreedte van 85 m ter hoogte van boei STA-1 best aan de noordelijke begrenzing een veiligheidszone wordt toegevoegd van 40 tot 50 m waarin geen werktuigen aanwezig zijn tijdens de passage van een groot schip.
- De simulaties werden uitgevoerd tot en met windkracht 5 Bft met een gemiddelde windsnelheid over 10 minuten van 9.4 m/s. Bij deze gemiddelde windsnelheid horen ook windpieken tot 6 en 7 Bft. Met deze toegepaste windconditie tijdens de simulaties kan rekening gehouden worden bij het opstellen van het beleid voor de toegankelijkheid tijdens de werken.

Voor de noordelijke vaargeul is door de verschillende niet aanvaardbare simulaties een aanpassing van de noordelijke begrenzing van de noordelijke vaargeul noodzakelijk. Voor de zuidelijke begrenzing van deze vaargeul wordt net als voor de zuidelijke vaargeul een veiligheidszone van 50 m ten zuiden van deze begrenzing vereist bij de passage van grote schepen. De werktuigen en alle obstakels waarmee het (cruise)schip in aanvaring kan komen, moeten dan uit deze zone verwijderd zijn.

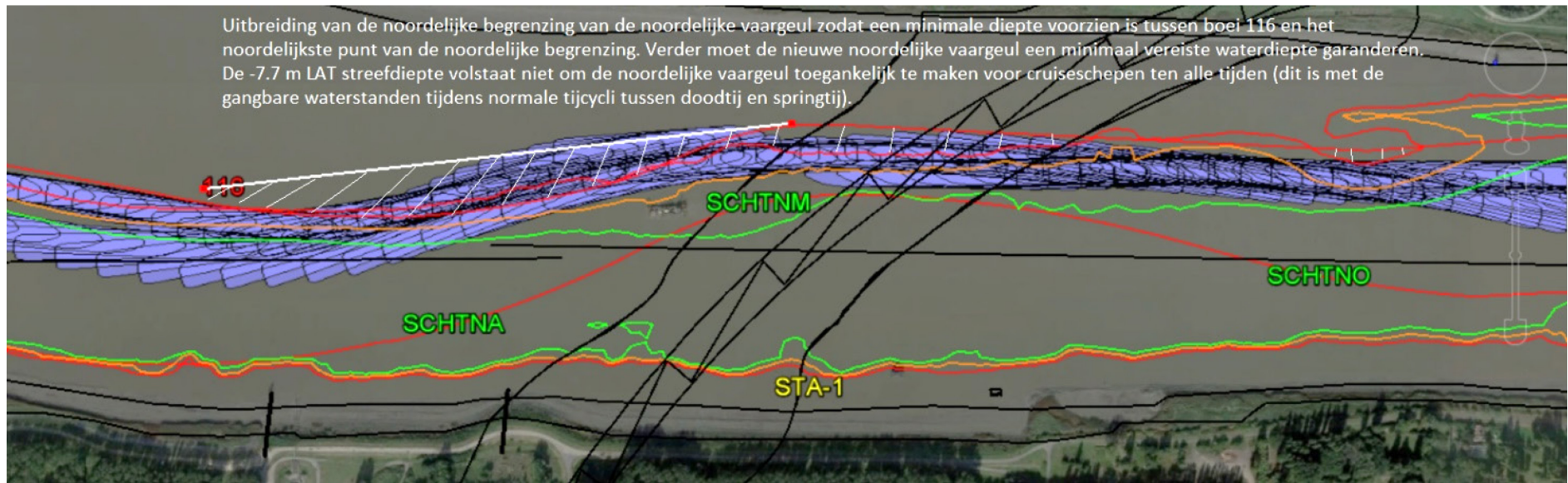
Op basis van een selectie van simulaties wordt de noodzakelijke aanpassing van de noordelijke begrenzing gevisualiseerd (Figuur 16). Deze selectie is gebaseerd op de simulaties die werden uitgevoerd met het realistische simulatiemodel, voorgesteld in Tabel 15.

Tabel 15 – Selectie van simulaties in de noordelijke vaargeul voor de beoordeling

Run	Datum	Op/af	Stroom/Getij	Wind
18_099_N_016	18/10/2018	Op	Gematigde eb	N 5 Bft
18_099_N_017	18/10/2018	Af	Laag water	N 5 Bft
18_099_N_018	18/10/2018	Op	Maximale vloed	ZW 5 Bft
18_099_N_019	18/10/2018	Af	Maximale eb	N 5 Bft

- Op Figuur 16 wordt de noodzakelijke uitbreiding van de noordelijke begrenzing van de noordelijke vaargeul voorgesteld. Er werd een (witte) verbindingslijn getrokken tussen boei 116 en de noordelijkste punt van de noordelijke begrenzing. Verder werden de zones in het wit gearceerd tussen de nieuwe noordelijke begrenzing en de oude noordelijke begrenzing of de -7.7 m LAT dieptelijn (rode grillige lijn). Deze zones zouden zowel opwaarts als afwaarts van de smalste sectie van de noordelijke vaargeul (die nog steeds 85 m blijft) moeten gebaggerd worden tot een vereiste minimale diepte.
- Door de uitbreiding die voorgesteld is met de witte dikke lijn op Figuur 16 krijgt men een eerder symmetrische vaargeul ten opzichte van de smalste sectie van 85 m (opwaarts en afwaarts). Het is onmogelijk voor een schip om in een belangrijke dwarse stroom en/of een belangrijke dwarse wind het vereiste zigzagmanoeuvre uit te voeren zoals in de oorspronkelijke noordelijke vaargeul.
- Men kan vaststellen dat de track van één simulatie (N_016) nog door de witte dikke lijn gaat. Men kan echter aannemen dat, indien de bodemdiepte zeker voldoende is in de gearceerde zone zodat een schip met een bepaalde grote diepgang kan varen met de vereiste 10% kielspeling, deze bodemdiepte voldoende is samen met de heersende waterstand.

Figuur 16 – Samenvatting van de beoordeling voor de noordelijke vaargeul



- De vraag tot welke bodemdpte de gearceerde witte zone in Figuur 16 moet gebaggerd worden, zou in principe moeten rekening houden met twee belangrijke bepalingen:
 - Een getijonafhankelijke aanloop langs deze tijdelijke vaargeul vereist het voorzien van een minimale kielspeling van 10% van de diepgang. Voor de Columbus met de grootste diepgang van 8.1 m komt dit neer op een minimale waterdiepte van 8.9 m. De streefdiepte kan dan afgeleid worden uit de minimale waterstanden tijdens de maandelijkse of jaarlijkse tijcyclus.
 - Aangezien de noordelijke vaargeul gebaggerd wordt uit een ondiepe zone, ontstaat er een tijdelijke vaargeul waarin het cruiseschip (of ook andere schepen) asymmetrisch gaan varen en dus dichter bij de noordelijke oever dan bij de werkelijke zuidelijke oever aan de linkeroever. Dit geldt ook voor de zuidelijke vaargeul maar daar is praktisch altijd een bodemdpte van -9.8 m LAT gegarandeerd. Een dergelijke asymmetrische passage in een vaargeul geeft aanleiding tot oevereffecten op het passerende schip dat met zijn boeg weggezet wordt van de dichtstbijzijnde oever. Om dit te milderen moet de bodemdpte in de vaargeul voldoende groot zijn (10% UKC is eerder zeer ondiep water en kan aanleiding geven tot ernstige oevereffecten).

De simulaties werden uitgevoerd in geselecteerde condities met één cruiseschip met 265 m lengte en 7.6 m diepgang. Aangezien de extreme condities voor stroom en getij werden opgezocht zal bij de keuze van de bodemdpte voor de nieuwe noordelijke vaargeul duidelijk worden of cruiseschepen met grote diepgangen nog steeds getijonafhankelijk de werkzone kunnen passeren. Aangezien tot nu toe, in de huidige rivier, er geen restricties zijn qua vereiste kielspeling en elk cruiseschip tot en met de Columbus met een diepgang van 8.1 m de Rede kunnen aanlopen, zou men ook voor de tijdelijke noordelijke vaargeul een dergelijk getijonafhankelijk regime kunnen verwachten.

Het toelatingsbeleid zoals dit opgenomen is in de GB Nr. 01 -2017 Schepen met bestemming Scheldekaaien op Antwerpen rede bovenwaarts de Rijnkaai, zal samen met het aanvaardingsbeleid moeten bekeken worden binnen de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit, de Loodswezens en de Haven van Antwerpen. Bepalingen op te stellen voor dit beleid maken deel uit van het Geïntegreerd Verkeersmanagement en worden niet besproken in dit rapport.

Omdat uit de simulaties duidelijk gebleken is dat een dergelijke tijdelijke situatie een wijziging van de strategie voor de aanloop van cruiseschepen (en uiteraard ook andere scheepstypes) tot gevolg heeft, is training van de loodsen door middel van realtime simulaties noodzakelijk. Het gebruik van Full SNMS is ook aangewezen.

Referenties

- [1] **Eloot, K.; Verwilligen, J.; Peeters, P.; Mostaert, F.** (2012). Haven van Antwerpen: toegankelijkheid van cruiseschepen tot de Rede: Deelrapport 1 - Simulatiestudie. Versie 2_0. WL Rapporten, 12_007. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Appendix A: Manual voor de KMZ presentaties

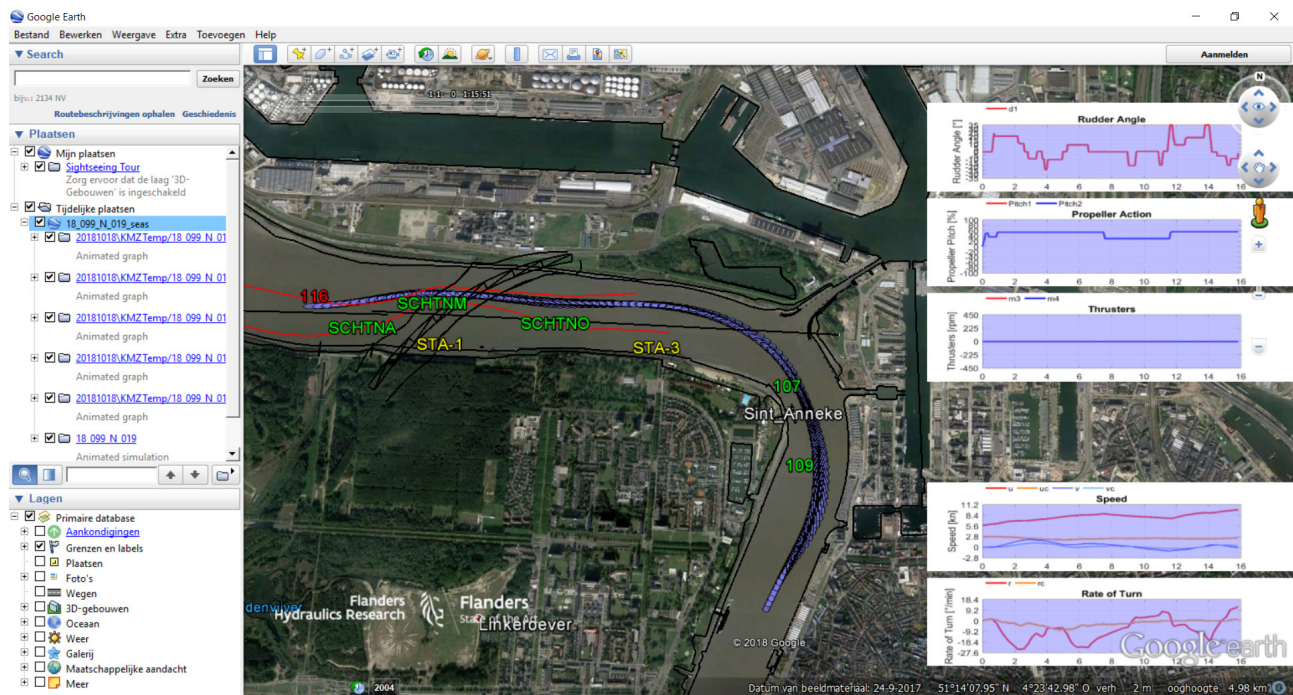
De uitgevoerde simulaties kunnen bekeken worden met animatie in Google Earth op basis van de bijgeleverde KMZ bestanden. Voor het bekijken van deze bestanden werd een korte Engelstalige manual opgesteld.

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:

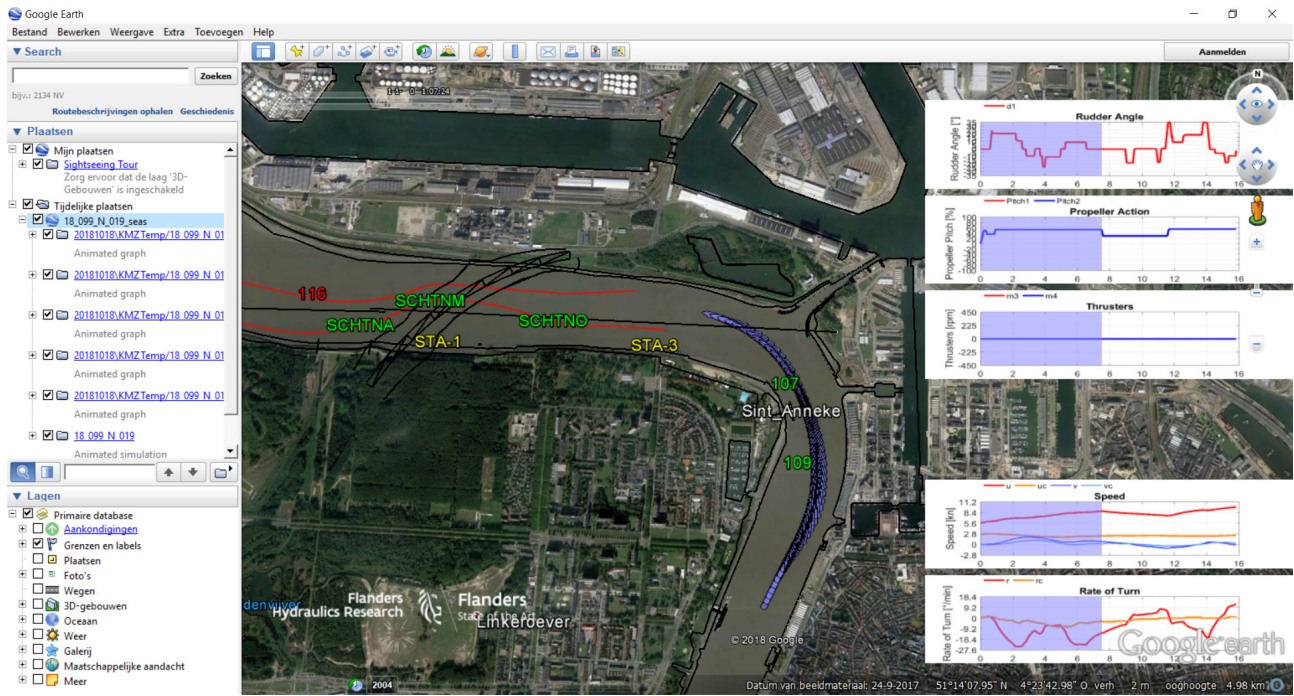
e.g. 18_099_N_019_seas.kmz

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.

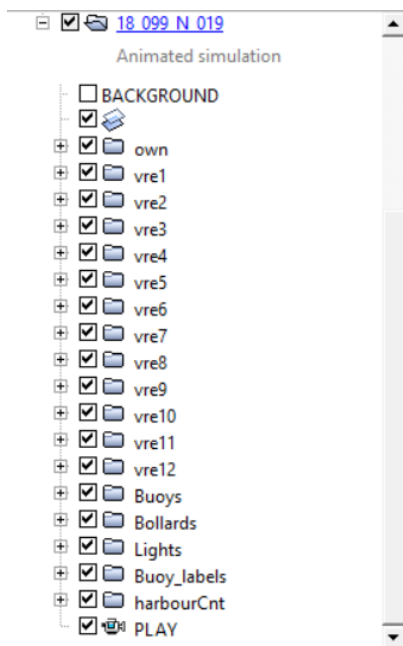


The overlay graphs are light blue on top of the different series in the graphs because the animation is presented from the start to the end of the simulation. If you use the slider on the top left location, you can go back and forward on the graphs and also on the track.

Oosterweel: tijdelijke vaargeulen voor de Scheldetunnel

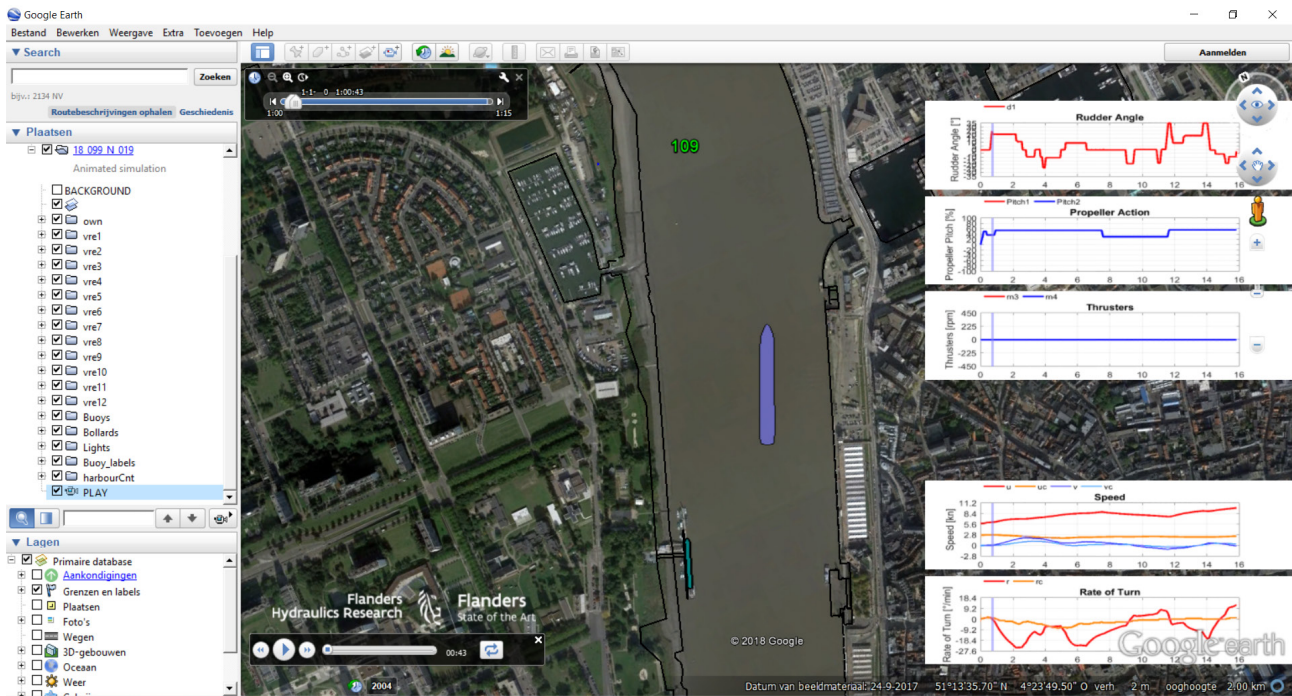


To clearly focus on the track of the own ship you can select the pull down list of the animated simulation



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

The propeller pitch (pitch 1 and pitch 2) with a minimum of -100% (astern) and a maximum of 100% (ahead).

The bow thruster (rn3) or stern thruster (rn4) with a minimum propeller rate of -450 rpm (to port) and a maximum propeller rate of 450 rpm (to starboard).

The longitudinal speed component (u) of the vessel and the longitudinal current speed (uc) with the lateral speed component (v) of the vessel and the lateral current speed (vc).

The rate of turn (r) of the vessel and the rate of turn of the current (rc) on the ship.

A KMZ file, Depthlines_2018.kmz, is added with the depthlines -7.7 m LAT (red), -8.7 m LAT (orange) and -9.8 m LAT (green) for visualisation of the bathymetry.

Appendix B: Enquêteformulier

[18_099] SCHAT

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 de rivier? Ja/Nee

Appendix C: Feedback van de loodsen

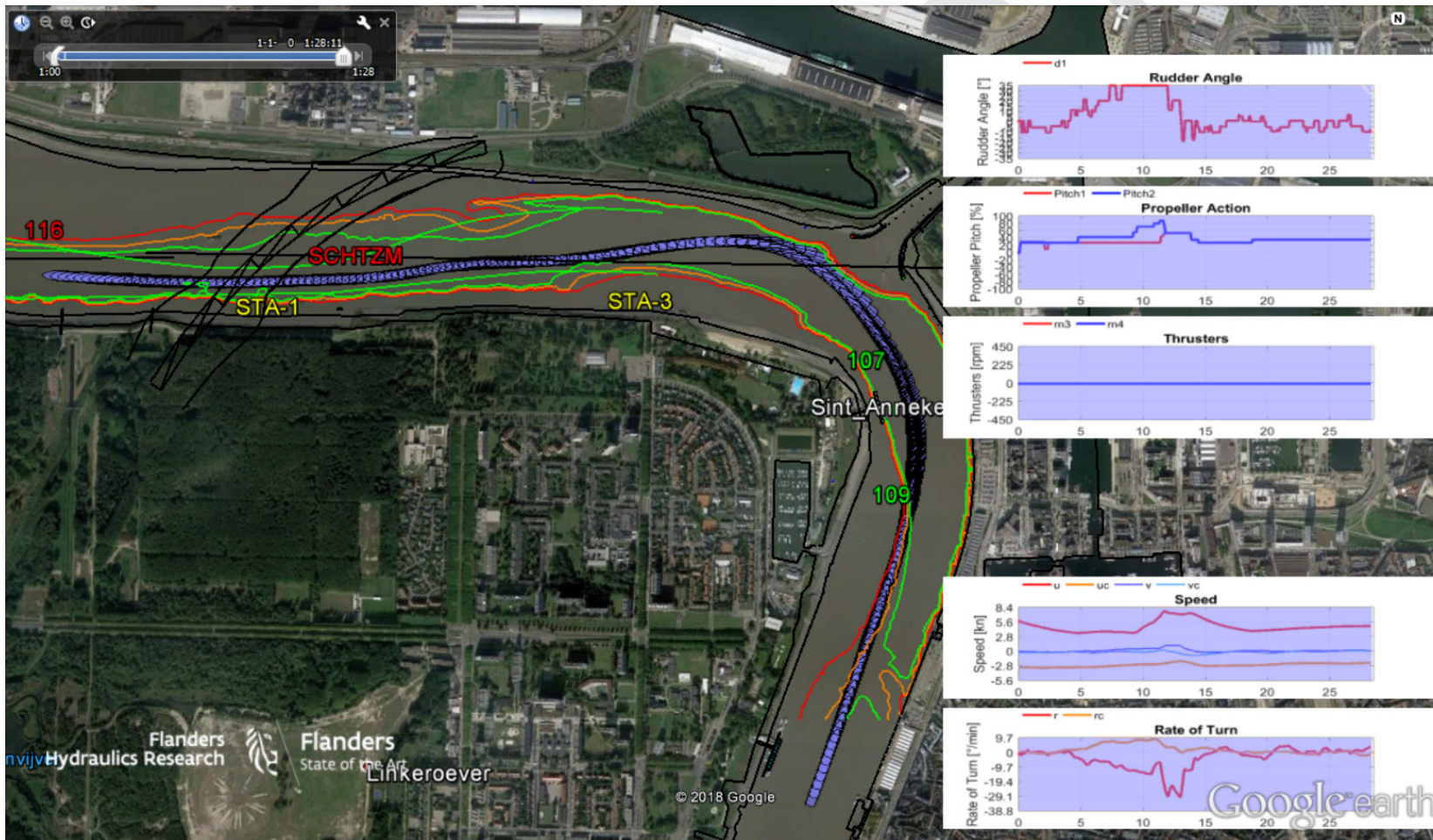
18_099_N_000	Gewenningsvaart. De impact van de stroom wordt niet gezien op de simulator. 3 knopen stroom zijn zeer sterk. Dit heeft bij het uit de noordelijke zone komen een belangrijke invloed door de dwarscomponent die daar ontstaat. Dit manoeuvre zal aan trage snelheid moeten gebeuren zodat het gebruik van boeg- en hekschroeven mogelijk is. Er wordt aan de zuidzijde over de NavLines/vaargeullijnen gevaren.
18_099_N_001	Startpositie/heading was niet goed gekozen. Er wordt over de boei SCHATNM gevaren. Te vroeg beginnen over stuurboord compenseren om de bocht te maken in de smalste zone. Het schip stuurt nogal log. In het vervolg bij vloed meer de noordkant opzoeken. Eventueel ook met sleepboot uitvoeren.
18_099_N_002	Dezelfde simulatie als de voorgaande wordt opnieuw uitgevoerd. Er zal nu echter bij vloed meer aan de noordelijke zijde van de geul gevaren worden voorbij boei 116. Er werd geen rekening gehouden met de noordelijke begrenzing. Voorstel om dit toch met sleepboot te doen. Geen boeg- en hekschroef gebruikt om wille van de hogere snelheden. Er werd rakelings langs de boei SCHATNA gevaren. Deze boei zou beter noordelijker liggen maar voor de laagwaterconditie geeft deze wel de minimale diepte aan voor -7.7m LAT
18_099_N_003	Laagwaterconditie met kleine ebstroom gecombineerd. Het schip loopt voorbij boei SCHATNA aan de grond. Baggeren mogelijk noodzakelijk. Veel invloed van de wind gehad. De marges zijn zeer klein. Met de thrusters compenseren maar dicht bij de ondiepte (efficiëntie van de thrusters, zouden deze in overload gaan). Buiten de noordelijke geul gegaan, dus baggeren noodzakelijk (tussen boeien 116 en SCHATNA) of met een sleepboot nog proberen. Log schip maar ook weinig effect van de thrusters.
18_099_N_004	Te laat hard stuurboord gezet. Heel log schip. De invloed van de wind is zeer sterk. Opvangen van oploeven. Voorstrooms het manoeuvre doen vereist een sleepboot.
18_099_N_005	Bij voorkeur toch sleepboot gebruiken bij voorstrooms vaart. Invloed van de wind. Tussen boei 116 en SCHATNA recht baggeren.
18_099_N_006	Het is vlot verlopen. Het schip wordt zo dicht mogelijk in de heading van de stroming gehouden.
18_099_N_007	Dit is te doen. Tussen boei 116 en boei SCHATNA moet de NavLines aangepast worden zodat dankzij baggeren de uitloop aan afwaartse zijde meer in lijn verloopt met de opwaartse zijde.
18_099_N_008	Mits aanpassing tussen de boeien.
18_099_N_009	Het venijn zit hem in de staart. De reflex was dat het schip zoals containerschepen manoeuvreerde waardoor de bocht zou open gevaren worden. Beter is een minder grote hoek met de stroom te maken. Hier nog tegenstrooms. Het is goed dat de boeien niet in poortjes liggen.
18_099_N_010	De menselijke factor is belangrijk. Je moet de hele tijd zeer geconcentreerd zijn. De invloed van de stroom is sterk indien je een hoek maakt met de stroom. Dus in het vervolg meer de rode boei 116 aanvaren of meer parallel met de stroom. De snelheid

	eventueel lager houden. Afstappen van het goed rond de boei varen zoals bij grote containerschepen die meer inertie hebben. Er zullen toch meer limieten moeten ingesteld worden dan in de huidige regeling. Vrij zijn van kades voor ook kleinere schepen, maximale limiet voor de wind.
18_099_N_011	Het schip komt midwater (tussen boei SHTNM en dieptelijn op diepgang uit op het smalste stuk). Dit kan eigenlijk als positief bestempeld worden. Hiervoor moet de noordelijke grens van de noordelijke vaargeul beter niet meer met boeien aangegeven worden. Snelheid rond 9 à 10 knopen over de grond. Zo plat mogelijke S maken waardoor het achterschip geen te grote hoek met de stroom maakt.
18_099_N_012	De S niet plat genoeg, stuurboord achter dicht bij de dieptelijn. Iets proactiever de boeg naar de groene boei SHTNM sturen zodat er al een hoek naar de nieuwe voorligging achter het poortje is gekomen.
18_099_N_013	Het is gelukt, maar het is niet veilig gezien zowel aan zuidzijde als aan noordzijde (afwaarts boei SHTNA) door de rode navigatielijn wordt gevaren. Bij laag water (gezien de diepganglijn net op de navigatielijn ligt voor afbakening van de zone) zou aan de zuidzijde ten zuiden van de boei SHTNA de werktuigen voldoende van het schip moeten blijven. Bijvoorbeeld 100 m.
18_099_N_014	Tegenstroom en trager varen, uiteraard met zeer weinig diepte. Het uitbaggeren van de zone tussen boei 116 en SHTNA is noodzakelijk. Het is comfortabeler dan de vorige simulatie omwille van tegenstroom. Boeien aan noordzijde werden verwijderd.
18_099_N_015	Boeien noordzijde niet aanwezig. Het schip heeft door de noordenwind de wind dwars op zich naar de werkzone van de tijdelijke geul. De boeg van het schip moest tussen de SHTNM en SHTNO tegen de noordenwind driften. Hierdoor is het schip naar het noorden georiënteerd terwijl na boei SHTNM het schip over bakboord moet gebracht worden. 20 graden roer gedurende deze periode.
18_099_N_016	Het schip is gecorrigeerd voor de schroef- en roersoftware aanpassingen. Baggeren ten noorden van de noordelijke vaargeul. Rakelings langs de dieptelijn, dus de dieptelijnen moeten eerder de tracks volgen.
18_099_N_017	
18_099_N_018	Vloeiend manoeuvre bij maximale vloedstroom. Ook indien niet rakelings langs boei 116 wordt gevaren en de hoek met de stroom groter is, kan het schip goed gestuurd worden rond de werkzone.
18_099_N_019	
18_099_Z_000	Het enige kritische was door de bocht van de Rijnkaai komen. De zuidelijke vaargeul kan vlot aangevaren worden. Dit kan dus nog getest worden met hogere windsnelheden.
18_099_Z_001	Deze zuidelijke vaargeul bij opvaart en vloed is ook vlot uit te voeren.
18_099_Z_002	Het schip stuurt (te) goed. Nog niet duidelijk of het schip oploeft of niet. De ideale omstandigheden: niet te veel wind en zeer weinig ebstroom. Het schip kan gestrekt worden voor je aan het smalste stuk komt.

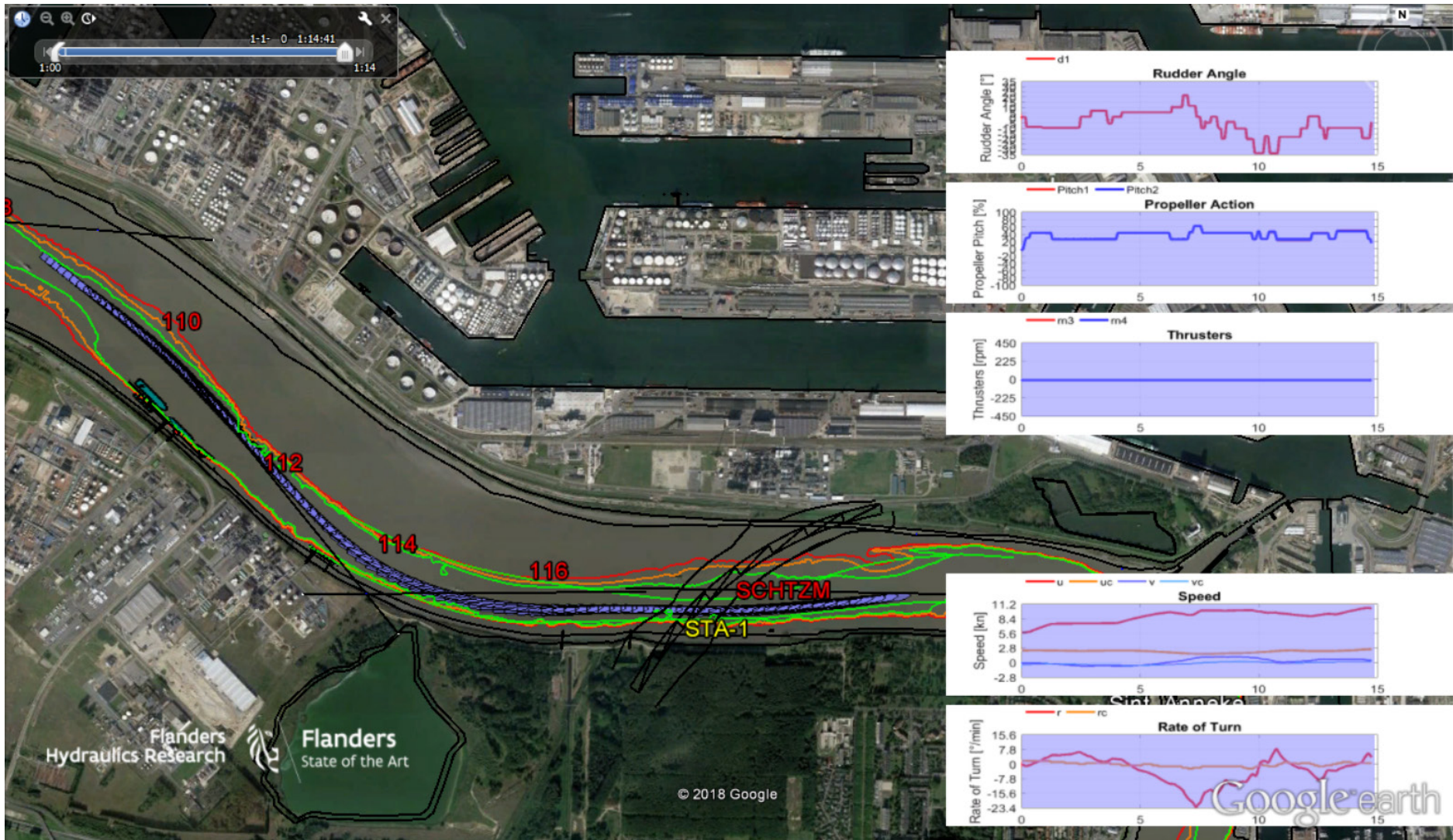
Appendix D: Individuele Google Earth views

Zuidelijke vaargeul

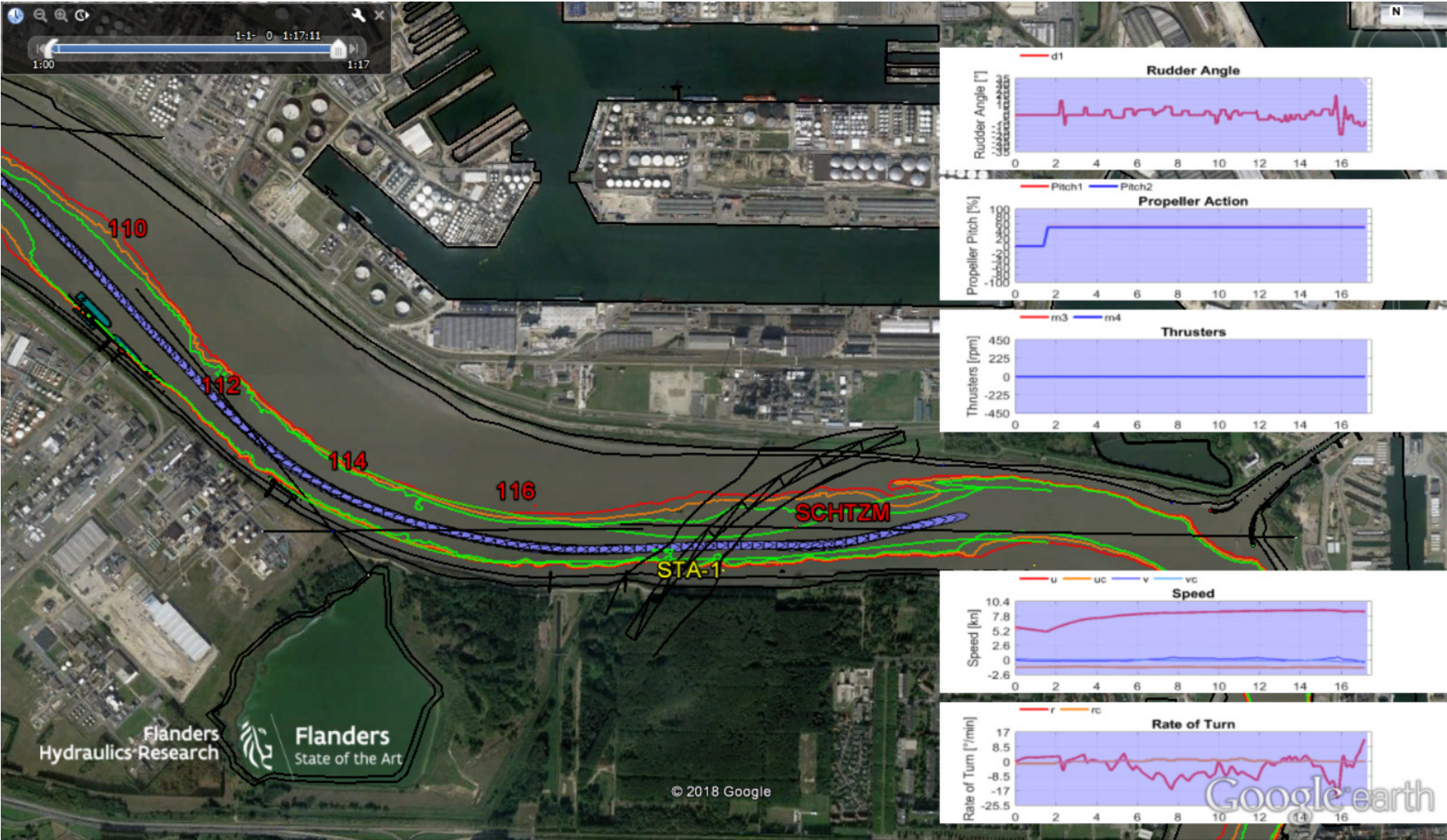
Z_000 (afvaart, ZW 4 Bft)



Z_001 (opvaart, NW 5 Bft)

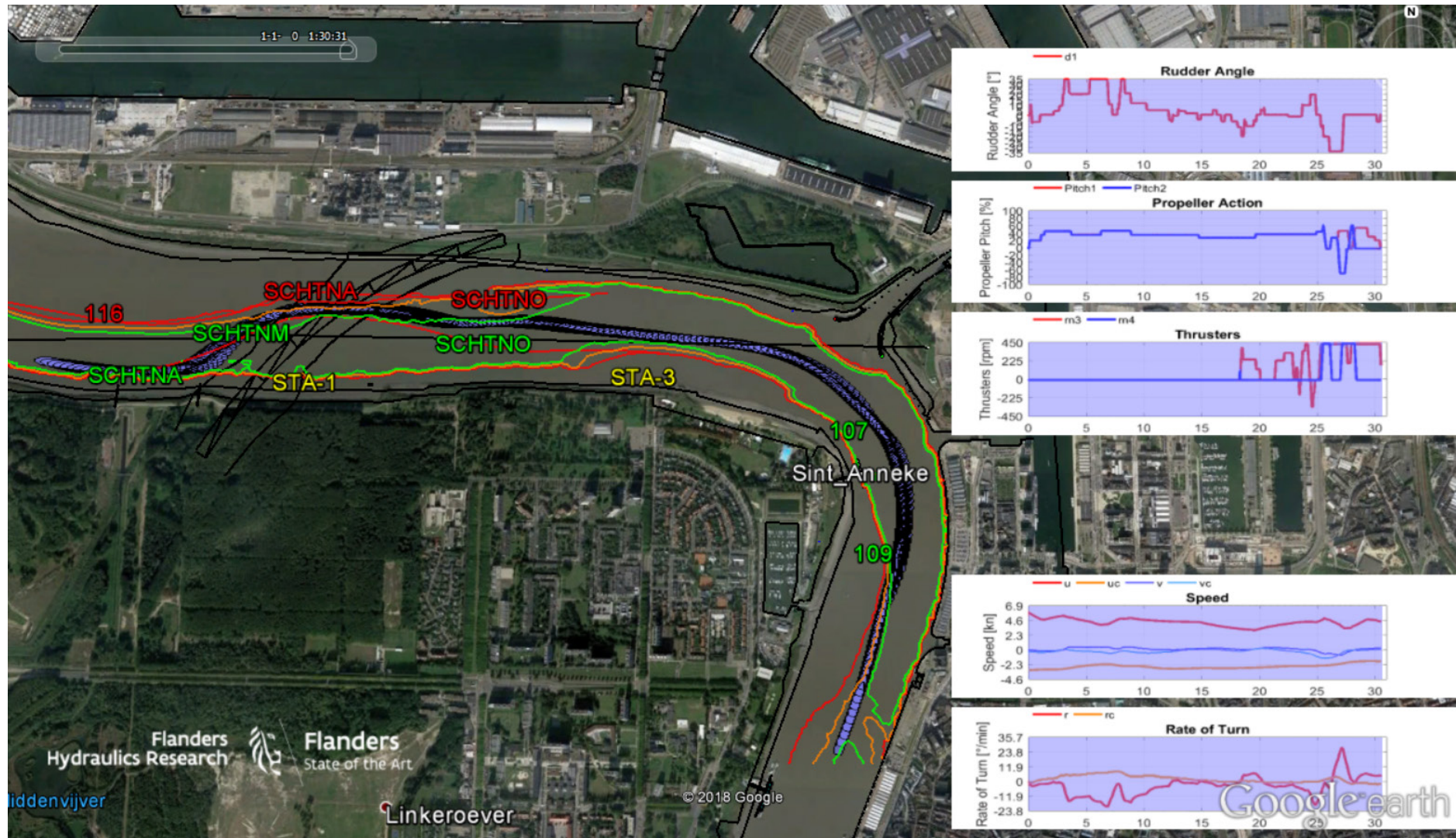


Z_002 (opvaart, ZW 4 Bft)

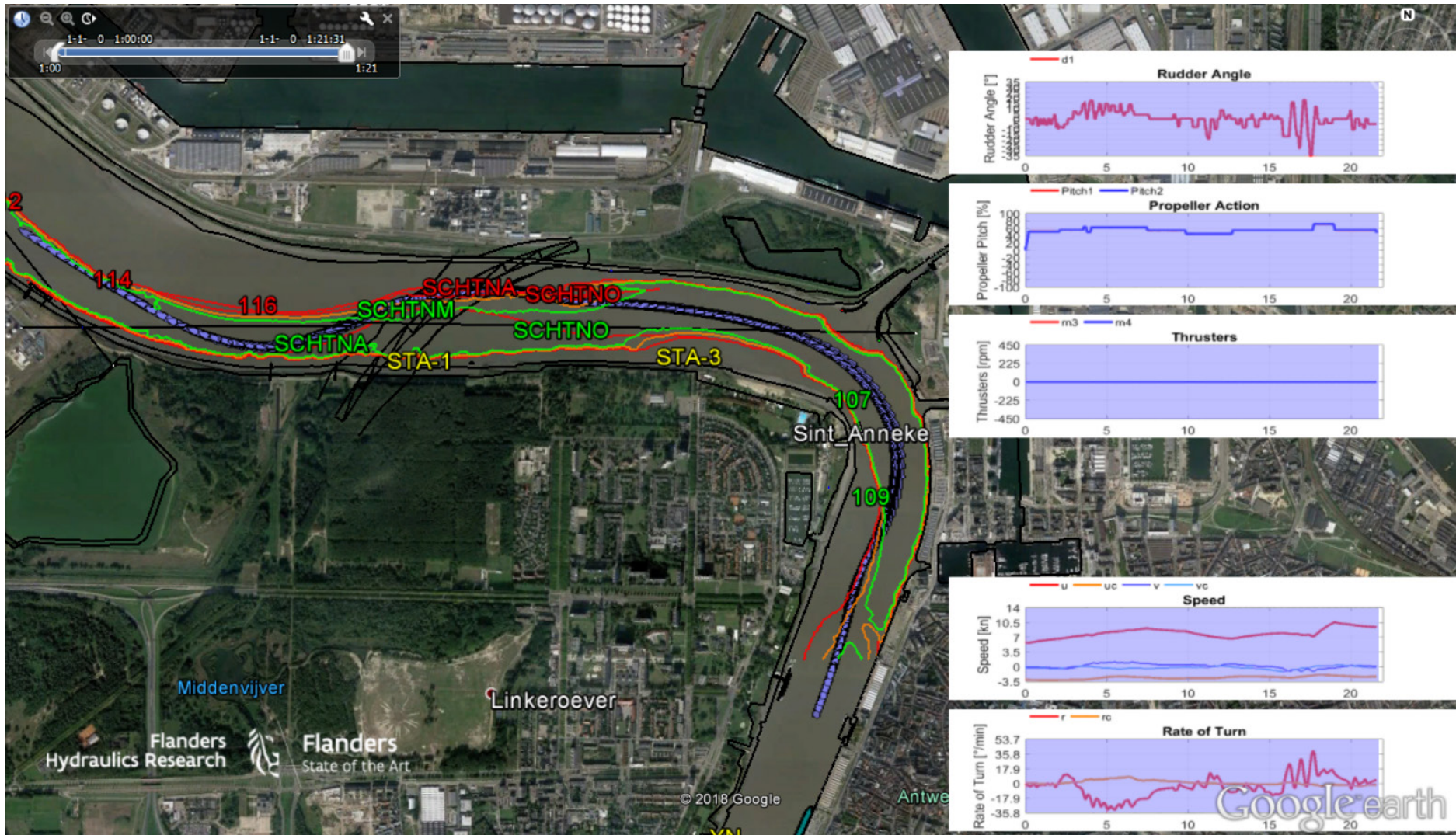


Noordelijke vaargeul, maximale vloedstroom

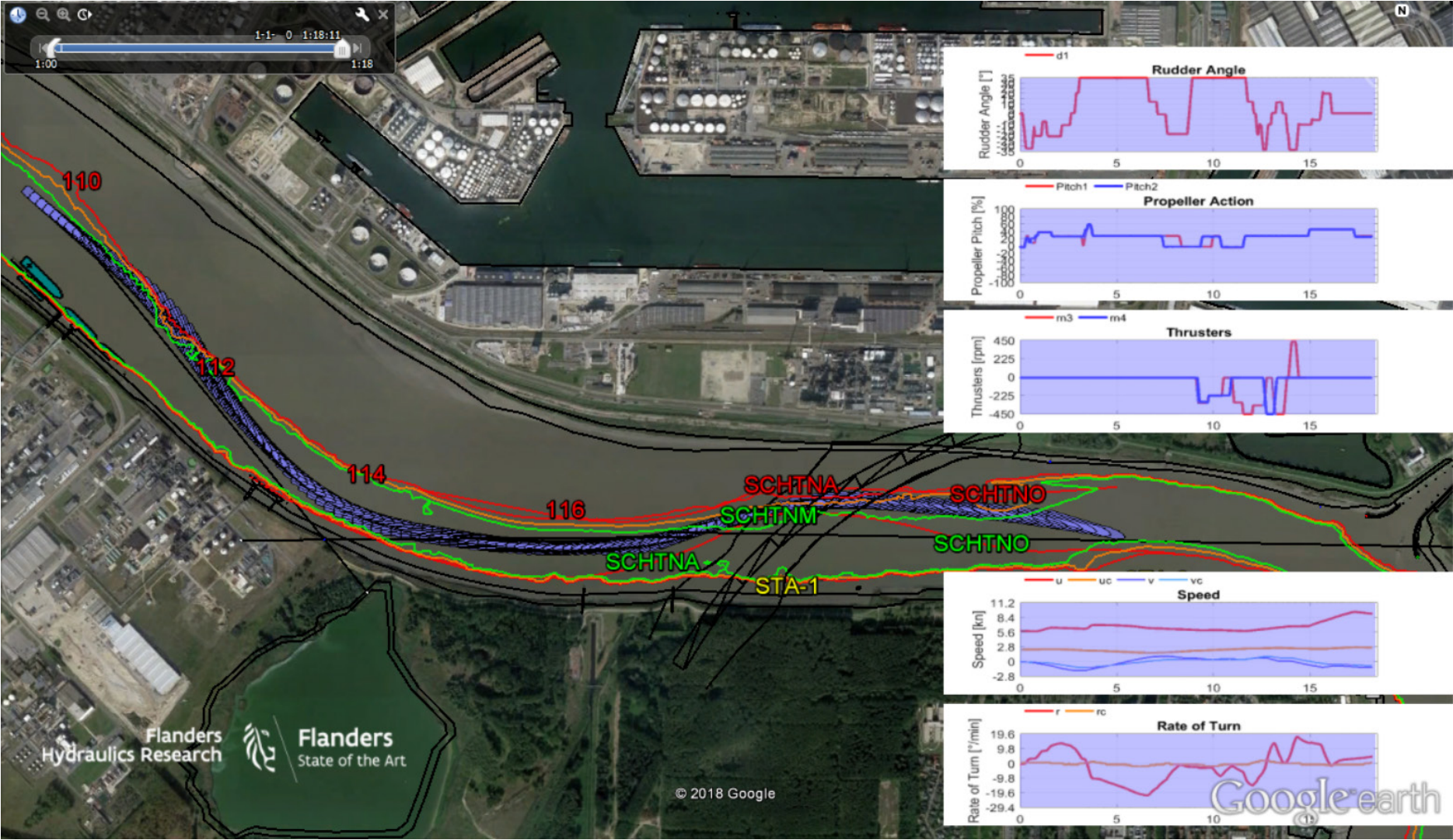
N_000 (afvaart, ZW 3 Bft)



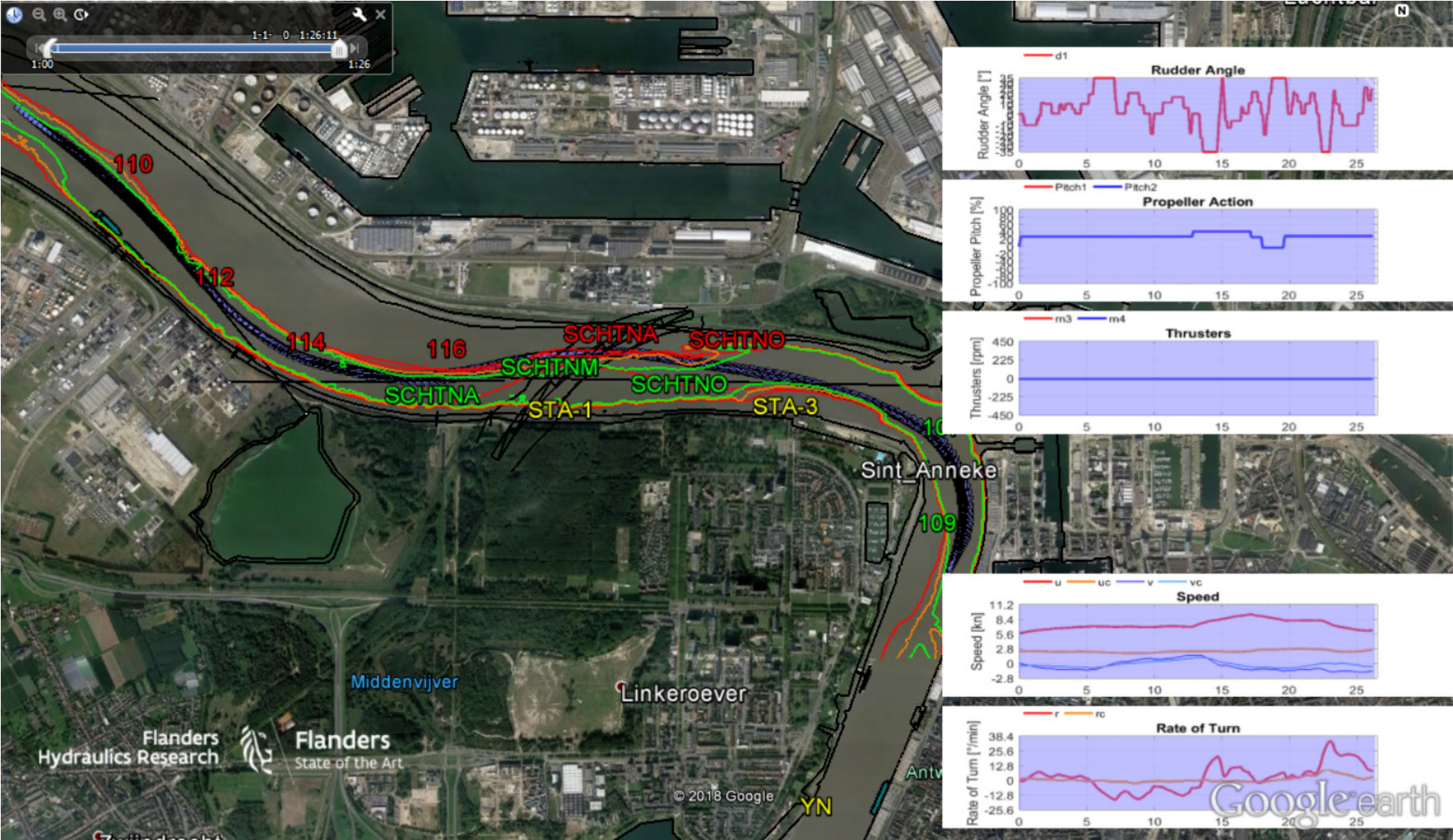
N_009 (afvaart, ZW 5 Bft)



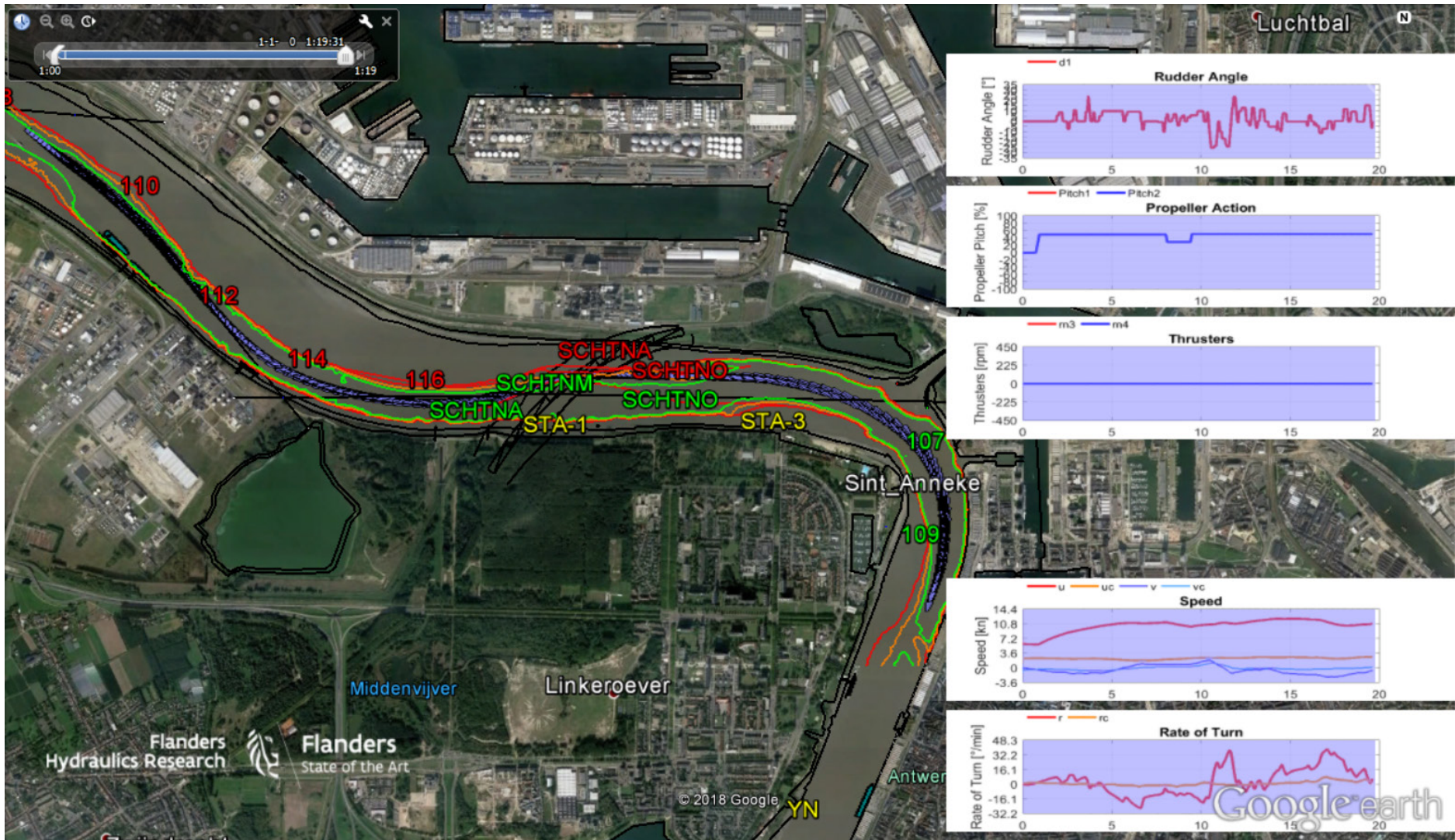
N_001 (opvaart, ZW 4 Bft)



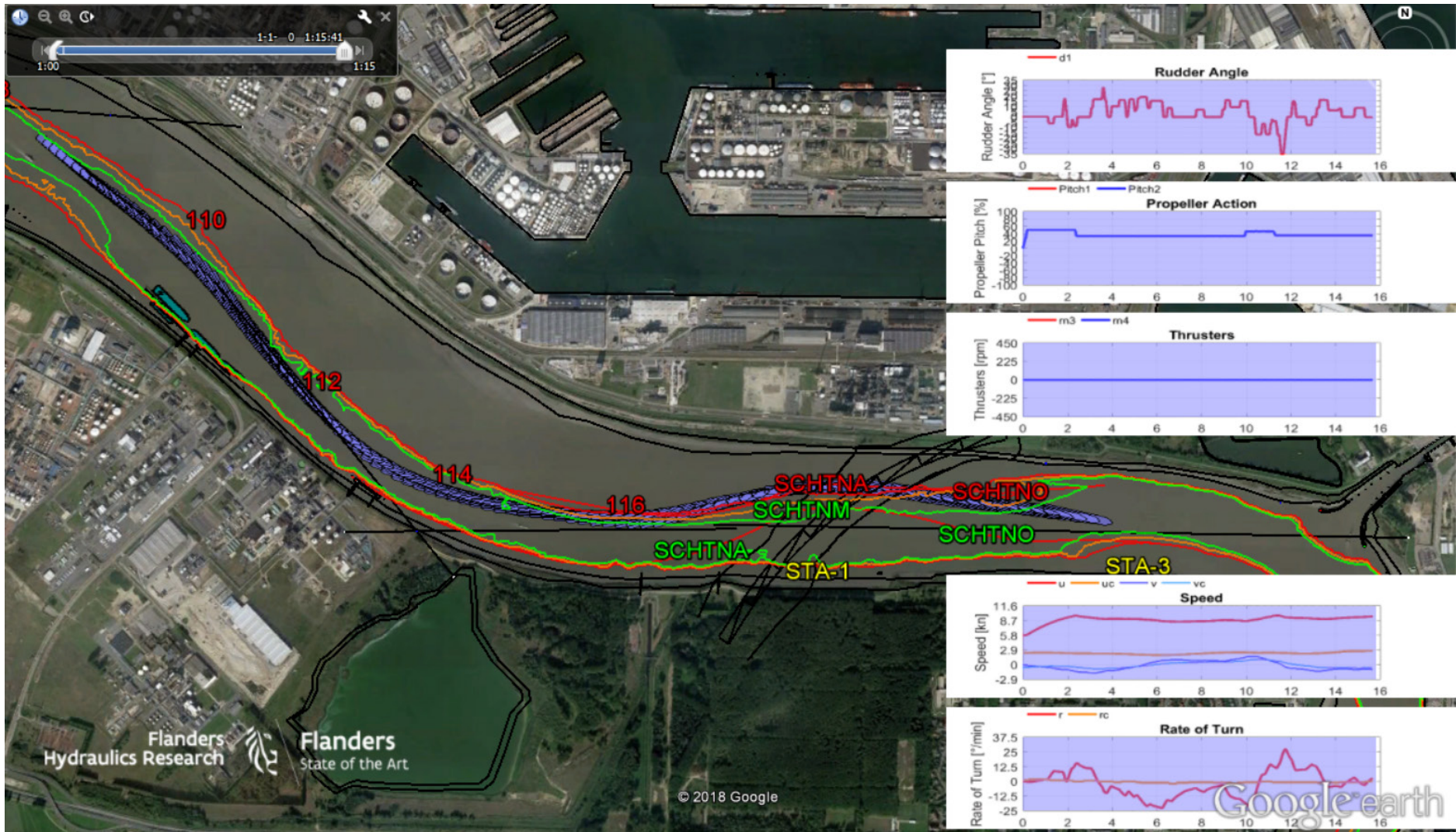
N_002 (opvaart, ZW 4 Bft)



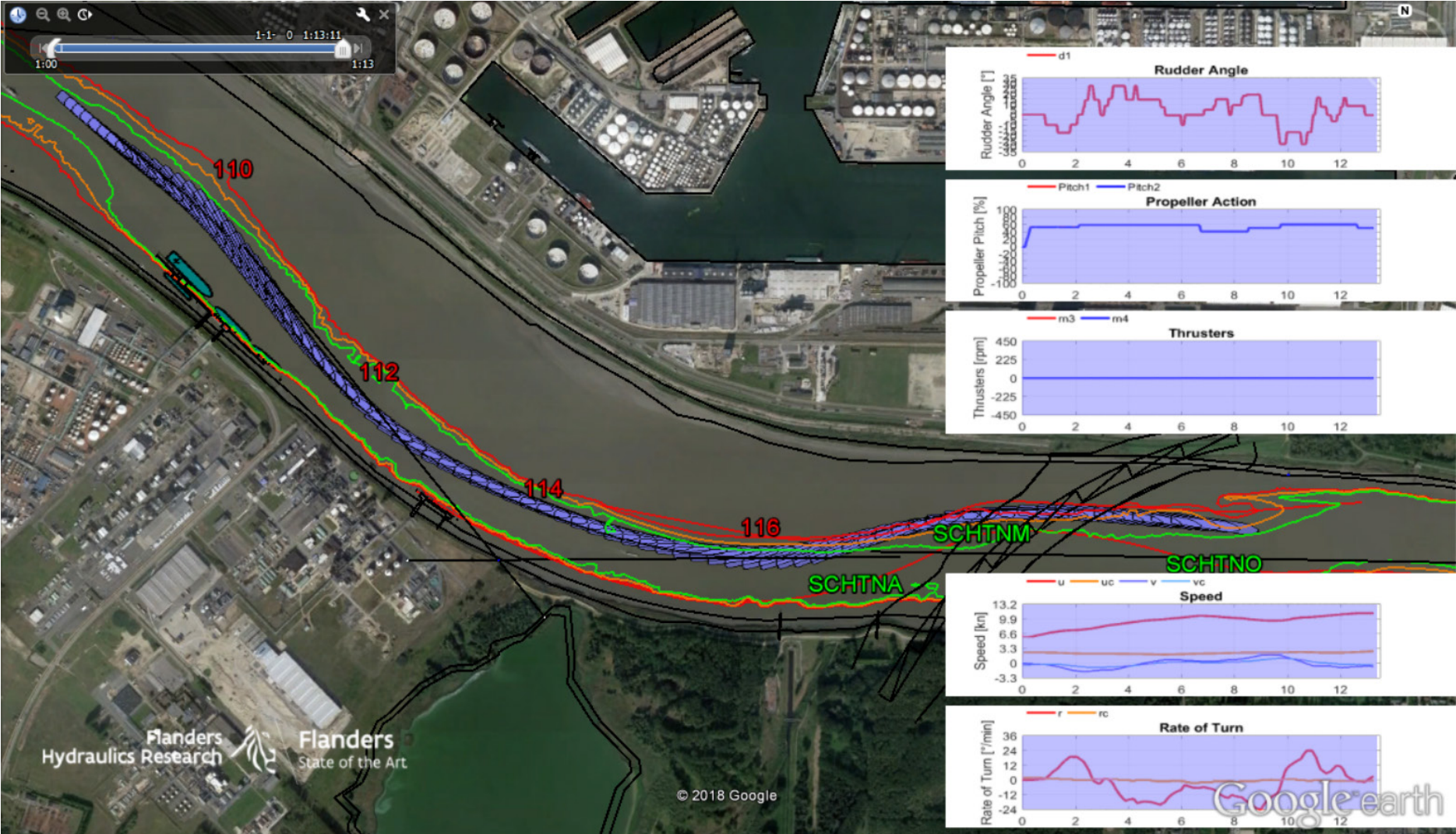
N_010 (opvaart, ZW 5 Bft)



N_011 (opvaart, ZW 5 Bft)

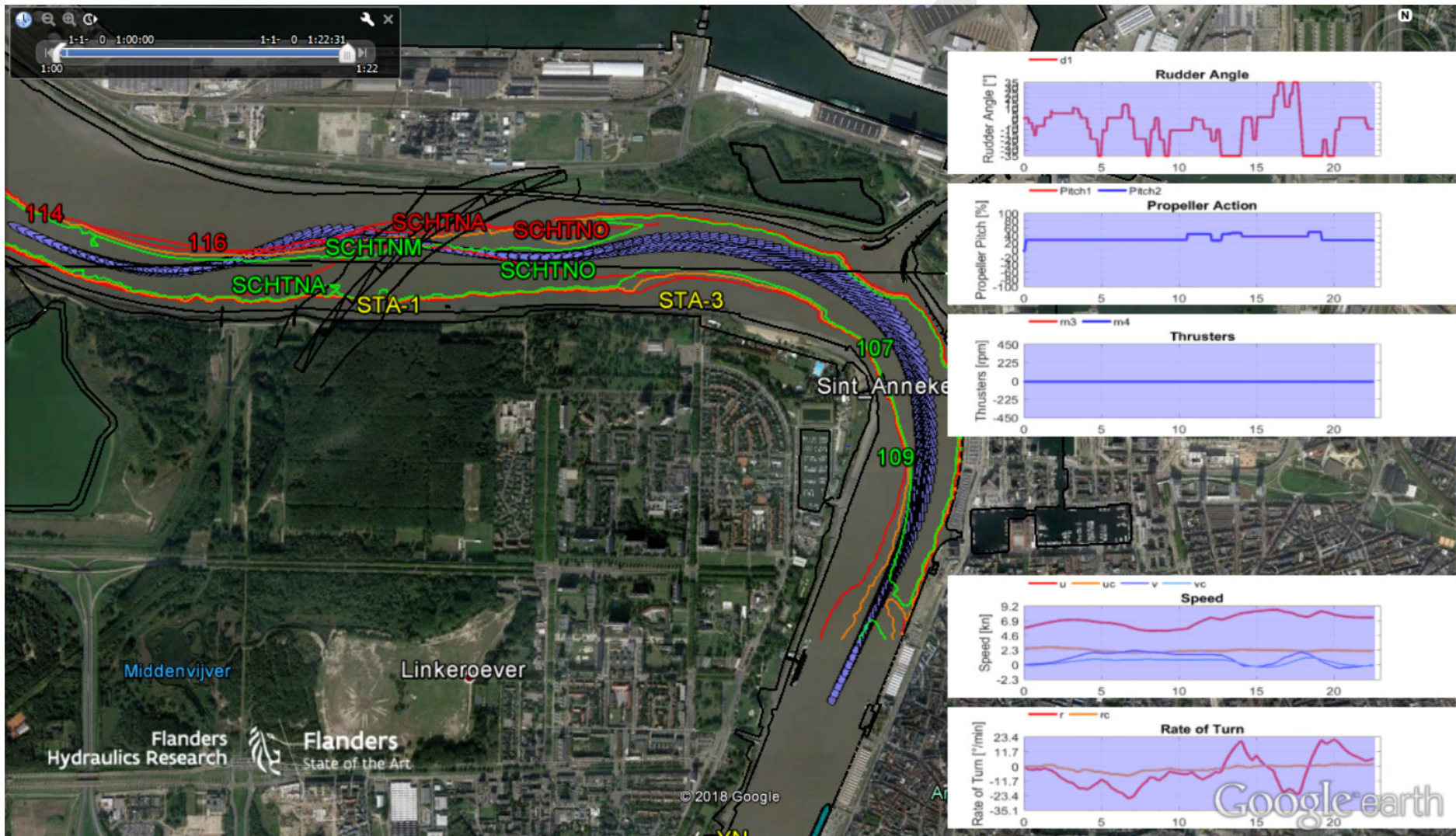


N_018 (opvaart, ZW 5 Bft)

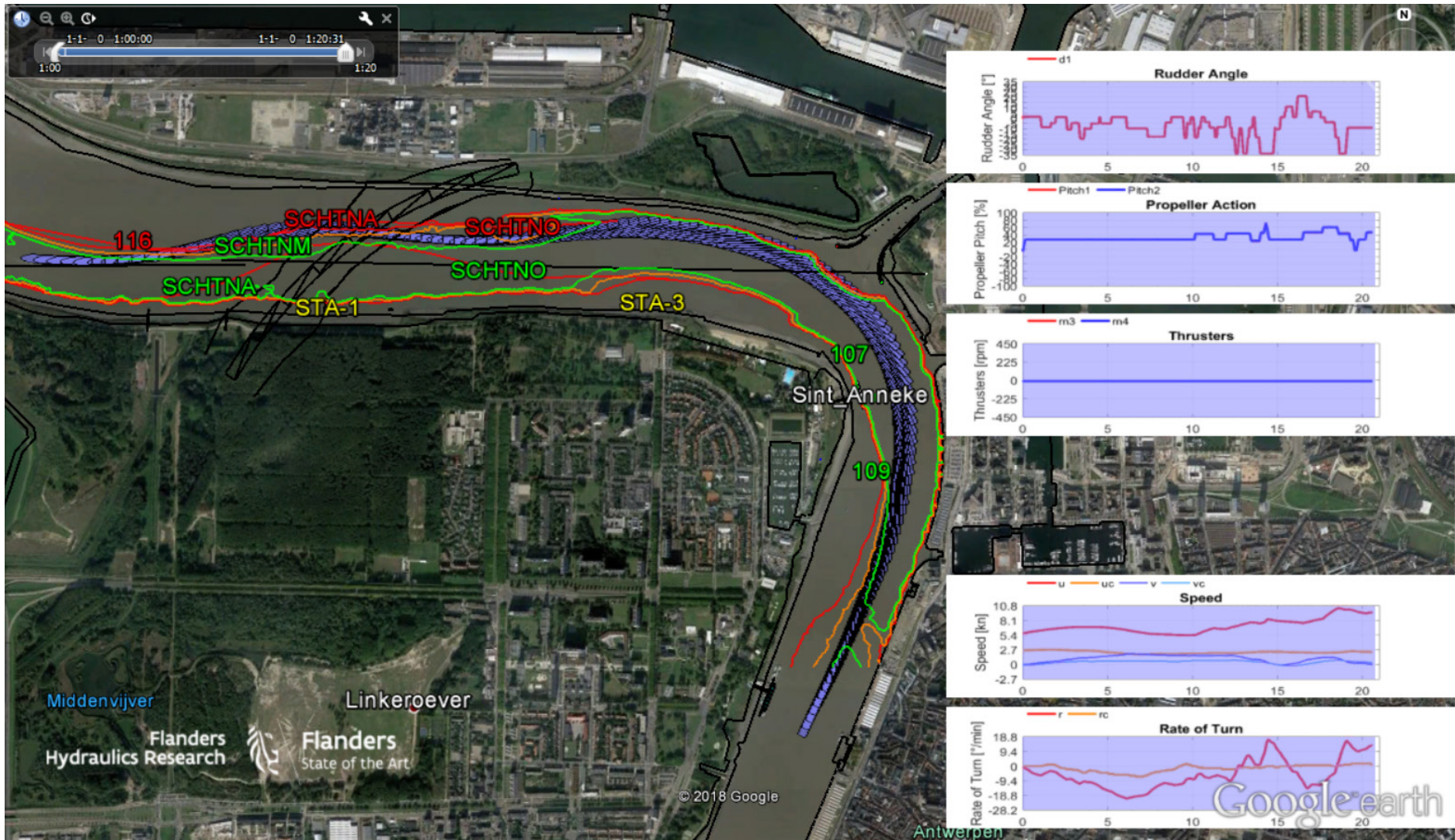


Ebstroom

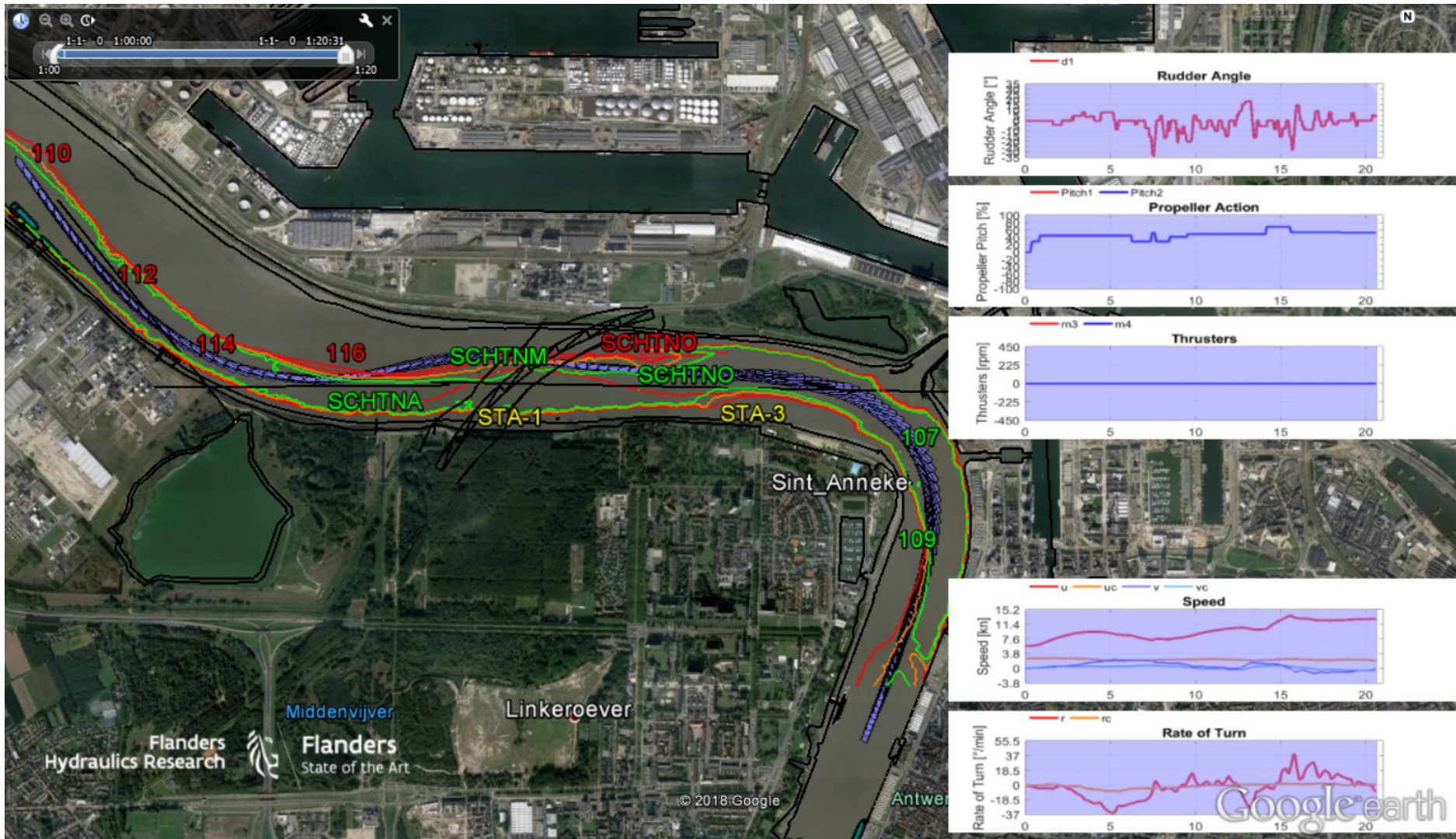
N_004 (afvaart, ZW 5 Bft)



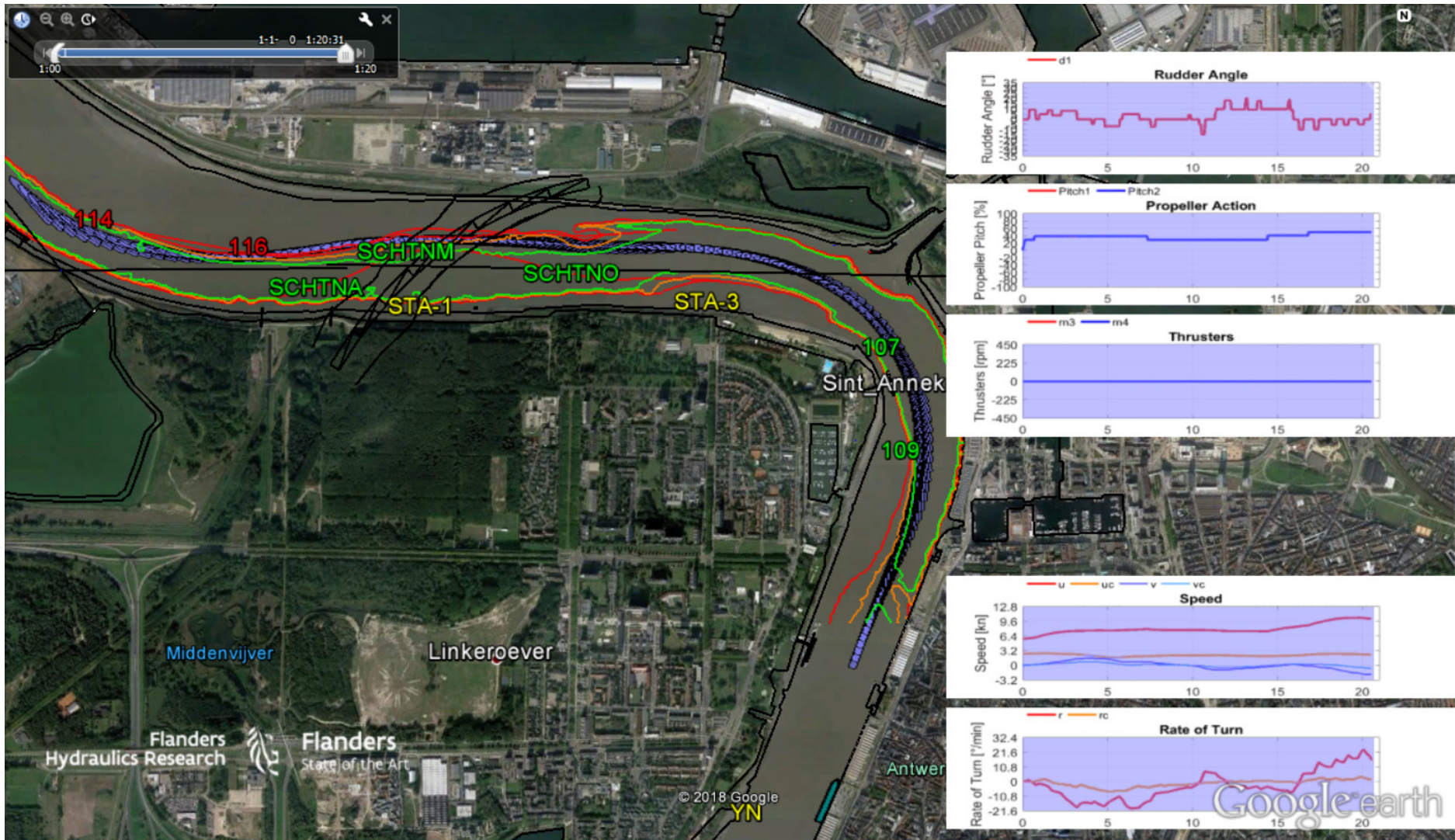
N_005 (afvaart, ZW 5 Bft)



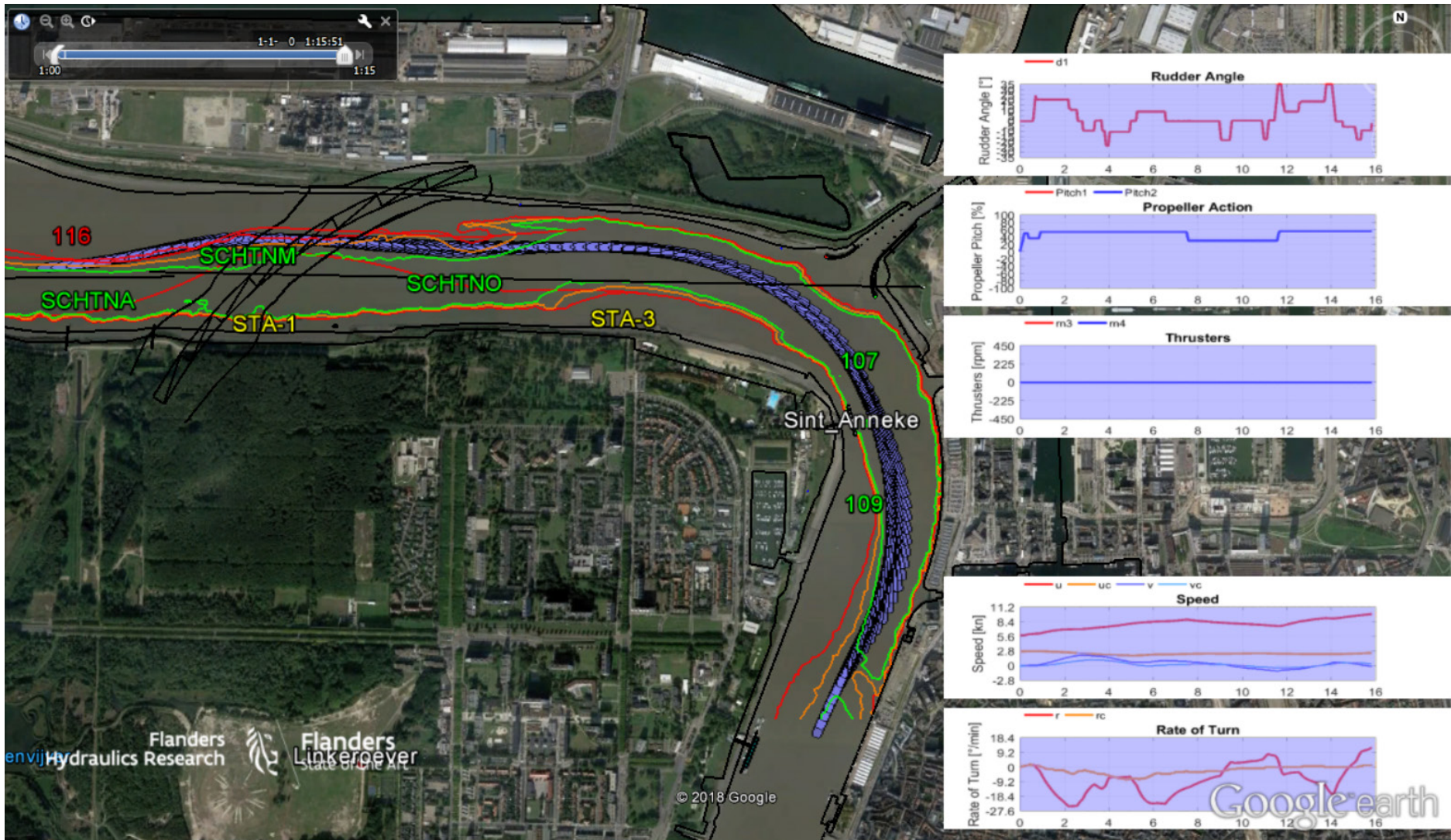
N_012 (afvaart, ZW 5 Bft)



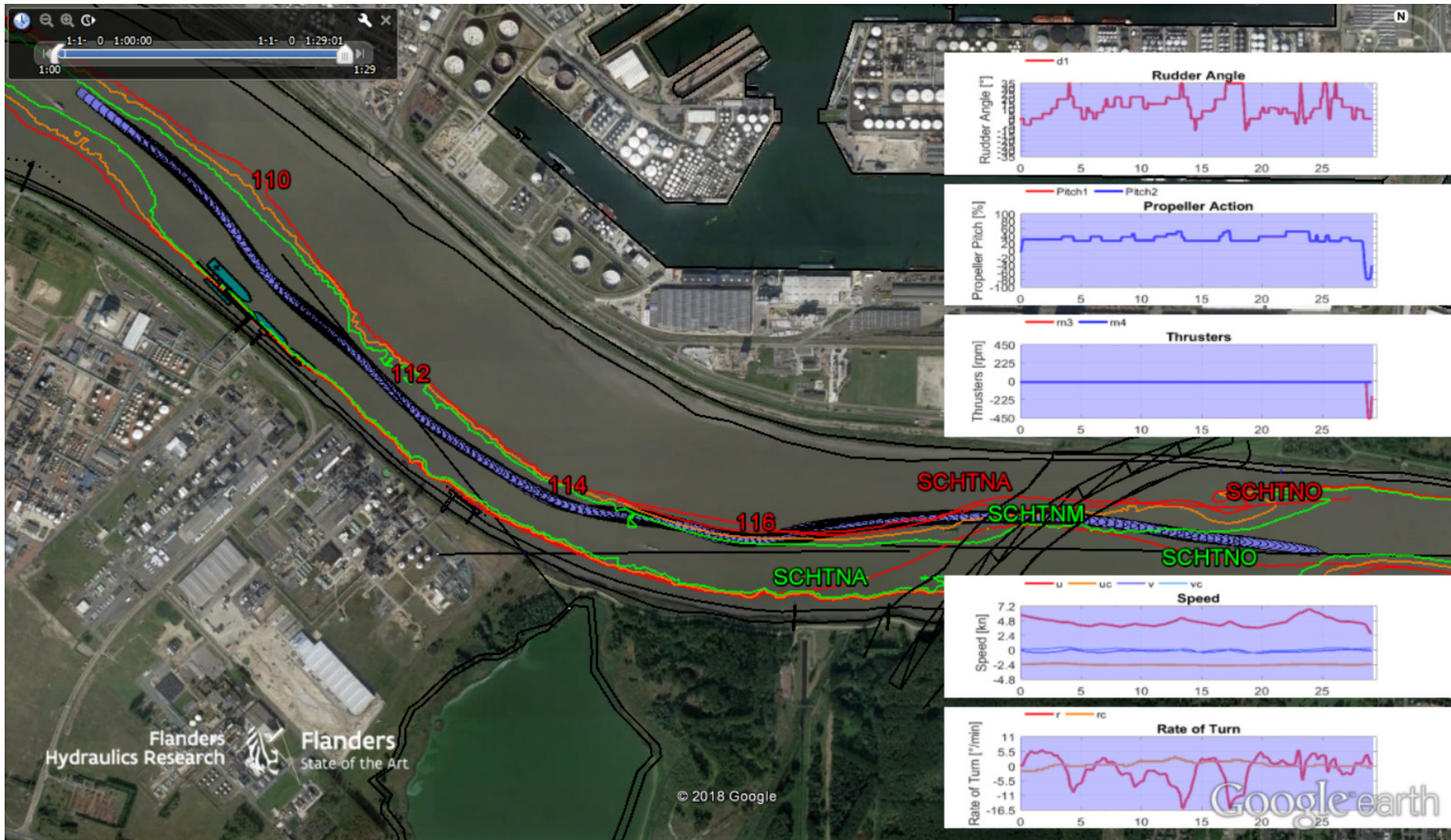
N_015 (afvaart, N 5 Bft)



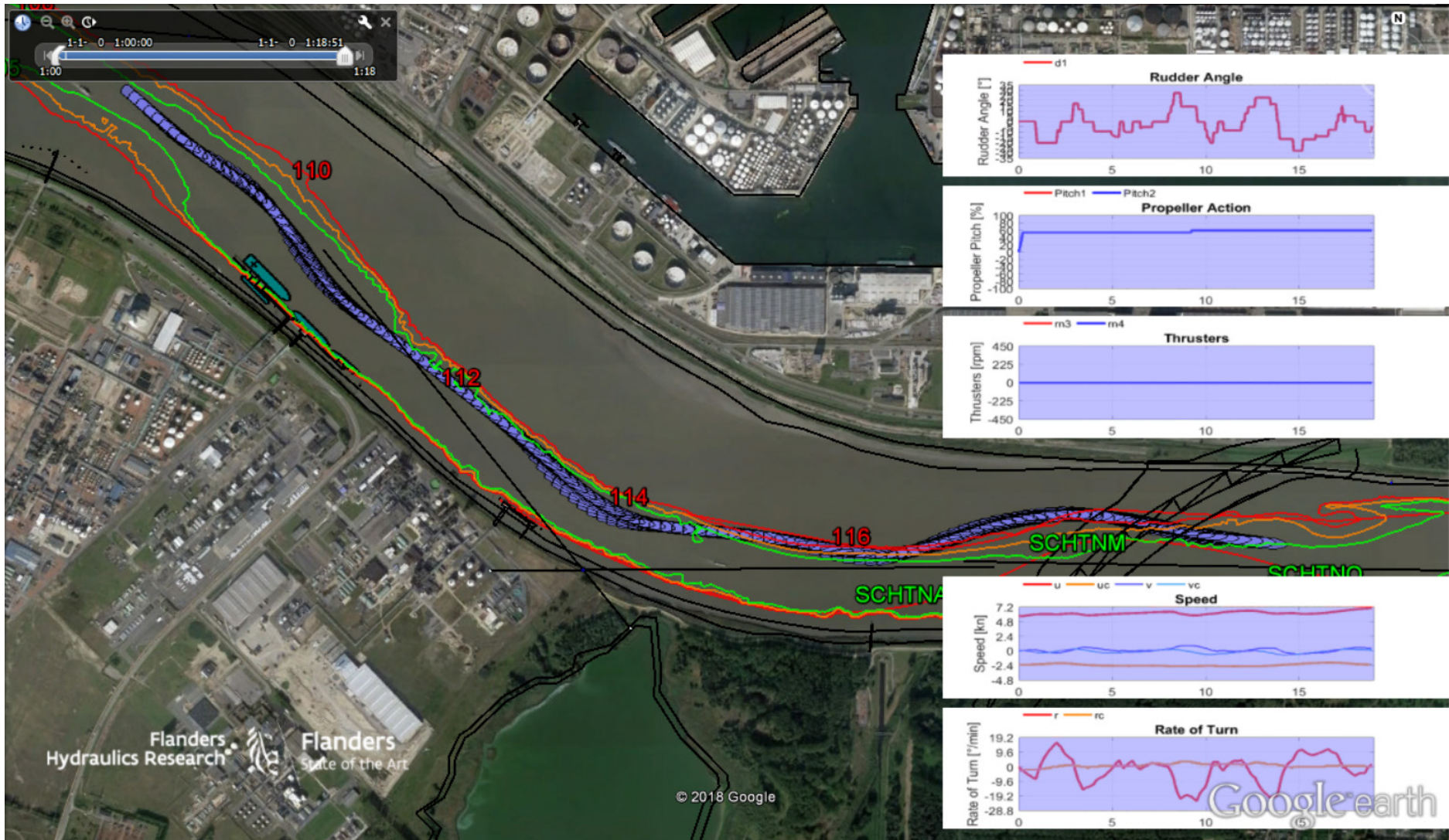
N_019 (afvaart, N 5 Bft)



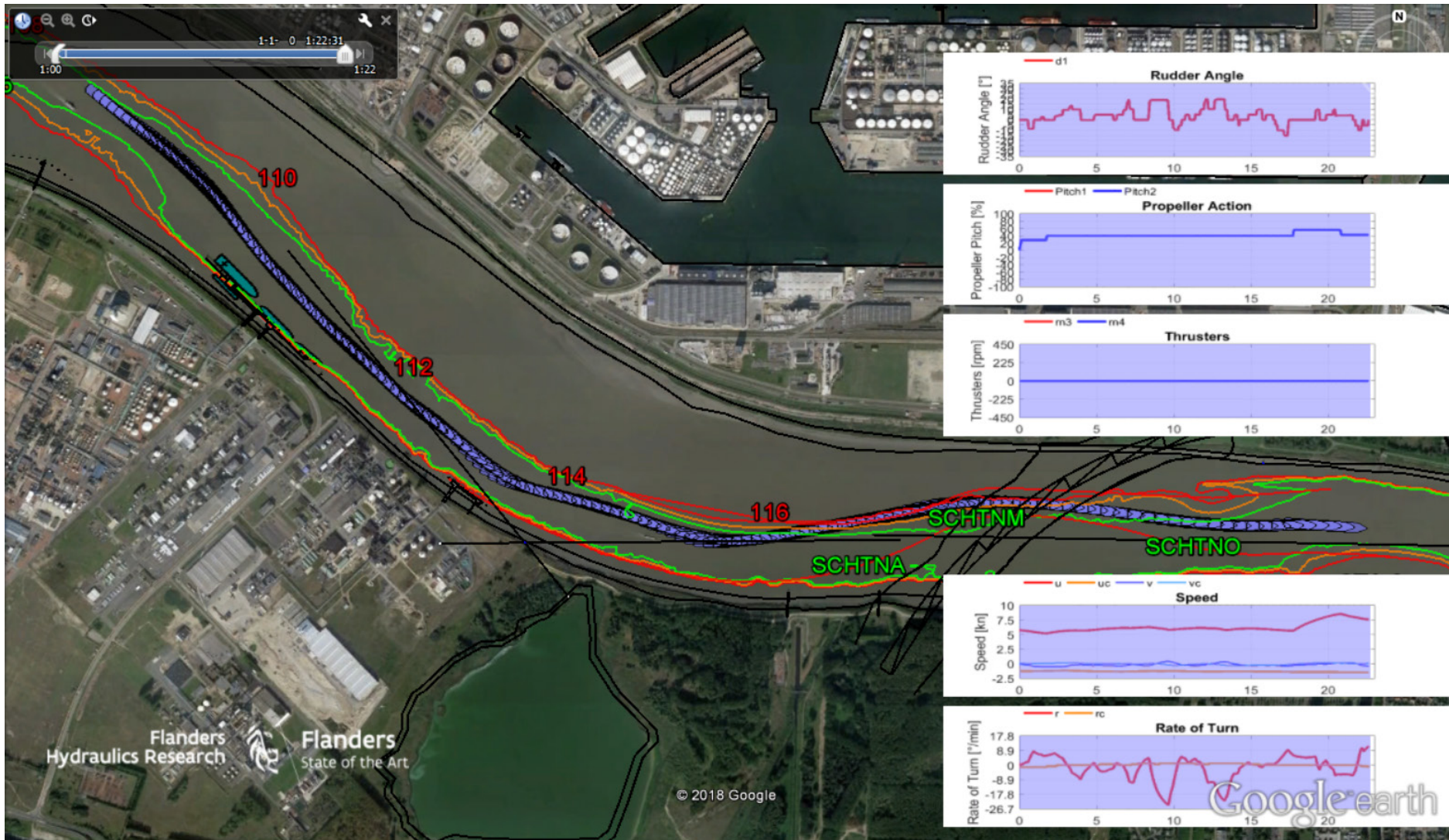
N_006 (opvaart, ZW 5 Bft)



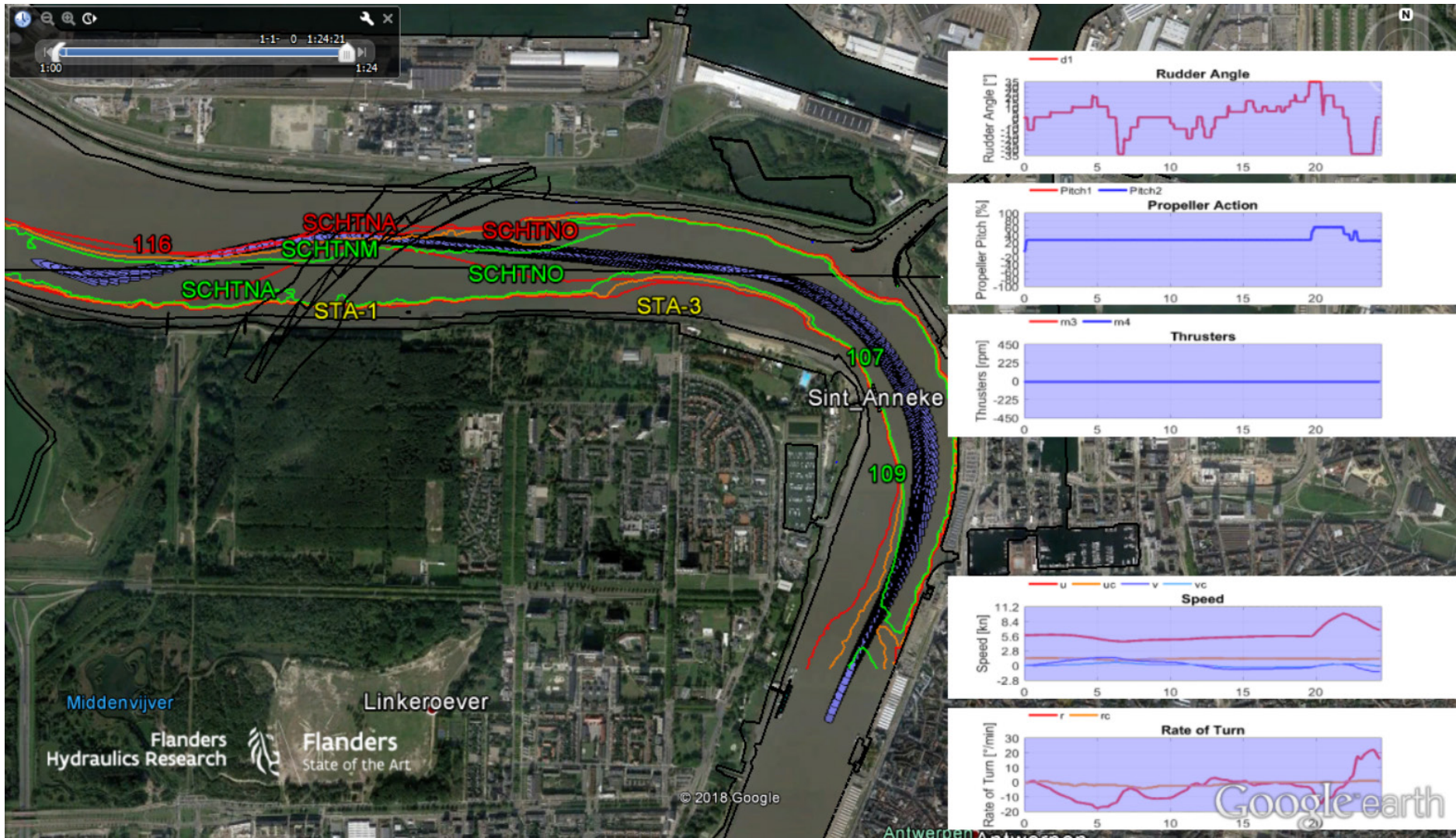
N_016 (opvaart, N 5 Bft)



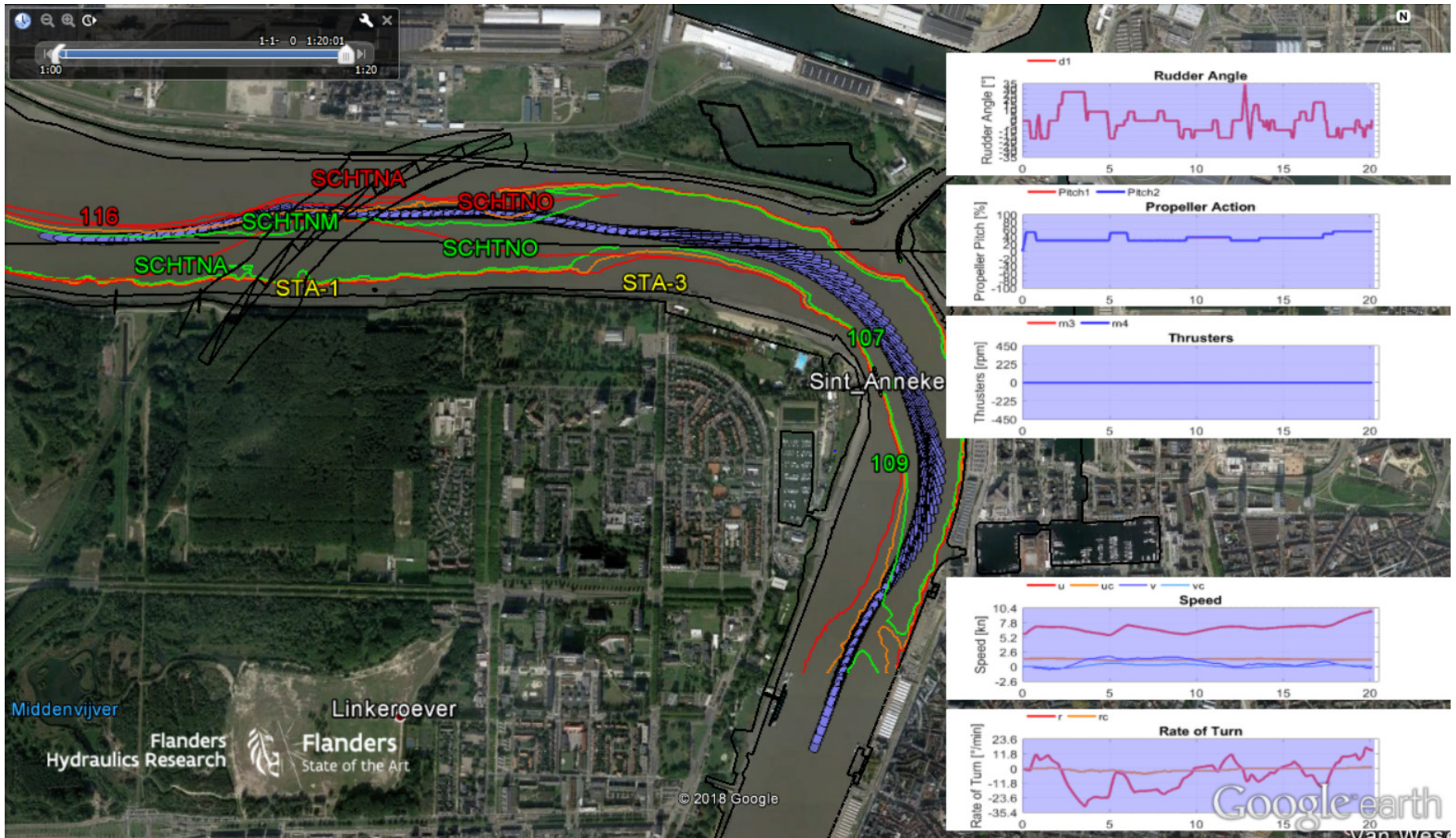
N_014 (opvaart, ZW 5 Bft)



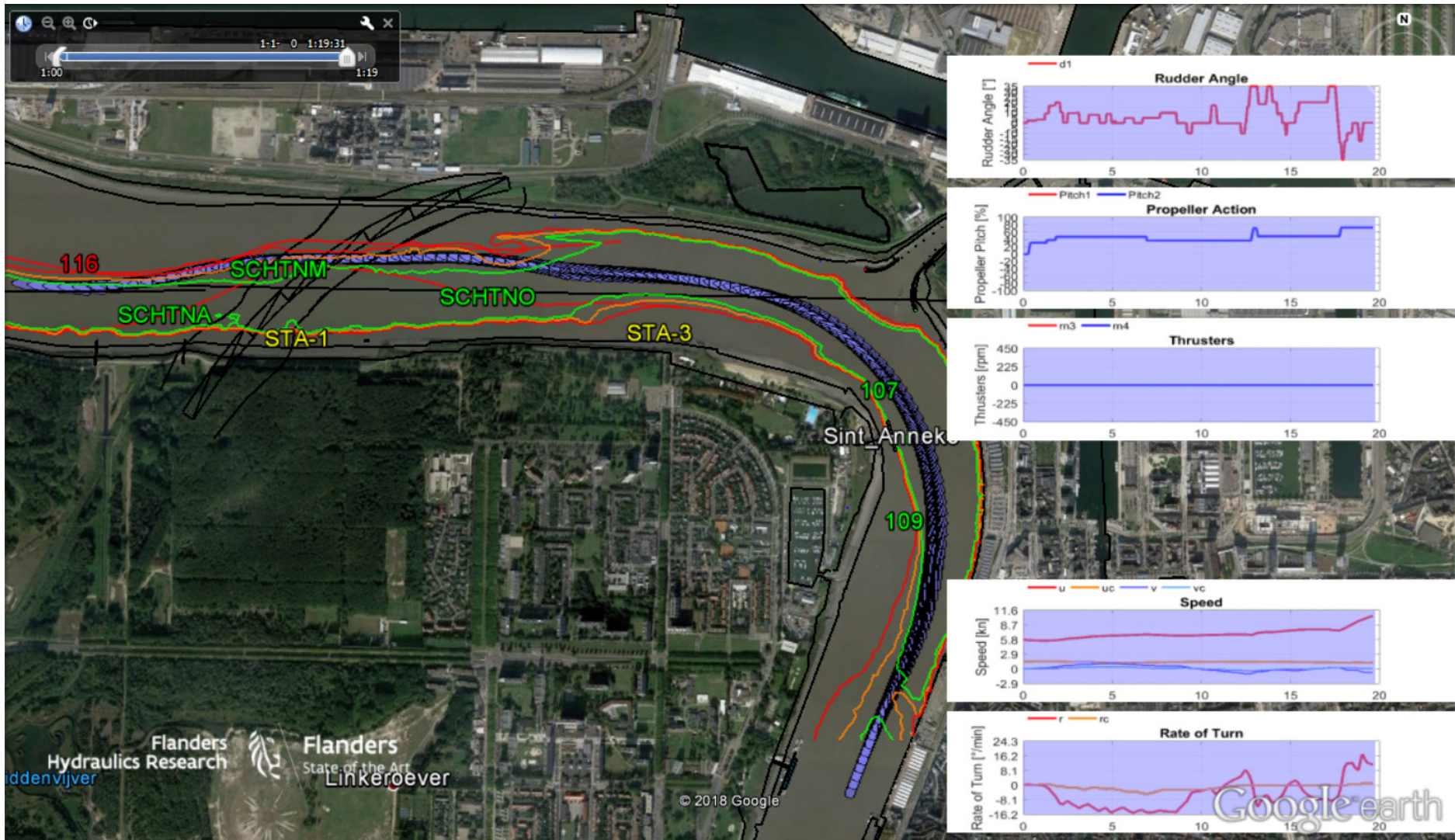
N_008 (afvaart, NW 5 Bft)



N_013 (afvaart, ZW 5 Bft)



N_017 (afvaart, N 5 Bft))



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