BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

NAUTISCHE WINDHINDERONDERZOEK T.B.V. NIEUWBOUW DEN HELDER

Real-time simulaties

Rapport nr.	:	35204-1-MO-rev.0
Datum	:	26 april 2024
Versie	:	rev. 0 Concept rapport

Public

NAUTISCHE WINDHINDERONDERZOEK T.B.V. NIEUWBOUW DEN HELDER

Real-time simulaties

Opdrachtgever : Rijksvastgoedbedrijf

Gerapporteerd door : Ir. M. van der Wel

Paraaf management :

Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
Rev. 0	26 april 2024	concept	H.L.J. Ammerlaan

Public

INHOUD **PAGINA**

LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN II

1 INTRODUCTIE 3
1.1 Algemeen 3
1.2 Doelstelling 3
1.3 Inhoud van het rapport 3

2 OPZET SIMULATIE DATABASE 4
2.1 Omgevingsdatabase veerhaven Den Helder 4
2.1.1 Visuele aspecten 4
2.1.2 Bodem, waterstand en stroming 6
2.1.3 Golfcondities 6
2.1.4 Windklimaat, windafscherming en windcondities 8
2.2 Manoeuvreermodellen van de schepen 11
2.3 Opzet van de nautische scenario's 12

3 UITVOERING EN BEOORDELING VAN DE SIMULATIES 13
3.1 Algemeen 13
3.2 Simulator opzet 14
3.3 Uitgevoerde simulaties 15
3.4 Presentatie van de resultaten 16
3.5 Beoordeling van de simulaties 20
3.5.1 Beoordeling door de kapteins 20
3.5.2 Numerieke analyse 21
3.5.3 Tabel met resultaten 23

4 ANALYSE VAN DE MANOEUVREERSIMULATIES VOOR DEN HELDER 24
4.1.1 Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 1 24
4.1.2 Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 2 25
4.1.3 Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 3 27
4.1.4 Toename padbreedte en thrustergebruik 28

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 32

REFERENTIES 34

APPENDIX 1 BAAN- EN DATAPLOTS SIMULATIES VEERHAVEN DEN HELDER 35

APPENDIX 2 DOLPHIN 36

Public

LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

Figuren

Figuur 2-1: ENC voor alternatief 1 (boven), alternatief 2 (links-onder) en alternatief 3 (rechts-onder). 5
Figuur 2-2: Impressie van het buitenbeeld in de veerhaven van Den Helder (alternatief 2, zonder nieuwbouw). 5
Figuur 2-3: Stroomvelden bij maximale vloed (links) en eb (rechts) voor Den Helder. 6
Figuur 2-4: Golfcondities NNW (links) en NO (rechts) voor alternatief 1 (boven), 2 (midden) en 3 (onder). 7
Figuur 2-5: Weergave van het berekende golfveld en geïmplementeerde golfveld. 8
Figuur 2-6: Frequentie van voorkomen van windsnelheid per richting sector voor meetstation 235 – de Kooy (Den Helder). 9
Figuur 2-7: Geometrie zonder nieuwbouw (links) en inclusief nieuwbouw (rechts). 9
Figuur 2-8: Voorbeeld van een berekend CFD windveld, inclusief nieuwbouw in groen. 10
Figuur 2-9: Texelstroom 11
Figuur 2-10: Dokter Wagemaker 11
Figuur 2-11: Opgezet scenario voor Den Helder alternatief 1, over de eb. 12
Figuur 3-1: Impressie van de TESO simulator tijdens het onderzoek. 14
Figuur 3-2: Voorbeeld van een baanplot (Alternatief 2, aankomst over de eb). 16
Figuur 3-3: Voorbeeld van een dataplot Schip (1), scheepsbewegingen 17
Figuur 3-4: Voorbeeld van een dataplot Schip (2), schroef/roergebruik 18
Figuur 3-5: Voorbeeld van een dataplot Omgevingscondities 19
Figuur 3-6: Voorbeeld van een enquête. 20
Figuur 4-1: Baanplots voor Run 13 (links) en Run 14 (rechts). 25
Figuur 4-2: Baanplots voor Run 15 (links) en Run 16 (rechts). 26
Figuur 4-3: Baanplots voor Run 17 (links) en Run 18 (rechts). 28
Figuur 4-4: Baanplots voor verschillende runs, exclusief gebouw (links) en inclusief gebouw (rechts). 30
Figuur 4-5: Thrustergebruik met wind uit 60°N, exclusief gebouw (links Run 01) en inclusief gebouw (rechts Run 02). 30
Figuur 4-6: Thrustergebruik met wind uit 90°N, exclusief gebouw (links Run 07) en inclusief gebouw (rechts Run 08). 30
Figuur 4-7: Thrustergebruik met wind uit 120°N, exclusief gebouw (links Run 13) en inclusief gebouw (rechts Run 14). 31
Figuur 4-8: Thrustergebruik met wind uit 150°N, exclusief gebouw (links Run 17) en inclusief gebouw (rechts Run 18). 31

Tabellen

Tabel 2-1: Hoofdafmetingen en karakteristieken van de ontwerpschepen 11
Tabel 2-2: Telegraafstanden en bijbehorende toerentallen, snelheden. 11
Tabel 3-1: Uitgevoerd simulatieprogramma. 15
Tabel 4-1: Resultaten van simulaties voor Alternatief 1, Den Helder. 24
Tabel 4-2: Resultaten van simulaties voor Alternatief 2, Den Helder. 25
Tabel 4-3: Resultaten van simulaties voor Alternatief 3, Den Helder. 27

Public

1 INTRODUCTIE

1.1 Algemeen

Het Rijksvastgoedbedrijf (de Opdrachtgever) is van plan in Den Helder een gebouw te realiseren nabij de locatie van de fuik van de Koninklijke N.V. Texels Eigen Stoomboot Onderneming (TESO). Een noodzakelijke voorwaarde voor de nieuwbouw is een verklaring van geen bezwaar van de TESO (en daaraan gekoppeld van Rijkswaterstaat). De TESO zal hierbij zekerheid willen hebben dat het nieuwe gebouw er niet toe leidt dat de huidige veerboten problemen ondervinden bij het aanleggen en ontmeren in de fuik. MARIN heeft in het verleden een vergelijkbaar onderzoek verricht [Ref. 1]. Ten opzichte van dat onderzoek is de geplande nieuwbouw nu echter kleiner.

In een eerdere fase (fase 1) zijn voor de huidige situatie zonder nieuwbouw en met nieuwbouw windvelden bepaald door MARIN met behulp van een Computation Fluid Dynamics (CFD) model [Ref. 2]. Op basis van een kwalitatieve analyse zijn hierbij maatgevende windrichtingen vastgesteld waarbij de nieuwbouw hinder kan veroorzaken voor het veer. Om de mogelijke windhinder verder te kwantificeren zijn nautische simulaties benodigd (fase 2), waarbij het schip wordt bestuurd op een simulator.

Parallel aan het uitwerken van deze studie t.b.v. nieuwbouw, is er ook een alternatieven studie voor het aanpassen van de veerhaven van Den Helder uitgevoerd, [Ref. 3]. Deze alternatieven studie is uitgevoerd in het kader van vervanging en renovatie van de fuik in Den Helder. Omdat de locatie van de fuik impact heeft op de mate van windhinder, zijn de voorlopige resultaten van het onderzoek naar windhinder meegenomen bij het onderzoek naar de verschillende alternatieven. Voor een uitgebreidere beschrijving van dit alternatieven onderzoek wordt verwezen naar [Ref. 3].

1.2 Doelstelling

Het doel van fase 2 van het onderzoek is om voor diverse windrichtingen te kwantificeren of de effecten van de nieuwbouw gecontroleerd opgevangen kunnen worden door de veerboten van de TESO. Deze kwantificatie zal met behulp van real-time manoeuvreersimulaties worden uitgevoerd, waarbij een beoordeling wordt gemaakt in de toename van de padbreedte (ten gevolge van opsturen in een variërend windveld) alsmede het gebruik van de besturingsmiddelen van de beschouwde veerboten

Om de doelstelling te behalen zijn er nautische manoeuvreersimulaties uitgevoerd voor 3 locatie varianten van de aanleginrichting in Den Helder, waarbij is gevarieerd tussen met/zonder nieuwbouw. Alle manoeuvreersimulaties zijn voorbereid in een aparte simulatiedatabase (met daarin de varianten met bijkomende omgevingscondities), uitgevoerd op de TESO simulator, met het schip bestuurd door TESO kapiteins, onder begeleiding van MARIN. Op basis van enquêtering in combinatie met numerieke analyse van de simulatiedata is vanuit nautisch oogpunt de mate van windhinder vastgelegd.

1.3 Inhoud van het rapport

In dit rapport worden de volgende zaken behandeld:

- Opzet simulatiedatabase; Hoofdstuk 2
- Uitvoering en beoordeling van de simulaties; Hoofdstuk 3
- Analyse van de manoeuvreersimulaties voor Den Helder; Hoofdstuk 4
- Conclusies en aanbevelingen. Hoofdstuk 5

Public

2 OPZET SIMULATIE DATABASE

Voor de studie is een simulatiedatabase opgesteld, die alle nautisch relevante aspecten bevat. Deze database bevat:

- Omgevingsdatabase veerhaven Den Helder:
    - Waterdieptes en oeverlijnen;
    - Omgevingscondities (wind, golven, waterstanden en stroming);
    - Visuele representatie van het gebied.
- Manoeuvreermodellen van de schepen;
- Scenario's: initiële posities en snelheden.

2.1 Omgevingsdatabase veerhaven Den Helder

De omgevingsdatabase is gebaseerd op een Electronic Nautical Chart (ENC) van het gebied rond de veerhaven van Den Helder. De ENC voor de huidige situatie vormde de basis ten behoeve van de alternatieven zoals opgenomen in Tabel 2-1. Er zijn specifieke ENC's gemaakt voor de alternatieven op basis van inpassingtekeningen zoals aangeleverd door Movares in [Ref. 4]. Alternatief 1 gaat uit van renovatie van de huidige fuik en is hierbij gebaseerd op de ENC van week 5, 2024. In Alternatieven 2 en 3 wordt de fuik verplaatst. In Alternatief 2 is de fuik verplaatst richting het zuidoosten op de plek waar momenteel een parkeerdek is. In alternatief 3 komt de fuik op de kopse kant van het parkeerdek. De bodems zoals gebruikt voor de hydraulische studies [Ref. 5] zijn hierbij in het diepteveld verwerkt en per alternatief verschillend.

Bij de Schooff[1] is de nieuwbouw voorzien. Dit gebouw geeft mogelijk implicaties op het in- en uitvaren van het TESO schip, omdat het windveld verandert en mogelijk negatief wordt verstoord. Het geplande gebouw is daarom meegenomen in het windveld en de visuele database.

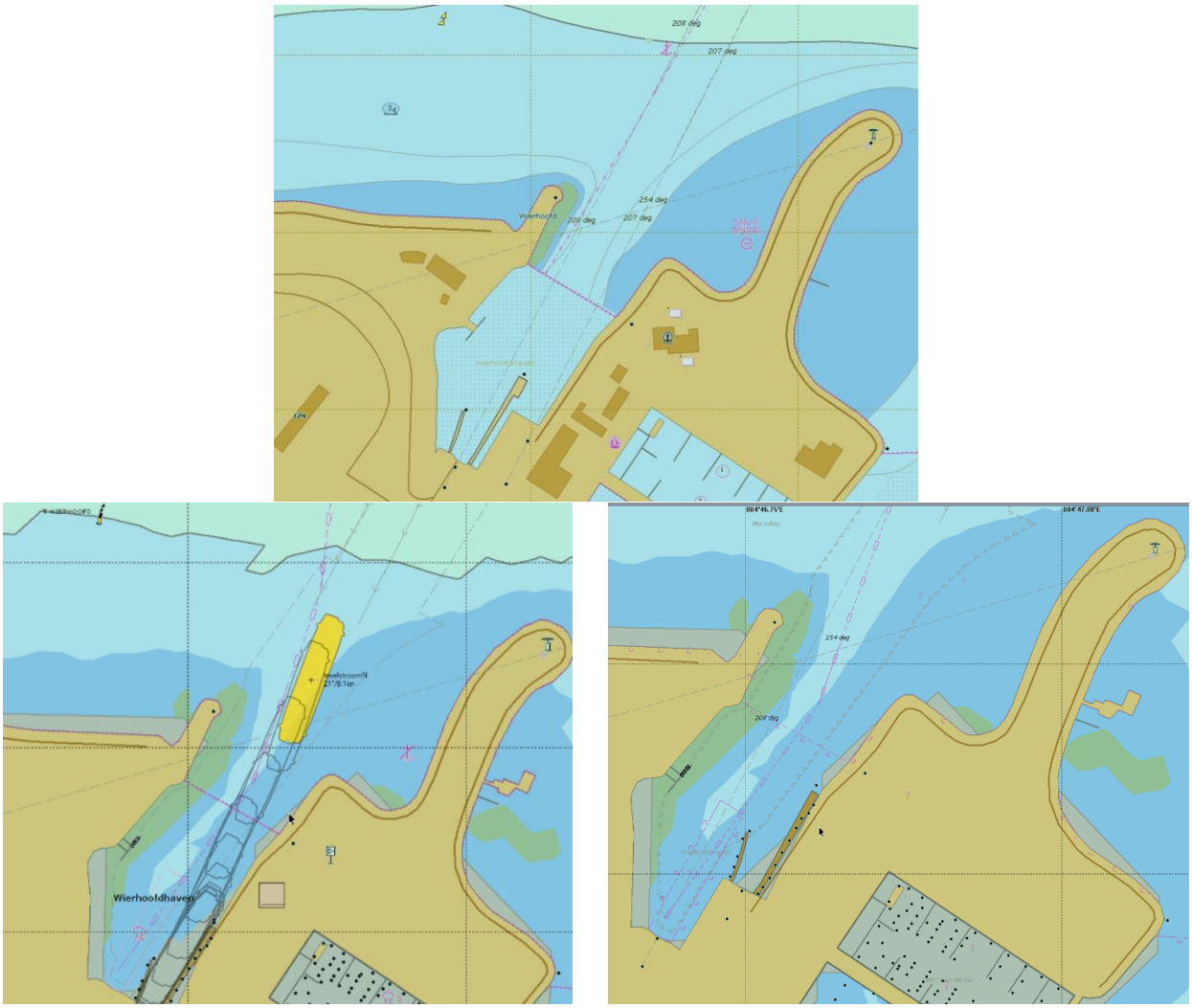
Tabel 2-1: Alternatieven voor de veerhaven te Den Helder.

Alternatief	***Locatie***	***Omschrijving***	***Nieuwbouw***
1	Den Helder	Huidige situatie	Incl. of Excl. nieuwbouw de Schooff
2	Den Helder	Fuik naar zuidoosten Afgraving parkeerplaats	Incl. of Excl. nieuwbouw de Schooff
3	Den Helder	Fuik naar noordoosten Op kop van parkeerplaats.	Incl. of Excl. nieuwbouw de Schooff

2.1.1 Visuele aspecten

Aan de bestaande visuele database van Den Helder zijn de nodige aanpassingen gemaakt, zoals het toevoegen van de Zeemanschapstrainer nabij Fort Harssens, het verplaatsen van de fuik voor Alternatieven 2 en 3 en het toevoegen van nieuwbouw de Schooff. Het toevoegen van nieuwbouw de Schooff is meegenomen als optie in het alternatief. De bebouwing die op de nominatie tot slopen staan, zijn verwijderd uit de visuele database.
Voor alternatieven 2 en 3 zijn ook de witte lichtenlijn (aanwezig op het parkeerdek) en de blauwe lichtenlijn (die de fuik markeert) verplaatst. Deze lichtenlijnen zijn t.b.v. de TESO veerboot. De lichtenlijnen zijn hierbij verschoven op basis van expertinschattingen (deze ontbraken op de ontwerptekeningen). De heftorens van de brug zijn niet verplaatst.

[1] SCHOOFF, School Voor Scheeps Onderoffieren, gebouw waarin nautische en zeemanscahppelijke opleidingen voor de Koninklijke Marine worden gegeven, locatie Fort Harssens te Den Helder



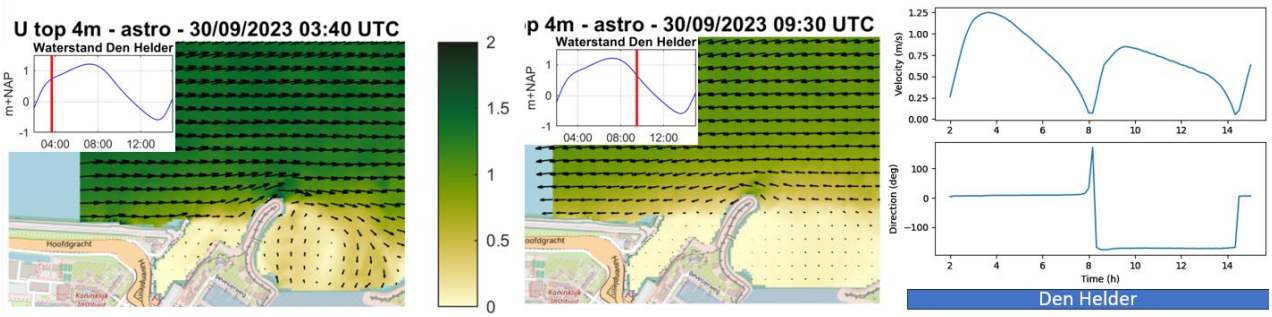
Figuur 2-1: ENC voor alternatief 1 (boven), alternatief 2 (links-onder) en alternatief 3 (rechts-onder).

Figuur 2-2: Impressie van het buitenbeeld in de veerhaven van Den Helder (alternatief 2, zonder nieuwbouw).

2.1.2 Bodem, waterstand en stroming

De bodem is overgenomen vanuit de hydraulische studies [Ref. 5]. Hierbij zijn de lodingen op een raster van 1x1m in de veerhavens en 10x10m erbuiten overgenomen. De stroming- en waterstandsvelden zijn bepaald voor een springtij om tot maximale eb- en vloedstromingen te komen. Bij het bepalen is zichtjaar 2060 inclusief zeespiegelstijging meegenomen. Het getij van 30 september 2023 (springtij) is gehanteerd. Meteorologische effecten ten gevolge van windopzet zijn buiten beschouwing gelaten.

Op basis van een representatief punt buiten de haven, zijn de tijden van maximale stroming bepaald (3:40 vloed en 9:30 eb). In Figuur 2-3 zijn de stroomvelden bij maximale vloed en eb opgenomen. Gedurende de simulaties loopt het getij horizontaal en verticaal mee als functie van tijd en ruimte. De starttijd in de simulator is bepaald op basis van het moment van maximale stroming. Ten opzichte van de door Svasek gehanteerde tijden is het getijde met 5 uur verschoven, zodat de starttijden overdag zijn.



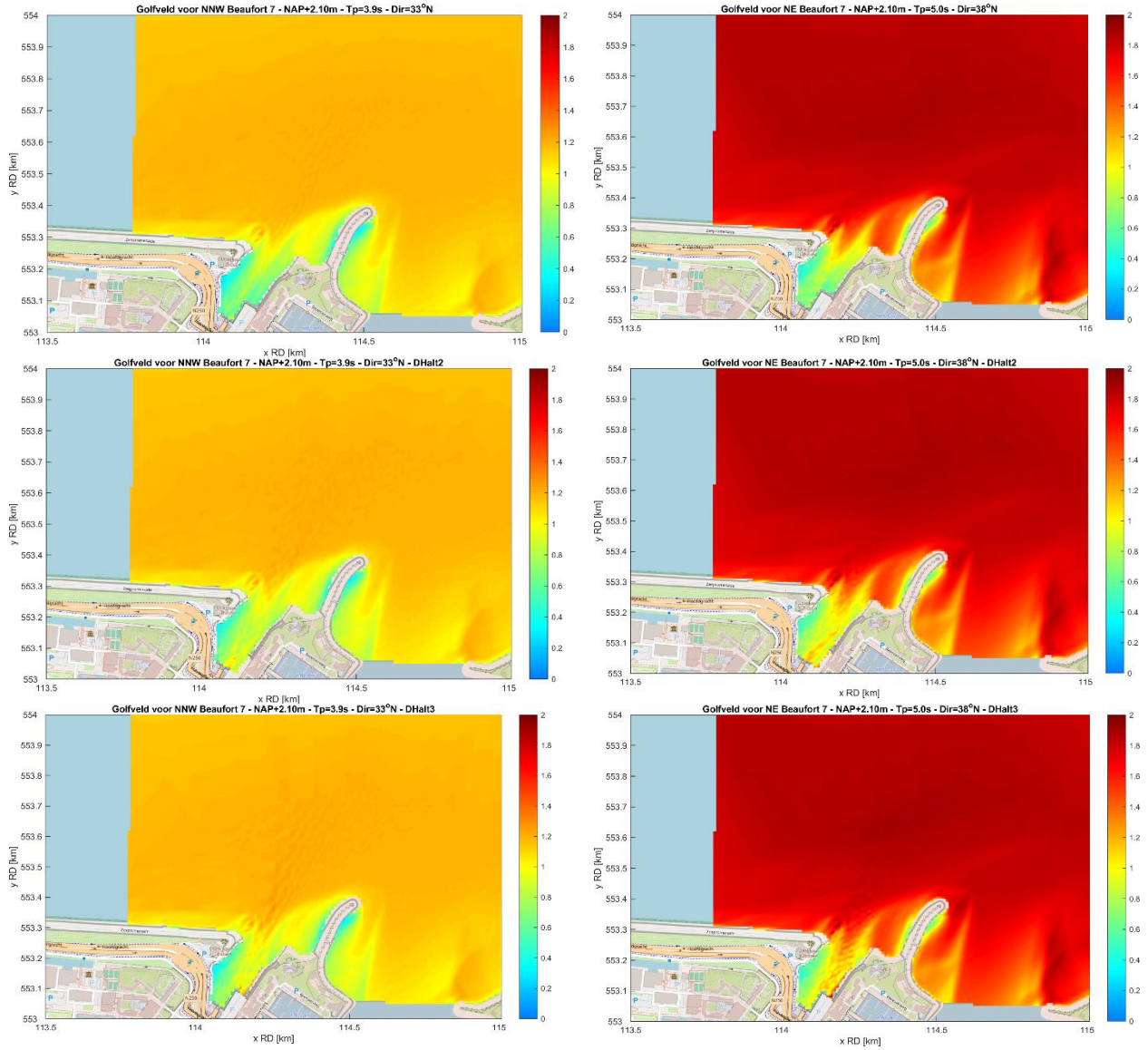
Figuur 2-3: Stroomvelden bij maximale vloed (links) en eb (rechts) voor Den Helder.

2.1.3 Golfcondities

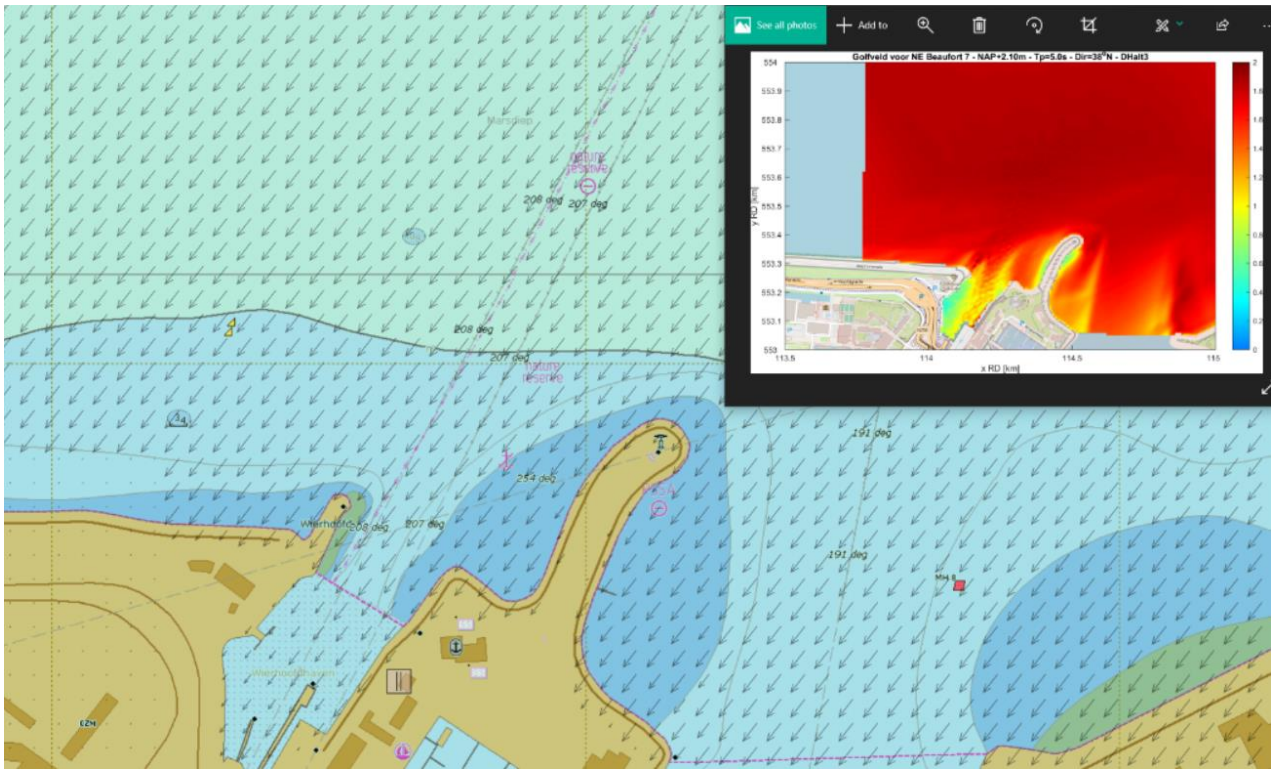
Golfcondities in de veerhaven zijn bepaald door Svašek Hydraulics (Svasek), [Ref. 5] behorende bij windkracht Bft. 7. Hierbij zijn maatgevende golfrichtingen bepaald, zie Tabel 2-2. De golfcondities zijn bepaald voor een hoge en lage waterstand. Voor de simulaties zijn de golfcondities corresponderend bij hoogwater geselecteerd, omdat deze vanuit nautisch oogpunt maatgevend zijn. Bij hoogwater lopen de golven verder de haven in vergelijking met laagwater. De golven zijn dan hoger en langer qua periode. De combinatie van een hogere golfhoogte met een langere periode resulteert in grotere bewegingen van het schip en grotere drift krachten. De golfvelden voor hoogwater en maatgevende richtingen zijn opgenomen in Figuur 2-4.
Een voorbeeld van een golfveld in de database is opgenomen in Figuur 2-5.

Tabel 2-2: Aangeleverde golfcondities haveningang Den Helder.

Alternatief	Richting	Waterstand	Hs (laag hoog/water)	Tp (laag / hoog water)
1, 2 en 3	NO	NAP -1,5 en +2,1m	1,67 / 1,84 m	4,8 / 5,0 s
1, 2 en 3	NNW	NAP -1,5 en +2,1m	0,97 / 1,19 m	3,4 / 3,9 s



Figuur 2-4: Golfcondities NNW (links) en NO (rechts) voor alternatief 1 (boven), 2 (midden) en 3 (onder).



Figuur 2-5: Weergave van het berekende golfveld en geïmplementeerde golfveld.

2.1.4 Windklimaat, windafscherming en windcondities

Windklimaat Den Helder

Voor het bepalen van de windcondities ter plaatse van de veerhaven in Den Helder is de potentiële winddata van het dichtstbijzijnde KNMI-meetpunt-235, de Kooy, geanalyseerd[2]. Deze potentiële windsnelheden zijn windsnelheden gecorrigeerd voor de terreinruwheid in de omgeving van het meetstation en omgerekend naar een referentiehoogte van 10m met een referentieruwheid van z=0,03 voor open grasland. Door het standaardiseren van deze winddata door het KNMI kan deze ook op andere locaties worden toegepast. Het effect van de ruwheid van het voorland wordt volgens de systematiek van Wieringa en Rijkoort [Ref. 6] bepaald.

Voor het bepalen van de wind op 10m hoogte wordt eerst de potentiële windsnelheid op 10m hoogte omgezet naar 60m hoogte (de zogenaamde mesowindsnelheid). Op deze hoogte is het effect van afzonderlijke obstakels niet meer voelbaar, maar wel het gemiddelde rem-effect van de gezamenlijke ruwheidselementen. Op basis van de lokale terreinruwheid, wordt de gecorrigeerde windsnelheid op een hoogte van 10m bepaald. De terreinruwheid per richting is overgenomen uit [Ref. 6], gebaseerd op de classificatie van Wieringa en Rijkoort [Ref 3.], [Ref. 8].

Figuur 2-6 toont de frequentie van voorkomen van de windsnelheid per richtingssector voor de periode januari 1981 t/m november 2023. Deze figuur toont dat de meest voorkomende windrichting in Den Helder komend uit ZZW tot W is en toont de maximaal voorgekomen windsnelheid per richting sinds 1981.

[2] https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/sigma-analyse-potentiele-wind

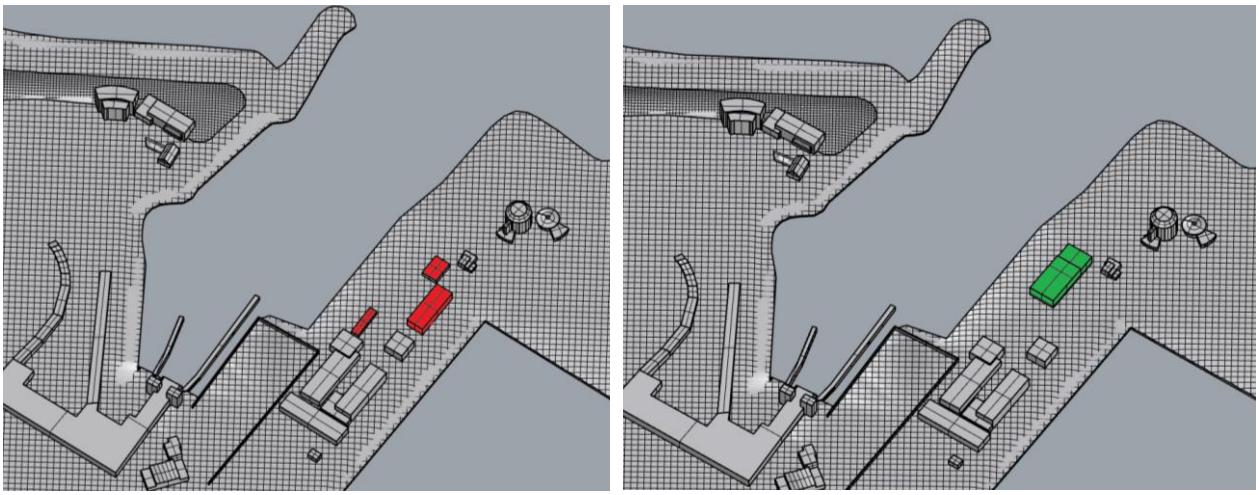
Wind speed [m/s]		Wind direction [°N] (coming from)														Wind speed [m/s]	Exceedance	
		Kalm / Var	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totaal		[%]	hours/year
0	1	0.19	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.48	0.40	0.33	0.05	0.04	0.04	1.76	0	100.00	8760
1	2	0.19	0.34	0.24	0.22	0.39	0.28	0.45	1.14	0.62	0.53	0.44	0.38	0.39	5.60	1	98.244	8606
2	3	0.01	0.58	0.47	0.57	0.41	0.64	0.95	1.57	0.74	0.85	0.60	0.51	0.50	8.40	2	92.649	8116
3	4	0.00	0.57	0.75	0.84	1.36	1.04	1.26	1.42	0.87	1.19	0.90	0.93	0.87	12.00	3	84.250	7380
4	5	0.00	0.82	0.68	1.27	0.93	1.16	1.12	1.15	0.94	1.40	1.21	0.94	0.35	11.97	4	72.245	6329
5	6		0.88	0.72	0.89	1.16	0.95	0.90	1.00	1.08	1.69	1.26	0.57	1.09	12.21	5	60.280	5281
6	7		0.84	0.83	1.06	0.83	0.76	0.58	0.89	1.34	1.90	0.64	1.22	0.93	11.81	6	48.072	4211
7	8		0.44	0.77	0.66	0.74	0.48	0.40	0.53	1.22	1.76	1.10	0.92	0.87	9.88	7	36.263	3177
8	9		0.33	0.53	0.39	0.45	0.27	0.23	0.36	1.14	1.59	1.20	0.95	0.50	7.93	8	26.387	2311
9	10		0.30	0.36	0.55	0.34	0.12	0.11	0.24	1.09	1.23	0.83	0.55	0.45	6.17	9	18.456	1617
10	11		0.16	0.19	0.37	0.22	0.06	0.05	0.12	0.82	0.66	0.82	0.41	0.40	4.29	10	12.289	1077
11	12		0.08	0.08	0.23	0.12	0.03	0.02	0.09	0.82	0.44	0.54	0.39	0.20	3.04	11	8.003	701
12	13		0.04	0.06	0.20	0.06	0.01	0.01	0.05	0.37	0.25	0.43	0.25	0.11	1.84	12	4.961	434.6
13	14		0.03	0.03	0.10	0.05	0.00	0.01	0.01	0.18	0.12	0.36	0.17	0.07	1.12	13	3.123	273.6
14	15		0.02	0.03	0.06	0.01	0.00	0.00	0.01	0.09	0.07	0.30	0.13	0.06	0.78	14	2.005	175.6
15	16		0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.17	0.06	0.03	0.42	15	1.222	107.1
16	17		0.00	0.00	0.02			0.00	0.00	0.04	0.02	0.16	0.06	0.02	0.33	16	0.804	70.4
17	18		0.00		0.01				0.00	0.01	0.01	0.12	0.03	0.01	0.19	17	0.474	41.5
18	19		0.00		0.00					0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.11	18	0.282	24.7
19	20		0.00		0.00				0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.08	19	0.175	15.3
20	21									0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.06	20	0.099	8.7
21	22			0.00							0.00	0.02	0.01		0.02	21	0.043	3.8
22	23									0.00		0.01	0.00		0.01	22	0.020	1.8
23	24											0.00	0.00	0.00	0.01	23	0.007	0.6
24	25											0.00			0.00	24	0.002	0.2
Total		0.39	5.47	5.76	7.50	7.09	5.84	6.12	9.07	11.86	14.09	11.30	8.59	6.92	100.00			

Figuur 2-6: Frequentie van voorkomen van windsnelheid per richting sector voor meetstation 235 – de Kooy (Den Helder).

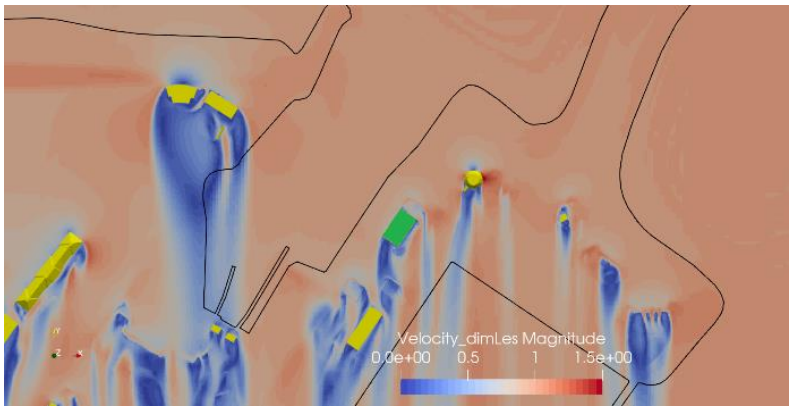
Windafscherming

Voor de windafscherming in de haven van Den Helder zijn apart Computational Fluid Dynamics (CFD) berekeningen met behulp van MARIN's ReFRESCO uitgevoerd. De gebouwen in het interessegebied (straal van 1km om de veerhaven van Den Helder) zijn hierbij gemodelleerd. Gebouwen buiten het interessegebied zijn gemodelleerd als randvoorwaarde op de inlaatsnelheidsconditie voor de wind volgens de classificatie van Wieringa. Een standaard NPD windprofiel aangepast voor de terreinruwheid is gebruikt in de berekeningen.

De geometrie zoals gebruikt voor de berekeningen is consistent met het visuele buitenbeeld. Er zijn hierbij twee geometrieën gemaakt één voor de huidige en één voor de nieuwe situatie. Figuur 2-7 toont de geometrie van de huidige situatie, ingezoomd op de veerhaven van de TESO en hierbij is met rood aangegeven welke gebouwen gepland zijn om afgebroken te worden, mocht de bouw van de nieuwbouw doorgaan. Het hoogste gedeelte van de nieuwbouw komt op NAP + 12,75m. Voor de berekeningen is een waterstand gehanteerd van MHWS (gemiddeld hoog water bij springtij). Het hanteren van verschillende alternatieven heeft geen effect op het windveld.



Figuur 2-7: Geometrie zonder nieuwbouw (links) en inclusief nieuwbouw (rechts).



Figuur 2-8: Voorbeeld van een berekend CFD windveld, inclusief nieuwbouw in groen.

Het CFD model is gebruikt om de windhinder op het veer van de TESO voor wind uit N-O-Z richtingen te beoordelen, zie [Ref. 1] en Figuur 2-8 voor een voorbeeld. Deze windrichtingen waren conform eerder MARIN onderzoek [Ref. 2] maatgevend. De berekeningen zijn voor dit onderzoek uitgebreid voor de richtingen Z-W-N (30 graden sectoren). De berekeningen zijn geschikt voor simulatie doeleinden en uitgevoerd op 10m hoogte, omdat de wind-coëfficiënten van het schip op 10m hoogte geldig zijn.

Windcondities
De wind berekeningen zijn uitgevoerd voor een instroomsnelheid van 10m/s op 10m hoogte en kunnen worden verschaald naar de gewenste windsnelheid. Windvlagerigheid wordt gedurende de simulaties meegenomen. Hierbij worden de vlagen gegenereerd op basis van een Davenport spectrum.
Op basis van eerder nautisch onderzoek zijn maatgevende windrichtingen geselecteerd. Hierbij zijn windrichtingen komend uit 60° t/m 150°N (per 30 graden). De windsterkte geselecteerd is hierbij de boven limiet van Beaufort 7 (17,1 m/s) voor 60°-150°N. Conform het windklimaat zoals opgenomen in Figuur 2-6 is de kans op overschrijding 0,5% voor Bft. 7.

2.2 Manoeuvreermodellen van de schepen

De hoofdafmetingen van de Texelstroom en Dokter Wagemaker (de veren van de TESO) zijn opgenomen in Tabel 2-1. De schroeftoerentallen en bijbehorende vaarsnelheden zijn opgenomen in Tabel 2-2.Beide schepen bevatten:

- Een realistisch buitenbeeld vanaf het middelpunt van de scheepsbrug en vanaf de brugvleugels, zie Figuur 2-9 en Figuur 2-10;
- Manoeuvreercoëfficiënten, die het manoeuvreergedrag beschrijven;
- Schroef- en roerwerking inclusief interactie met de romp;
- Stroming en stroomgradiënten;
- Inzinking;
- Windkrachten inclusief de effecten van windgradiënten en vlagerigheid (en rekening houdend met lokale windafscherming).

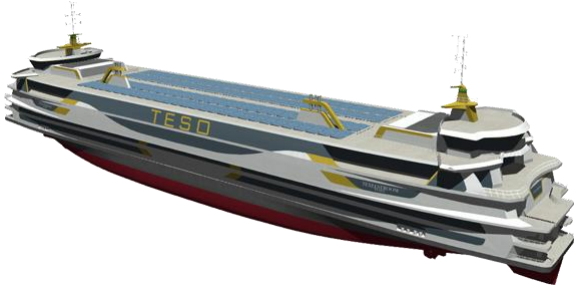
De simulaties zijn uitgevoerd met de Texelstroom, omdat dit schip lastiger te manoeuvreren is in vergelijking met de Dokter Wagemaker. De Texelstroom heeft zwaarden onder het schip, waardoor het schip koersstabieler is, maar lastiger is om te draaien.

Tabel 2-1: Hoofdafmetingen en karakteristieken van de ontwerpschepen

Beschrijving	Unit	Texelstroom	Dokter Wagemaker
Lengte over alles	[m]	135,4	130,00
Lengte tussen loodlijnen	[m]	133,4	125,26
Breedte	[m]	23,5	21,97
Diepgang	[m]	4,05	4,03
Deplacement	[tonnen]	6.420	6.020
Voortstuwingsvermogen	[kW]	10.440	7.200
Aantal schroeven	[-]	4	4
Schroef diameter	[m]	2,3	2,03
Pitch ratio	[P/D]	1,16	1,35
Frontaal windoppervlakte	[m^2]	448	270
Lateraal windoppervlakte	[m^2]	2.130	2.065

Tabel 2-2: Telegraafstanden en bijbehorende toerentallen, snelheden.

	Texelstroom		Dokter Wagemaker	
Telegraafstand	**RPM**	**Snelheid [kmh]**	**RPM**	**Snelheid [kmh]**
Volle kracht (Sea)	260	25,2	289	23,8
Volle kracht (Harbour)	233	22,5	259	21,6
Halve kracht	175	16,4	194	16,3
Langzaam Vooruit	124	10,8	138	11,7
Zeer Langzaam Vooruit	52	2,6	58	3,7

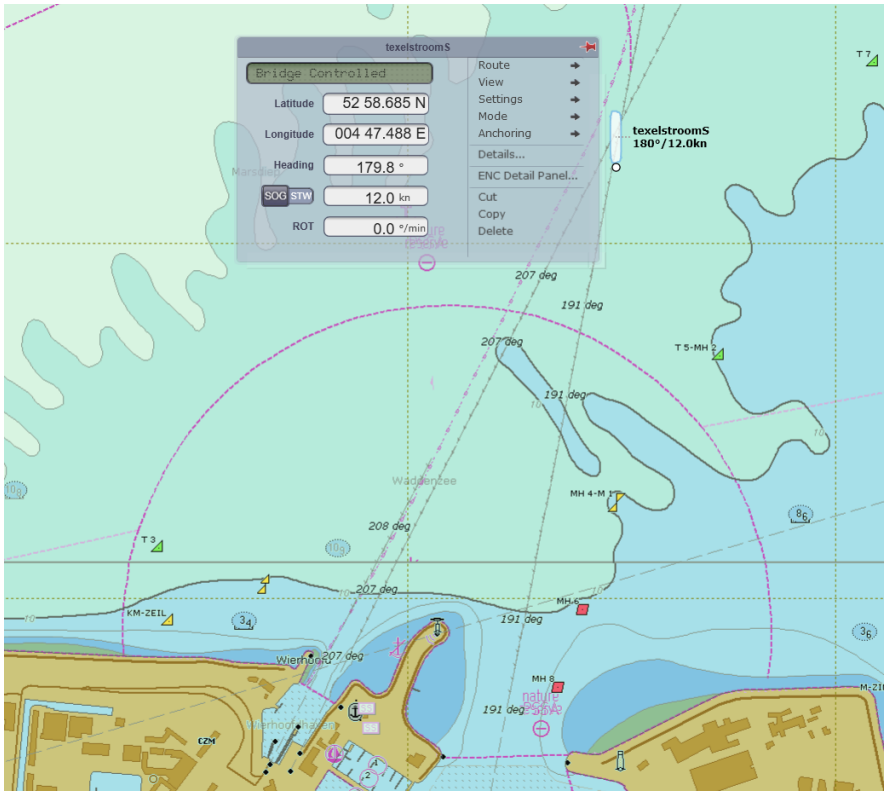


Figuur 2-9: Texelstroom

Figuur 2-10: Dokter Wagemaker

2.3 Opzet van de nautische scenario's

Er zijn diverse nautische scenario's opgesteld. Hierbij zijn aparte scenario's opgesteld voor de drie alternatieven in de veerhaven van Den Helder. Er zijn aankomst en vertrek scenario's gemaakt. Bij aankomst start het schip met een snelheid van 12 knopen door het water op circa 0,75NM van de veerhaven van Den Helder. Hierbij is de startpositie afhankelijk van de stroming (eb/vloed). Bij vertrek ligt het schip stil in de fuik. Het opvangen van de omgevingscondities en het opbouwen van de toeren wordt niet meegenomen in de beoordeling van de vaarten.
Den Helder zijn er voor de drie alternatieven 18 aankomst en 6 vertrek scenario's. Het aantal benodigde scenario's voor Den Helder is afgestemd op het aantal windrichtingen en inclusief/exclusief de nieuwbouw.



Figuur 2-11: Opgezet scenario voor Den Helder alternatief 1, over de eb.

3 UITVOERING EN BEOORDELING VAN DE SIMULATIES

3.1 Algemeen

In de periode 11 tot en met 15 maart 2024 zijn simulaties uitgevoerd op de brugsimulator van TESO te Texel. In deze periode zijn er in totaal 72 simulaties uitgevoerd waarbij vaarten in de verschillende alternatieven voor de veerhavens van Texel en Den Helder zijn gemaakt. Het veer (de Texelstroom) werden hierbij gevaren vanaf TESO's brugsimulator (ondersteund en onderhouden door MARIN) door ervaren kapiteins. De simulaties zijn begeleid door de projectmanager van MARIN en uitgevoerd/bijgewoond door:

• Thijs Westerlaken	Kapitein	TESO	Ma-Wo
• Dennis te Kloese	Stuurman	TESO	Di
• Erwin Broersma	Stuurman	TESO	Wo
• René Kooiman	Kapitein	TESO	Do-Vr
• Richard Koopman	Stuurman	TESO	Do
• Marcel Vermeulen	Kapitein	TESO	Vr
• Benno Beimers	Nautisch adviseur	Rijkswaterstaat Noord	Ma
• Charlotte van der Vorm	Senior adviseur	Rijkswaterstaat GPO	Di
• Matthijs Benit	Adviseur	HKV	Di
• Stijn Odijk	Adviseur waterbouw	Movares	Di
• Laurens van Geel	Project manager	Movares	Di
• Frank Wijgerse	Technisch manager	Rijkswaterstaat	Wo
• Sanne Poortman	Hydro morfologisch expert	Svasek Hydraulics	Wo
• Floris de Wit	Expert kust hydrodynamica	Svasek Hydraulics	Wo
• Martin van der Wel	Senior project manager	MARIN	Ma-Vr

Op 8 april zijn er aantal vaarten onder gecorrigeerde windomstandigheden uitgevoerd. Voor een aantal specifieke windrichtingen (120, 150, 210 en 240) voor Den Helder bleek de instroomsnelheid in het windveld te hoog. Omdat deze windsnelheid wordt verschaald, is er onder te sterke windcondities gesimuleerd. De simulaties op 8 april zijn bijgewoond door:

• René Kooiman	Kapitein	TESO	Ma
• Bart Tuinman	Stuurman	TESO	Ma
• Martin van der Wel	Senior project manager	MARIN	Ma

3.2 Simulator opzet

De simulaties zijn uitgevoerd op de Full Mission Bridge simulator van de TESO. Dit is een brugsimulator, waarbij het buitenbeeld wordt geprojecteerd op een rondwand van 180°, waarbij de schermen verticaal zijn gezet om een grotere kijkhoek te verkrijgen. Om het zicht langs het schip te presenteren, zijn extra monitors gebruikt.

Figuur 3-1: Impressie van de TESO simulator tijdens het onderzoek.

Omdat de TESO simulator alleen geschikt is voor trainingen, is er door MARIN aanvullende randapparatuur ter beschikking gesteld die het op project basis mogelijk maken om de alternatieven te implementeren. Voor het project is gekozen om de simulaties uit te voeren in een modernere versie van DOLPHIN (MARIN's simulatiesoftware voor nautische simulaties, zie Appendix 2). Deze softwareversie (2023.10.5) bevat de laatste inzichten en model implementaties. Alle scenario's en voorbereiding zijn hierbij opgenomen in MARIN's versiebeheer. De modernere software versie was o.a. benodigd om de data uit de simulator te kunnen loggen en de kaarten zoals weergegeven op de ENC aan te kunnen passen (voor het inpassen van de alternatieven).

De displays op de FMB bevatten, onder andere:

- Electronic Navigation Chart (ENC): positie, koers, grondsnelheid, voorspelde pad, AIS-data van overig scheepvaartverkeer. Hierbij is gebruik gemaakt van een T-ENC;
- Micro-pilot conning: met indicatoren van snelheden (langs en dwarsscheeps, door het water of over de grond), schip, gebruik thrusters (RPM en hoek), gyro-koers, grond-koers, drifthoek en giersnelheid, vermogens indicator (ring) en roerhoek.
- Radar (Kelvin-Hughes): koers, grondsnelheid, anemometer (met de mogelijkheid tot absolute of relatieve windsnelheid), ENC underlay en AIS overlay.

3.3 Uitgevoerde simulaties

Er is per simulatiedag een enkele familarisatievaart uitgevoerd om de kapiteins en stuurmannen bekend te geraken met de simulator (de bemanning wisselde per simulatiedag). Er is een afwisseling gemaakt in alternatief. Per alternatief zijn simulaties gemaakt onder gelijkwaardige omgevingscondities. Alle vaarten zijn uitgevoerd over de eb, omdat deze stroming in combinatie met oostelijke winden het lastigste is (de vloed werkt tegen wind uit het oosten). Vaarten inclusief en exclusief nieuwbouw zijn direct achter elkaar herhaald, om de kapiteins het effect te laten ervaren en zo een goede beoordeling te kunnen geven.
Het uitgevoerde simulatieprogramma is opgenomen in Tabel 3-1. Hierbij is het run nummer per alternatief opgenomen in de eerste 3 kolommen. Kolom 5 (Sch.) geeft hierbij aan of de nieuwbouw niet (nee) of wel (ja) is meegenomen.

Tabel 3-1: Uitgevoerd simulatieprogramma.

Alternatief			Manoeuvre	Sch.	Stroom	Wind		Golven		
1	2	3			Type	Snelheid	Uit °N	Hs	Tp	Uit
1	*3*	*5*	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO
2	*4*	*6*	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO
7	*9*	*11*	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO
8	*10*	*12*	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO
13	*15*	*17*	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO
14	*16*	*18*	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO
19	*21*	*23*	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen		
20	*22*	*24*	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen		
55	*57*	*59*	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO
56	*58*	*60*	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO
61	*63*	*65*	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO
62	*64*	*66*	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO

3.4 Presentatie van de resultaten

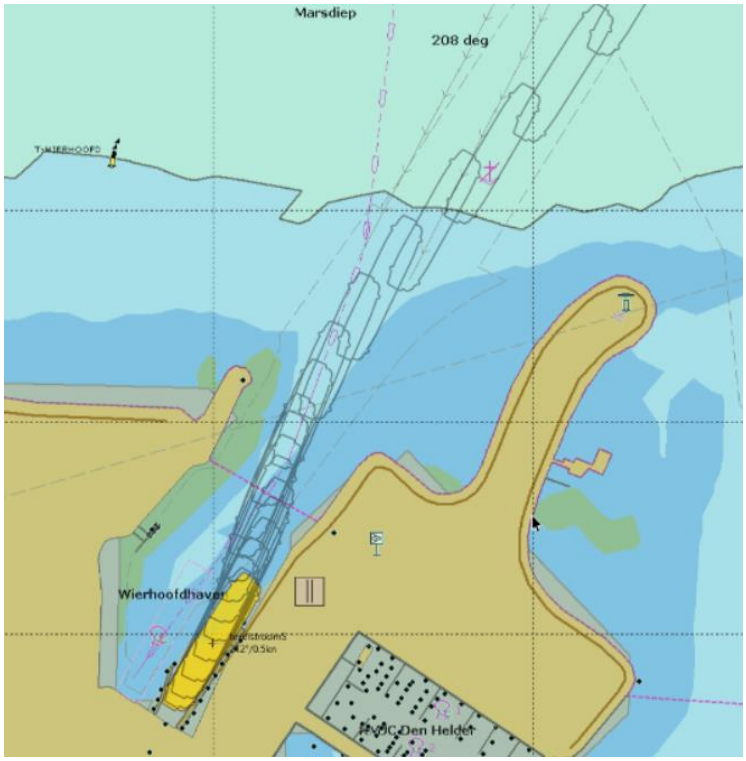
Alle uitgevoerde simulaties worden vastgelegd in baan- en dataplots. De informatie op de baan- en dataplots is hierbij afhankelijk van het type simulatie. Alle baan- en dataplots zijn opgenomen in Appendix 1.
Voor de numerieke analyse zijn de gelogde gegevens van elke simulatierun gepresenteerd in twee typen plots:

- Baanplots, die het schip in de ruimte presenteert;
- Dataplots, die enkele karakteristieke parameters gedurende de run laten zien.

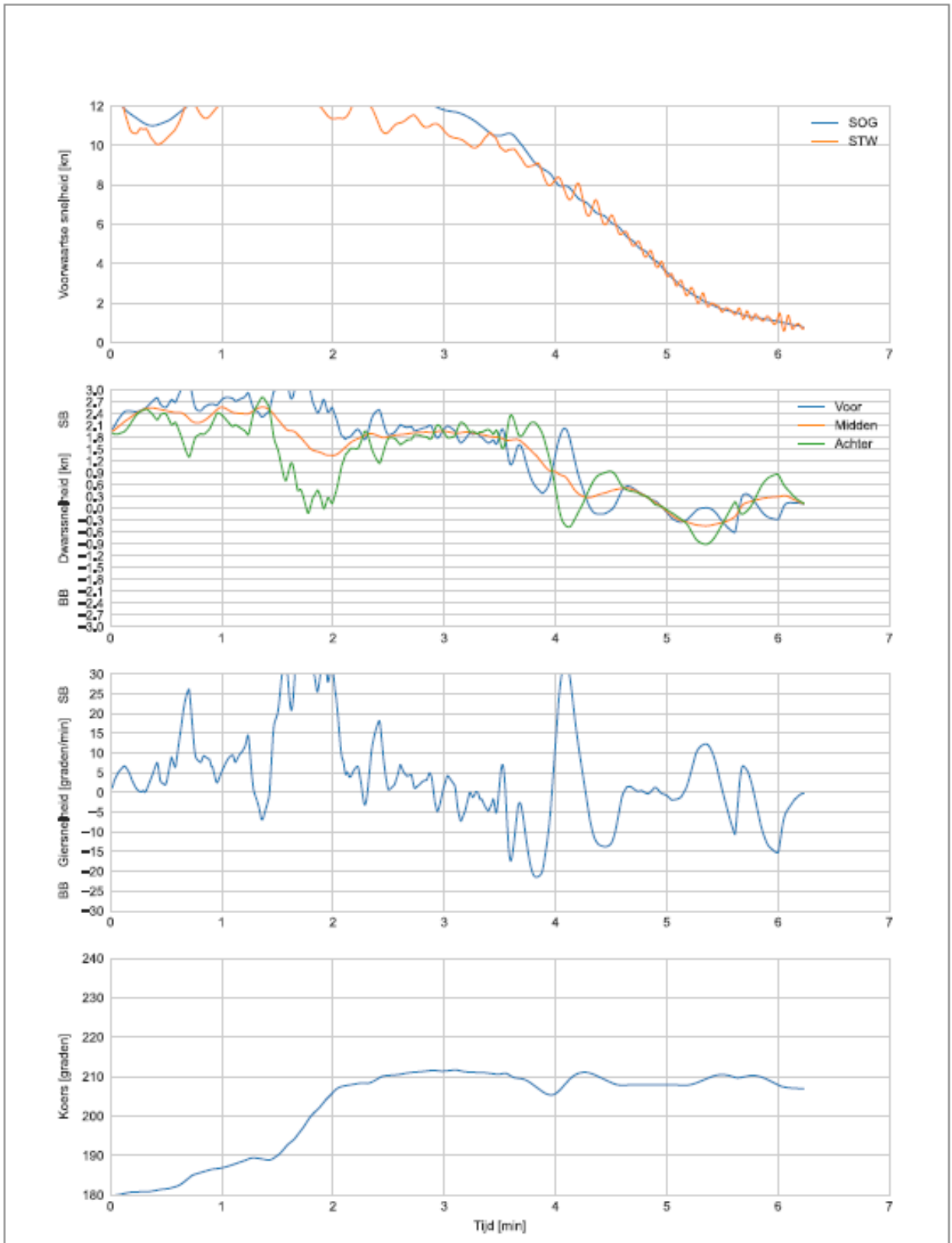
De volgende dataplots worden gepresenteerd in Appendix 1:

- Schip (1), scheepsbewegingen (zie: Figuur 3-3):
  - Voorwaartse snelheid door het water en over de grond (in knopen);
  - Dwarssnelheid voor en achter (in knopen);
  - Draaisnelheid 'Rate of Turn' (in graden per minuut);
  - Koers voorliggend en over de grond (in graden).
- Schip (2), schroefgebruik voor (zie: Figuur 3-4):
  - Toerental schroefas (in omwentelingen per minuut) voor bakboord en stuurboord schroef, inclusief 70% criterium;
  - Hoek (in graden);
- Schip (2), thruster gebruik achter (zie: Figuur 3-4):
  - Toerental schroefas (in omwentelingen per minuut) voor bakboord en stuurboord schroef, inclusief 70% criterium;
  - Hoek (in graden);
- Omgevingscondities (zie: Figuur 3-5):
  - Windsnelheid (in meter per seconde) en windrichting (in graden);
  - Golfhoogte (in meters) en golfrichting (in graden);
  - Stroomsnelheid (in meter per seconde) en stroomrichting (in graden).

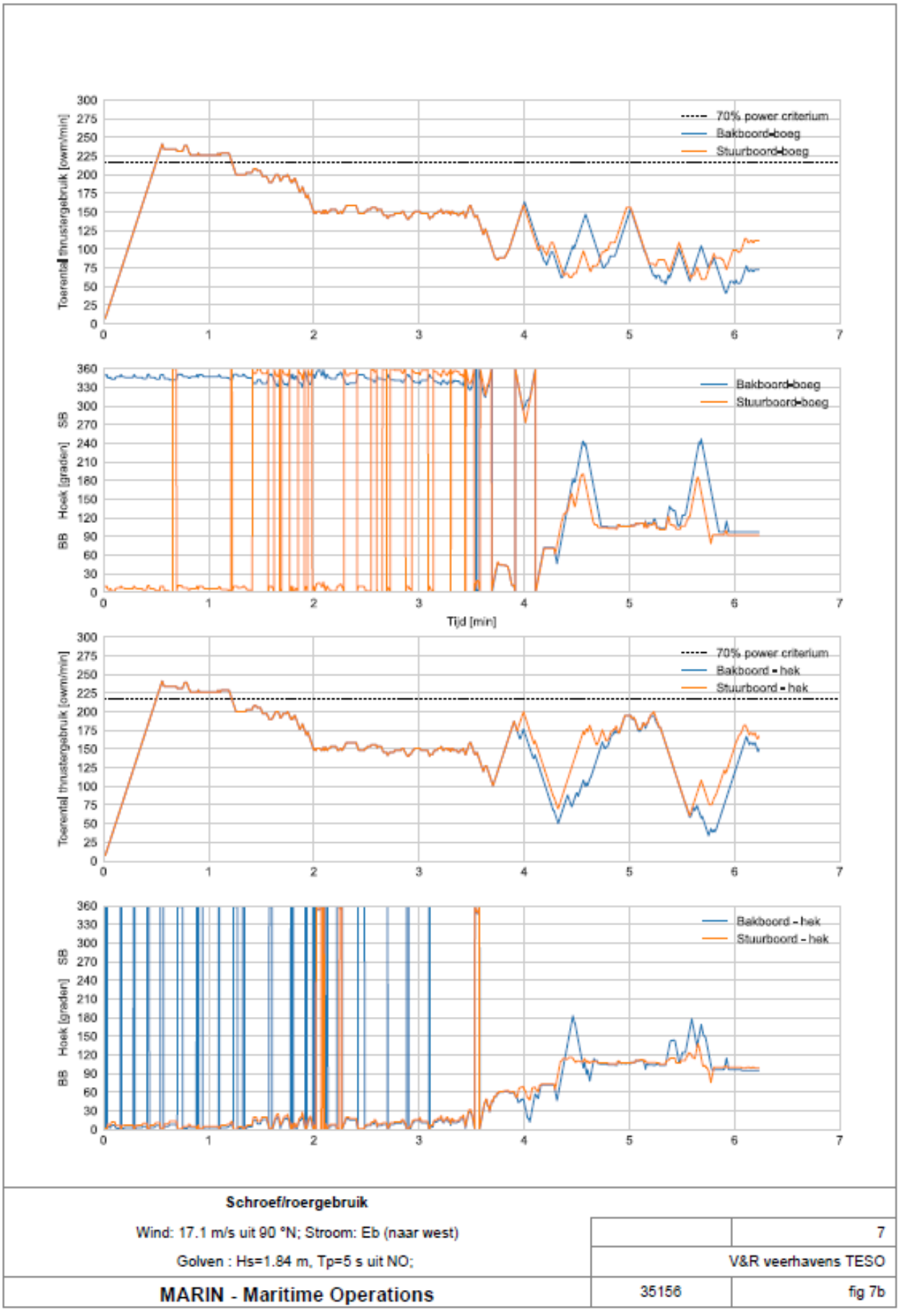
De wind- en golfrichting is gegeven als komend vanuit, terwijl de stroomrichting wordt gegeven als 'gaat naar'.



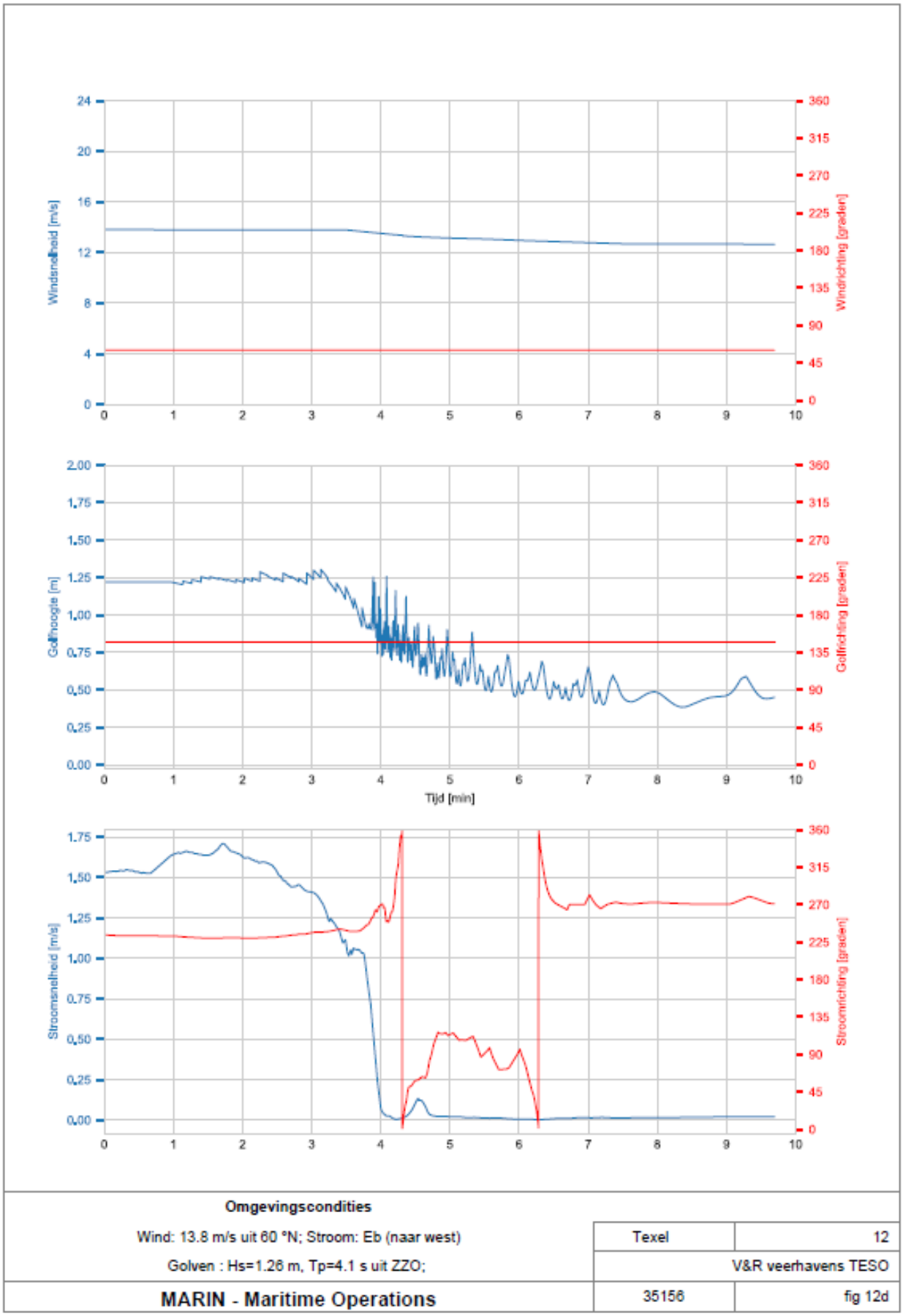
Figuur 3-2: Voorbeeld van een baanplot (Alternatief 2, aankomst over de eb).



Figuur 3-3: Voorbeeld van een dataplot Schip (1), scheepsbewegingen



Figuur 3-4: Voorbeeld van een dataplot Schip (2), schroef/roergebruik



Figuur 3-5: Voorbeeld van een dataplot Omgevingscondities

3.5 Beoordeling van de simulaties

De real-time simulaties worden beoordeeld door de kapiteins van de TESO en aan de hand van een numerieke analyse. De numeriek analyse wordt beschreven in Paragraaf 3.5.2. In de totale beoordeling is de beoordeling van de kapiteins zwaarwegend. Wanneer één of meerdere aspecten in de numerieke analyse dan wel beoordeling van de kapteins als onveilig wordt beoordeeld, dan wordt de simulatie in principe als onveilig beoordeeld. Afwijking hierop is mogelijk (bijvoorbeeld een overschrijding van schroeven die tegen elkaar inwerken), waarbij de motivatie in de tekst wordt aangegeven. Er is geen weging van factoren.

3.5.1 Beoordeling door de kapteins

Na elke simulatorvaart hebben de kapiteins een enquête ingevuld over het verloop van de vaart. De opgestelde enquête is afhankelijk van de doeleinden van het onderzoek. Een lege enquête is opgenomen in Figuur 3-6.

De resultaten van de meerkeuzevragen (b.v. ‘onveilig / op de limiet / veilig’) zijn gewaardeerd met een score van:

-, +/- en + waarbij:
- = onveilig (slecht, te krap, te hoog of te laag)
+/- = op de limiet (voldoende)
+ = veilig (goed)

Project 35156/3204.600
Questionnaire: vaarplan en verloop van de run

Algemeen (omcirkelen):

Veerhaven:	Texel	Den Helder	
Alternatief:	1	2	3
Schooff?		Ja / Nee	
Schip:	Wagemaker	Texelstroom	
Stroom:	Vloed	Eb	
Wind:	..... [°N]	..... [m/s]	
Golven:	..... [°N]	..... [m]	
Manoeuvre:	Aankomst	Vertrek	

Simulatie:

Dag (maart):	11 12 13 14 15
Tijd (lokaal):	.....
Scenario:	.....
Dolphin run:	.....
Run admin:	.....

Beoordeling van verloop:

	Onveilig	Twijfelachtig	Veilig
Algemene indruk van run:			
Controleerbaarheid bij in/uitvaart haven:			
Landen op remmingwerk:			
Afstand tot ondieptes etc.:			

Opmerkingen:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Figuur 3-6: Voorbeeld van een enquête.

3.5.2 Numerieke analyse

De simulaties worden beoordeeld op de volgende aspecten:

- Beheersbaarheid van de manoeuvre aan de hand van de besturingsmiddelen.
- Ruimtegebruik en afstanden tot objecten.

In de analyse van de controleerbaarheid van de manoeuvre wordt rekening gehouden met een veiligheidsmarge. Deze marge is benodigd om voldoende reserves te hebben in geval van nood of onverwachte gebeurtenissen.

Analyse beheersbaarheid
Voor een veilige manoeuvre is het van belang dat het schip goed onder controle is. Hierbij is gewenst dat het voorstuwingsysteem voldoende veiligheidsmarge heeft ten opzichte van het maximale beschikbare vermogen. Voor de beoordeling van de runs betekent dit, dat niet langdurig (langer dan 1 minuut) veel vermogen nodig moet zijn om het schip te controleren. Een korte toerenstoot (van minder dan 1 minuut) wordt wel als veilig beschouwd.

De evaluatie van één enkele schroef is hierbij als volgt:

Rating	Score	Criterium
Voldoende reserve	+	Minder dan 70% van de voortstuwingskracht voor één enkele schroef in paaltrek gedurende de gehele run.
Net voldoende reserves	+/-	Meer dan 70% van de voortstuwingskracht voor één enkele schroef in paaltrek voor minder dan 1 minuut.
Onvoldoende reserve	-	Meer dan 70% van de voortstuwingskracht voor één enkele schroef in paaltrek voor meer dan 1 minuut.

De manoeuvreerreserves worden bepaald voor de situatie met vier generatoren. Wanneer er wordt gewerkt met vier generatoren dan is het maximaal toerental 260 omwentelingen per minuut op de as. Met minder generatoren is het maximaal vermogen en daarmee het toerental lager. In paaltrek is de voortstuwingskracht afhankelijk van het toerental in het kwadraat. Het toerental waarbij de 70% wordt overschreden is dan gelijk aan $\sqrt{0.7}*n_{max}$=217 rpm.

Analyse landen op het remmingswerk
De volgende criteria worden gesteld aan landen op het remmingswerk (tot een aanvaarhoek van 10 graden):

Rating	Score	Criterium
Lager dan de limiet	+	Dwarssnelheid ≤ 0,3 knoop
Op de limiet	+/-	0,3 knoop < dwarssnelheid ≤ 0,5 knoop
Over de limiet	-	Dwarssnelheid > 0,5 knoop

Hierbij is de limiet overgenomen uit Brolsma 1977 (lijn b, voor moeilijke afmeercondities in een afgeschermd gebied), [Ref. 9]. De aanvaarhoek van maximaal 10 graden is overgenomen uit ontwerpcondities voor de palen van de fuik, zoals aangereikt door de TESO [Ref. 10].

In de dataplots met de dwarssnelheid (zie Figuur 3-3) is het criterium van 0,5 knoop geplot als horizontale lijn. Verticale lijnen markeren hierbij het moment waarop de boeg dan wel midscheeps de korte dan wel lange fuik raken.

Analyse ruimtegebruik

Bij de numerieke analyse van het ruimtegebruik en de veiligheidsmarges wordt de afstand van het schip tot de vaargeulgrenzen en objecten beoordeeld. Een criterium voor een veilige afstand tot objecten is afhankelijk van het beschouwde schip. Voor binnenvaartschepen wordt gebruik gemaakt van de Richtlijnen Vaarwegen 2020 [Ref. 12], voor zeevaartschepen wordt gebruikt gemaakt van PIANC-richtlijnen [Ref. 13]. In Tabel 3-1 zijn de verschillende veilige afstanden weergegeven, volgens beide bronnen. Bij PIANC is de langzame snelheid (5<v<8 knopen) van toepassing. De afstand tot grenzen wordt in het kielvlak van het schip zonder inzinking (squat) en/of golfinvloed bepaald. Bij hoog water is er meer bevaarbare breedte ter beschikking. Omdat de afstand tot harde constructies dan ook nog steeds in acht genomen dient te worden is dit criterium toegevoegd. Bij de snelheden en type omgeving 'sloping edges and shoals' geven de RVW 2020 dezelfde veilige afstand.

Tabel 3-1: Evaluatie ruimtegebruik (afstanden tot vaargeul grenzen en/of ondieptes).

Rating	Score	RVW2020	PIANC (sloping edges and shoals)	PIANC (steep and hard embankments)
Veilig	+	> 0,3 B	> 0,3 B	> 0,5 B
Op de limiet	+/-	0,15 B – 0,30 B	0,15 B – 0,30 B	0,25 B – 0,50 B
Onveilig	-	0,0 B – 0,15 B	0,0 B – 0,15 B	0,0 B – 0,25 B

3.5.3 Tabel met resultaten

In de bespreking van de resultaten wordt onderstaande tabel gebruikt om de evaluatie van de diverse onderdelen per run te presenteren:

1	2	3	4		5			6				7	8	9	10
Run	Manoeuvre	Stroom	Wind		Golven			Kapitein				Numeriek			Totaal
		Type	Snelheid	Uit °N	Hs	Tp	Uit	alg.	cont.	land.	afst.	cont.	land.	afst.	
1	Aankomst	Vloed (→O)	13.8 m/s (Bft.6)	240	1.36	4.4	ZZW	+	+	+	+				

Kolom 1: Het runnummer, deze is al opgesplitst per alternatief. Het runnummer is hierbij overeenkomstig met het simulatieprogramma.

Kolom 2: Het type manoeuvre. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in aankomst of vertrek.

Kolom 3: Stroming hierbij is het type gedefinieerd (corresponderend met maximale stroming), de stromingsrichting is ‘gaand naar’.

Kolom 4: Wind in m/s en Beaufort, de windrichting is ‘komend uit’. De wind is hierbij gedefinieerd op 10m hoogte en over 10 minuten gemiddeld.

Kolom 5: (significante) Golfhoogte, piekperiode en de golfrichting ‘komend uit’.

Kolom 6: In deze kolom wordt de beoordeling van de run door de kapiteins weergegeven op vier aspecten. De volgende score wordt hierbij gebruikt:

+	Veilig of goed
+/-	Twijfelachtig
-	Onveilig of slecht

Kolom 7: Hier wordt het gebruik van de schroeven gepresenteerd. Hierbij wordt aangegeven hoeveel reserves er aanwezig zijn in de manoeuvreermiddelen van het schip, zie sectie 3.5.2. De volgende score wordt hierbij gebruikt:

+	Voldoende reserves
+/-	Net voldoende reserves
-	Onvoldoende reserves

Kolom 8: In deze kolommen wordt de evaluatie van het landen gepresenteerd.
De volgende score wordt hierbij gebruikt:

+	Lager dan de limiet
+/-	Op de limiet
-	Over de limiet

Kolom 9: Het ruimtegebruik is beoordeeld conform de beschrijving in sectie 3.5.3. De volgende score wordt hierbij gebruikt:

+	Veilig of goed
+/-	Twijfelachtig
-	Onveilig of slecht

Kolom 10: In deze kolom wordt de totale beoordeling van de run gepresenteerd. In deze score zijn zowel de numerieke resultaten als de evaluatie door de kapiteins meegenomen. De volgende score wordt hierbij gebruikt:

+	Veilig of goed
+/-	Twijfelachtig
-	Onveilig of slecht

Bij het opstarten van de simulatie zijn toerentallen, snelheid, en (gyro-)koers nog niet in evenwicht met de omgevingscondities. De eerste minuten van een simulatie moet er dus soms nog gezocht worden naar het gewenste uitgangspunt, waardoor grote correcties nodig zijn. Daarom wordt in de eerste minuten van een simulatie het overschrijden van de schroeven genegeerd.

4 ANALYSE VAN DE MANOEUVREERSIMULATIES VOOR DEN HELDER

De simulaties zijn onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 1;
- Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 2;
- Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 3.

Per categorie worden de resultaten in de volgende paragrafen besproken. In Paragraaf 4.1.4 wordt een afweging van de alternatieven vanuit nautisch perspectief gemaakt en specifiek ingegaan op de windhinder. In de beschrijving van de simulaties wordt alleen ingegaan op oostelijke windrichtingen (60°-150°N). Voor een beschrijving van de overige simulaties (windrichtingen 180°-300°N) wordt verwezen naar [Ref. 3].

4.1.1 Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 1

In Tabel 4-1 worden de resultaten samengevat van de 12 uitgevoerde simulaties voor alternatief 1. Hierbij zijn er 8 aankomsten en 4 vertrekkers gesimuleerd. De vertrekkers zijn allemaal als veilig beoordeeld. Bij aankomst zijn de meeste vaarten als veilig beoordeeld en een aantal vaarten als twijfelachting / op de limiet.

Tabel 4-1: Resultaten van simulaties voor Alternatief 1, Den Helder.

Run	Manoeuvre	Sch.	Stroom	Wind		Golven			Kapitein				Numeriek			Totaal
			Type	Snelheid	Uit °N	Hs	Tp	Uit	alg.	cont.	land.	afst.	cont.	land.	afst.	
1	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO	+	+/-	+/-	+	+	+	+	+
2	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO	+	+	+/-	+	+	+	+	+
7	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+	+	+	+	+	+	+
13	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+	+	+	+	+	+	+
14	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+/-	+/-	+	+	+	+	+	+/-
19	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen			+/-	+/-	+	+	+	+	+	+/-
20	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen			+	+/-	+/-	+	+	+/-	+	+/-
55	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+
56	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+
61	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+
62	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+

Aankomst manoeuvres

De eerste twee manoeuvres zijn uitgevoerd in Beaufort 7 wind uit 60°N (uit ONO) over de eb. Deze manoeuvres zijn als 'Veilig' beoordeeld. De kapitein merkt op dat het gebouw voelbaar is, maar gecontroleerd gepasseerd kan worden. De toerentallen in beide manoeuvres wordt aan de hoge kant bevonden. Dit kan o.a. komen door de tragere opbouw van het vermogen, waardoor er in de simulator meer vermogen wordt gegeven dan men in de praktijk gewend is.

In Run 7 en 8 zijn er dezelfde bevindingen als in Run 1 en 2. Het gebouw is merkbaar, maar de Texelstroom is controleerbaar tijdens de passage. Beide runs worden als 'Veilig' beoordeeld. Run 13 wordt als veilig beoordeeld. In Run 14 beoordeeld de kapitein de controleerbaarheid als 'Twijfelachtig', omdat de invloed van het gebouw op het windveld sterk is. Hierbij moet gestuurd worden van veel dwarsvermogen naar weinig (veel side steppen naar geen side steppen). Vanwege de beoordeling van de kapitein wordt de vaart als 'Twijfelachtig' beoordeeld. De baanplots van Run 13 en 14 zijn opgenomen in Figuur 4-1.

Run 19 en 20 zijn beide als 'Twijfelachtig' beoordeeld. Hierbij is het met name de snelheid tijdens het landen die als 'Op de limiet' wordt beoordeeld door de kapitein en bevestigd door de numerieke analyse.

Vertrek manoeuvres

Alle vertrek manoeuvres zijn als veilig (met voldoende marges) beoordeeld. Het gebouw kan gecontroleerd gepasseerd worden.

Figuur 4-1: Baanplots voor Run 13 (links) en Run 14 (rechts).

4.1.2 Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 2

In Tabel 4-1 worden de resultaten samengevat van de 12 uitgevoerde simulaties voor alternatief 2. Hierbij zijn er 8 aankomsten en 4 vertrekkers gesimuleerd. De vertrekkers zijn allemaal als veilig beoordeeld. Bij aankomst zijn de meeste vaarten als twijfelachting / op de limiet beoordeeld en enkele vaart zelfs als onveilig. Ten opzichte van alternatief 1, scoort dit alternatief minder.

Tabel 4-2: Resultaten van simulaties voor Alternatief 2, Den Helder.

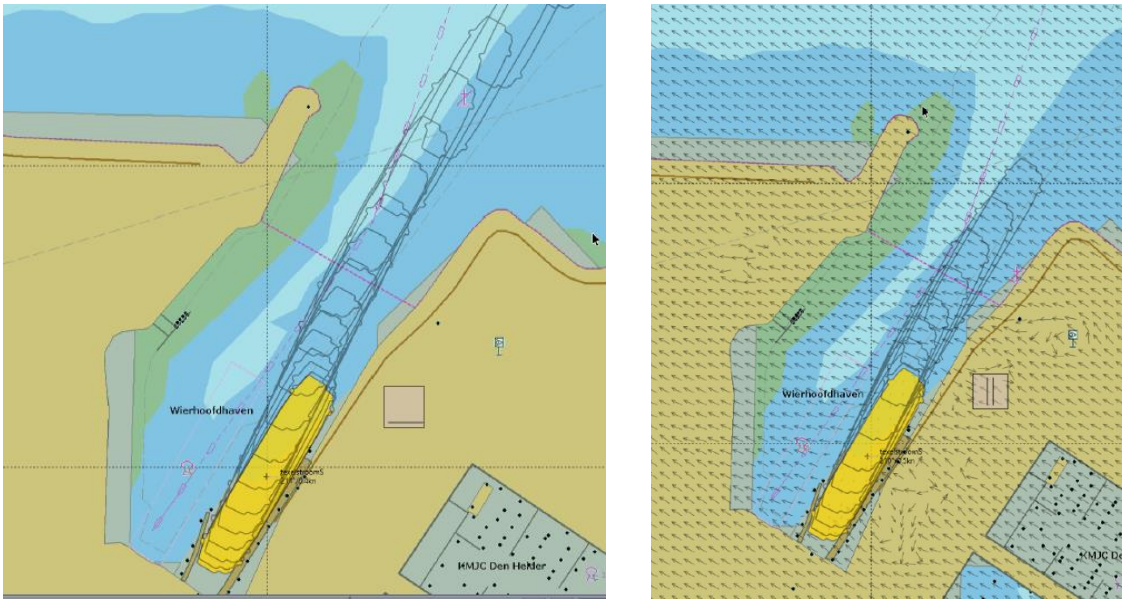
Run	Manoeuvre	Sch.	Stroom	Wind		Golven			Kapitein				Numeriek			Totaal
			Type	Snelheid	Uit °N	Hs	Tp	Uit	alg.	cont.	land.	afst.	cont.	land.	afst.	
3	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO	+	+	+	+/-	+	+	+/-	+/-
4	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO	+	+	+	+/-	+	+	+/-	+/-
9	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+	+	+	+	+	+	+
15	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+/-	+/-	+	+/-	+	+/-	+/-	+/-
16	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+/-	+/-	+	-	+	+	-	-
21	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen			+/-	+/-	+	+/-	+	+	-	+/-
22	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen			+/-	+/-	+/-	+/-	+	+	+/-	+/-
57	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+		+	+/-		+	+
58	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+		+	+/-		+	+
63	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+		+	-		+	+/-
64	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+

Aankomst manoeuvres

Dit alternatief voelt onnatuurlijk bij het invaren voor de fuik. De kapiteins en stuurmannen geven aan dat er weinig met de vaarhoek (opstuurhoek) gedaan kan worden en er langdurig door gemanoeuvreerd moet worden. Omdat de fuik naar het oosten is verplaatst wordt in de aanloop over een ondiepte aan de oostkant heen gevaren. Dit is terug te zien in de beoordeling van de afstand, die in veel runs als 'Twijfelachtig' is beoordeeld.

In Run 3 en 4 wordt de afstand door de kapitein als 'Twijfelachtig' beoordeeld. Dit wordt ondersteund door de numerieke analyse. In de aanloop wordt meer naar het oosten gevaren t.o.v. de huidige situatie, waardoor over een ondiepte wordt gevaren. Beide vaarten worden als 'Twijfelachtig' beoordeeld. Wanneer de ondiepte wordt weggebaggerd dan zijn de vaarten veilig. De invloed van het gebouw kan gecontroleerd worden opgevangen. Run 9 en 10 zijn als 'Veilig' beoordeeld. De invloed van het gebouw is gecontroleerd op te vangen.

In Run 15 en 16 wordt het nadeel van deze variant goed zichtbaar. Er wordt onder de centrale lijn aangevaren en er moet lang worden door gemanoeuvreerd en veel vermogen dwars uit worden gegeven om in de fuik te komen. In Run 16 is de afstand tot de ondiepte in de veerhaven (kering) over de veilige afstand. Deze afstand komt al door de aanloop waarbij er verder onder de kant wordt geëindigd, zie Figuur 4-2. Dit komt mede door dat het gebouw voor een grotere onregelmatigheid in het windveld zorgt, waardoor continue opgestuurd moet worden. Het opsturen wordt door de ruimte juist beperkt en er is dan extra zijwaarts vermogen nodig. De run wordt als 'Over de limiet' beoordeeld, vanwege de te krappe afstand tot de oever. Mitigerende maatregelen zoals het verplaatsen van de fuik dan wel het terugleggen van de oeverlijn zijn hierbij benodigd.



Figuur 4-2: Baanplots voor Run 15 (links) en Run 16 (rechts).

Wanneer de wind verder wordt doorgedraaid naar komend uit 150°N (Run 21 en 22) volgt dat de huidige bebouwing al van invloed is op de manoeuvre. Op basis van Run 22 volgt dat het nieuwe gebouw van invloed is, maar dat deze invloed op te vangen is. De kapitein merkt op dat er erg lang binnen grenzen gemanoeuvreerd moet worden en dat de invloed van windafscherming door de bebouwing groter is in vergelijking met Alternatief 1 (huidige locatie). Beide runs worden als 'Twijfelachtig' beoordeeld. Wanneer de aanloop wordt vrij gebaggerd (de afstand tot ondieptes worden vergroot), dan zal de evaluatie nog steeds 'Twijfelachtig' zijn.

Vertrek manoeuvres

In Run 57 en 58 wordt het criterium voor de controleerbaarheid overschreden wanneer het schip al in open water is. Deze runs worden als 'Veilig' beoordeeld. De beoordeling van de kapitein is op alle aspecten veilig.

In Run 63 wordt het criterium voor de controleerbaarheid meer dan één minuut overschreden. Nadat de fuik is uit gemanoeuvreerd, wordt er langdurig vol vermogen gegeven. Dit lijkt niet op dit moment van de manoeuvre niet nodig (waarschijnlijk is er meer vermogen gegeven om extra vaarsnelheid op te bouwen). De run wordt als 'Twijfelachtig' beoordeeld (vanwege het overschrijden van het controleerbaarheid criterium). In Run 64 wordt het gebouw meegenomen in het windveld. Dit resulteert op het einde van de run in gecontroleerd schroef gebruik (met voldoende marge). Deze run wordt daarom al 'Veilig' beoordeeld.

4.1.3 Aankomst en vertrek manoeuvres voor Alternatief 3

In Tabel 4-3 worden de resultaten samengevat van de 12 uitgevoerde simulaties voor alternatief 3 Den Helder. Hierbij zijn er 8 aankomsten en 4 vertrekkers gesimuleerd. De vertrekkers zijn allemaal als veilig beoordeeld. Bij aankomst zijn de meeste vaarten als twijfelachting / op de limiet beoordeeld. In vergelijking met alternatief 2, scoort dit alternatief beter.

Tabel 4-3: Resultaten van simulaties voor Alternatief 3, Den Helder.

Run	Manoeuvre	Sch.	Stroom	Wind		Golven			Kapitein				Numeriek			Totaal
			Type	Snelheid	Uit °N	Hs	Tp	Uit	alg.	cont.	land.	afst.	cont.	land.	afst.	
5	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO	+	+	+	+/-	+	+	+/-	+/-
6	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	60	1.84	5.0	NO	+	+	+	+/-	+	+	+/-	+/-
11	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+	+	+/-	+	+	+	+/-
12	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-
17	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+/-	+	+/-	+	+	+/-	+/-
18	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+	+	+/-	+	+/-	+/-	+/-
23	Aankomst	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen			+	+/-	+	+/-	+	+	+/-	+/-
24	Aankomst	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	150	geen			+	+/-	+	+/-	+	+	-	+/-
59	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+
60	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	90	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+
65	Vertrek	nee	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+		+	+		+	+
66	Vertrek	ja	Eb (←W)	17.1 m/s (Bft.7)	120	1.84	5.0	NO	+	+		+	+/-		+	+

Aankomst manoeuvres

Net als bij alternatief 2 geldt dat de fuik naar het oosten is verplaatst. Hierdoor wordt er in de aanloop over een ondiepte aan de oostkant heen gevaren. Dit is terug te zien in de beoordeling van de afstand, die in veel runs als 'Twijfelachtig' is beoordeeld.

In Run 5 en 6 wordt de afstand door de kapitein als 'Twijfelachtig' beoordeeld. Dit wordt ondersteund door de numerieke analyse. In de aanloop wordt meer naar het oosten gevaren t.o.v. de huidige situatie, waardoor over een ondiepte wordt gevaren. Beide vaarten worden als 'Twijfelachtig' beoordeeld. Wanneer de ondiepte wordt weggebaggerd dan zijn de vaarten veilig.

Het nieuwe gebouw geeft in run 6 ten opzichte van run 5 een minder stabiel schip. Dit komt doordat het gebouw precies gepland is aan het begin van de fuik. Omdat de fuik dichterbij de bebouwing komt, is de gradiënt in het windveld sterker en moet daarom sneller opgevangen worden.

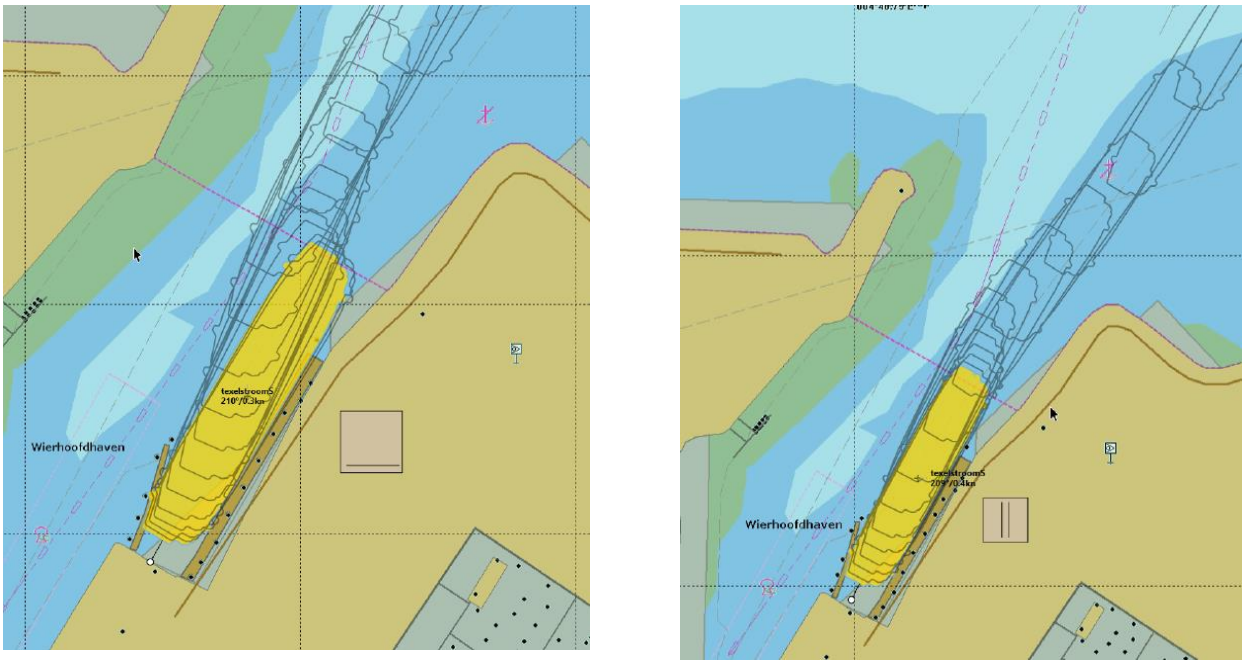
Run 11 en 12 zijn als 'Veilig' beoordeeld. De invloed van het gebouw is gecontroleerd op te vangen.

Run 17 en 18 geven de voordelen van alternatief 3 ten opzichte van alternatief 2. De invaart richting de fuik is vanwege de kortere lengte makkelijker te controleren (het 'oplijnen' naar de fuik is makkelijker). Er wordt door de kapitein gesuggereerd om nog een stuk oever weg te halen, om meer ruimte voor correcties te krijgen. Dit is met name in Run 18, zie Figuur 4-3, waarbij er dicht onder de kant wordt gevaren om voor de winddruk te compenseren. Het vergroten van de afstand tot de oever kan worden gegenereerd door de fuik meer naar het midden van de veerhaven te verplaatsen, dan wel de hoek bij te draaien (meer naar het midden van de haven toe).

In Run 23 en 24 is de afstand als onveilig beoordeeld. Hierbij wordt in de aanloop over een ondiepte heen gevaren. Verder is de controleerbaarheid van het schip in de haven 'Twijfelachtig' beoordeeld door de kapitein, omdat er meer vermogen moet worden gegeven. De invloed van het gebouw is op te vangen.

Vertrek manoeuvres

Alle vertrek manoeuvres zijn als veilig (met voldoende marges) beoordeeld. Het gebouw kan gecontroleerd gepasseerd worden.

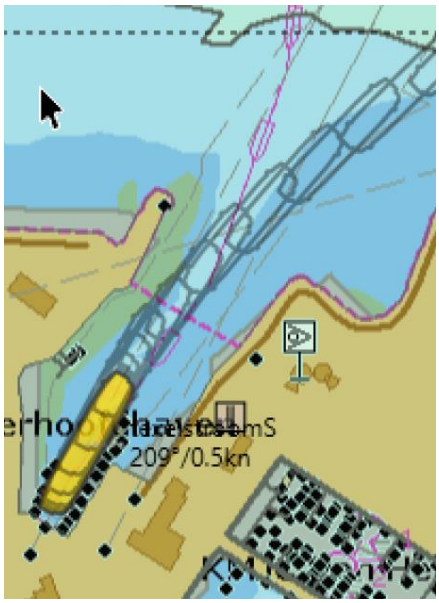


Figuur 4-3: Baanplots voor Run 17 (links) en Run 18 (rechts).

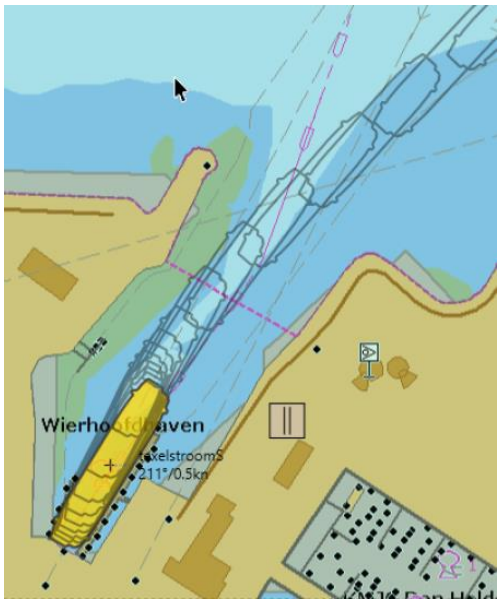
4.1.4 Toename padbreedte en thrustergebruik

Het effect van het gebouw en het resultaat daarvan op de toename in padbreedte kan alleen objectief worden vergeleken voor de huidige situatie (alternatief 1). Voor alternatief 2 en alternatief 3 geldt dat de manoeuvre voor een nieuwe variant al tot andere vaarlijnen en andere manoeuvreerinzichten leidt. Het kwantificeren van de toename in padbreedte voor deze alternatieven wordt derhalve achterwege gelaten.

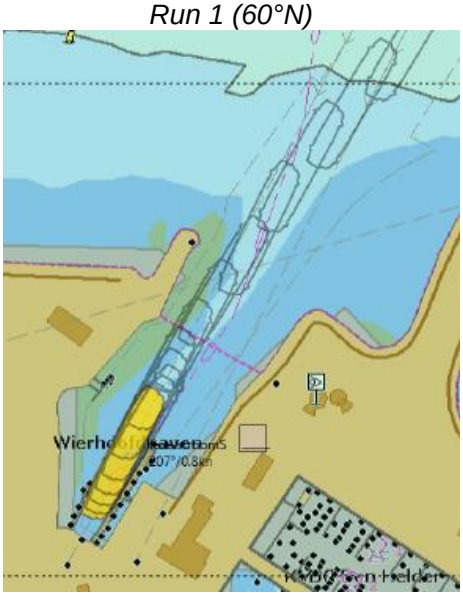
Uit analyse van de vaarten voor alternatief 1 blijkt dat de toename in padbreedte zodanig klein is dat er nautisch gezien geen gevaarlijke situaties ontstaan. De toename in padbreedte is ruim minder dan 0,5xB (scheepsbreedte). Uit de vergelijking tussen Run 19 en Run 20 (wind Bft 7, uit 150°N) blijkt met name het achterschip te vallen/driften voor de fuik naar het gebouw toe. De kapitein beoordeelt het landen in de fuik met het gebouw daarom als ‘Twijfelachtig’. Er is veel wisseling in schroefgebruik nodig om het veranderde windveld op te vangen. In de huidige situatie zonder gebouw, wordt het landen als ‘Veilig’ beoordeeld, maar in algemene zin als ‘Twijfelachtig’. Hierbij kan het verschil in simulatormodel en schip in de praktijk (waarbij de toeren sneller opbouwen) een rol spelen.
De baanplots voor de simulaties met en zonder gebouw zijn ter vergelijking opgenomen in Figuur 4-4.
Uit de vergelijking van het thrustergebruik valt op dat er meer vermogen benodigd is om de benodigde stuurcorrecties uit te voeren, zie Figuur 4-5 tot en met Figuur 4-8. Hierbij markeren de verticale bruine strepen de passage van de nieuwbouw. De toename in thrustergebruik is hierbij niet dusdanig dat er onvoldoende manoeuvreermarges overblijven. Het brandstofverbruik zal hoger zijn, omdat er meer toeren worden gegeven.



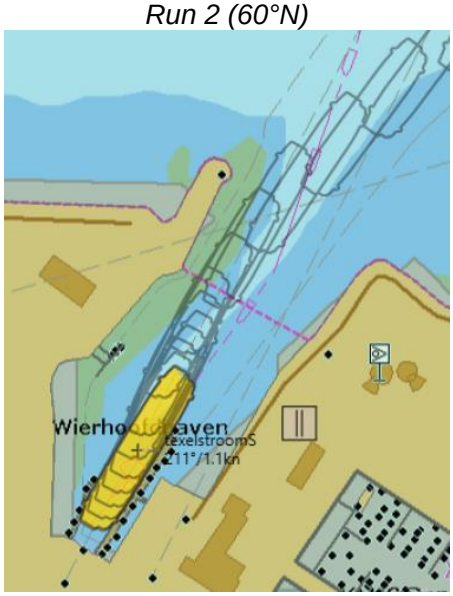
Run 1 (60°N)



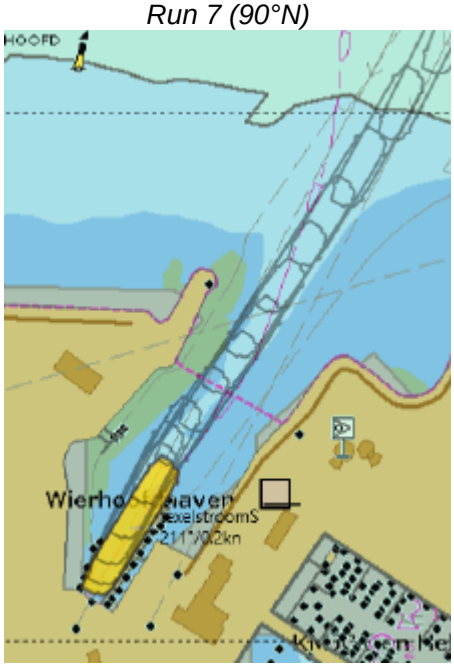
Run 2 (60°N)



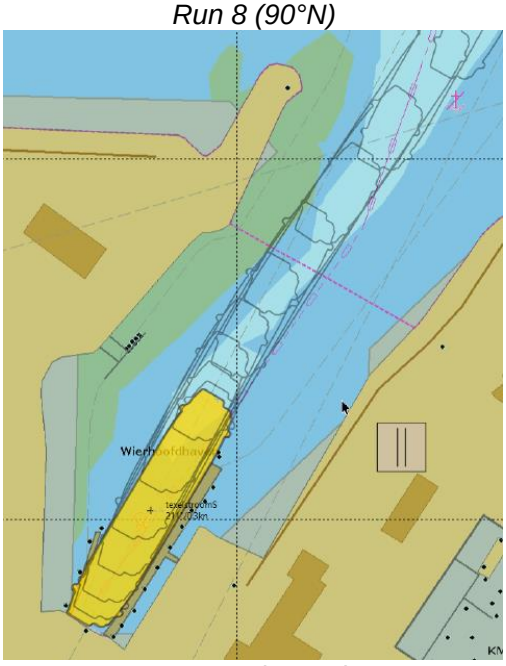
Run 7 (90°N)



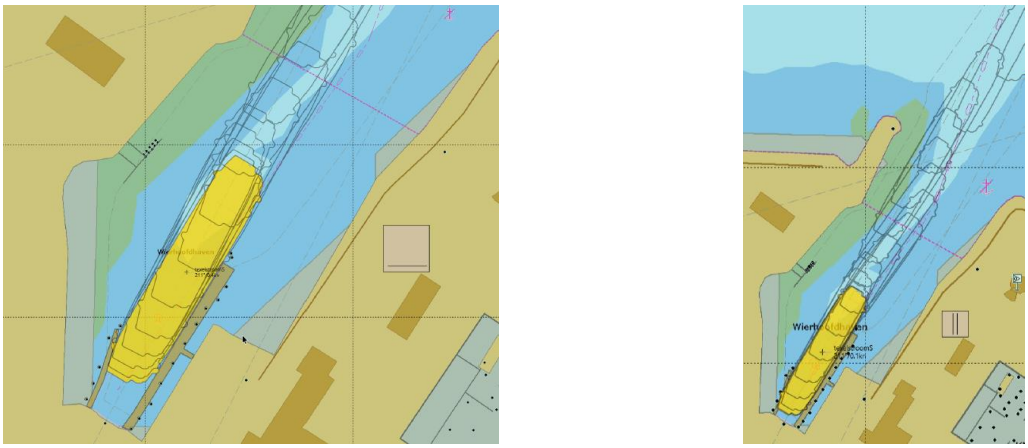
Run 8 (90°N)



Run 13 (120°N)

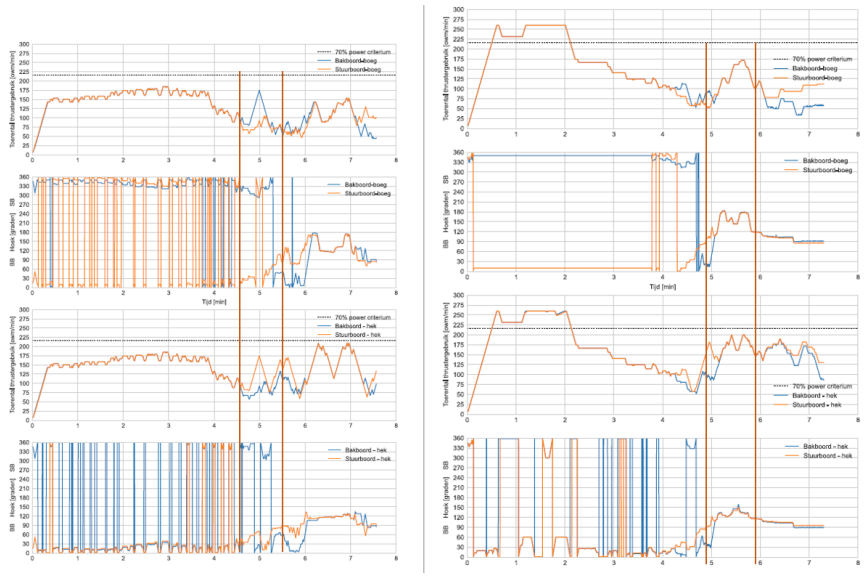


Run 14 (120°N)

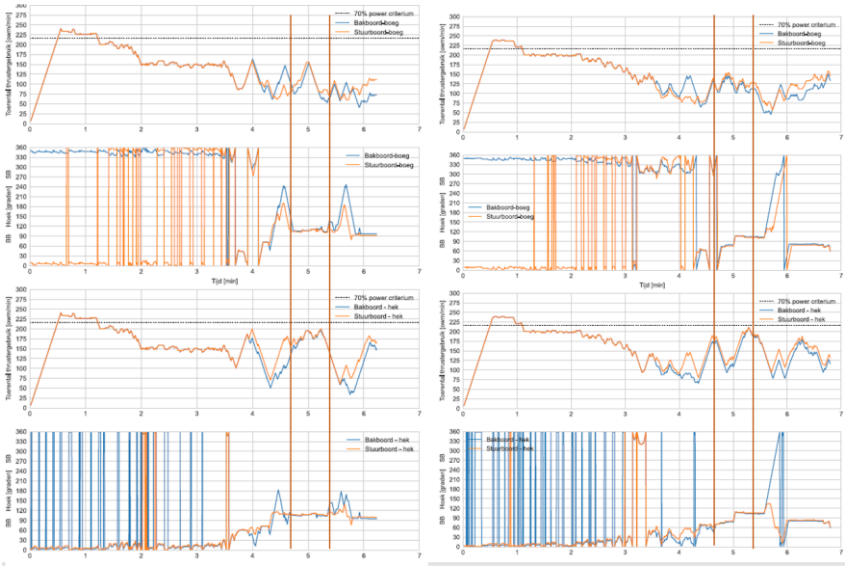


Run 19 (150°N) Run 20 (150°N)

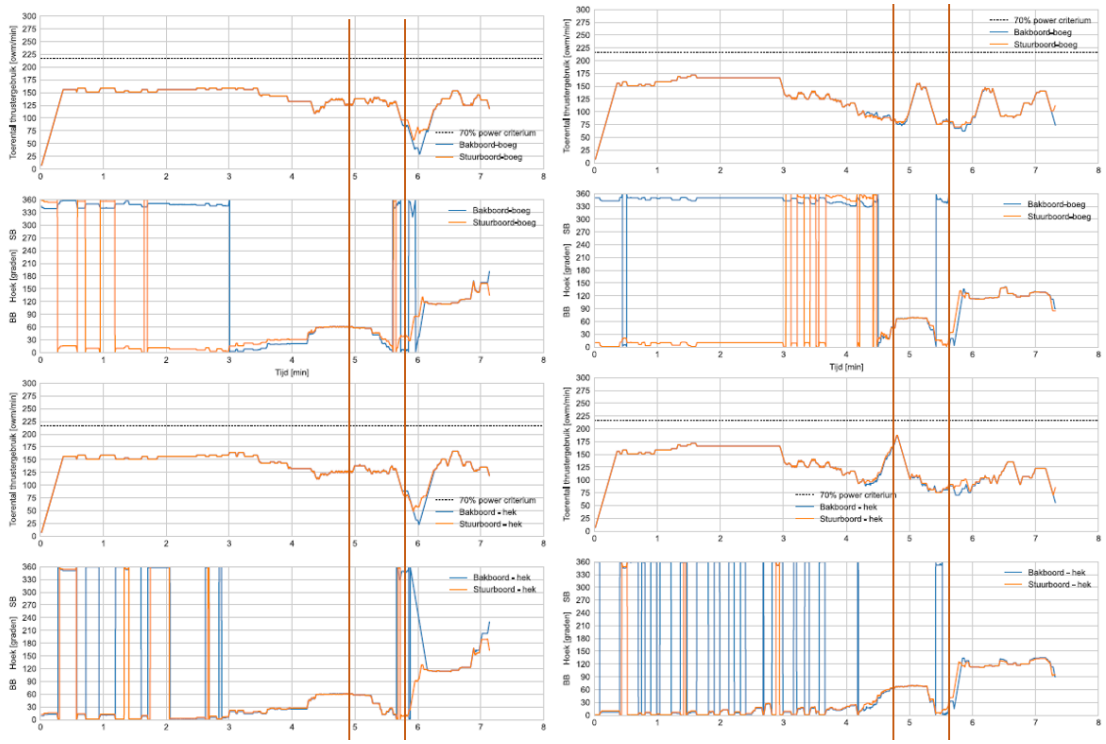
Figuur 4-4: Baanplots voor verschillende runs, exclusief gebouw (links) en inclusief gebouw (rechts).



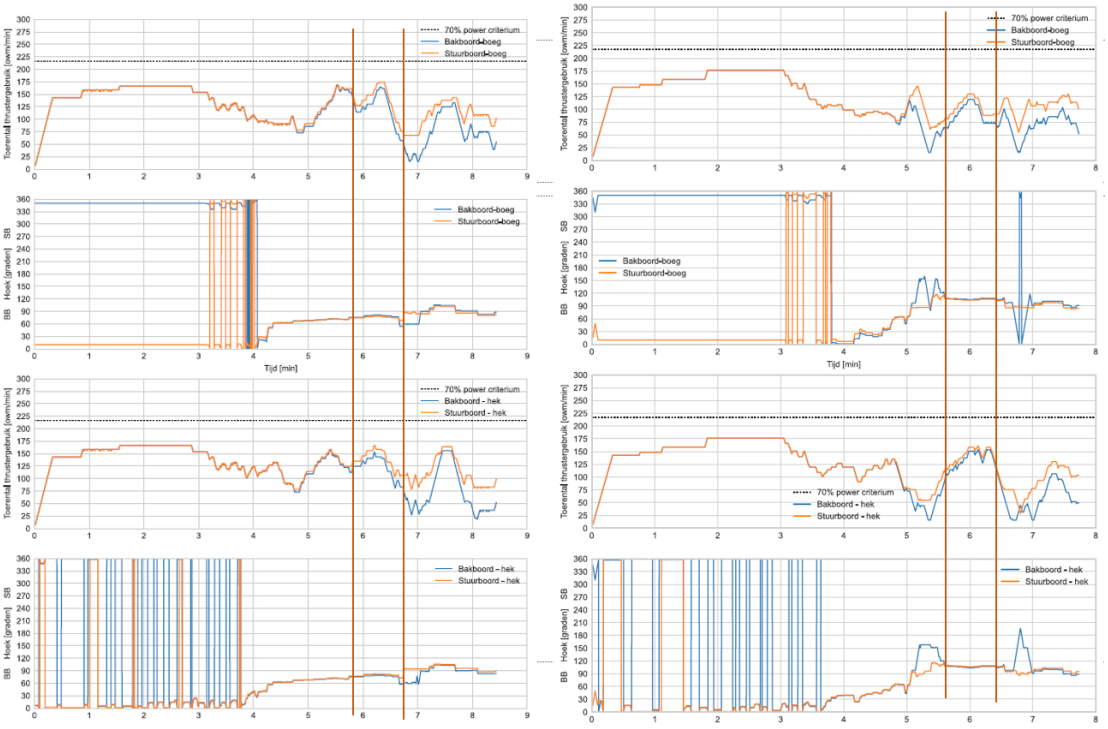
Figuur 4-5: Thrustergebruik met wind uit 60°N, exclusief gebouw (links Run 01) en inclusief gebouw (rechts Run 02).



Figuur 4-6: Thrustergebruik met wind uit 90°N, exclusief gebouw (links Run 07) en inclusief gebouw (rechts Run 08).



Figuur 4-7: Thrustergebruik met wind uit 120°N, exclusief gebouw (links Run 13) en inclusief gebouw (rechts Run 14).



Figuur 4-8: Thrustergebruik met wind uit 150°N, exclusief gebouw (links Run 17) en inclusief gebouw (rechts Run 18).

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Introductie

Het Rijksvastgoedbedrijf (de Opdrachtgever) is van plan een gebouw te realiseren nabij de fuik van de Koninklijke N.V. Texels Eigen Stoomboot Onderneming (TESO). Een noodzakelijke voorwaarde voor de nieuwbouw is een verklaring van geen bezwaar van de TESO (en daaraan gekoppeld van Rijkswaterstaat).

In een eerdere fase is een kwalitatieve analyse voor de situatie met en zonder gebouw uitgevoerd. Hierbij zijn maatgevende windrichtingen vastgesteld waarbij de nieuwbouw hinder kan veroorzaken voor het veer. Om de mogelijke windhinder te kwantificeren zijn nautische simulaties uitgevoerd bij TESO. Hierbij zijn er manoeuvreersimulaties uitgevoerd voor drie locatie varianten van de fuik.

Opgemerkt wordt dat het scheepsmodel van de Texelstroom op bepaalde aspecten conservatief reageert. Zo bleek dat de toerenopbouw in de praktijk sneller gaat dan op de simulator. Verder zal de gesimuleerde windgradiënt in de simulator sterker (en daarmee lastiger) zijn dan in de praktijk. Dit komt omdat een deel van de wind ook over het gebouw heen zal gaan (extra winddruk), waardoor de onregelmatigheid in het windveld (windgradiënt) kleiner zal zijn.

Alle vaarten zijn uitgevoerd in oostelijke winden op de bovengrens van Beaufort 7 (Beaufort 8 op de anemometer van de Texelstroom). Deze winden worden circa 0.03% van de tijd (3 uur per jaar) overschreden.

De simulaties zijn op een aantal manieren geëvalueerd en geanalyseerd:

- Enquête met evaluatie door de schipper direct na iedere simulatie;
- De gevaren baan in de haven;
- Het landen in de fuik;
- Afmetingen van de haven en afstanden tussen schip en oever.

Hierin is de enquête leidend, aangezien de schippers verantwoordelijk zijn voor de veiligheid van het schip en opvarenden. De daaropvolgende analyses zijn bedoeld ter ondersteuning van de enquête.

Conclusies

- Voor alternatief 1 en 3 is de windhinder beperkt en kan de invloed van het gebouw door het schip worden opgevangen.
- De windhinder veroorzaakt door het gebouw is voor alternatief 2 (afgraven parkeerdek) het grootst. Dit alternatief heeft nautisch gezien geen voorkeur ten opzichte van alternatief 1 (huidige situatie) en/of alternatief 3 (kopse kant parkeerdek).
- Het gebouw resulteert in alternatief 2 in hinder, waardoor de situaties slechter worden beoordeeld.
- Bij lagere windsterktes zal de eventuele hinder minder zijn dan waaronder gesimuleerd is.

Vergelijking in de huidige situatie

- Er is alleen een toename in padbreedte opgemerkt bij de vaart met de wind uit 150°N. Door de sterkere variaties in het windveld is het achterschip minder makkelijk op te vangen, waardoor het landen in de fuik wordt bemoeilijkt. De vaart zonder gebouw is ook als ‘Twijfelachtig’ beoordeeld.
- Voor de overige windrichtingen (60, 90 en 120°N) is er geen toename in padbreedte geconstateerd. Het gebouw wordt gevoeld, maar resulteert niet in oncontroleerbare situaties.
- Er is meer vermogen nodig om de benodigde stuurcorrecties uit te voeren. Het benodigde vermogen en toerentallen zijn echter beperkt waarbij er nog minimaal 30% van de kracht in paaltrek over blijft. Er is dus voldoende marge over op de schroeven.

Public

Aanbevelingen

Op basis van het onderzoek worden de aanbevelingen gegeven:

- Het verdient aanbeveling om in de voorziene aanvullende simulaties voor het voorkeursalternatief te Den Helder ook het windeffect van het gebouw bij de Schooff mee te nemen.
- Voor de simulaties voor het voorkeursalternatief zal het windveld hierbij moeten worden gecorrigeerd voor het deel van de winddruk wat over het gebouw heen gaat, zodat de ontstane wind-gradiënt minder sterk is. Een langer gebouw, zal zorgen voor een minder sterke wind gradiënt en zorgt voor een langer constant windveld, waardoor de kapitein/stuurman meer tijd heeft om voor de variatie in winddruk te corrigeren / op te vangen.
- Wanneer alternatief 3 bestuurlijk wordt vastgesteld als voorkeursalternatief, wordt het uitvoeren van een dynamische afmeer analyse aanbevolen om de resulterende afmeerkrachten (met name op de moormasters in de fuik) te bepalen. Door de verstoring in het windveld rond het gebouw nemen namelijk de dynamische krachten toe vanwege de sterkere ruimtelijke variatie in winddruk.

Public

REFERENTIES

[Ref 1.] MARIN, maart 2014. Windonderzoek nieuw Imares gebouw, RT-simulaties TESO, 25991-1-MSCN-rev.5

[Ref 2.] MARIN, december 2023. Nautisch windhinderonderzoek t.b.v. nieuwbouw Den Helder. Memo 35204.

[Ref 3.] MARIN, april 2024. V&R Aanleginrichtingen Den Helder en Texel. Werkpakket 9.2: Nautische simulaties t.b.v. alternatievenstudie. Rapport: 35156-1-MO-rev.1.

[Ref 4.] Alternatieven_compleet.dwg

Alternatievenstudie nautische simulaties.pptx

[Ref 5.] Svasek Hydraulisch rapport.

[Ref 6.] Technische Universiteit Eindhoven, 2014. Windeffecten IMARES-gebouw op TESO-veerhaven Den Helder", Ir. Wendy Janssen en Prof. Dr. Ir. Bert Blocken.

[Ref 7.] Wieringa, J. en P.J. Rijkoort, 1983. Windklimaat van Nederland. KNMI, De Bilt, Staatsuitgeverij, Den Haag. ISBN 90 12 04466 9;. Pp 263.

[Ref 8.] Wieringa J. 1992. Updating the Davenport roughness classification, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 41-44, 357-368.

[Ref 9.] PIANC werkgroep 33, 'Guidelines for the design of fender systems', 2002.

[Ref 10.] Rijkswaterstaat, email: Bescherming langs fuikwand Den Helder, 2009.

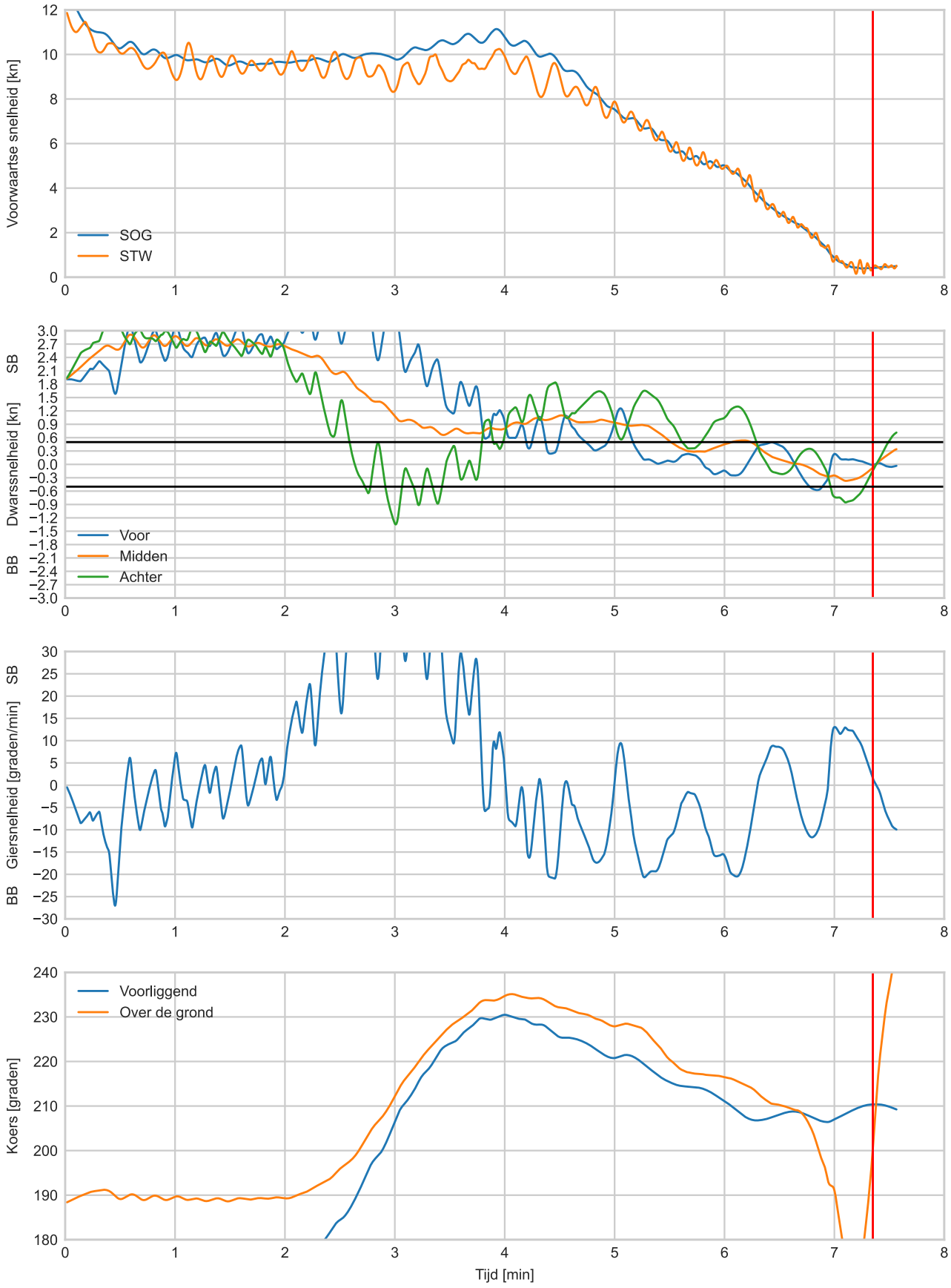
[Ref 11.] Rijkswaterstaat, Richtlijnen Vaarwegen 2020. D.d. Juni 2020.

PIANC werkgroep 121, 'Harbour approach channel design guidelines', 2014.

APPENDIX 1 BAAN- EN DATAPLOTS SIMULATIES VEERHAVEN DEN HELDER

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	1
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 1 a-1



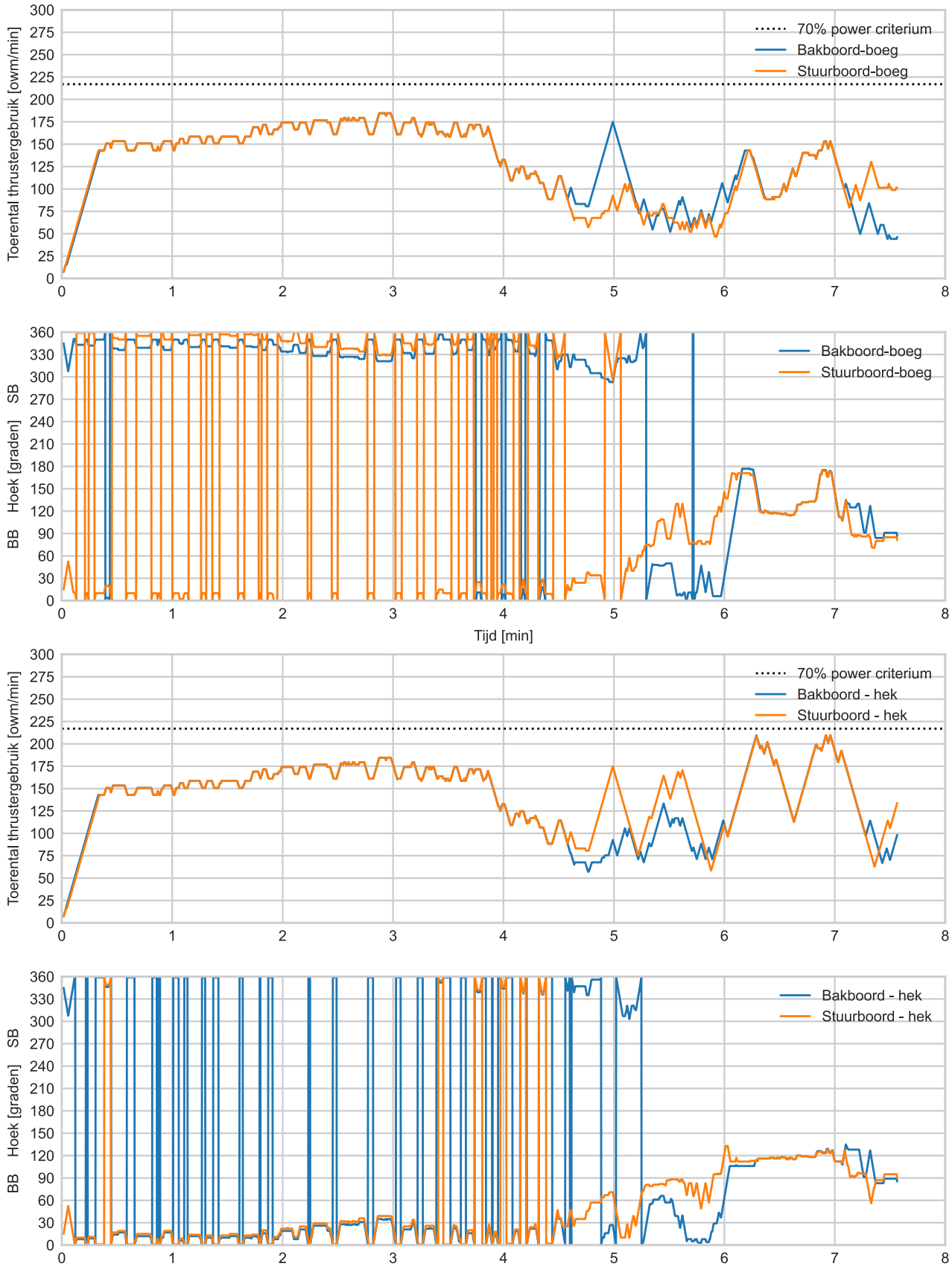
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	1
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 1b

MARIN - Maritime Operations



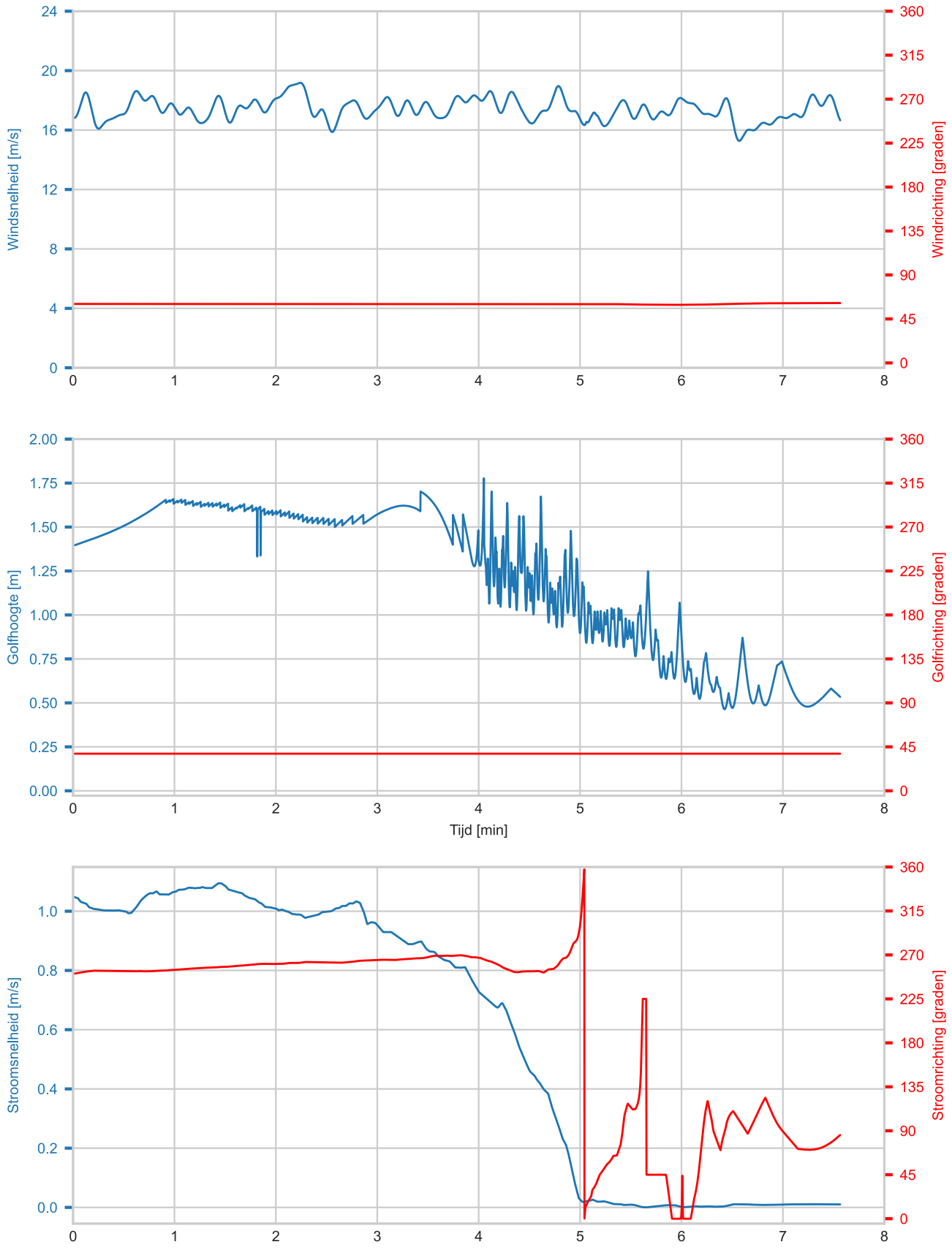
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	1
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 1c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

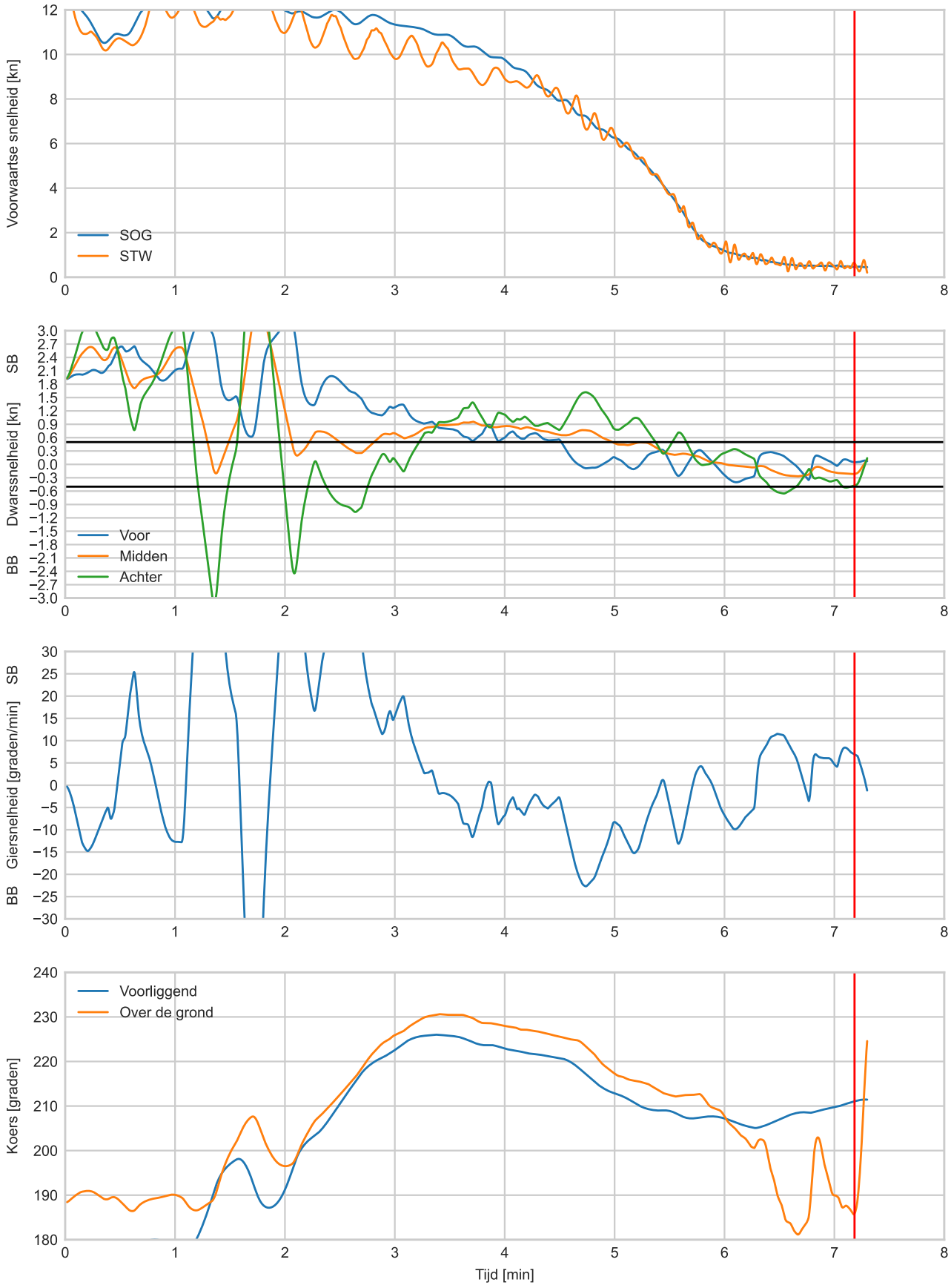
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	1
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 1d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	2
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 2 a-1



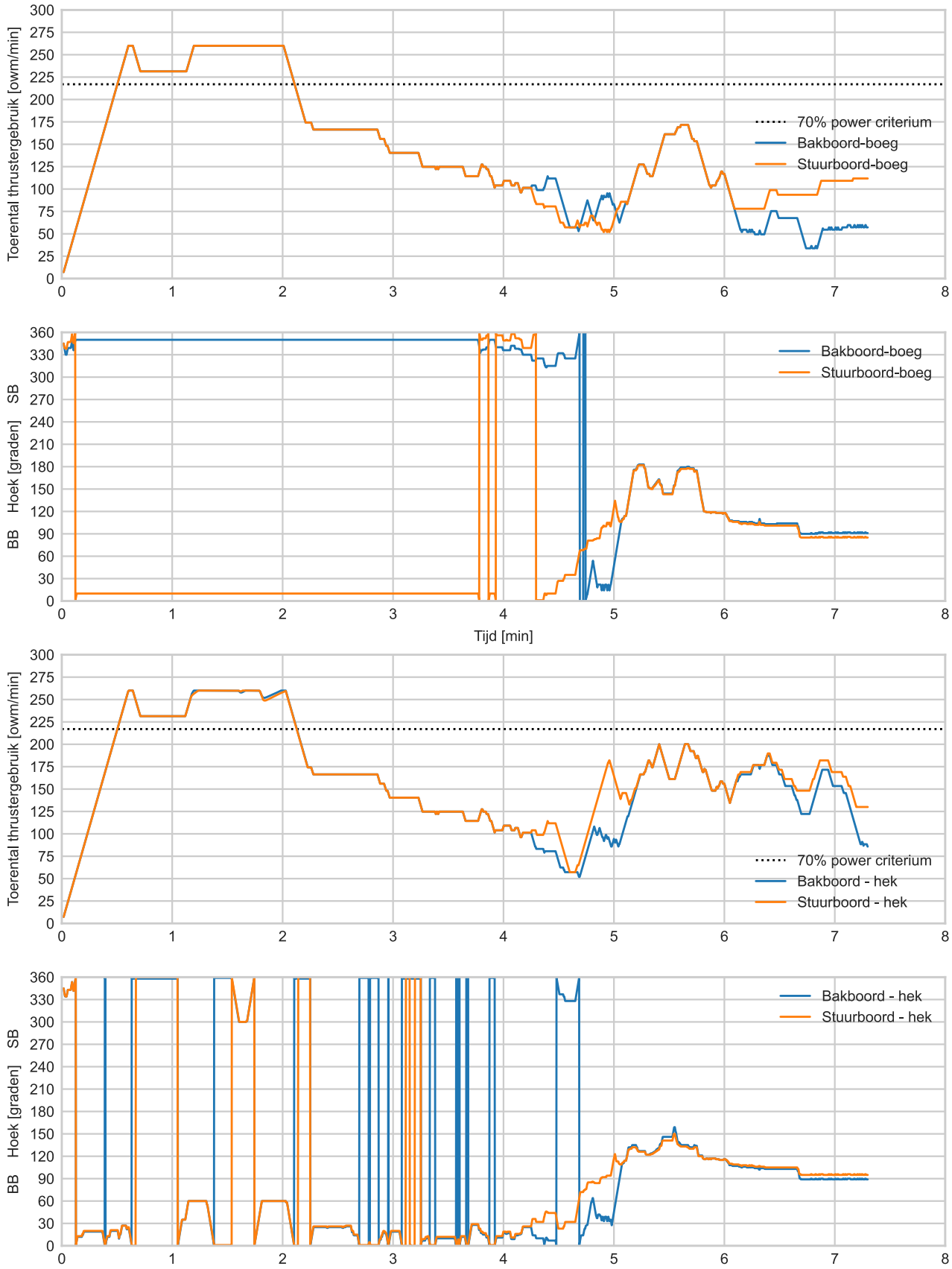
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	2
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 2b

MARIN - Maritime Operations



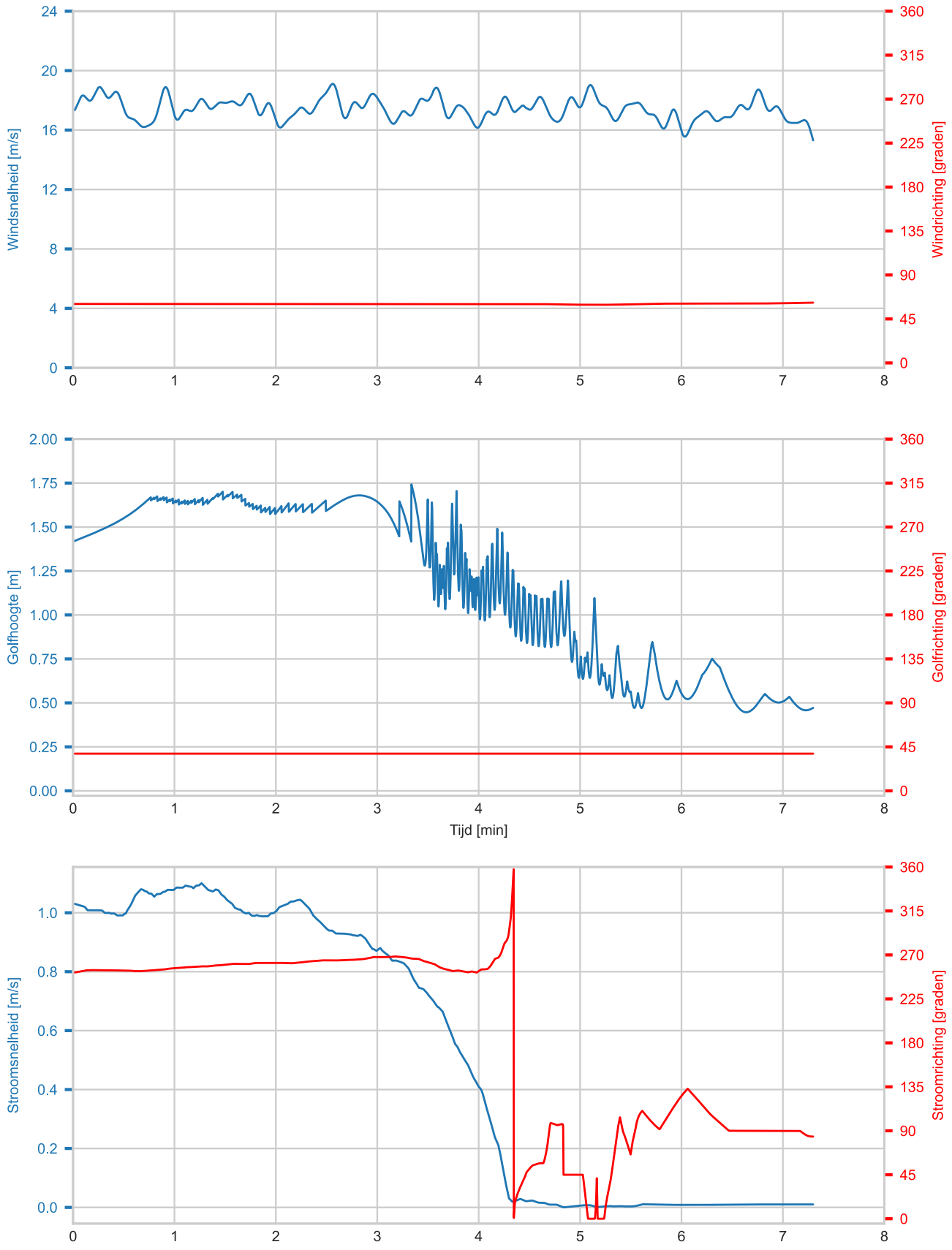
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	2
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 2c

MARIN - Maritime Operations



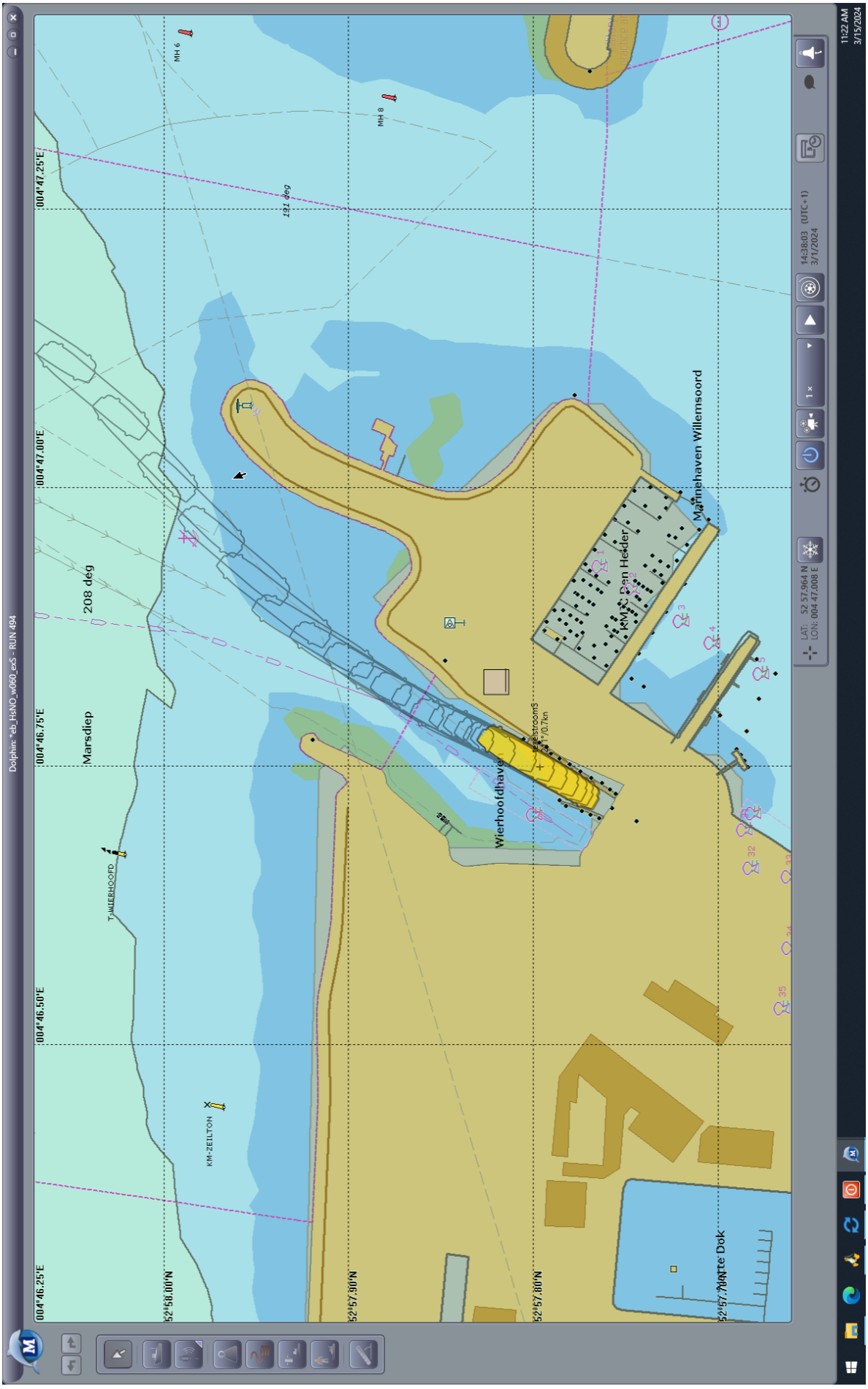
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

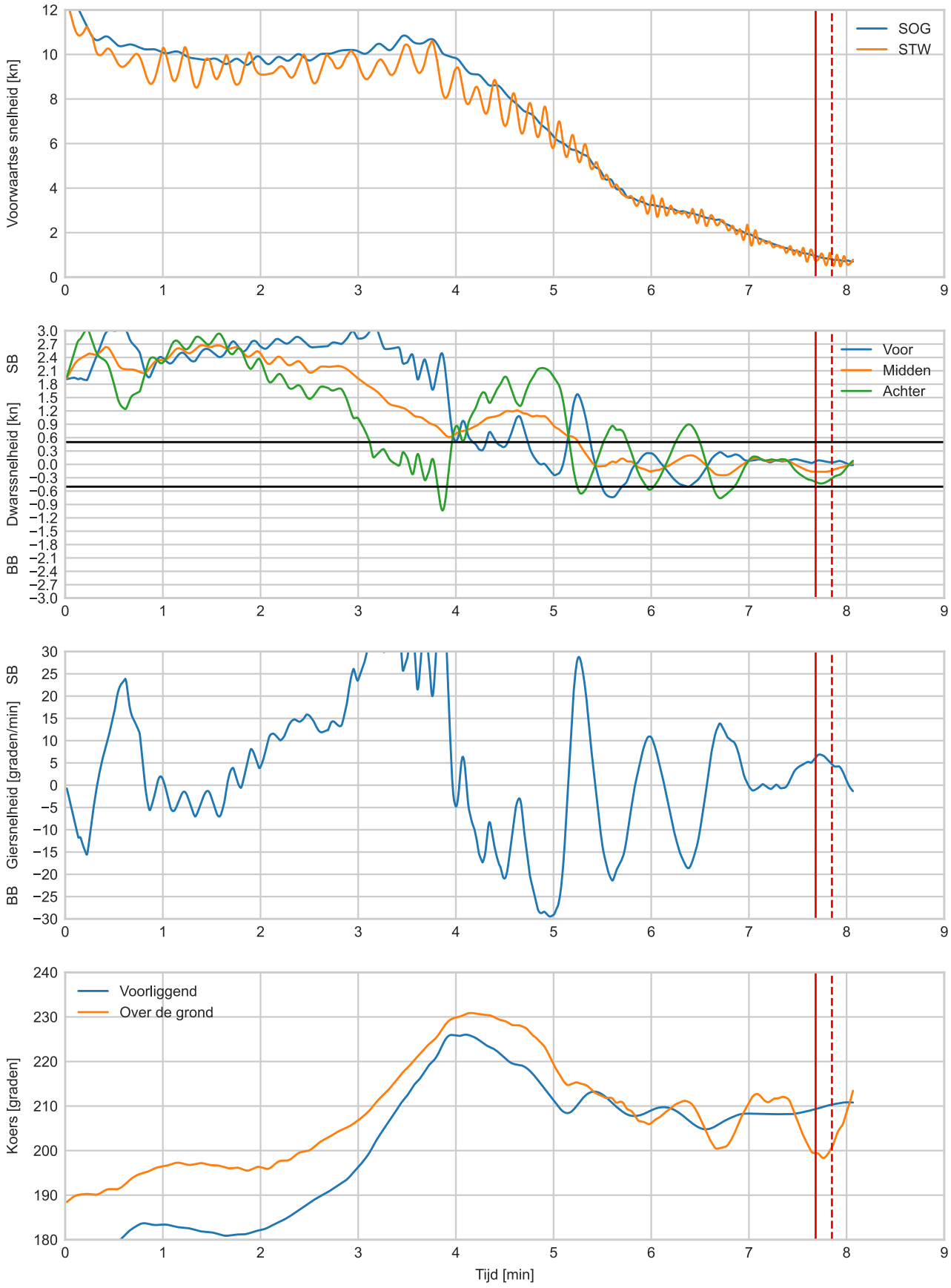
Denhelder	2
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 2d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	3
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 3 a-1



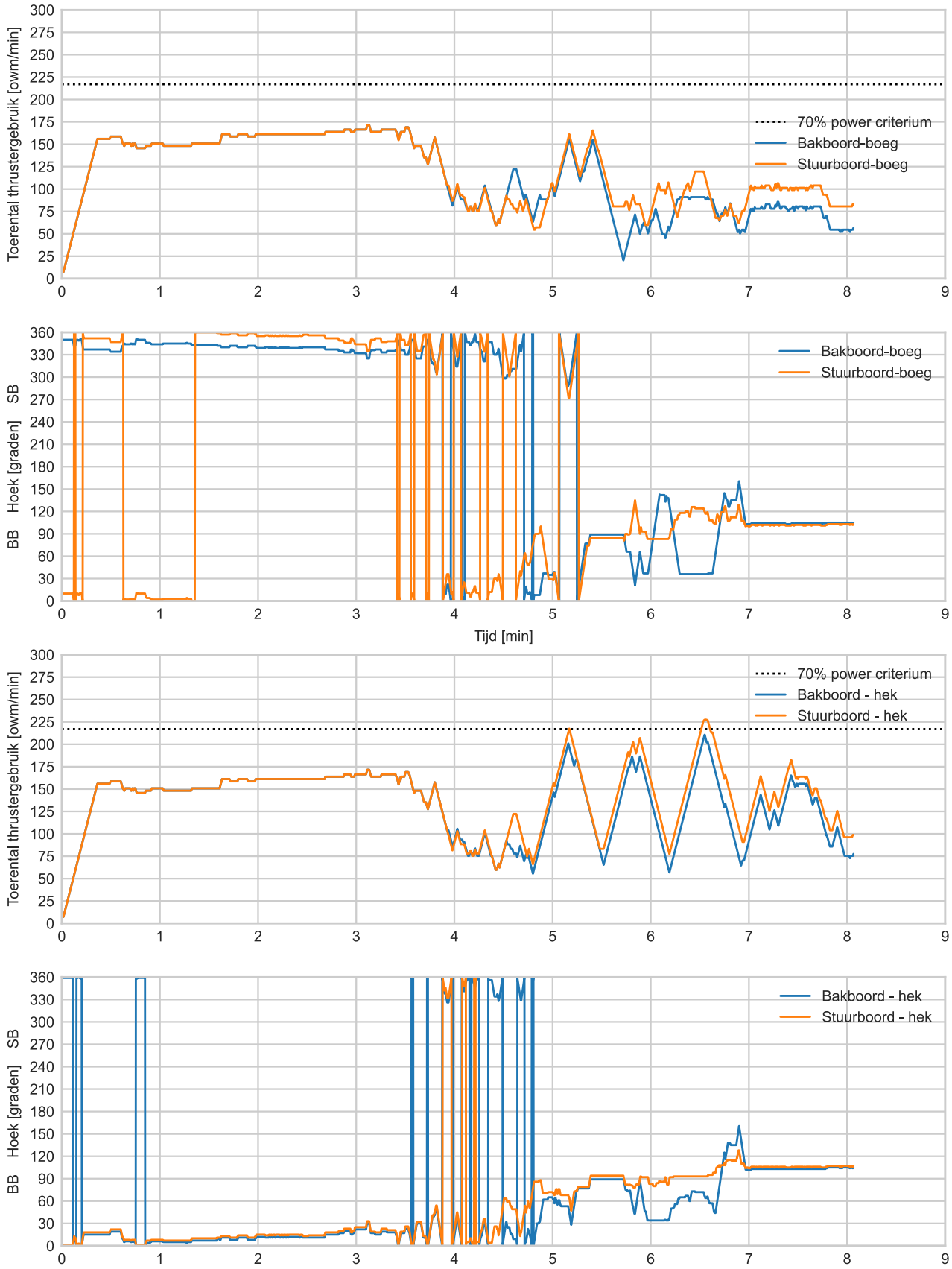
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	3
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 3b

MARIN - Maritime Operations



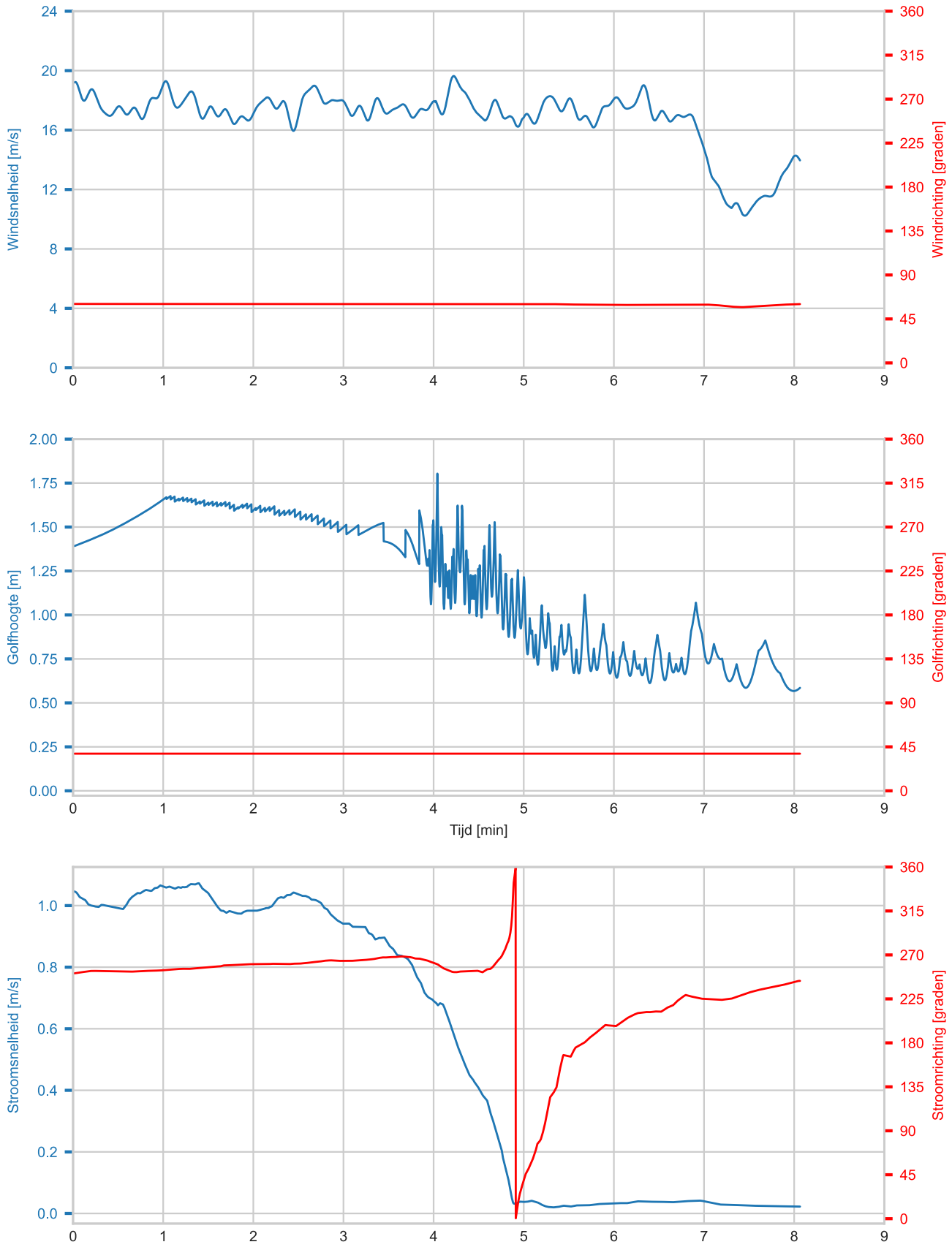
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	3
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 3c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	3
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 3d

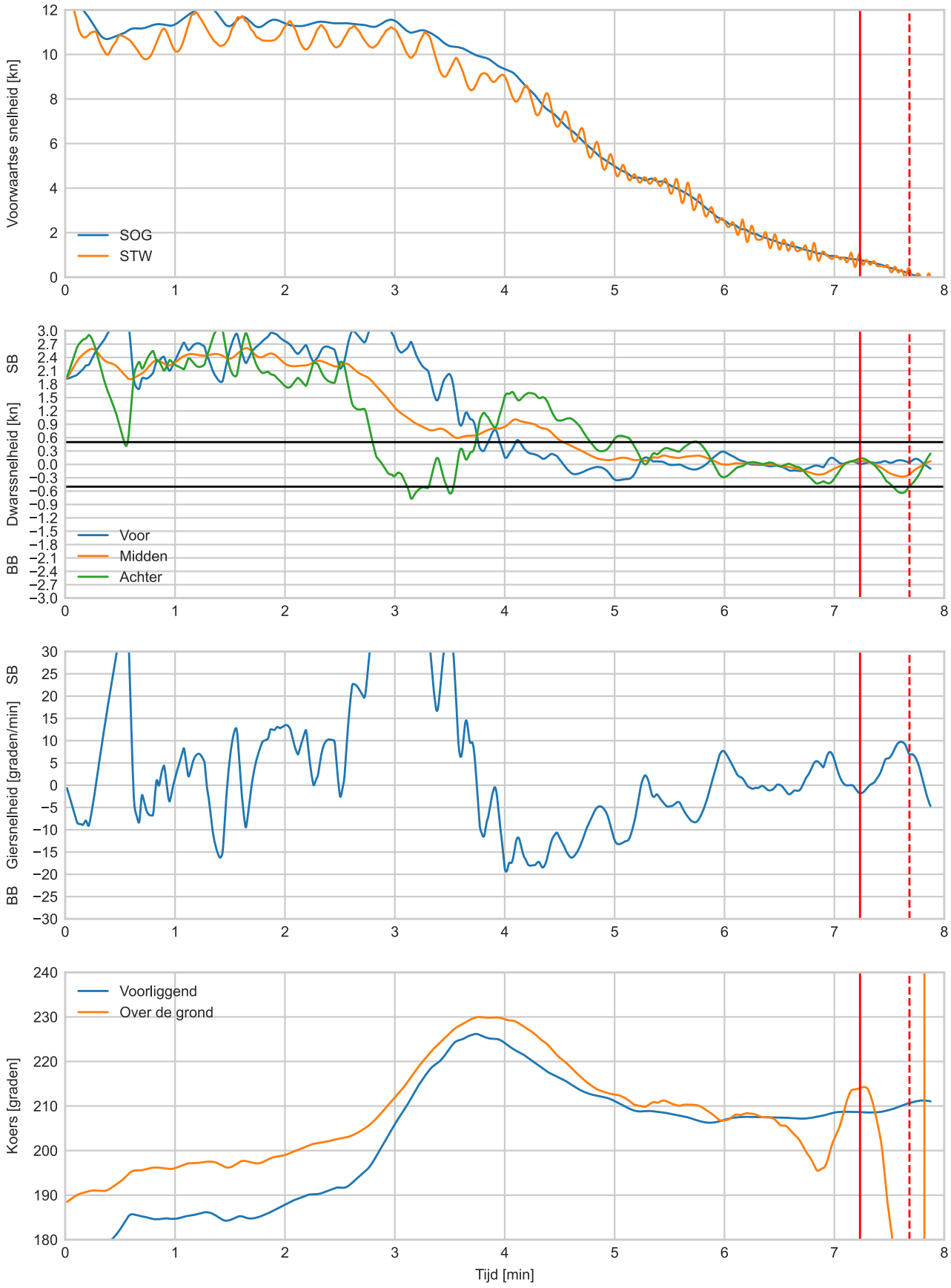
MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	4
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 4 a-1

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	4
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 4 a-2



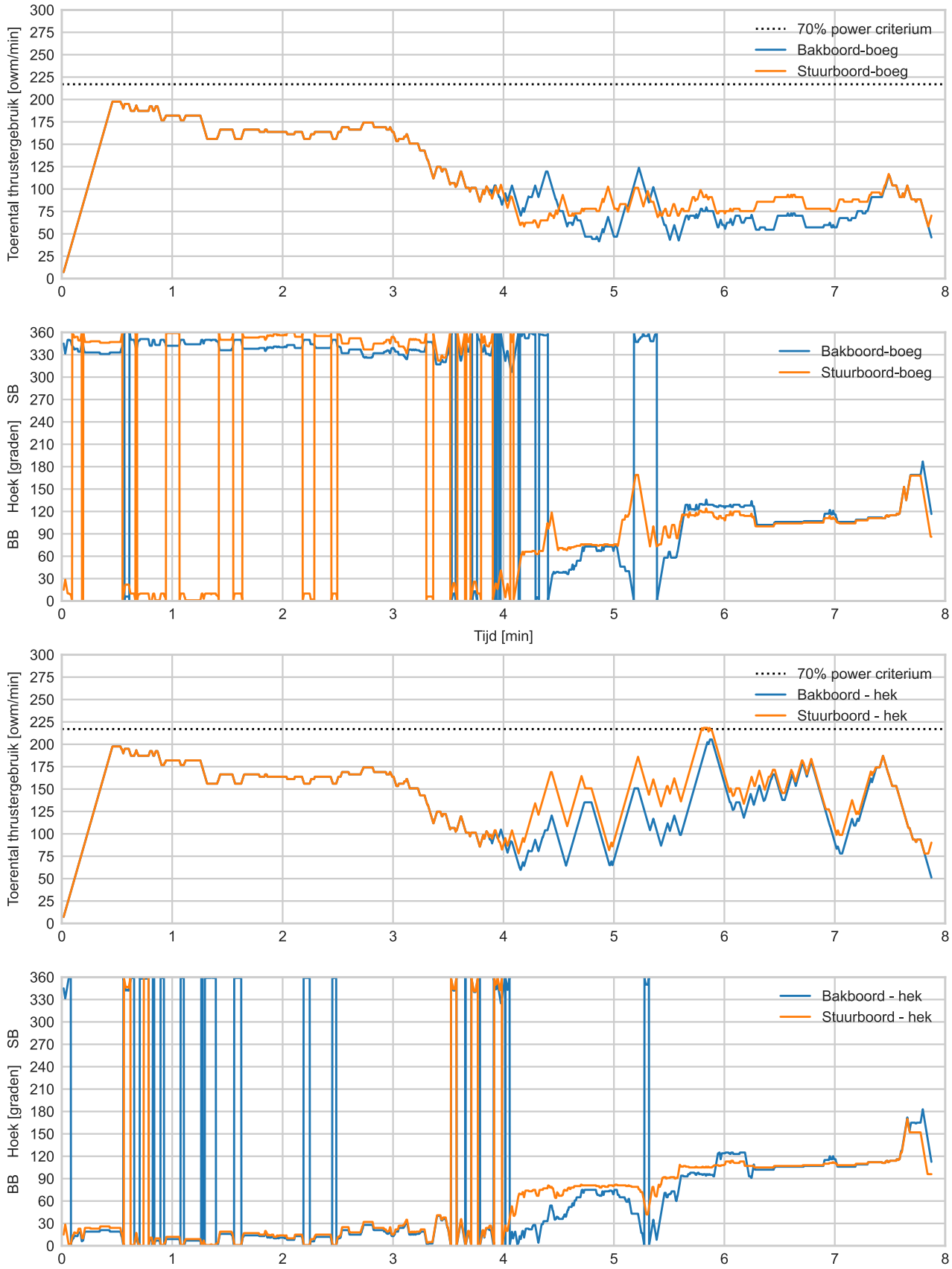
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	4
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 4b

MARIN - Maritime Operations



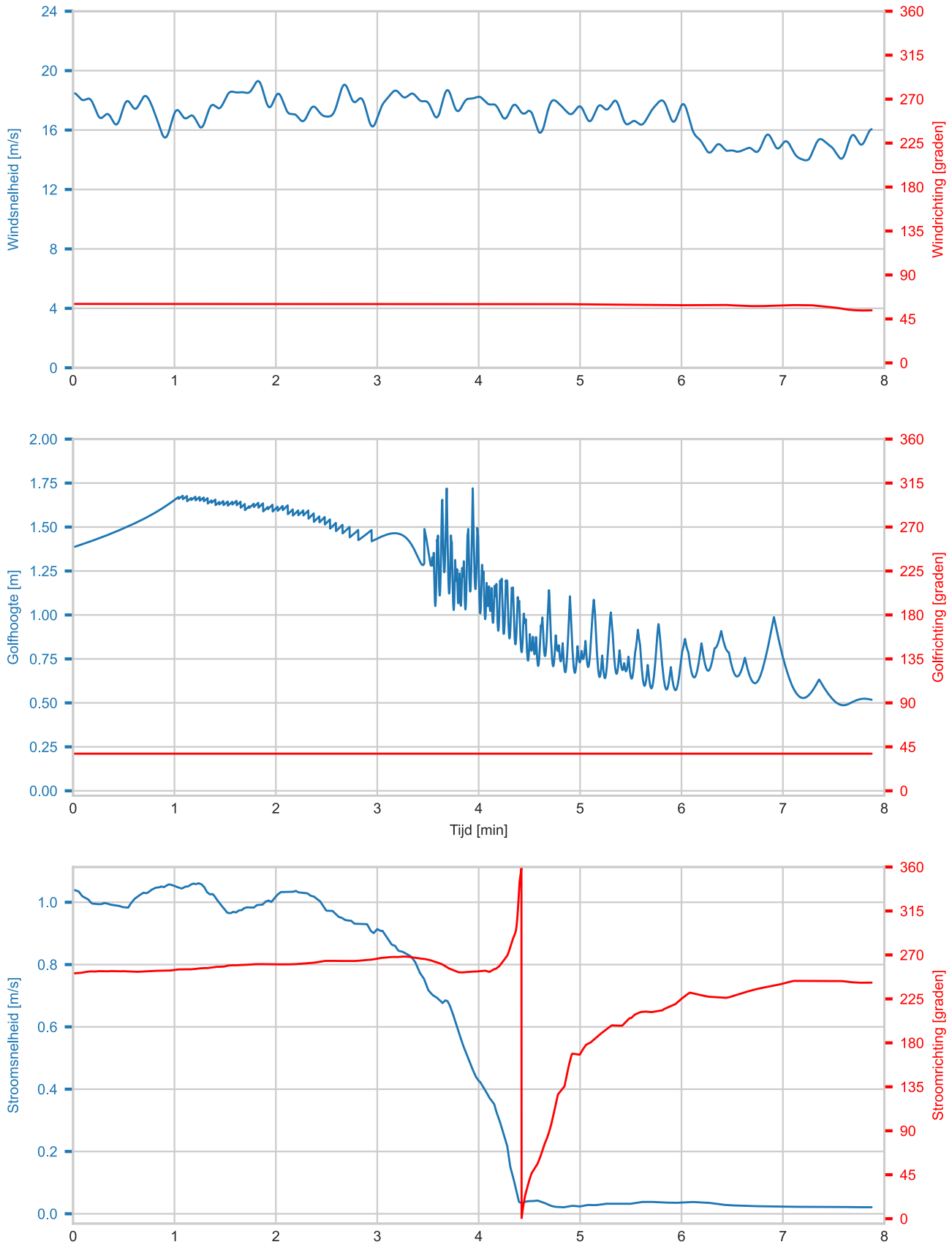
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	4
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 4c

MARIN - Maritime Operations



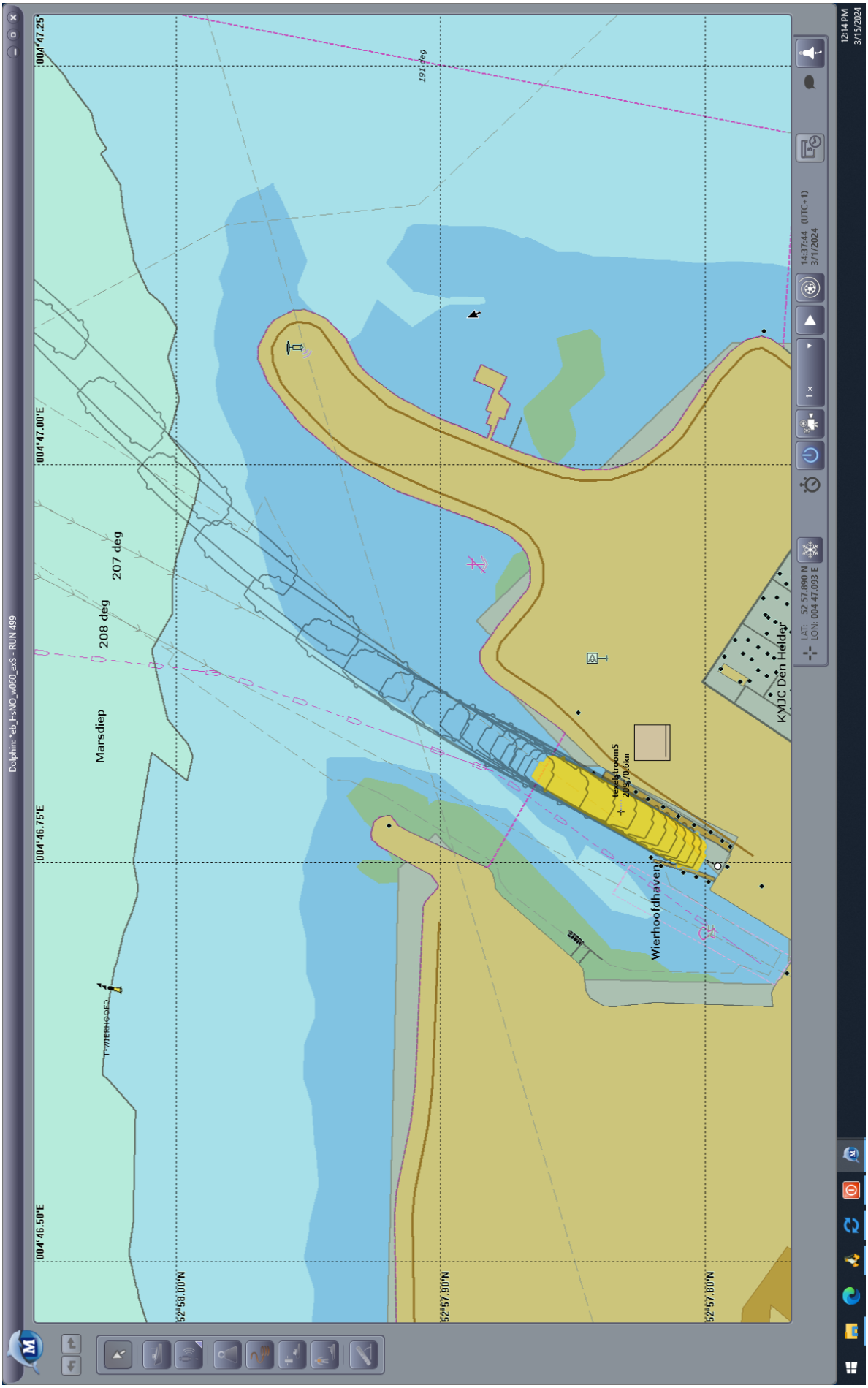
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	4
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 4d

MARIN - Maritime Operations

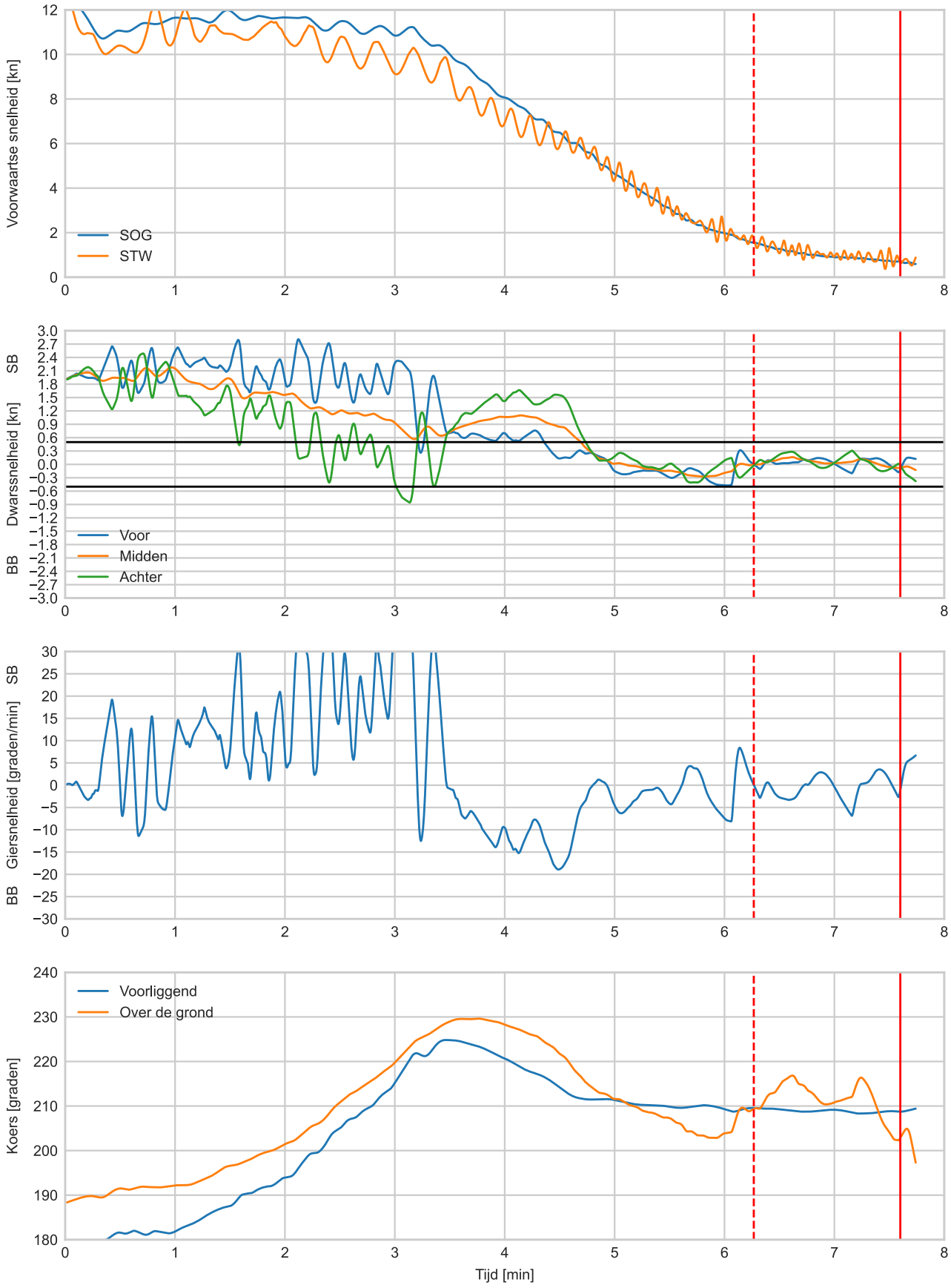


Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	5
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 5 a-1

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	5
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 5 a-2



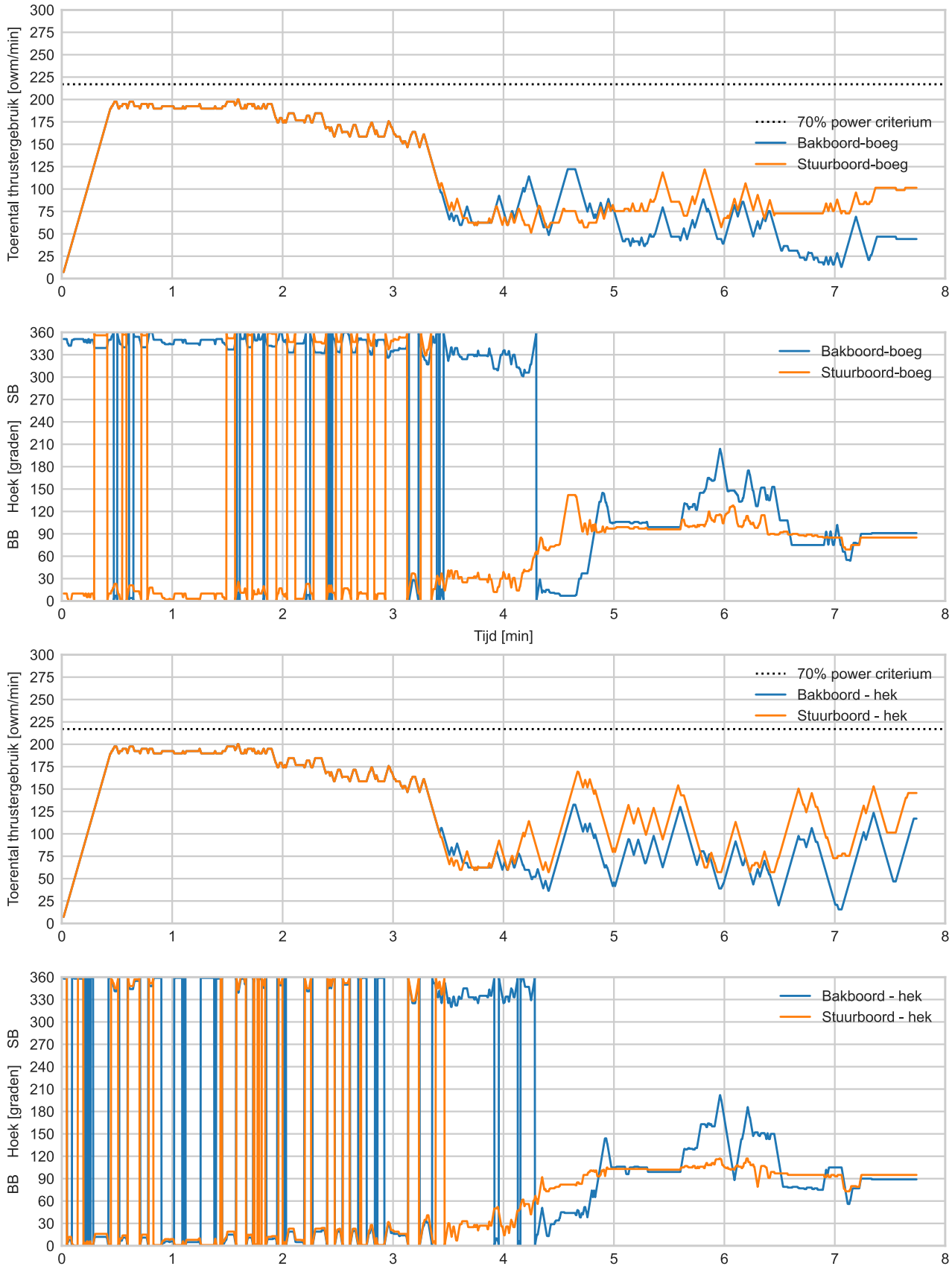
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	5
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 5b

MARIN - Maritime Operations



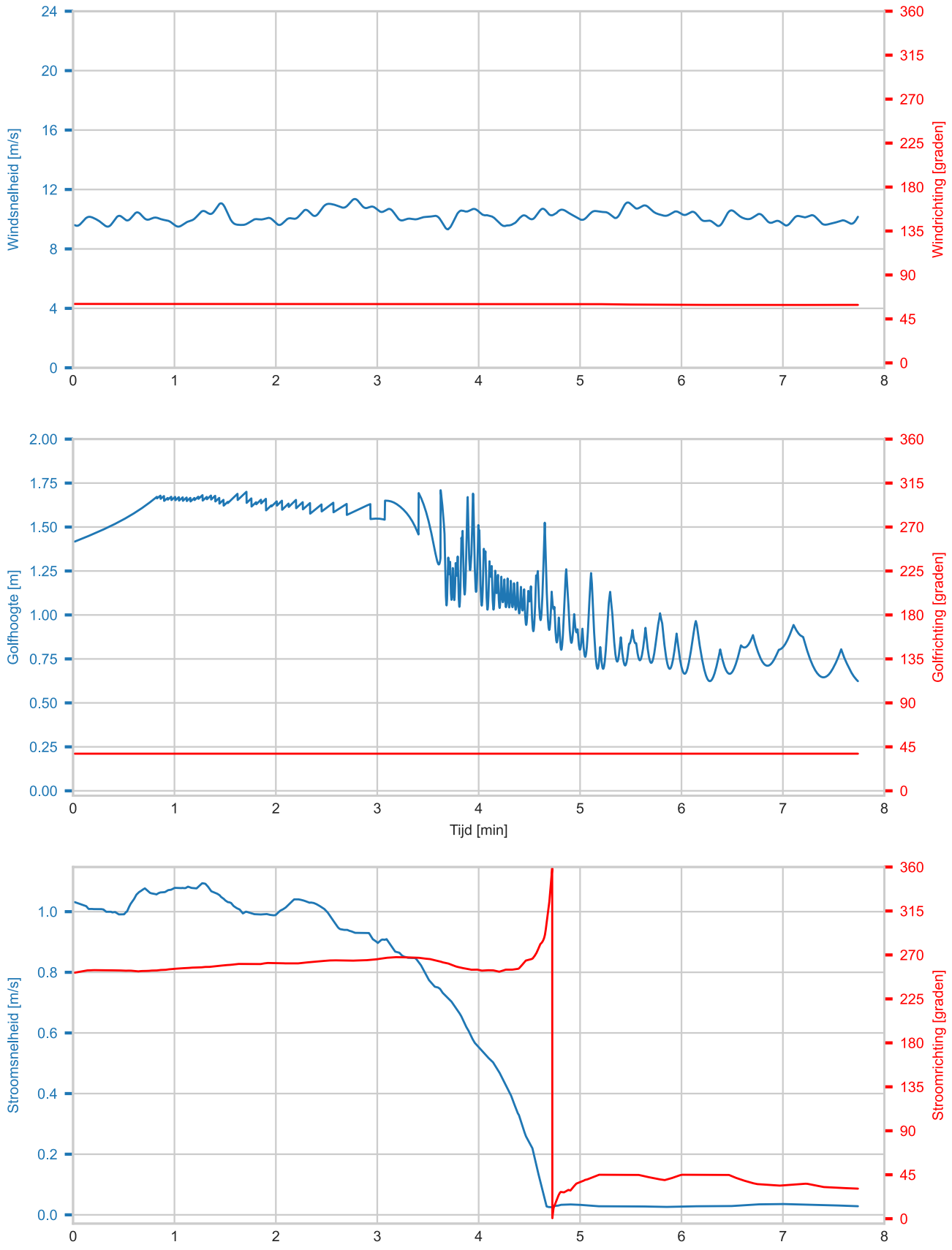
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	5
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 5c

MARIN - Maritime Operations



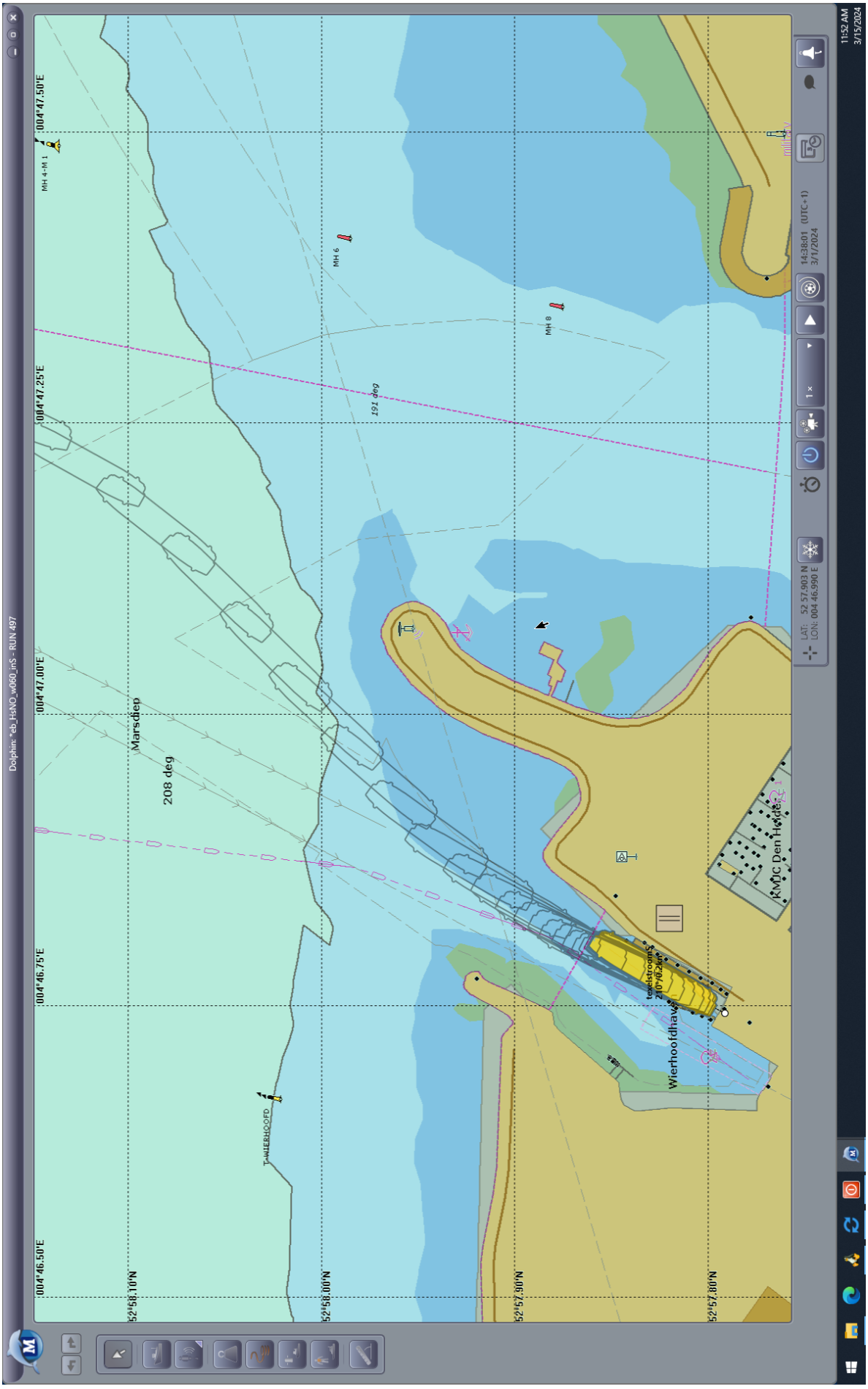
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

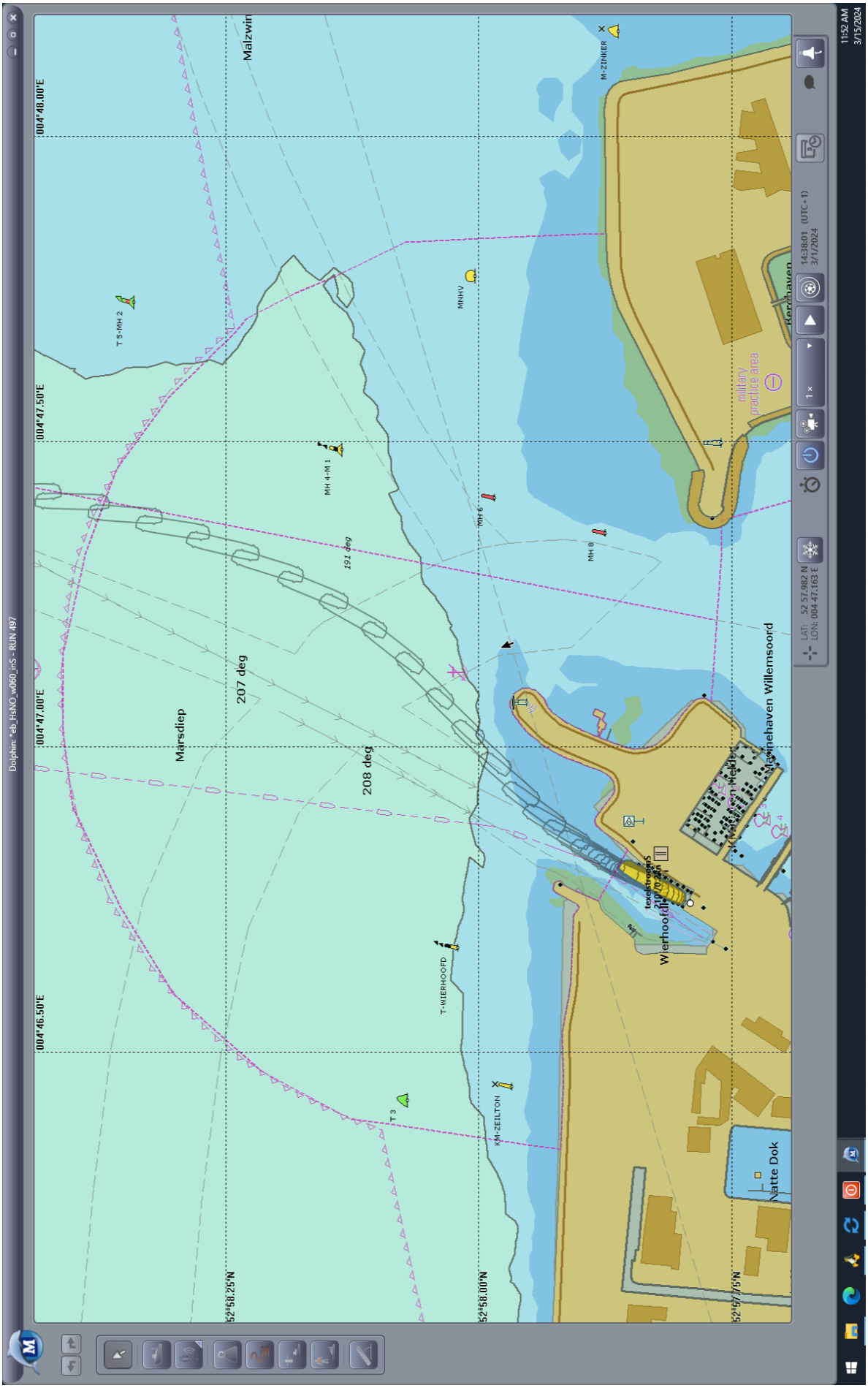
Denhelder	5
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 5d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	6
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 6 a-1

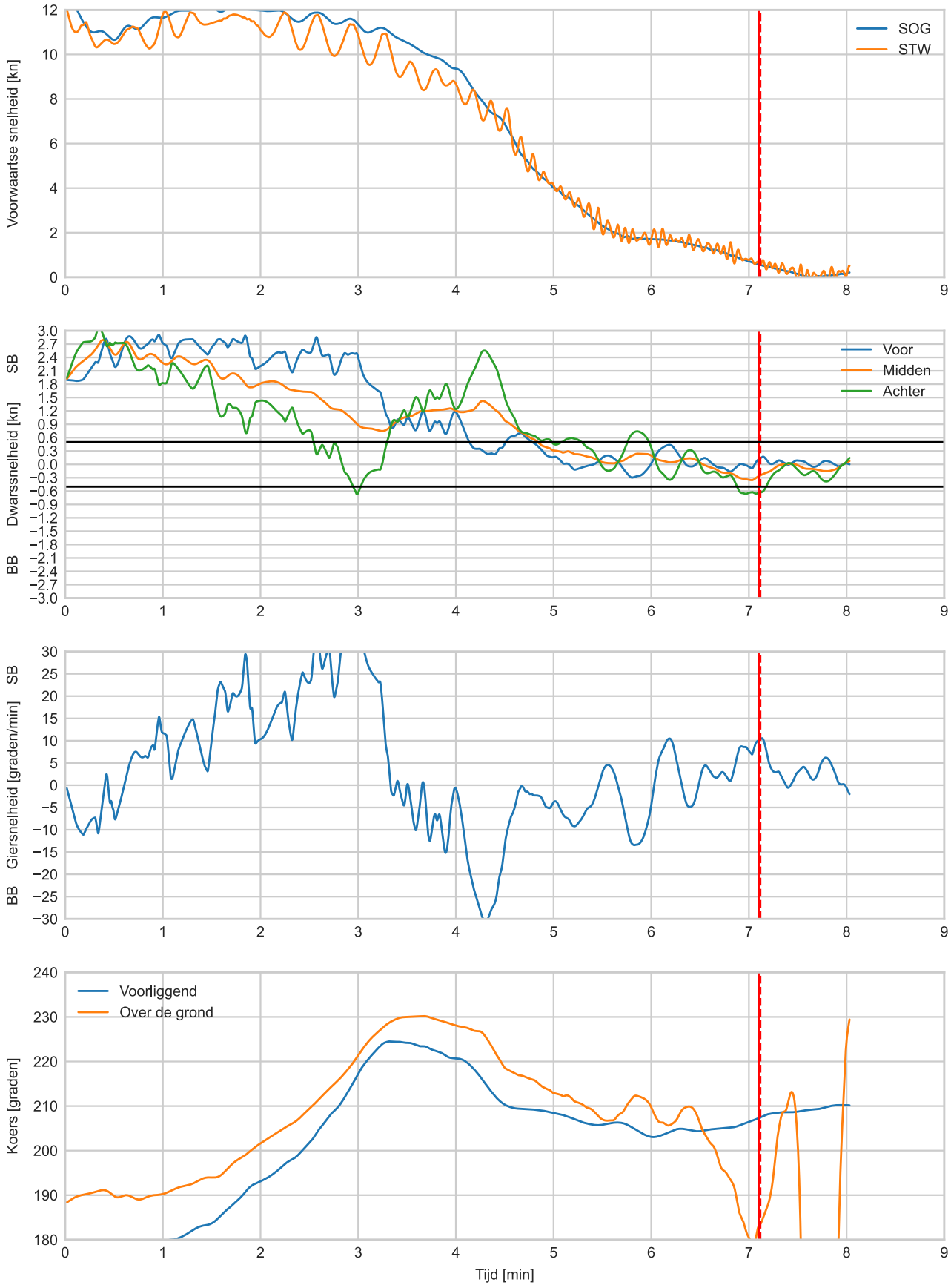


Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	6
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 6 a-2

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	6
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 6 a-3



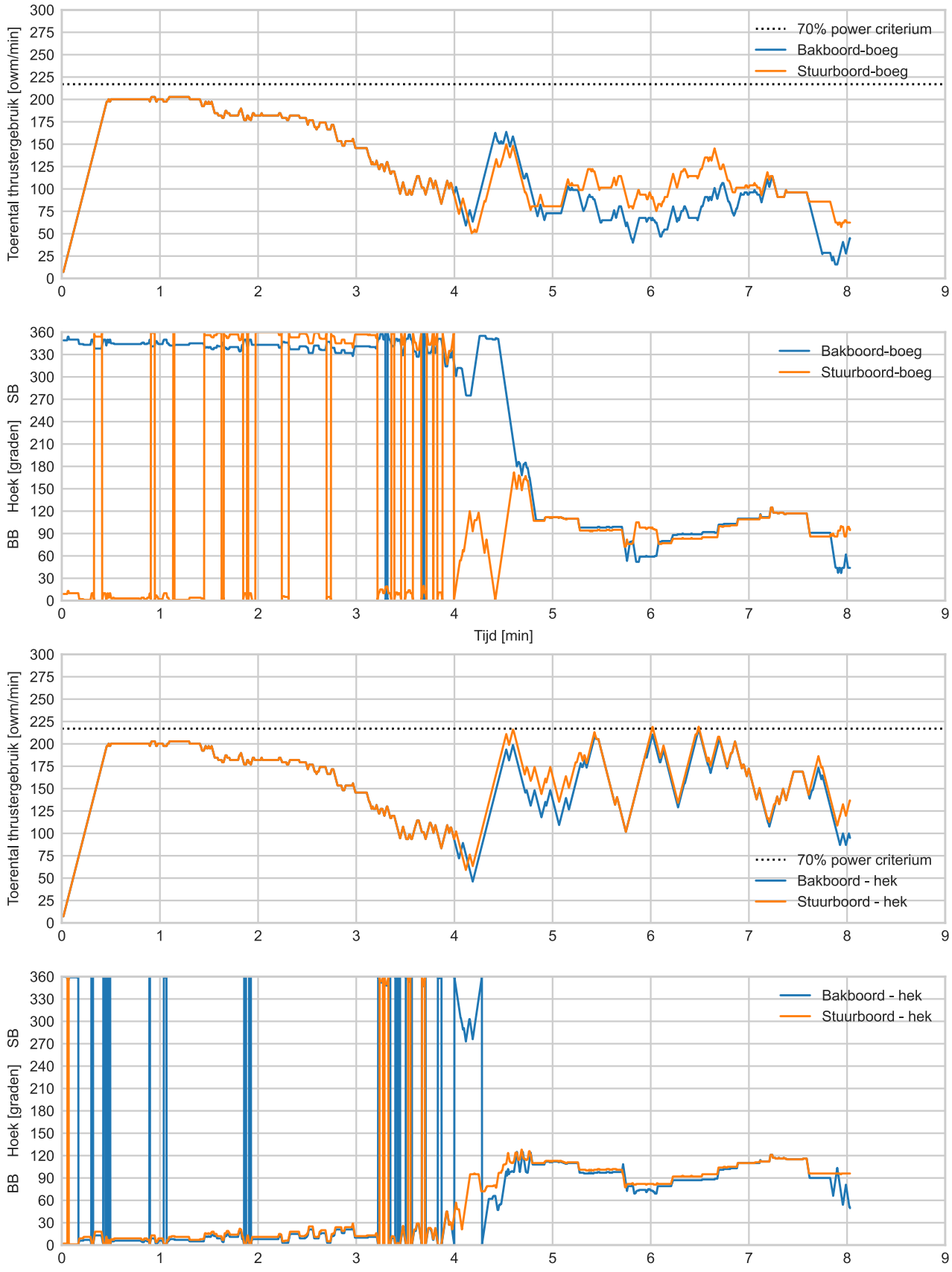
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	6
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 6b

MARIN - Maritime Operations



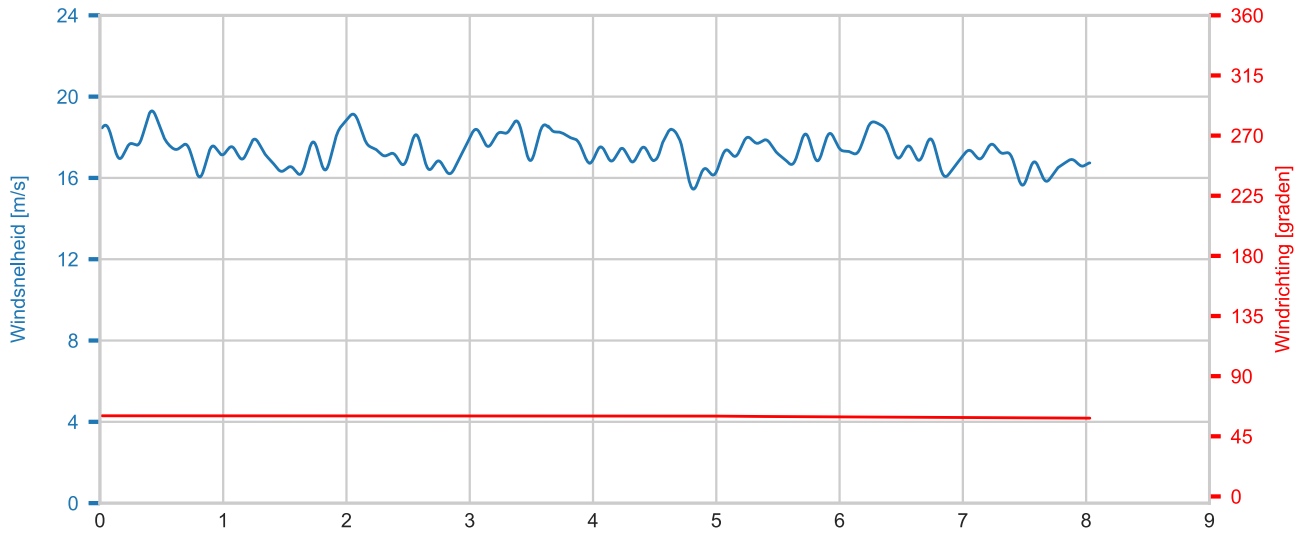
Schroef/roergebruik

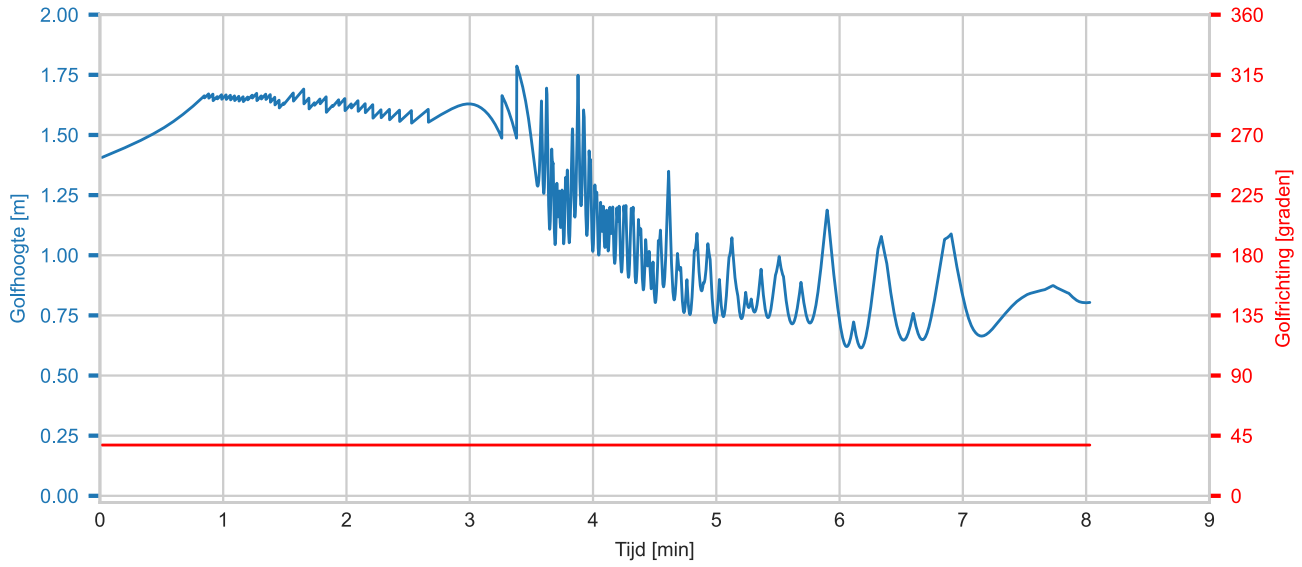
Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

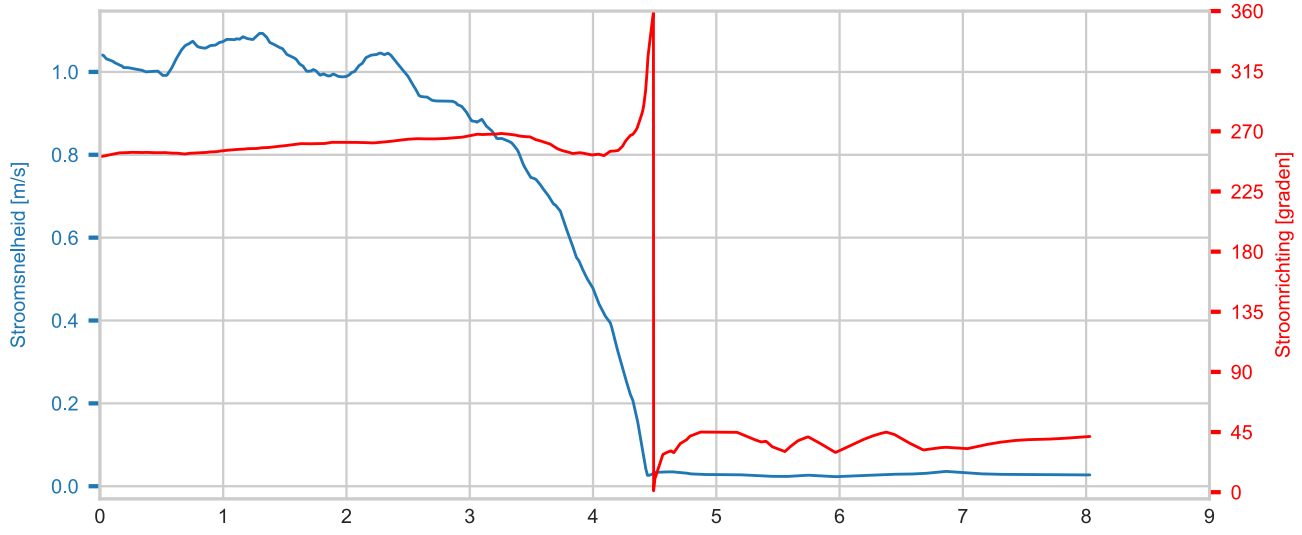
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	6
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 6c

MARIN - Maritime Operations







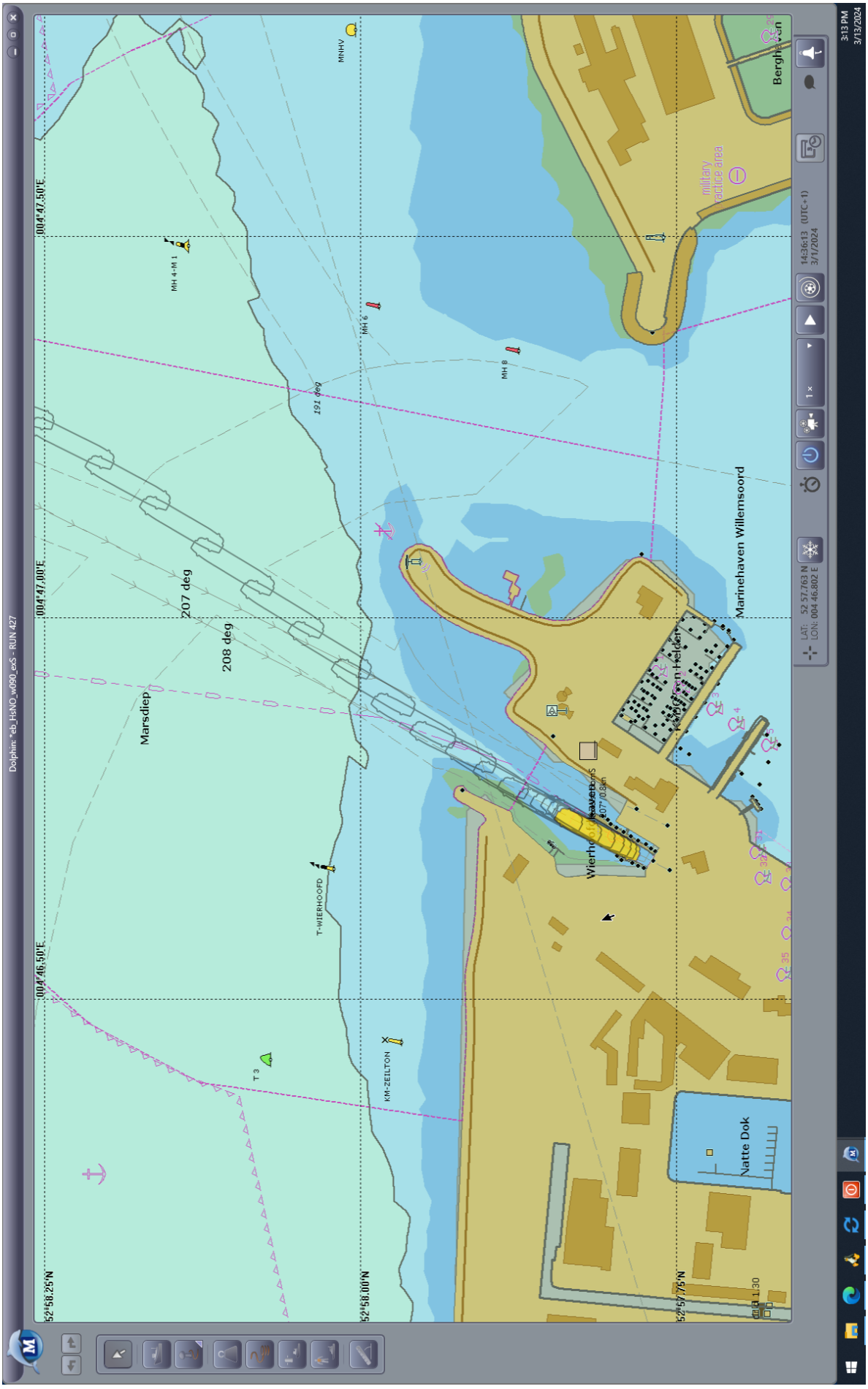
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 60 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

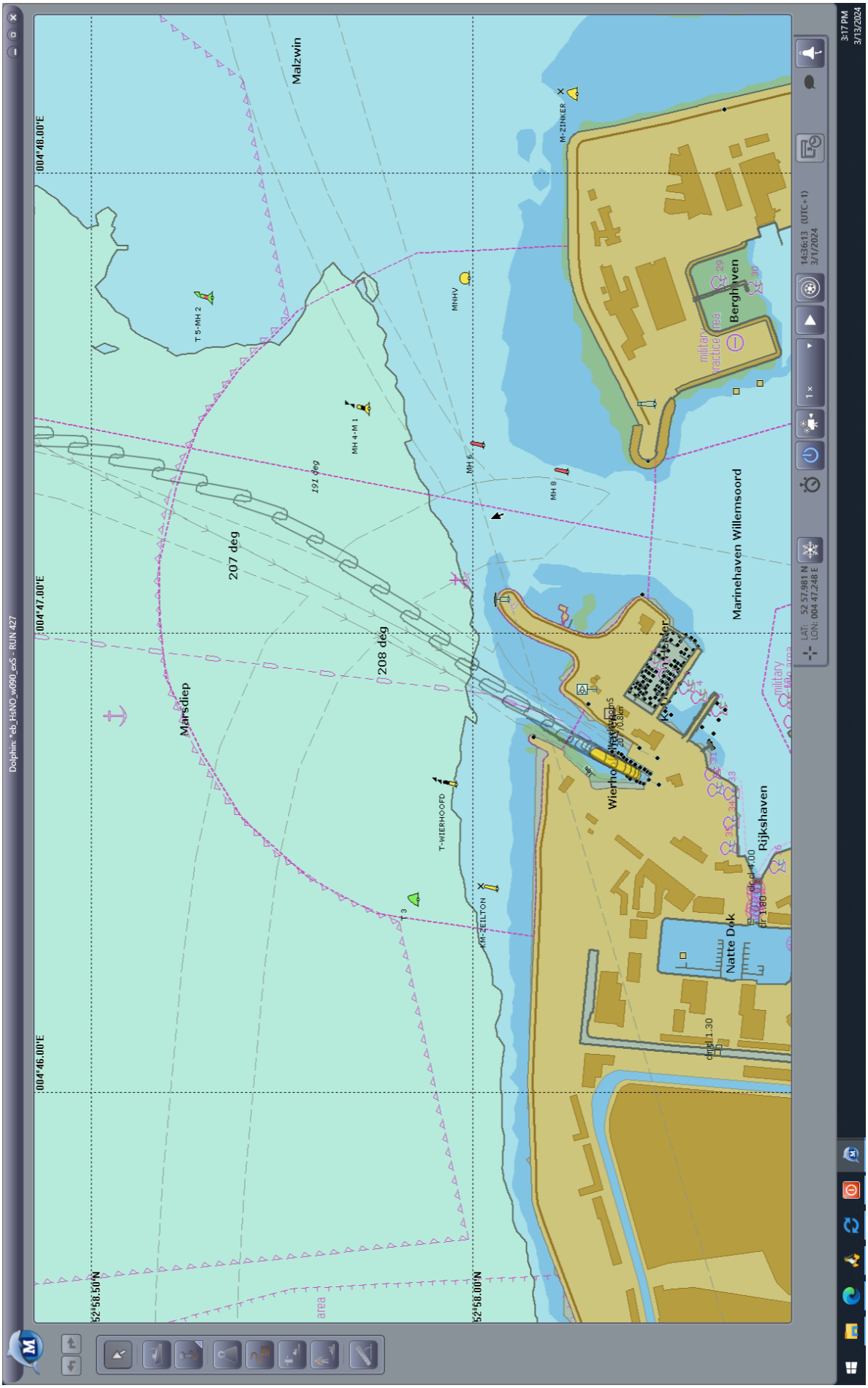
Denhelder	6
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 6d

MARIN - Maritime Operations



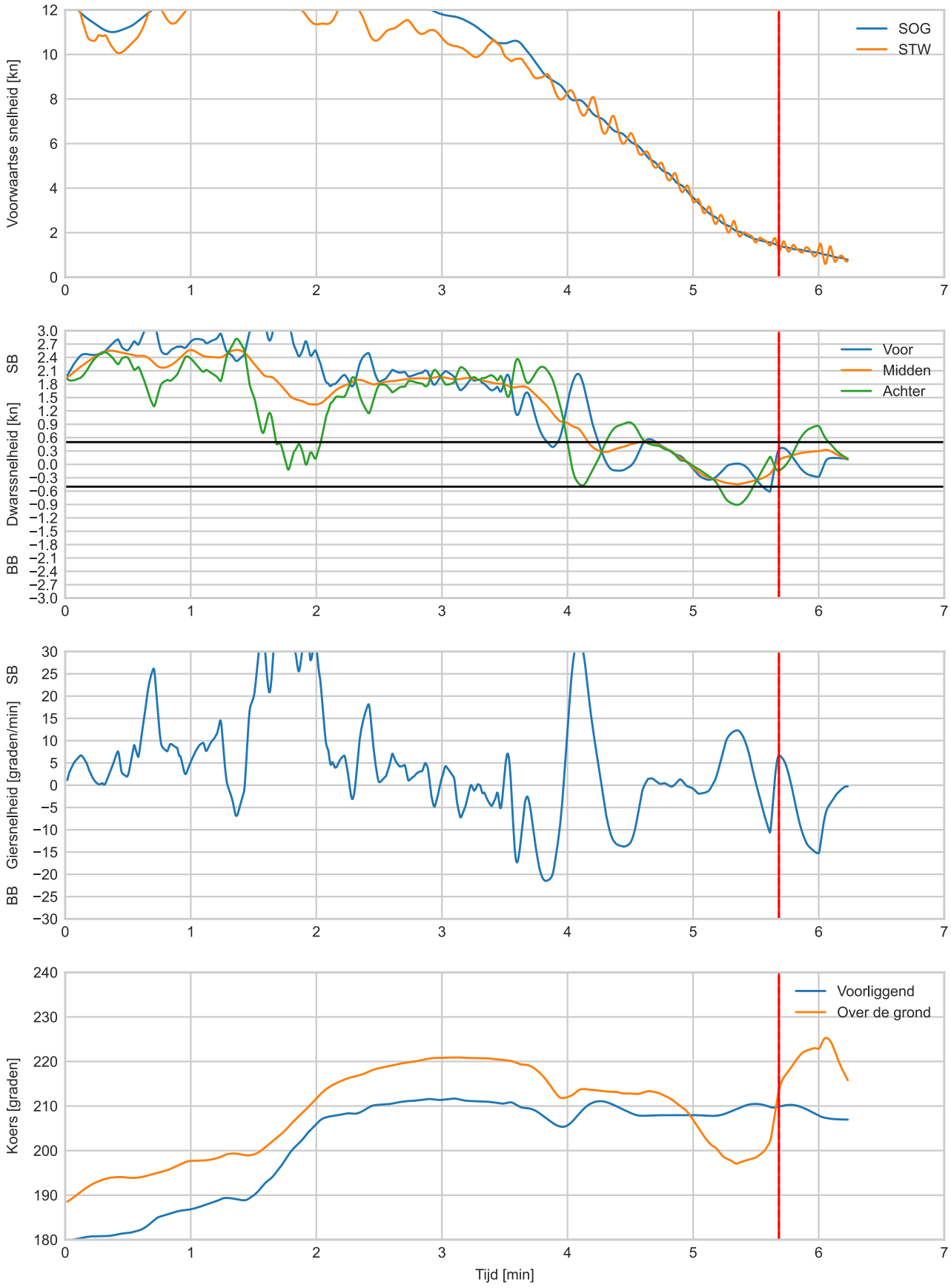
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	7
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 7 a-1



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	7
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 7 a-2



Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	7
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 7b

MARIN - Maritime Operations

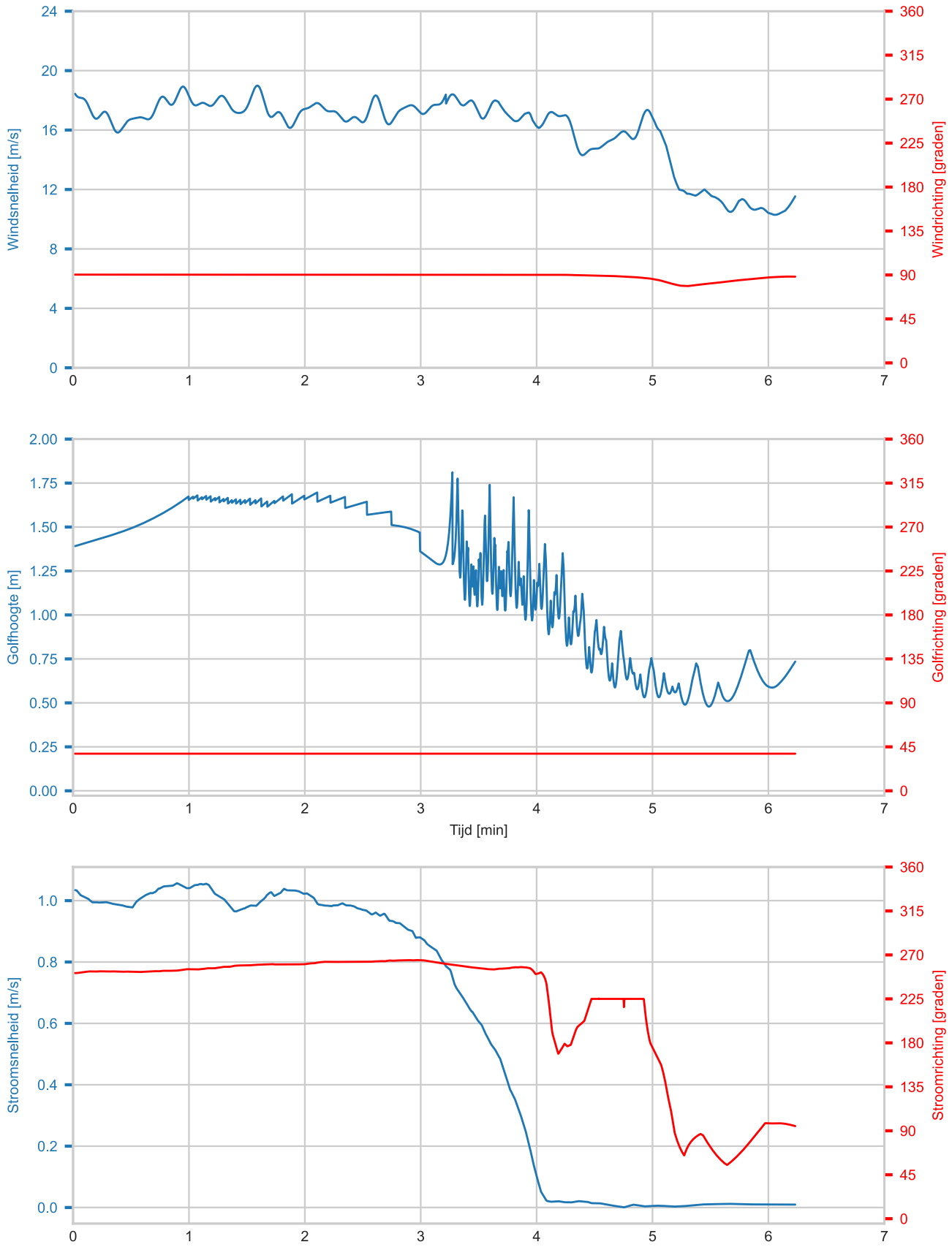
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	7
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 7c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

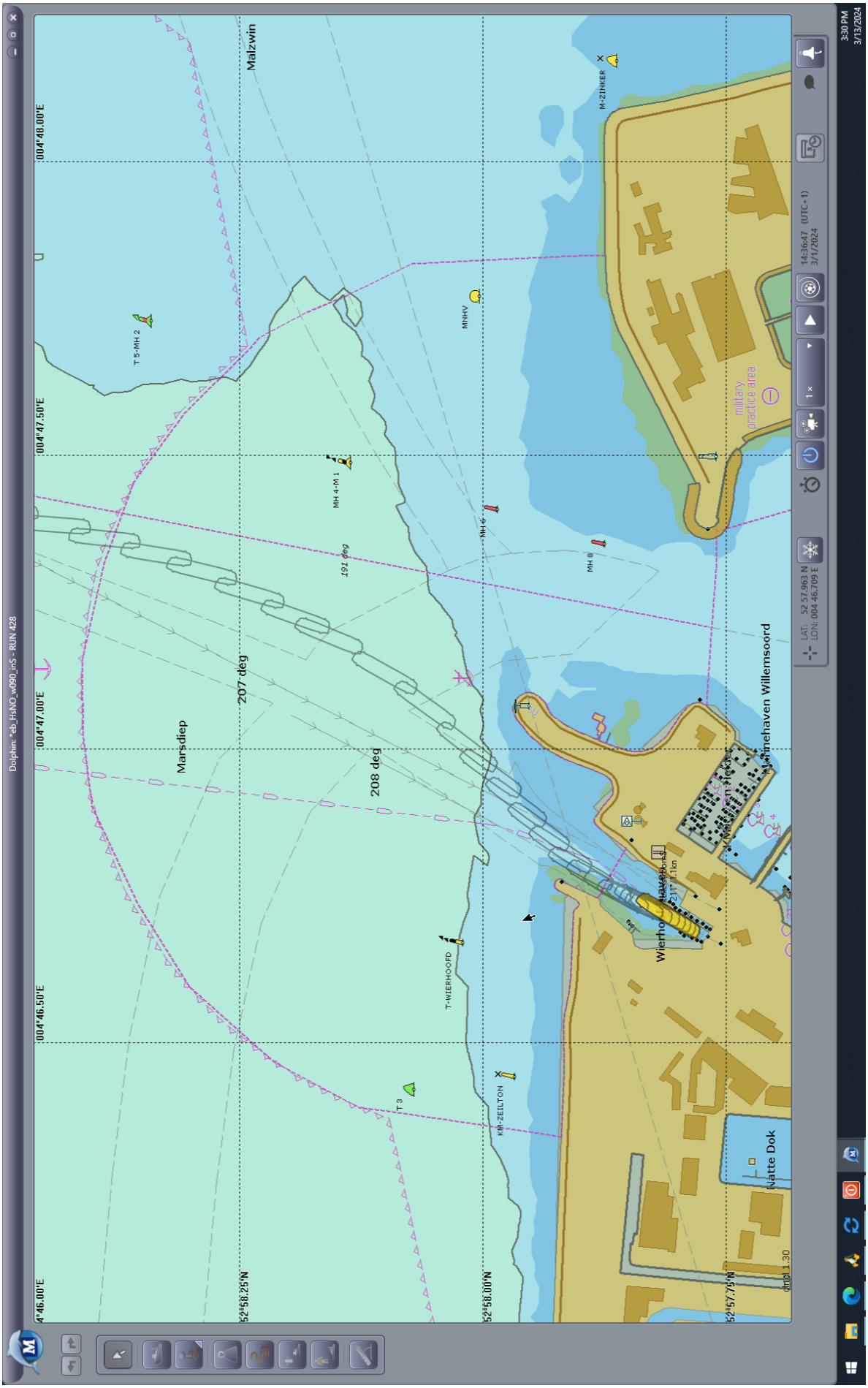
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	7
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 7d

MARIN - Maritime Operations

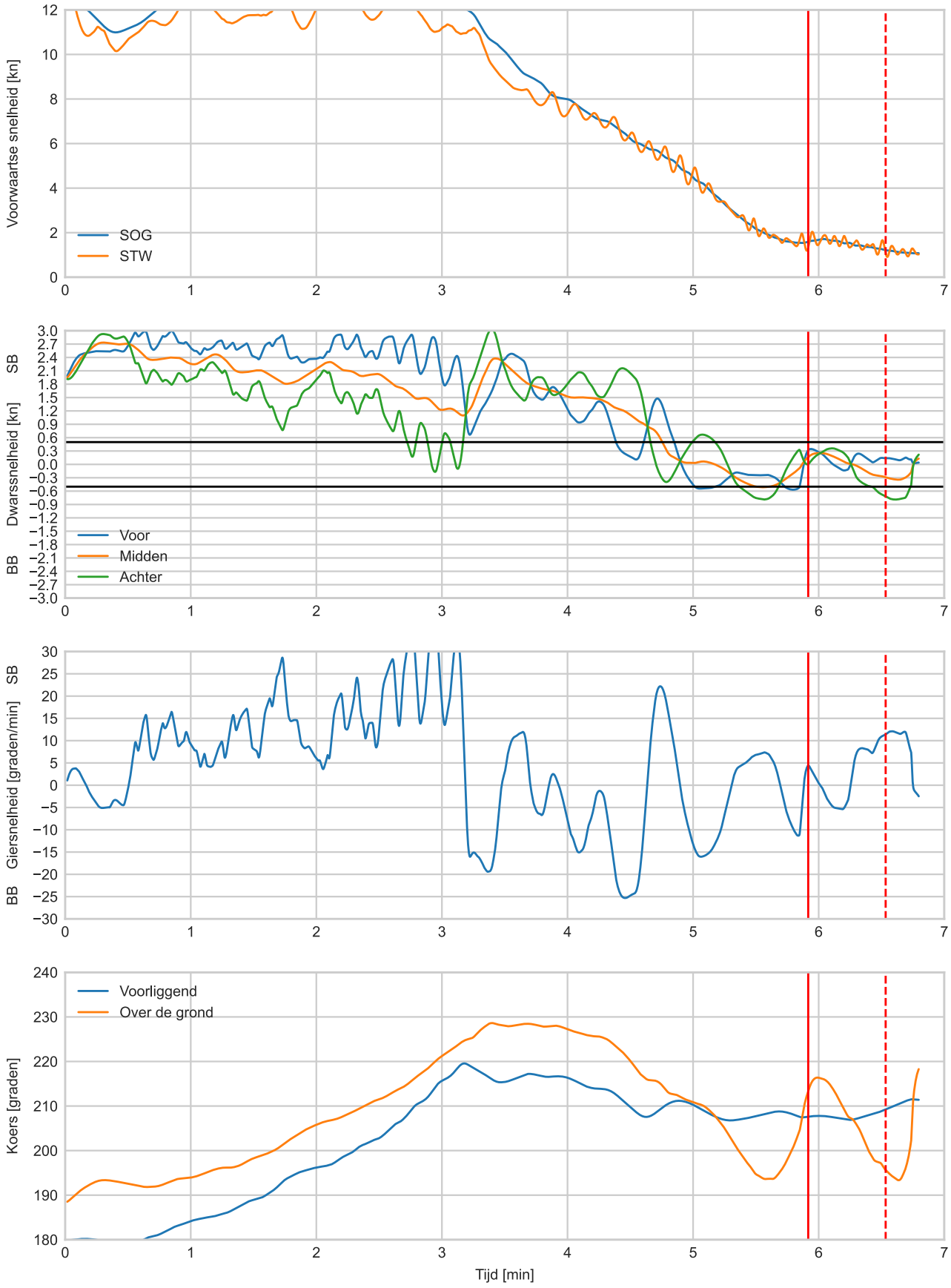
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	8
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 8 a-1



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	8
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 8 a-2



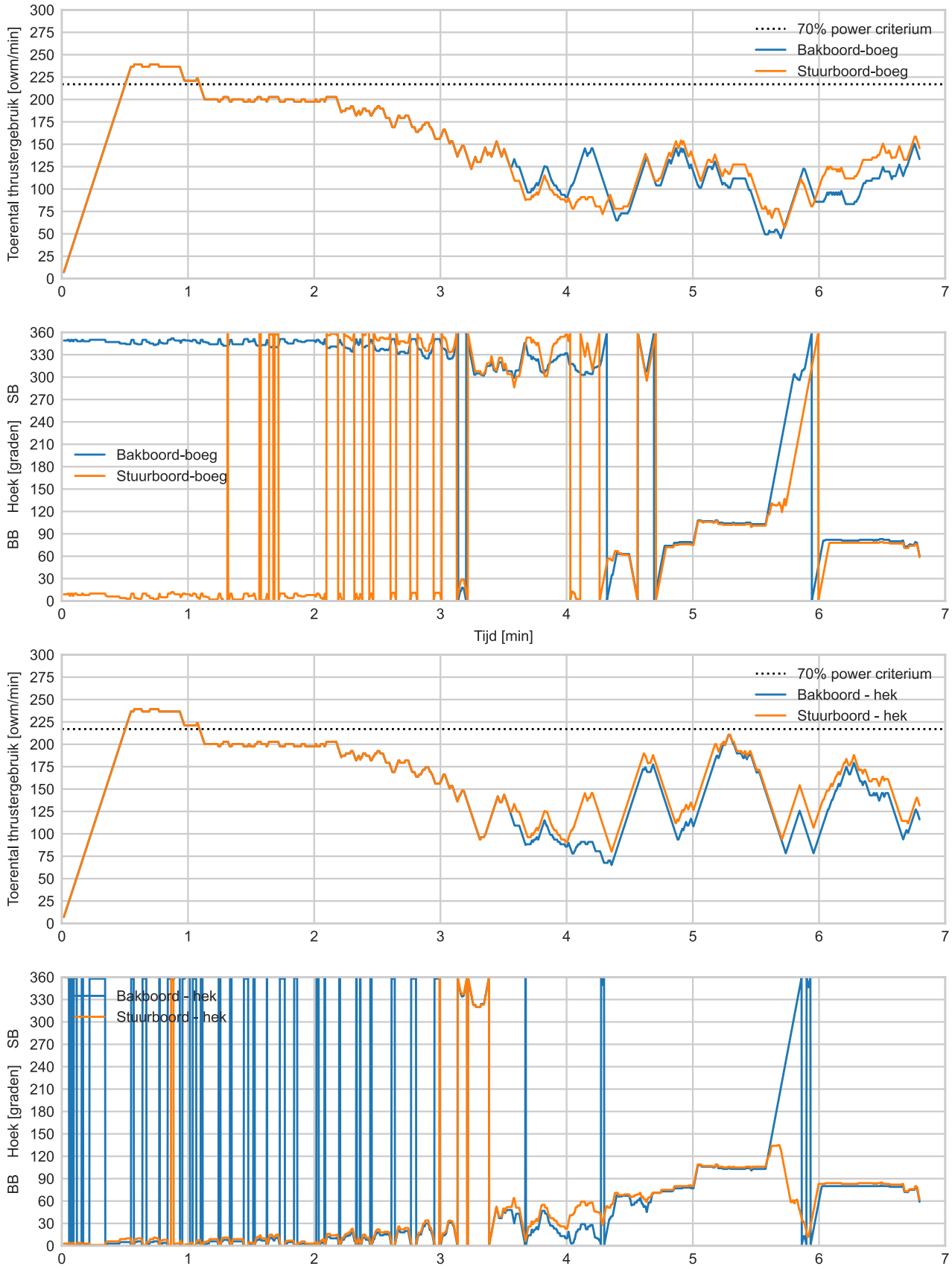
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	8
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 8b

MARIN - Maritime Operations



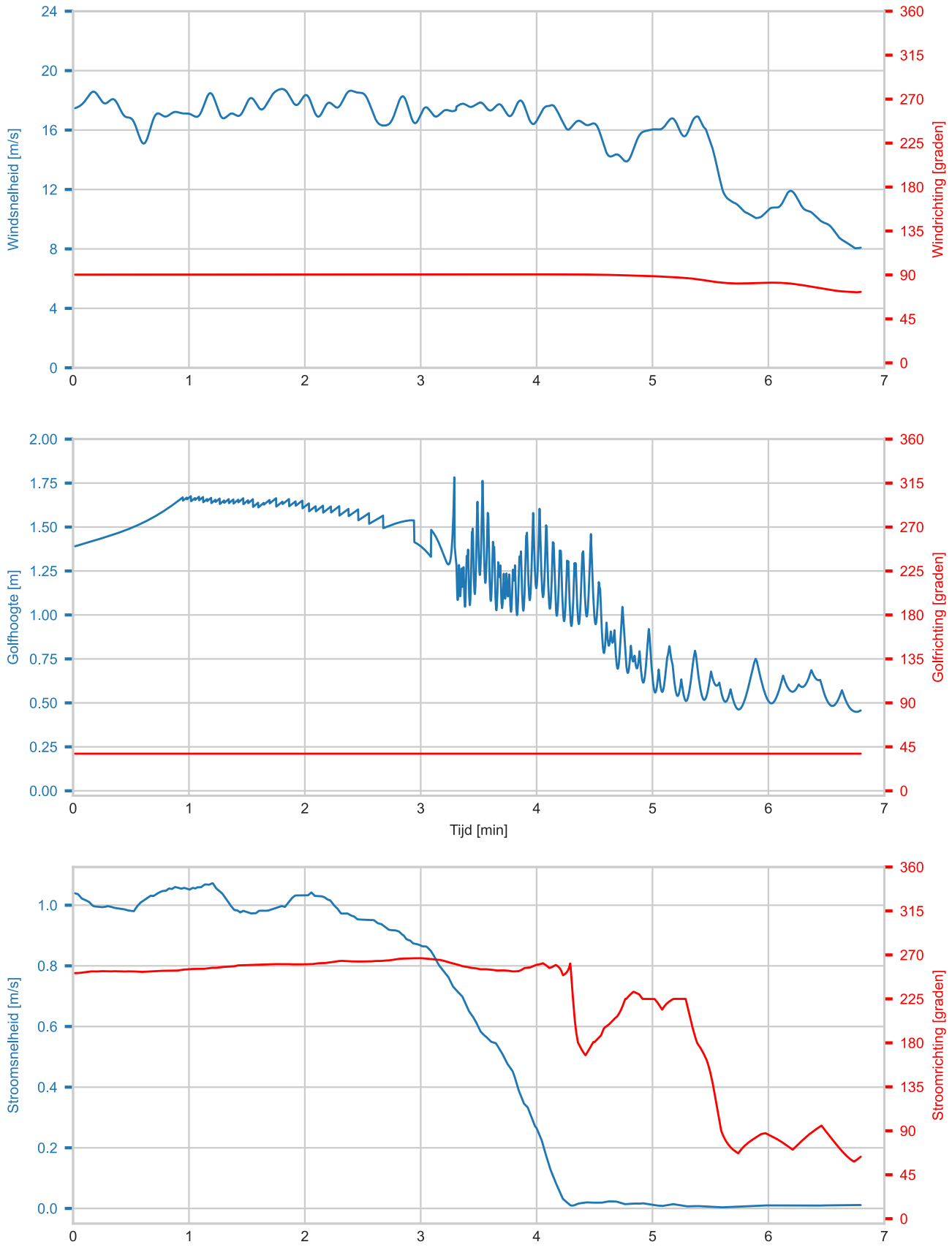
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	8
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 8c

MARIN - Maritime Operations



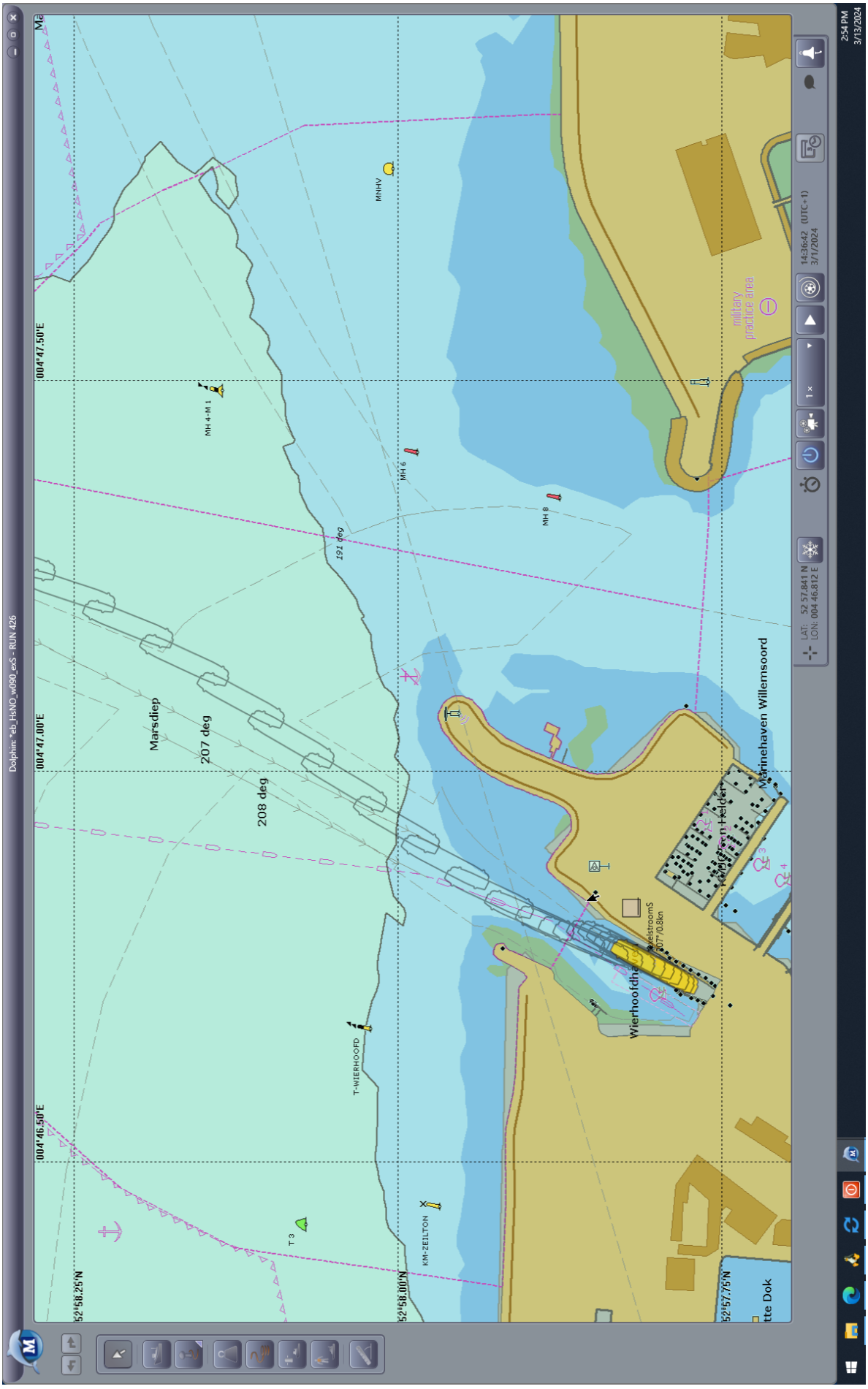
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	8
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 8d

MARIN - Maritime Operations

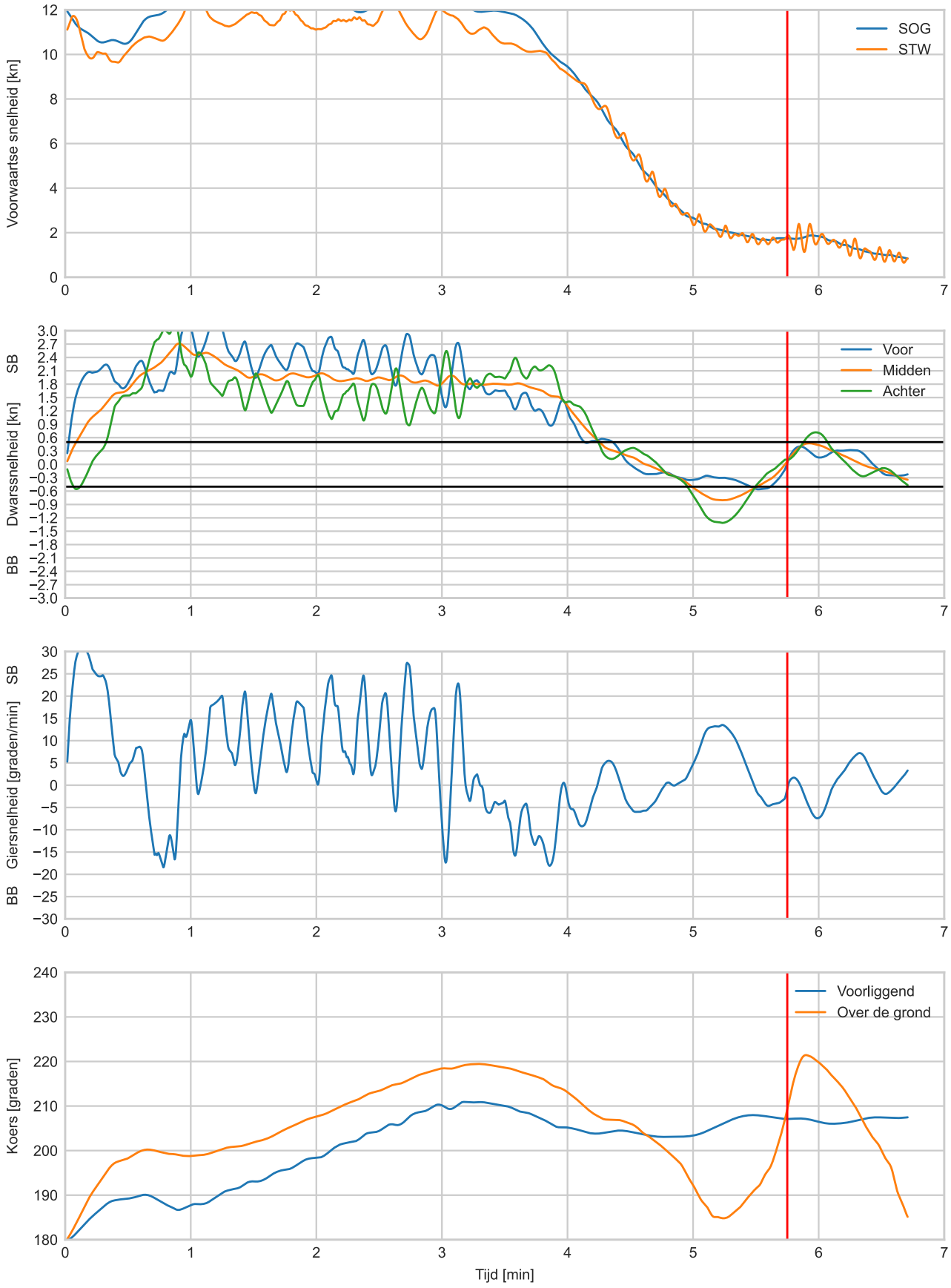


Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	9
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 9 a-1

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	9
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 9 a-2



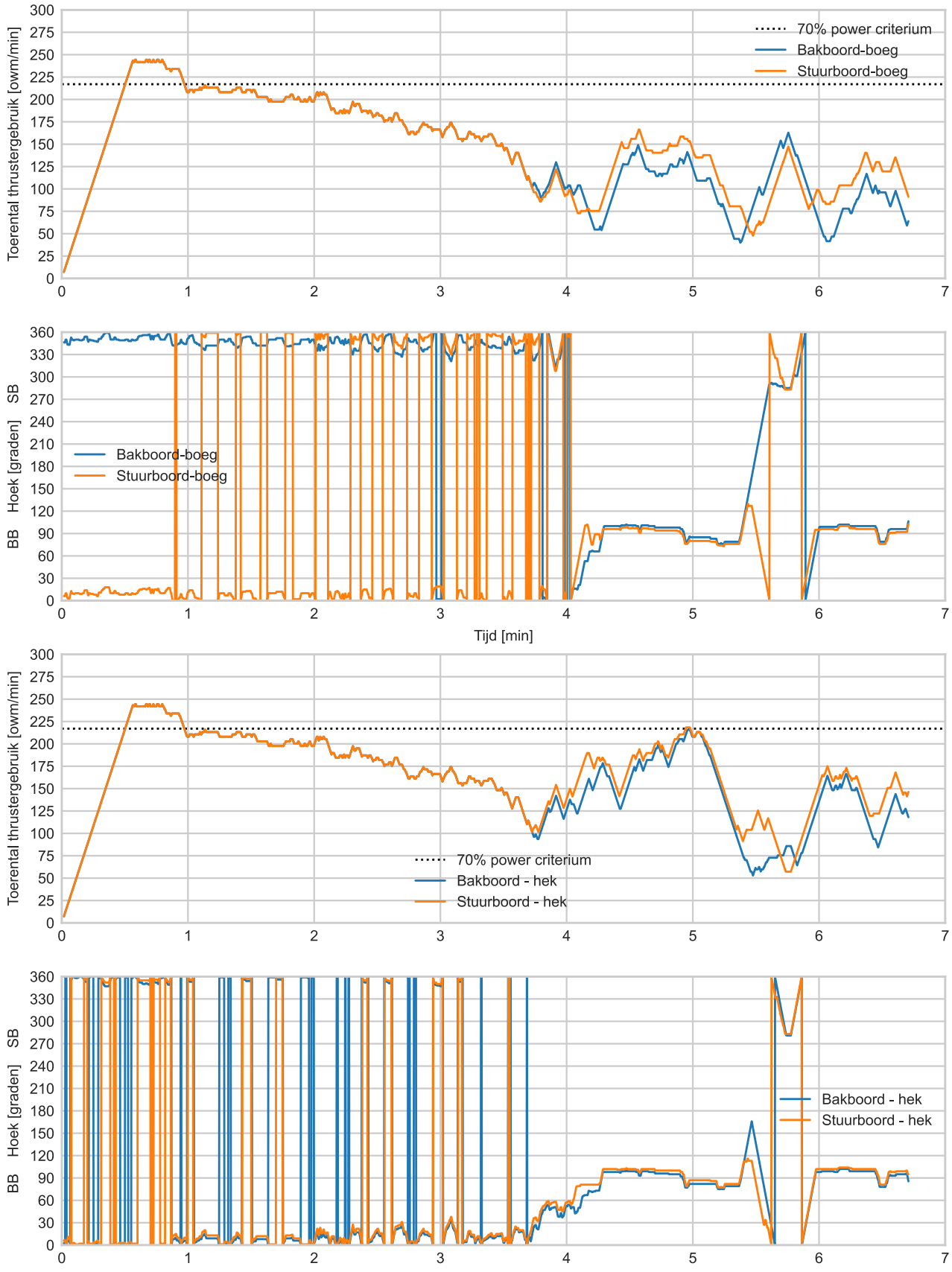
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	9
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 9b

MARIN - Maritime Operations



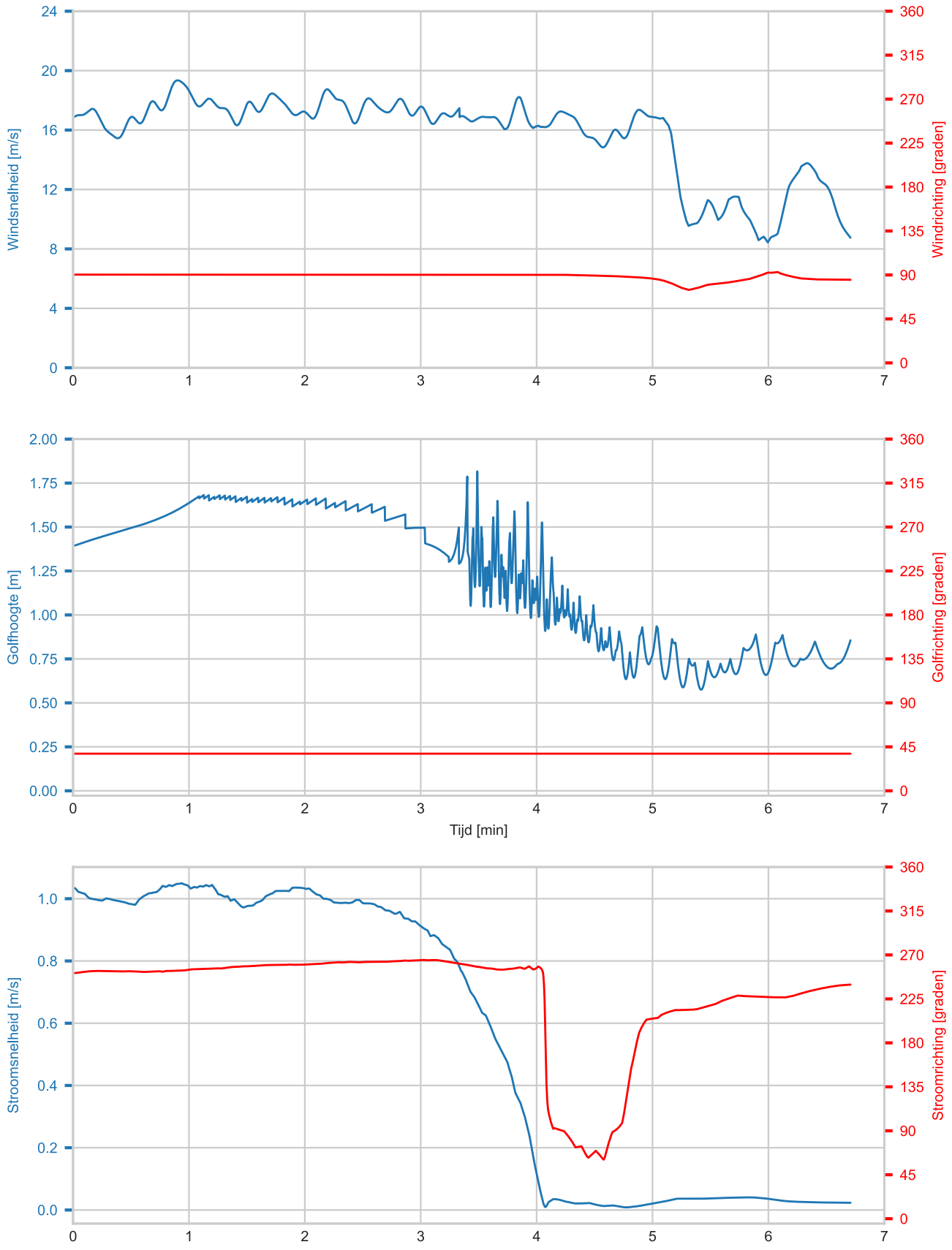
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	9
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 9c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	9
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 9d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

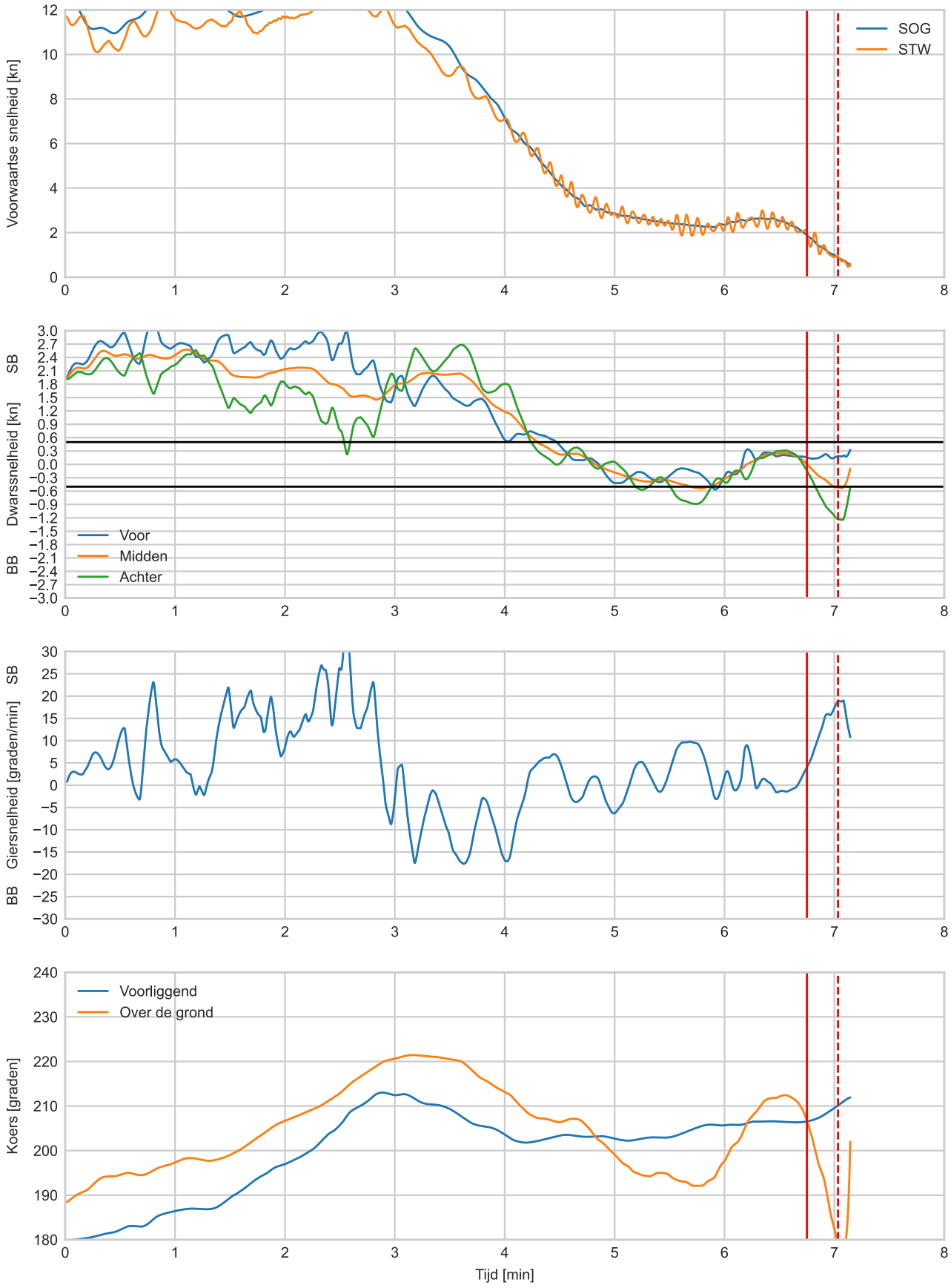
Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	10
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 10 a-1

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	10
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 10 a-2

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	10
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 10 a-3



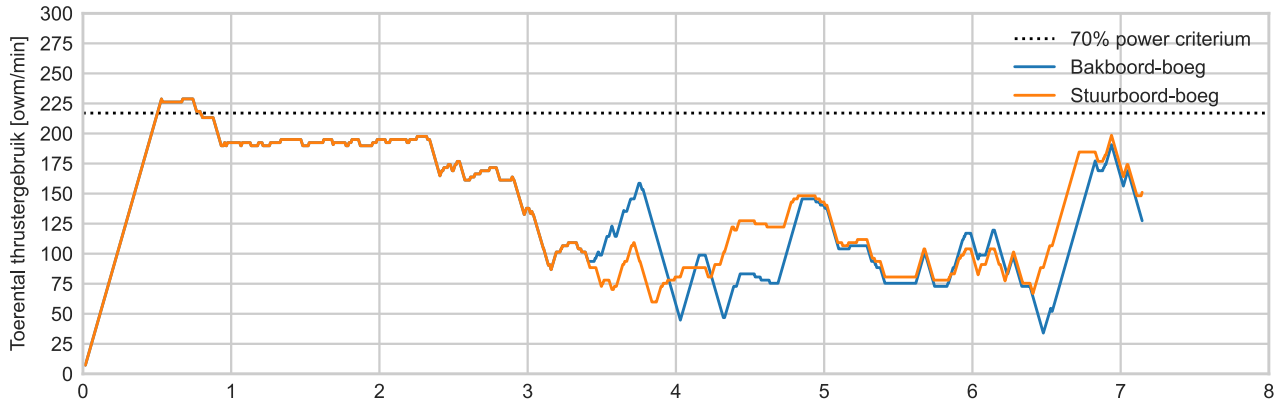
Scheepsbewegingen

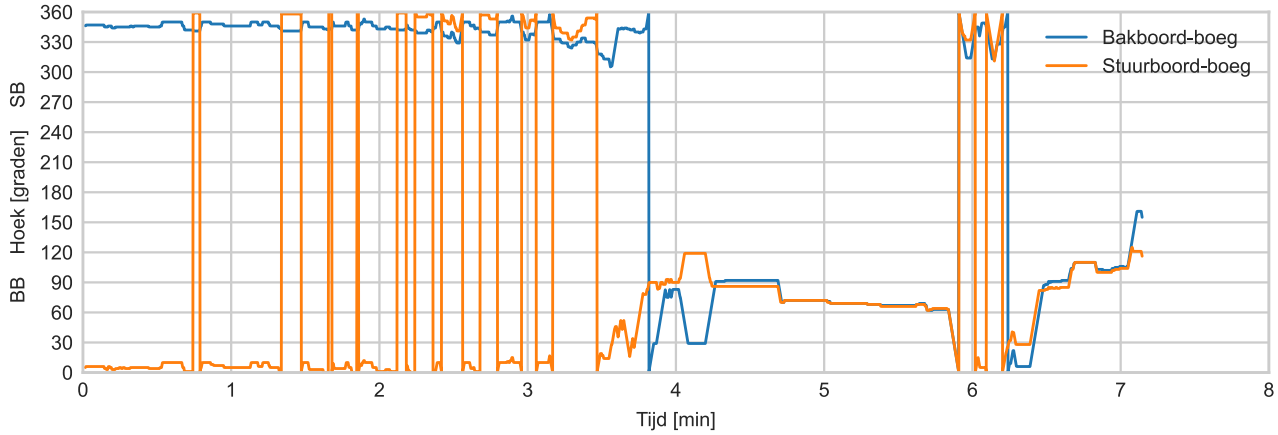
Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

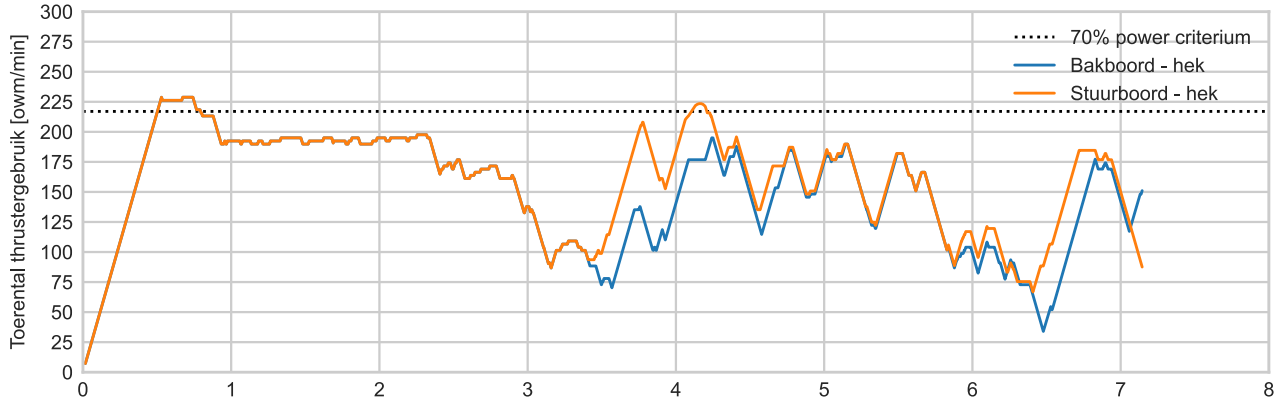
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

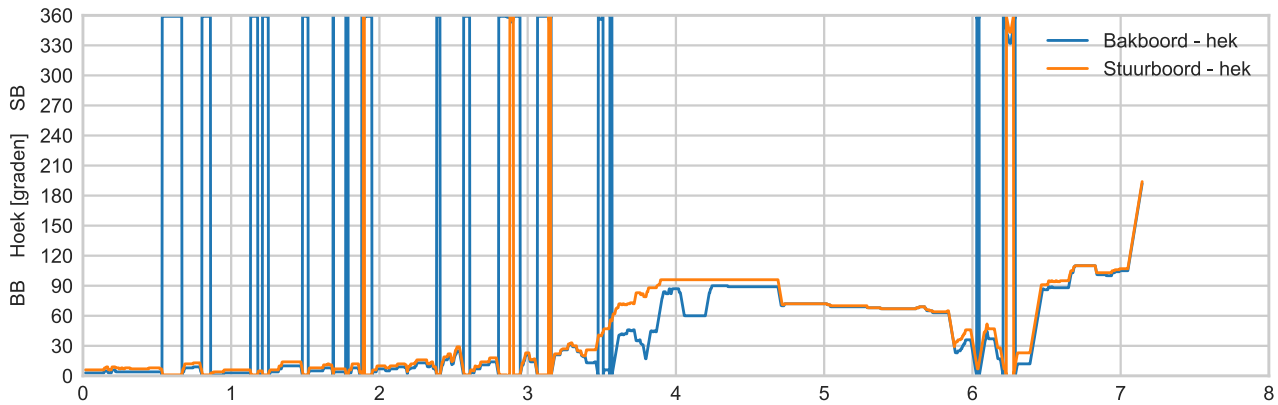
Denhelder	10
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 10b

MARIN - Maritime Operations









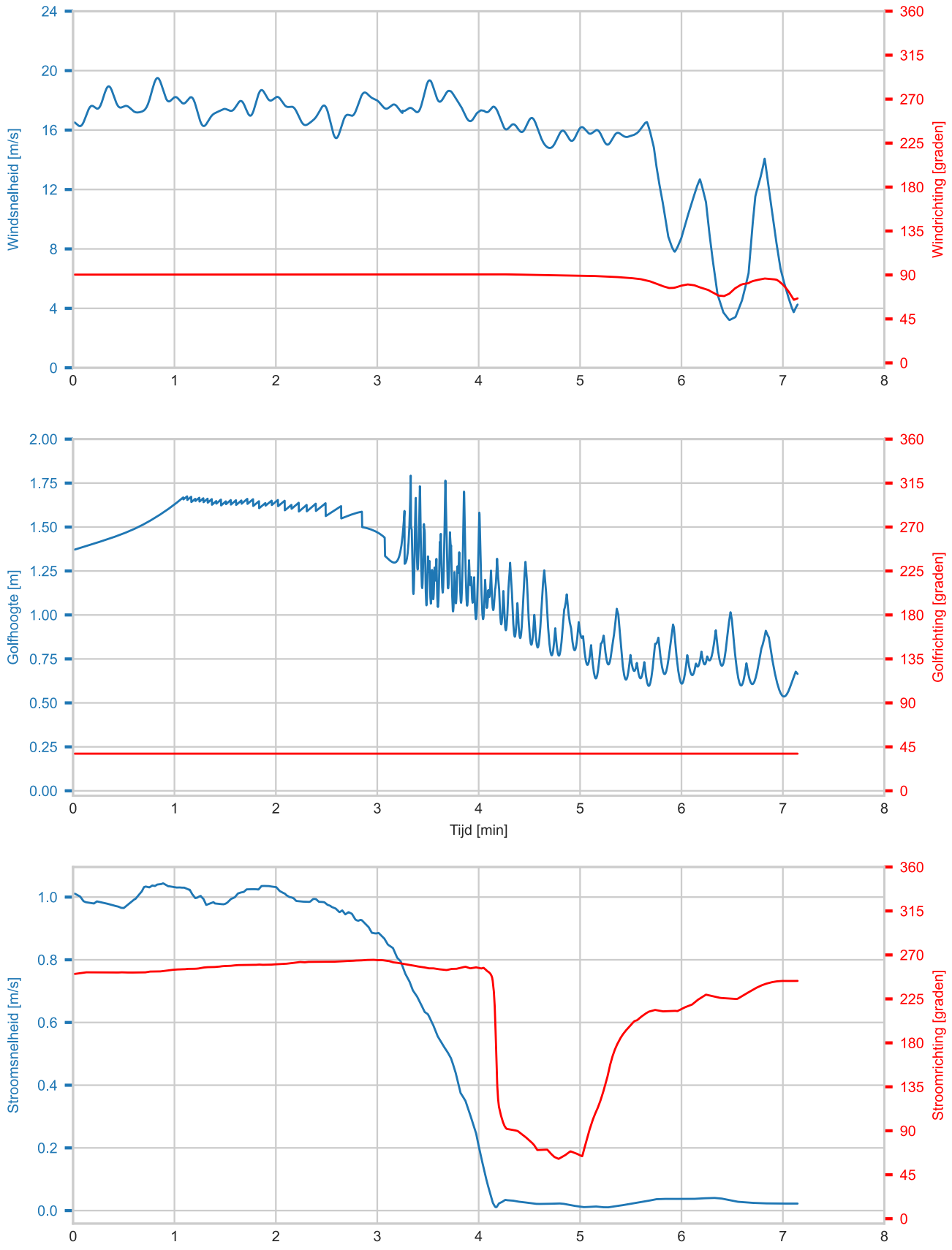
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	10
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 10c

MARIN - Maritime Operations



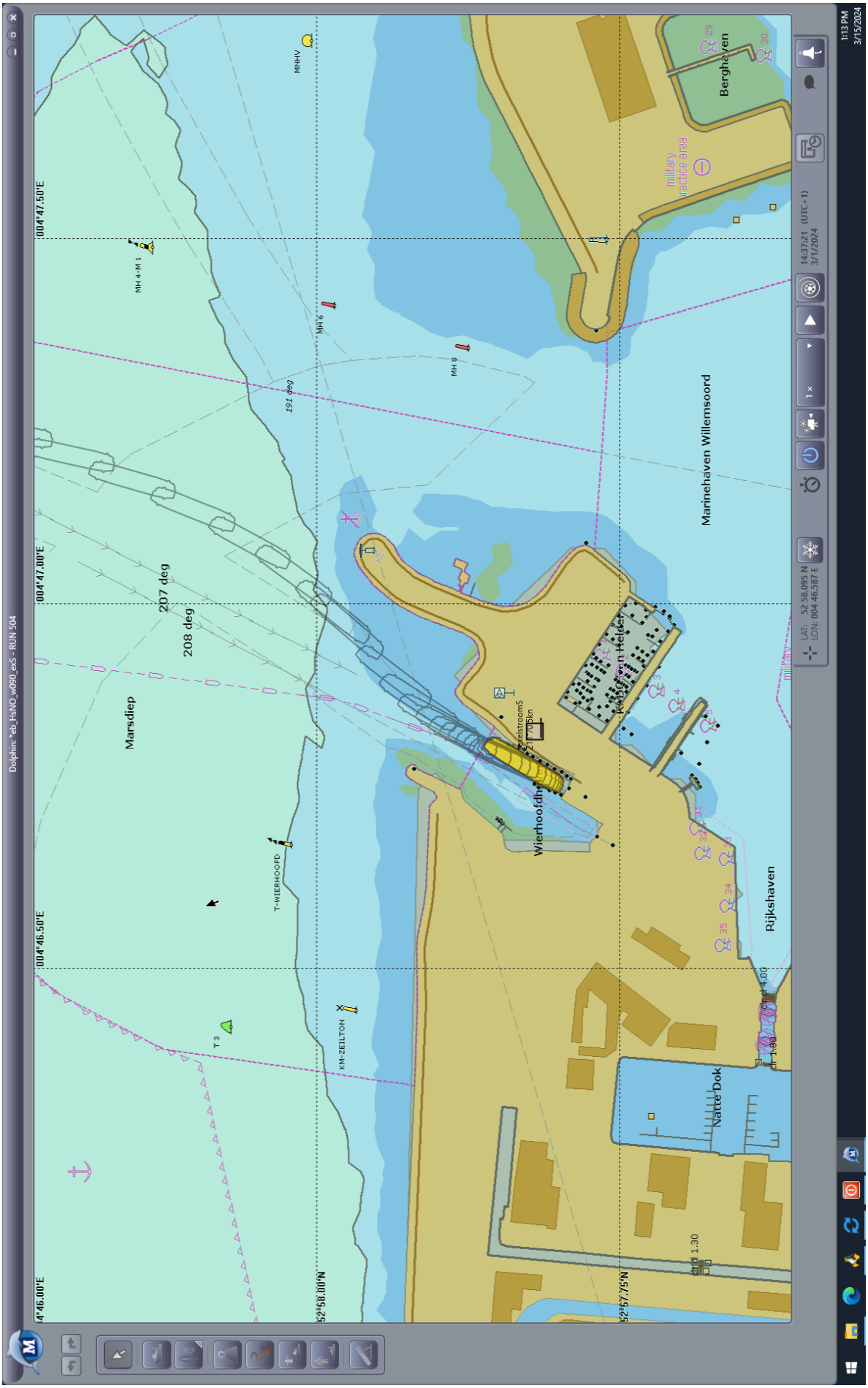
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	10
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 10d

MARIN - Maritime Operations

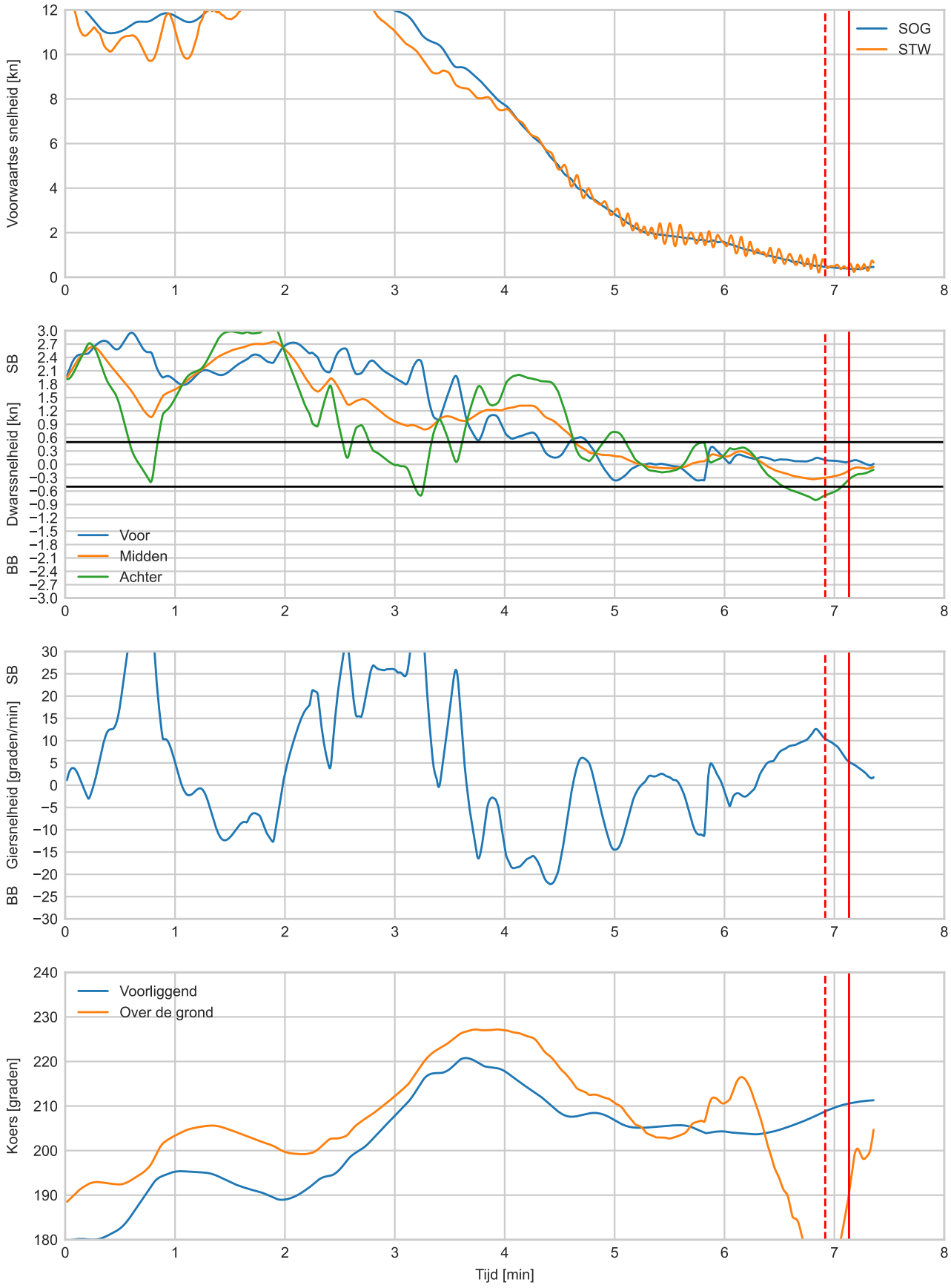


Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	11
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 11 a-1

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	11
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 11 a-2



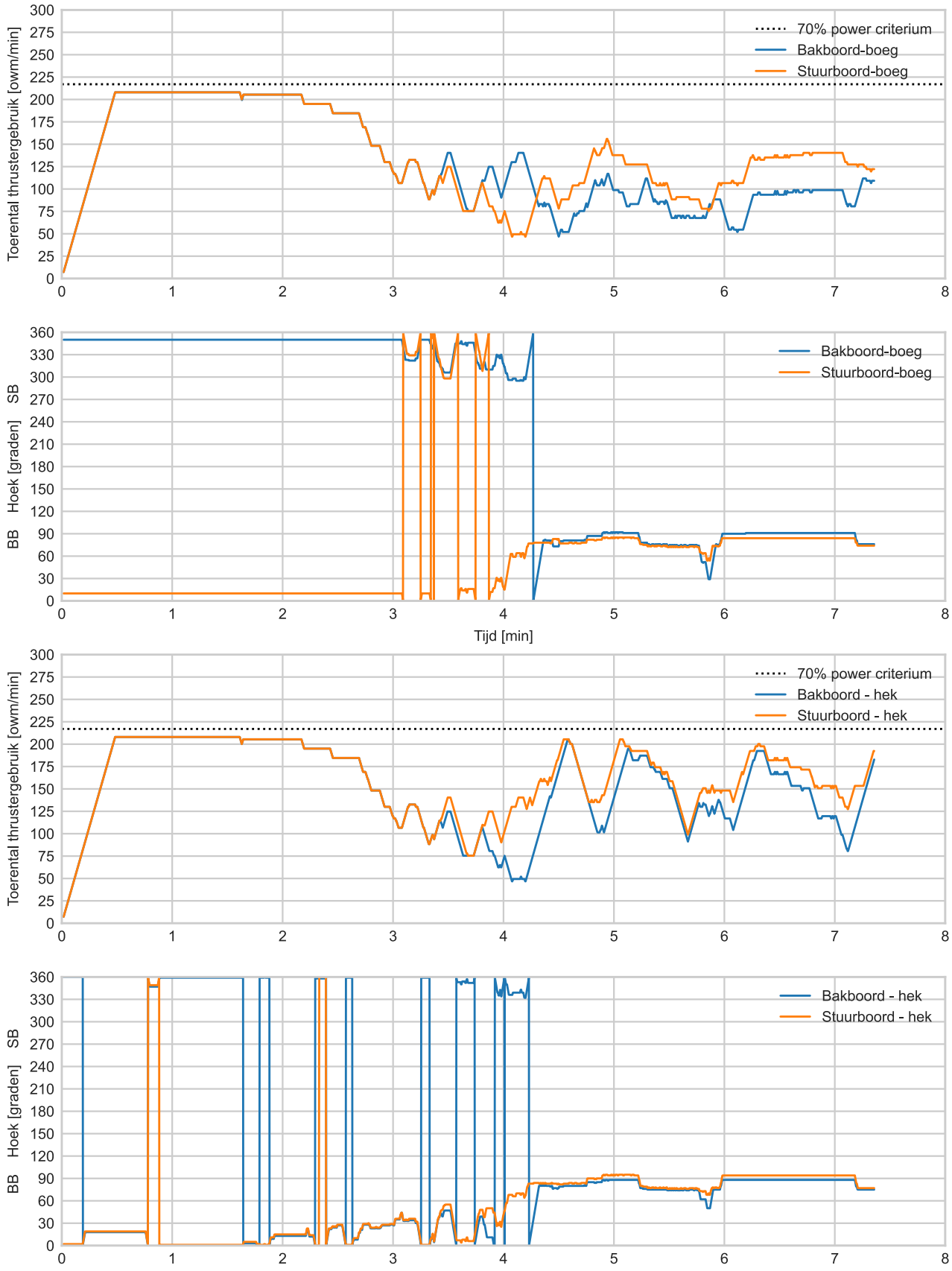
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	11
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 11b

MARIN - Maritime Operations



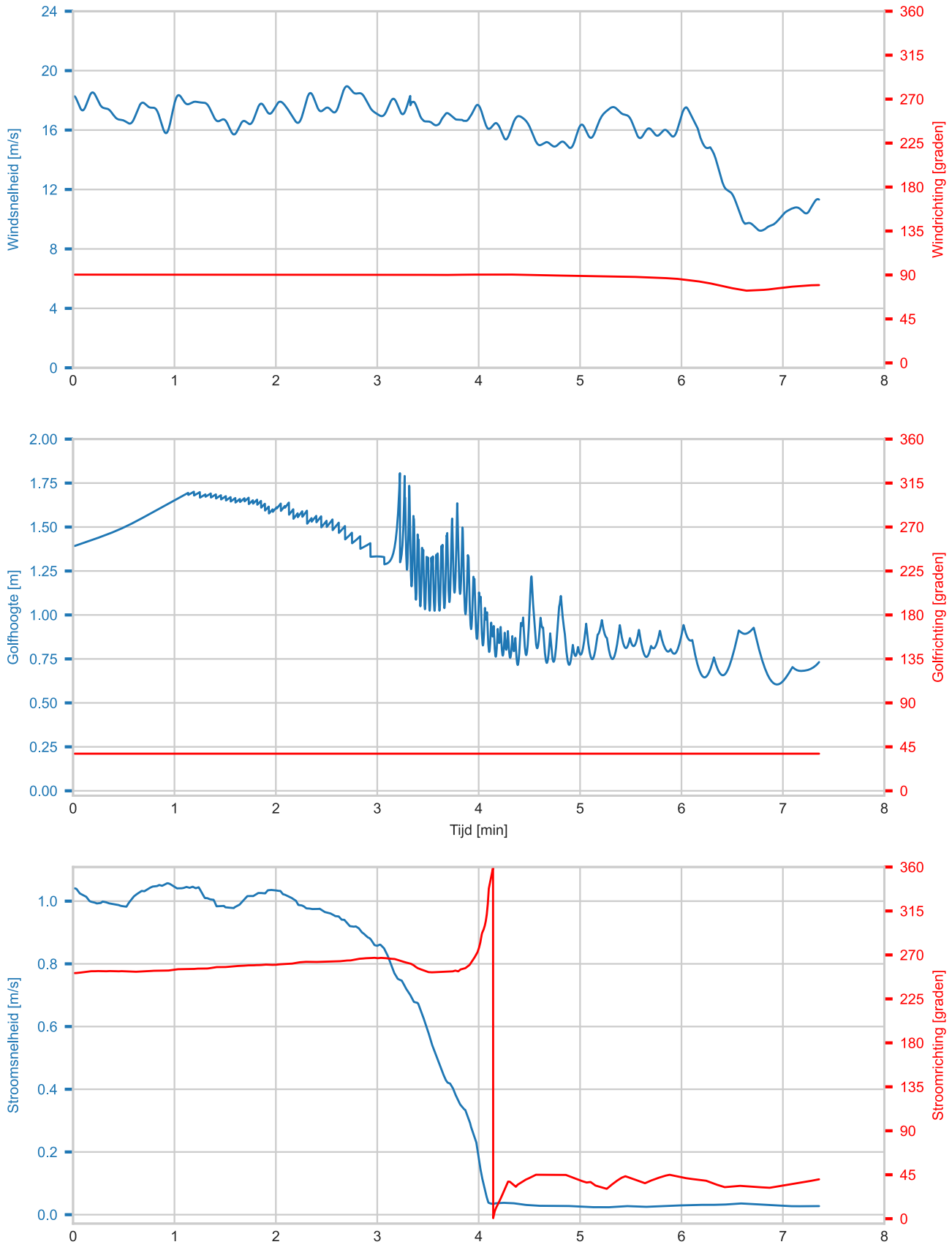
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	11
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 11c

MARIN - Maritime Operations



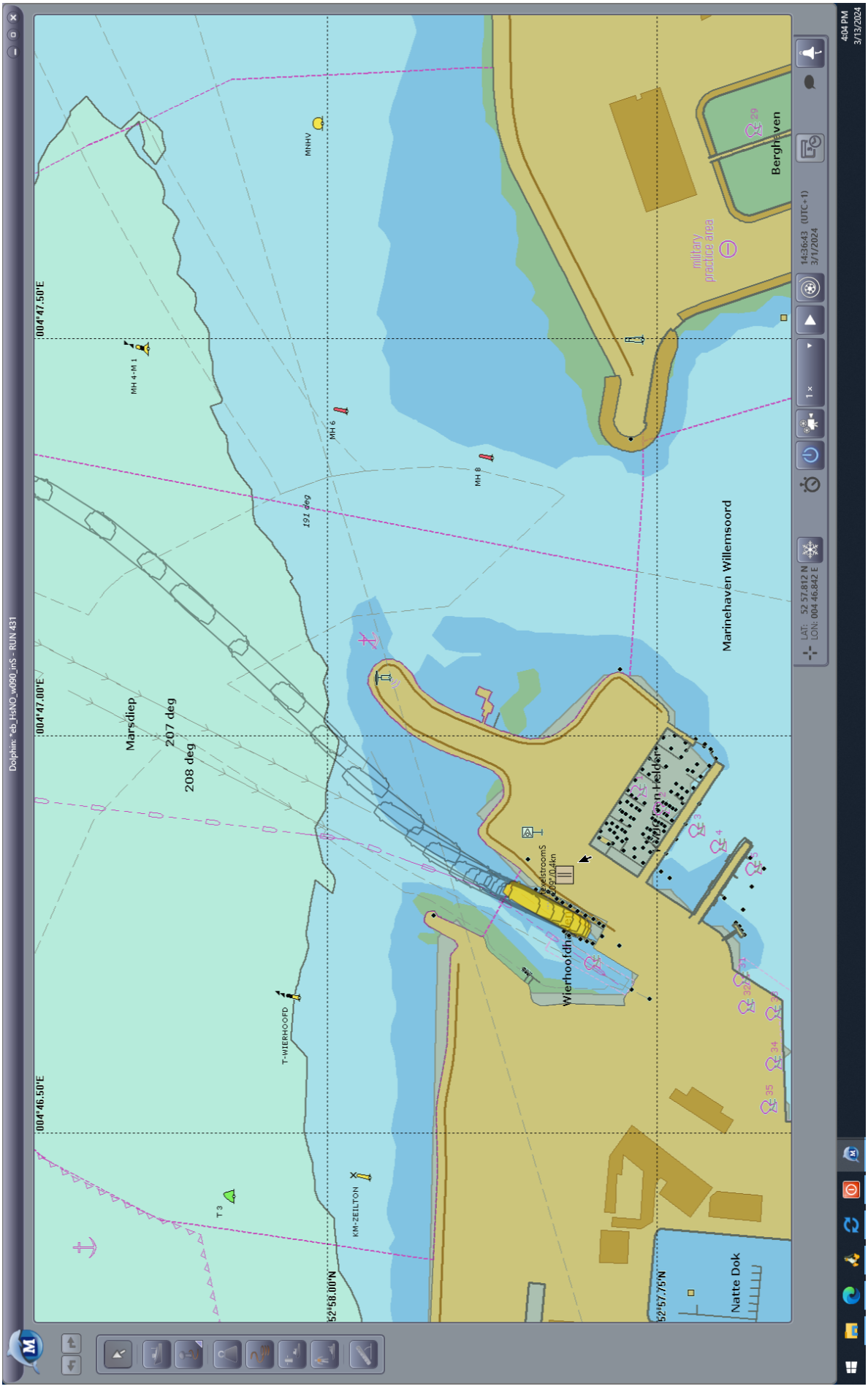
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

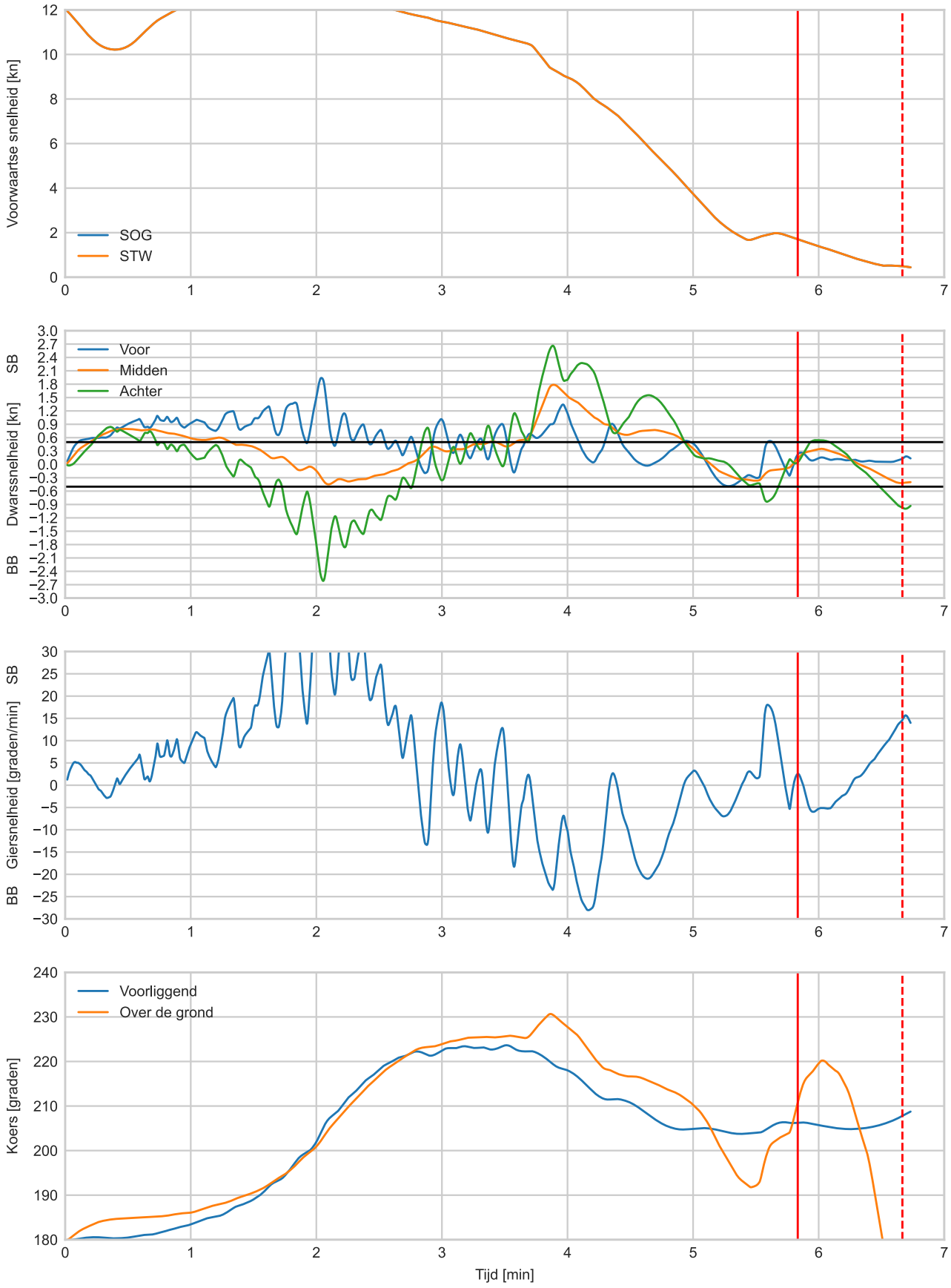
Denhelder	11
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 11d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	12
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 12 a-1



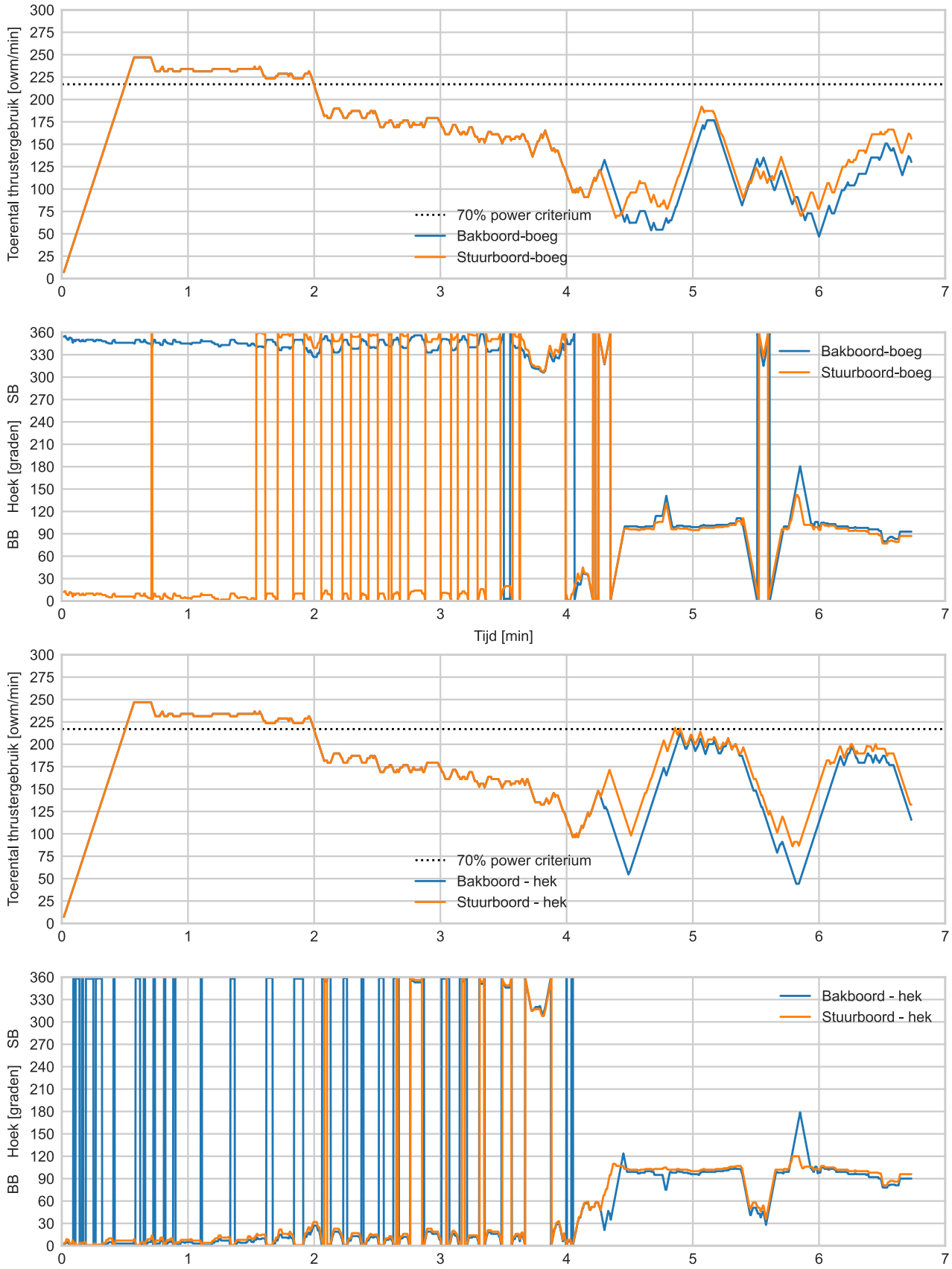
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	12
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 12b

MARIN - Maritime Operations



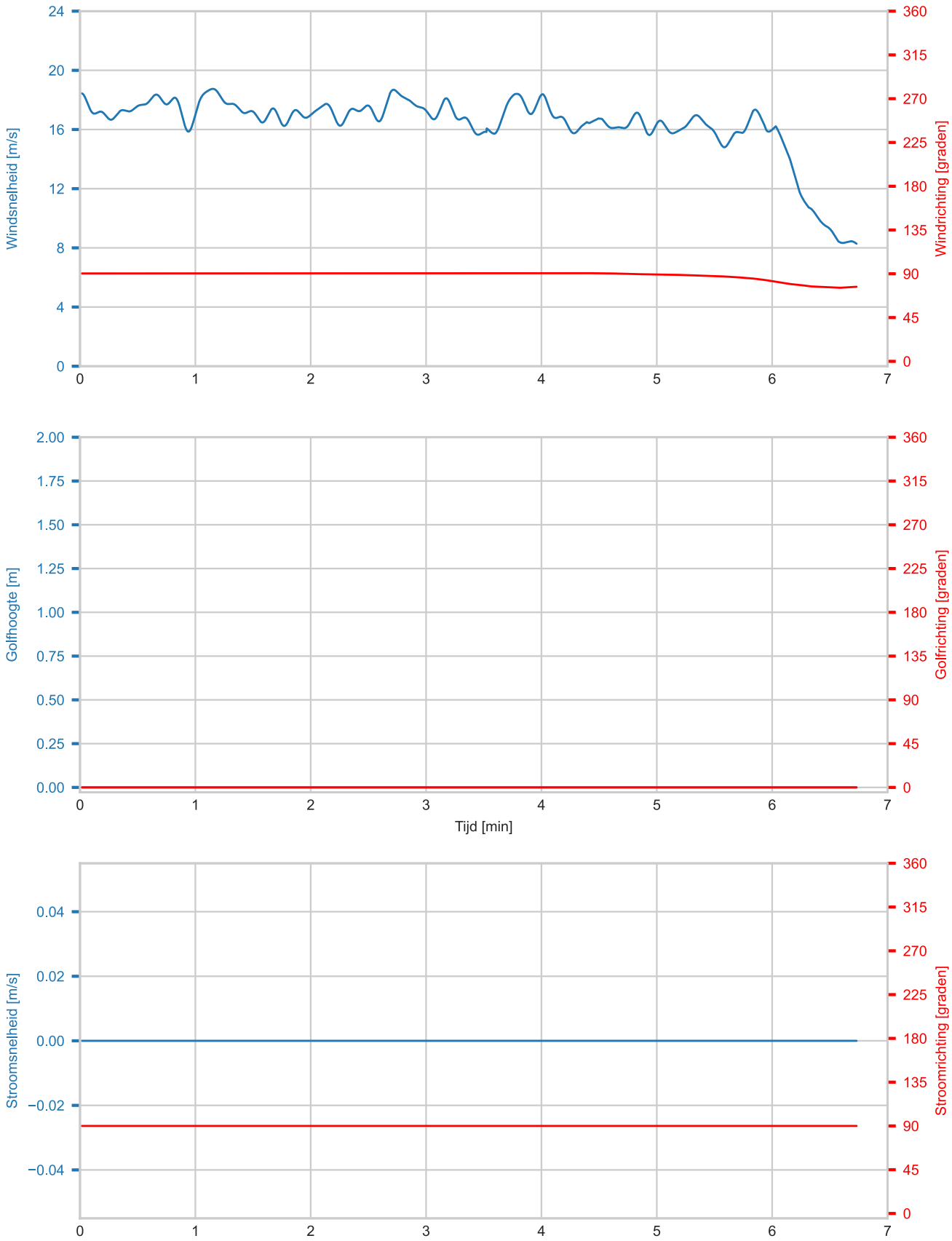
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	12
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 12c

MARIN - Maritime Operations



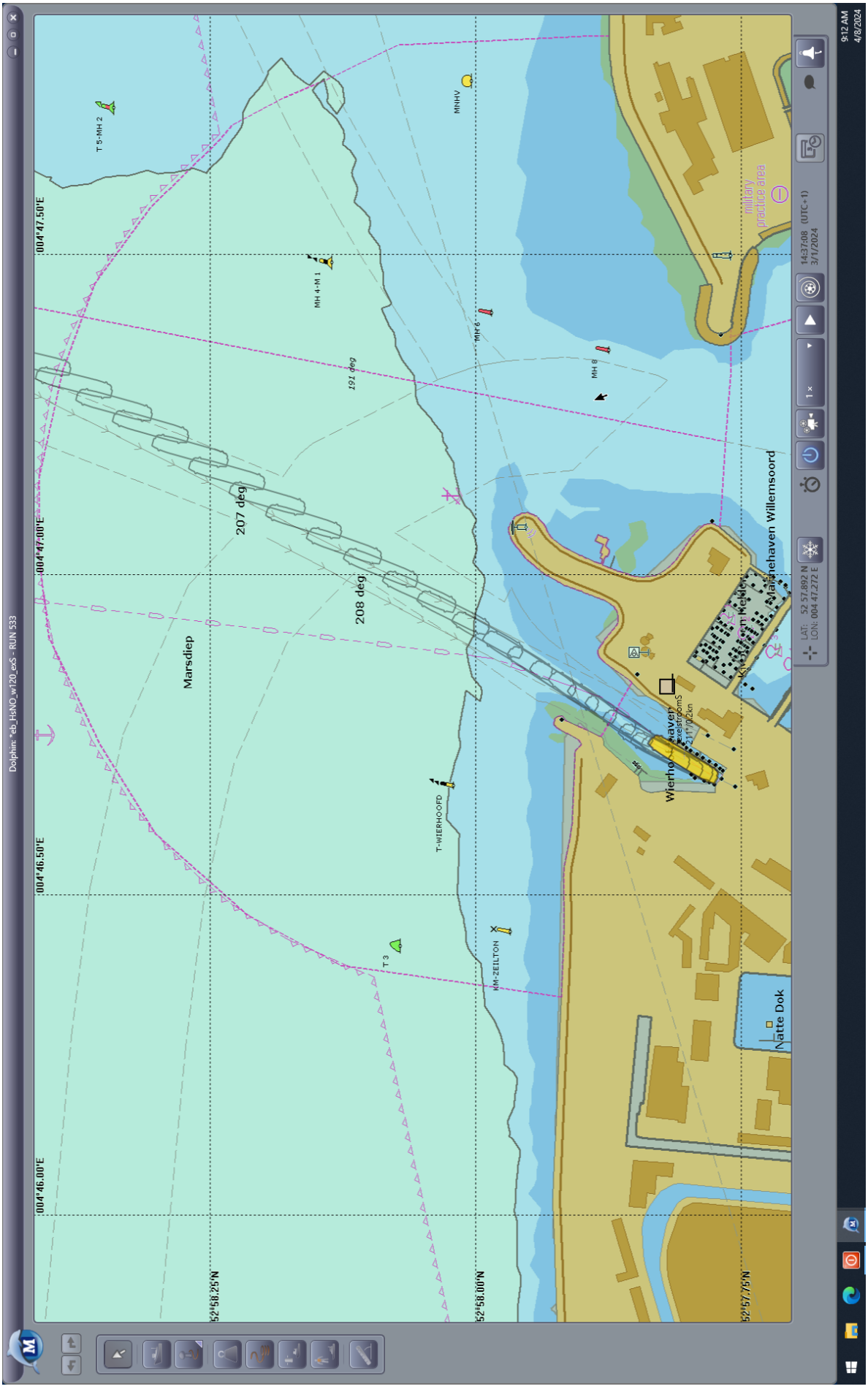
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	12
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 12d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

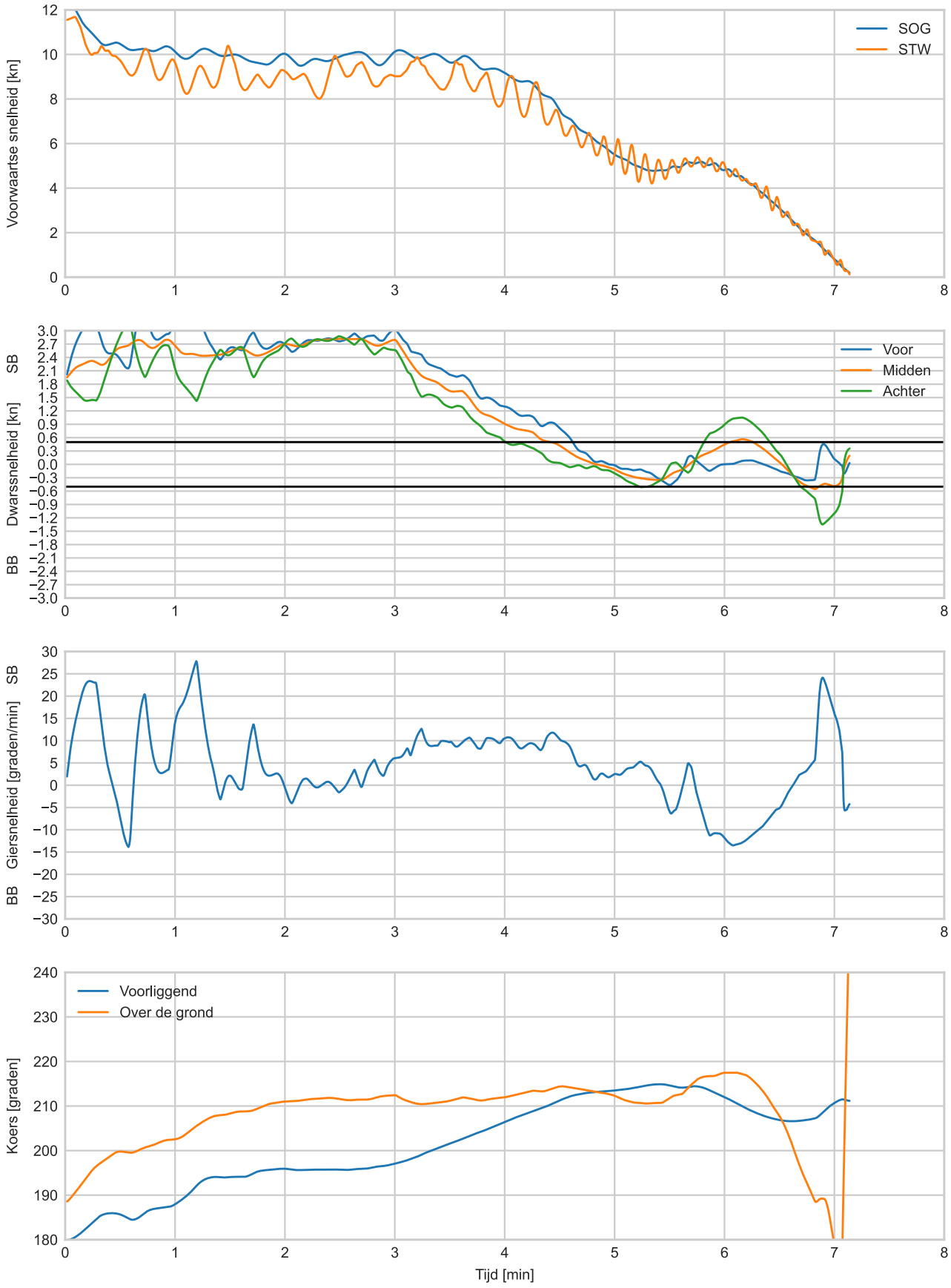
Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	13
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 13 a-1

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	13
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 13 a-2

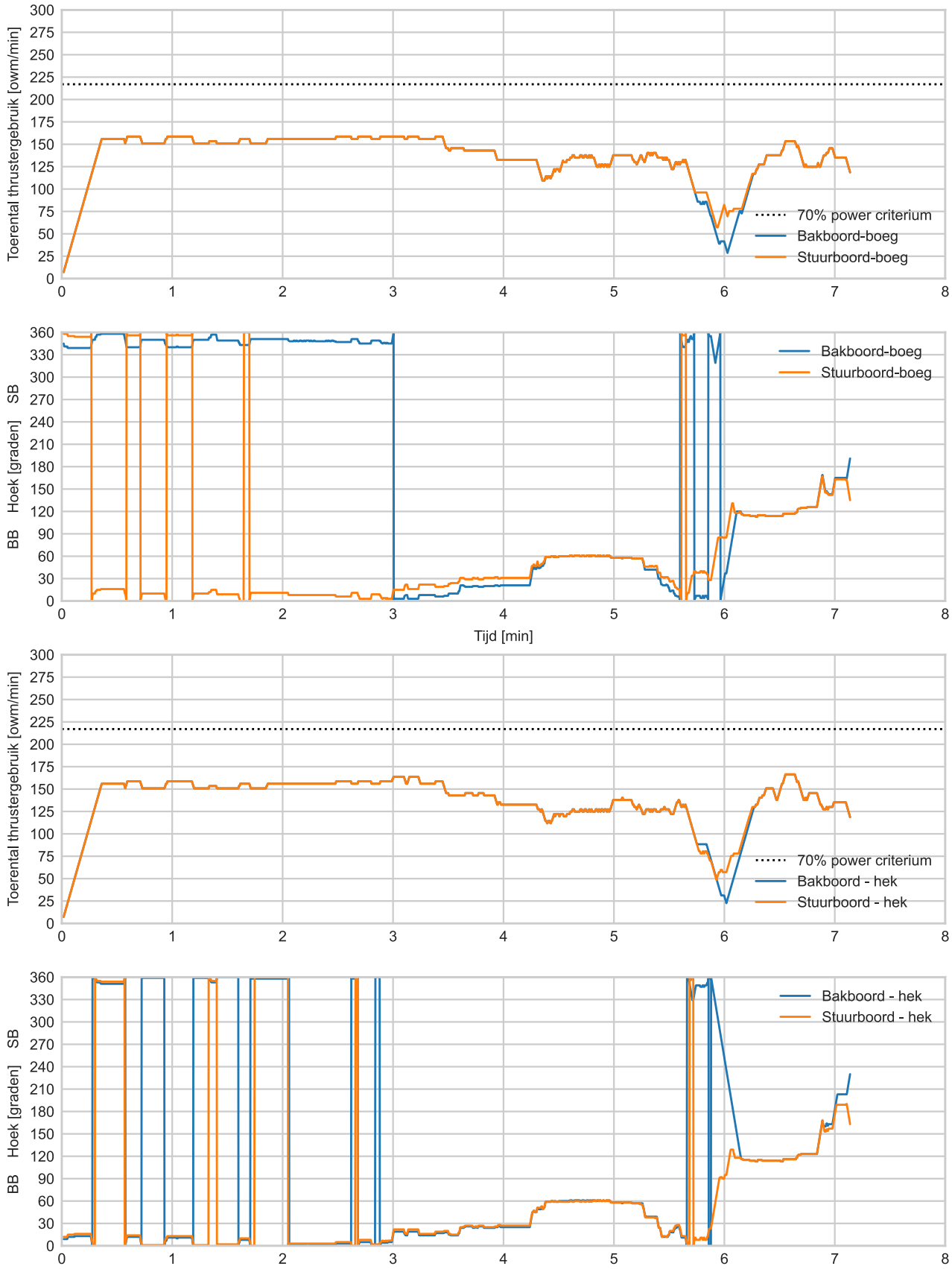
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	13
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 13 a-3



Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	13
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 13b



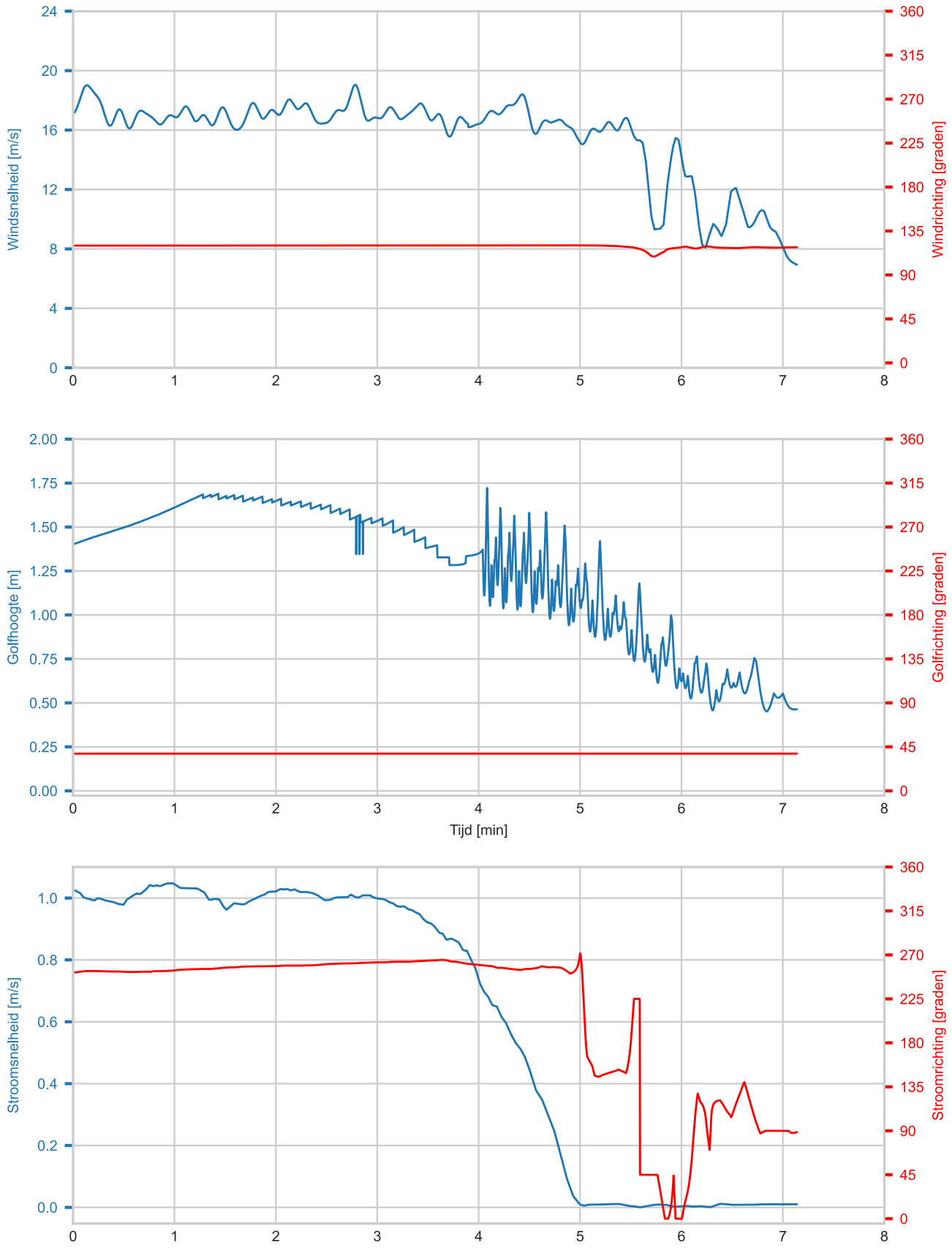
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	13
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 13c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	13
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 13d

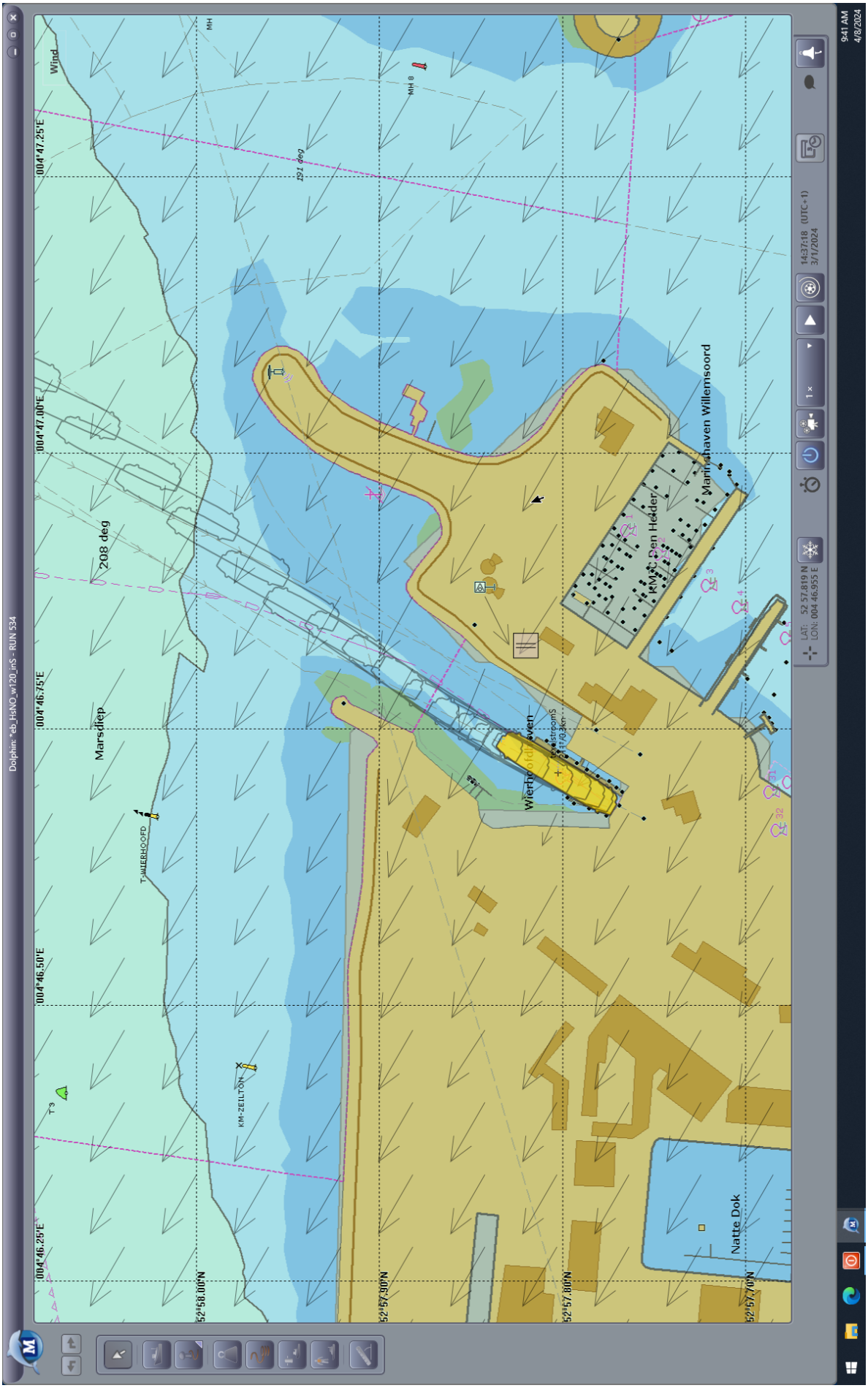
MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	14
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 14 a-1

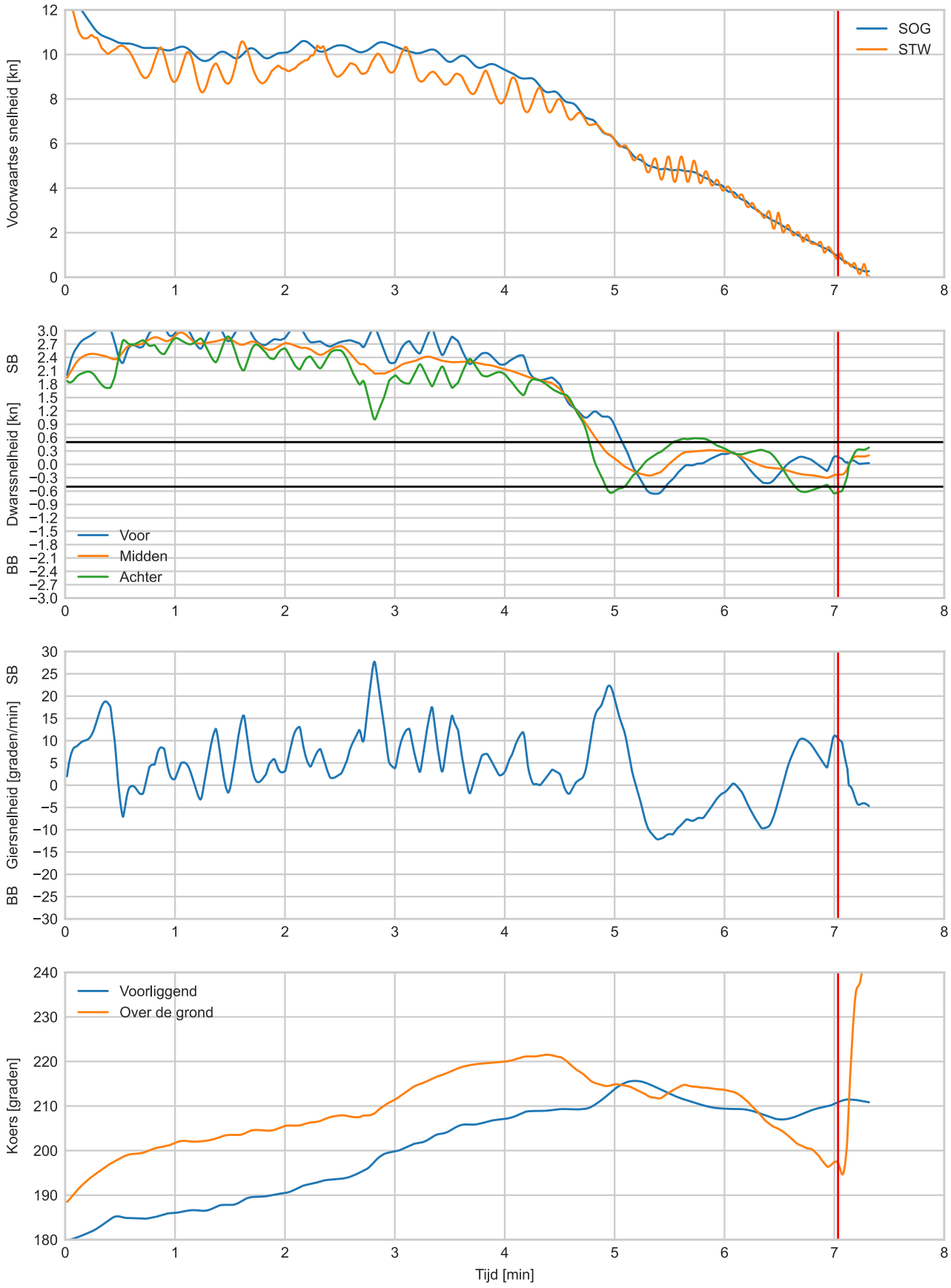
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	14
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 14 a-2



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	14
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 14 a-3



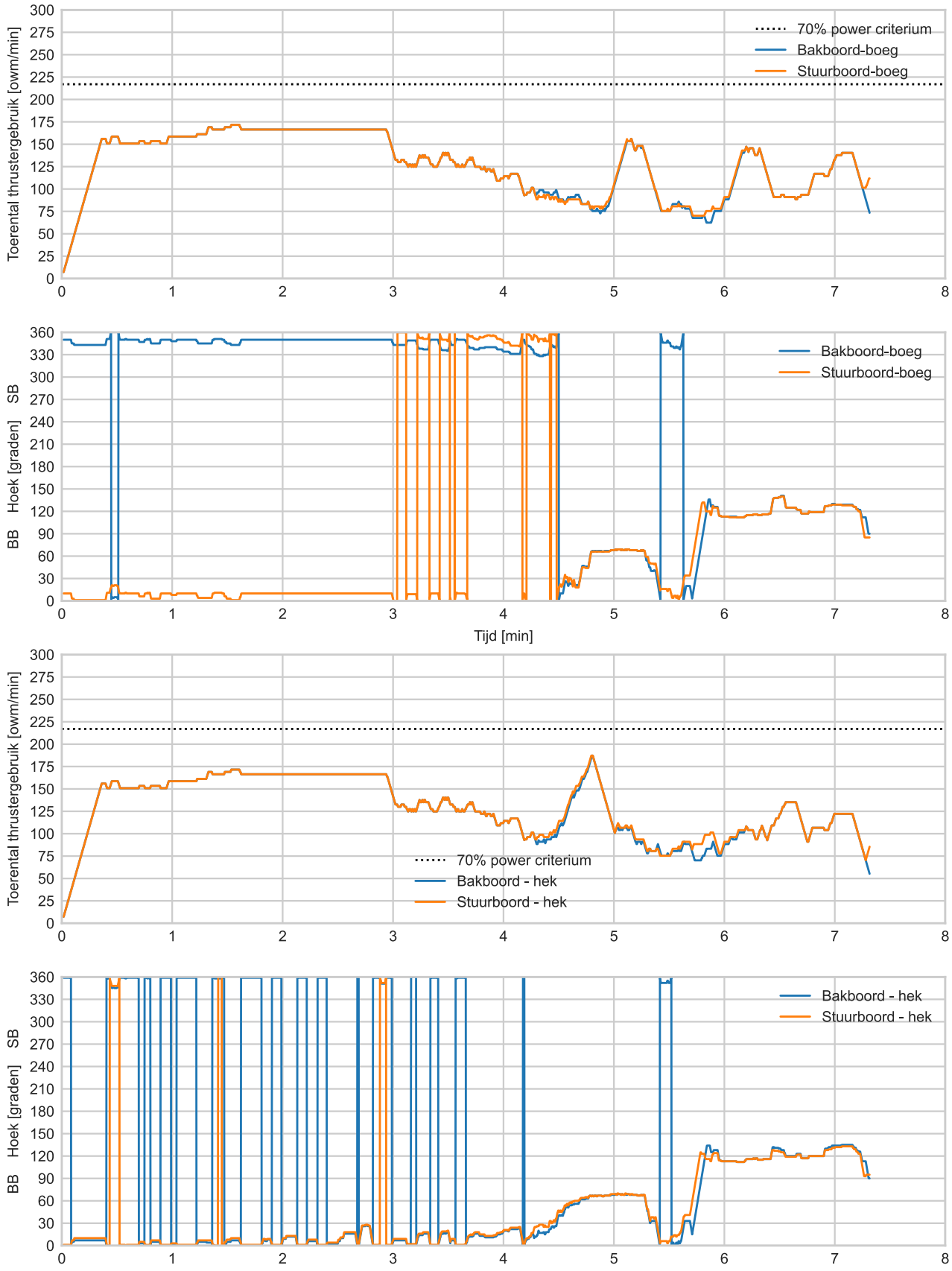
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	14
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 14b

MARIN - Maritime Operations



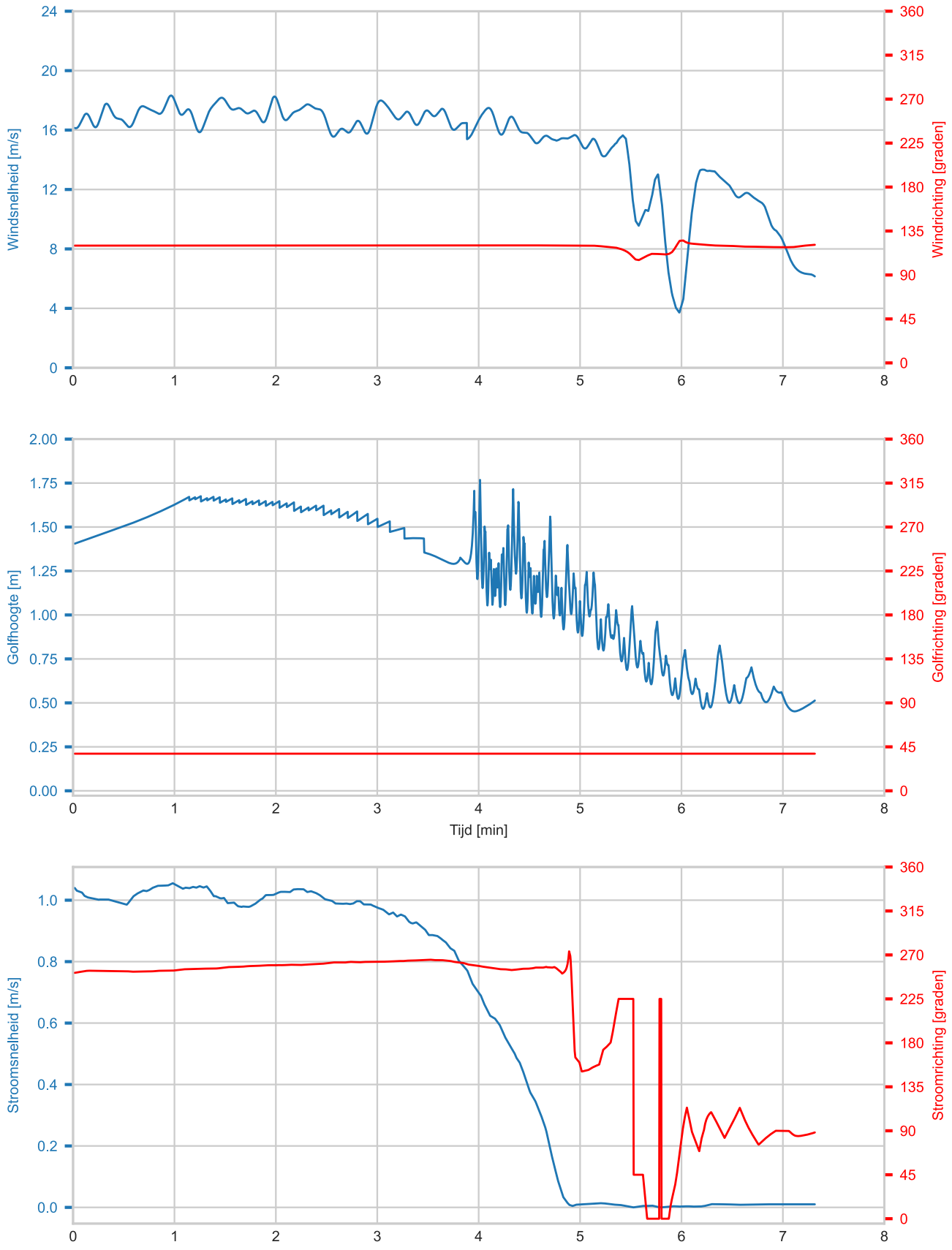
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	14
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 14c

MARIN - Maritime Operations



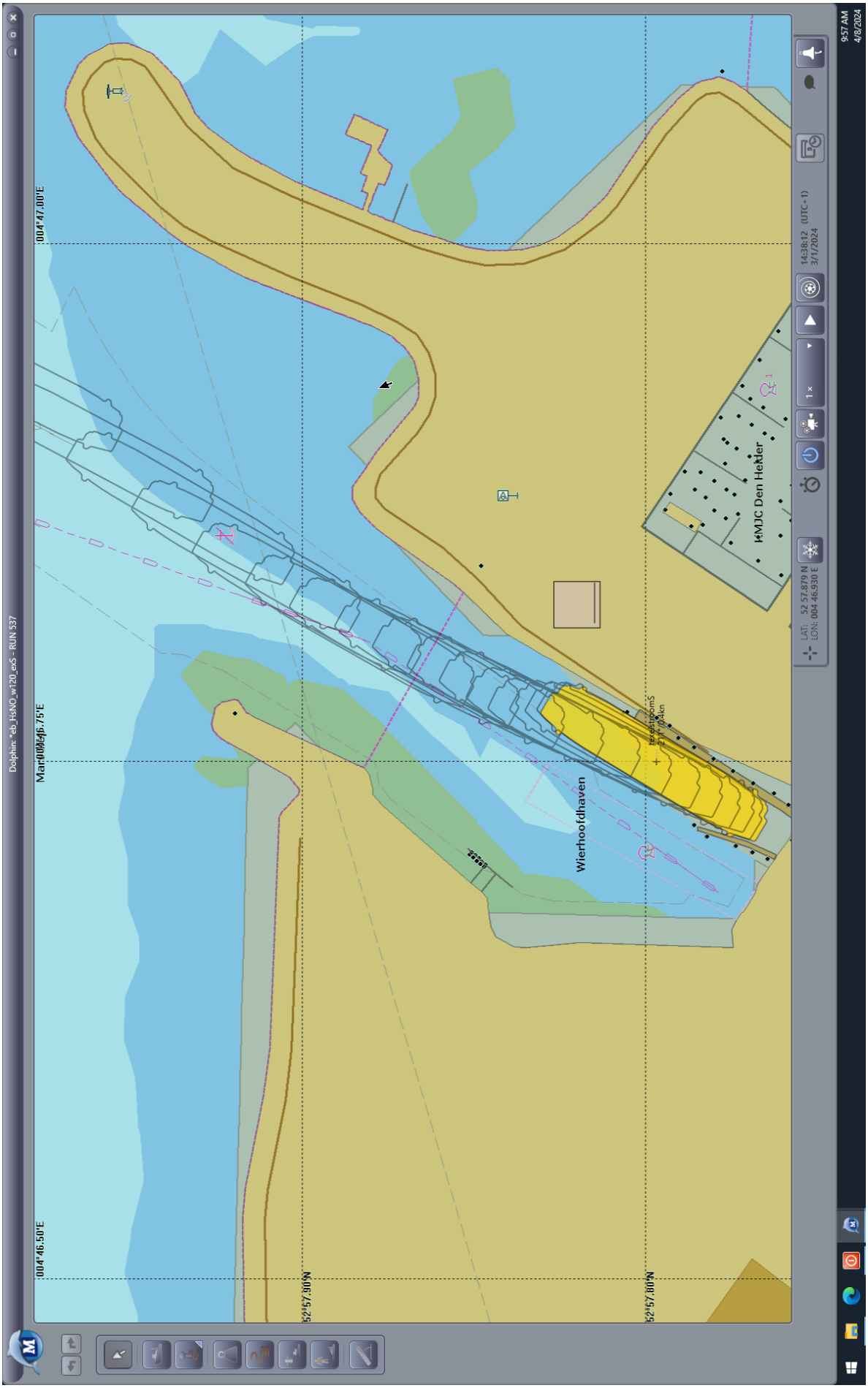
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

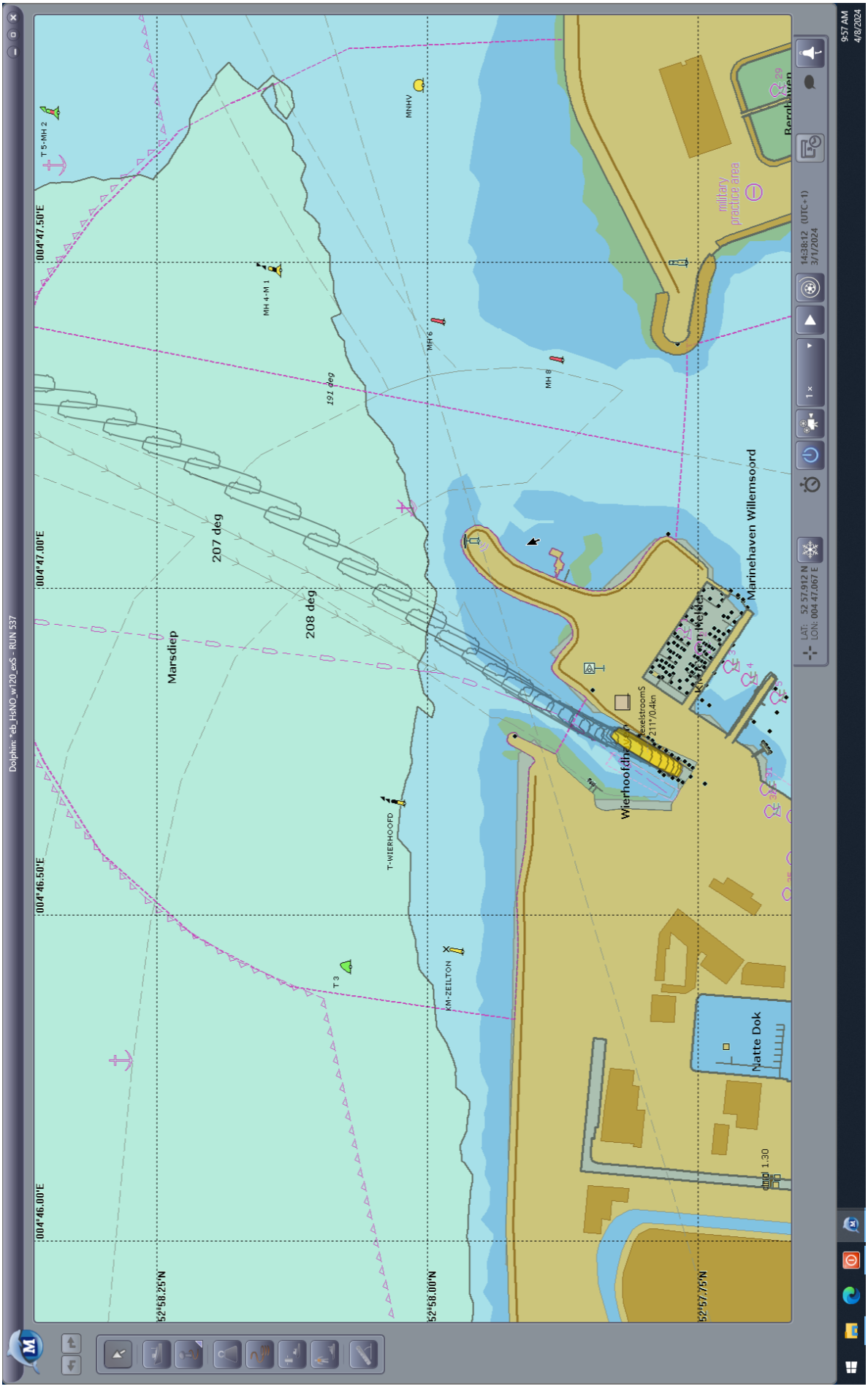
Denhelder (April)	14
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 14d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	15
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 15 a-1



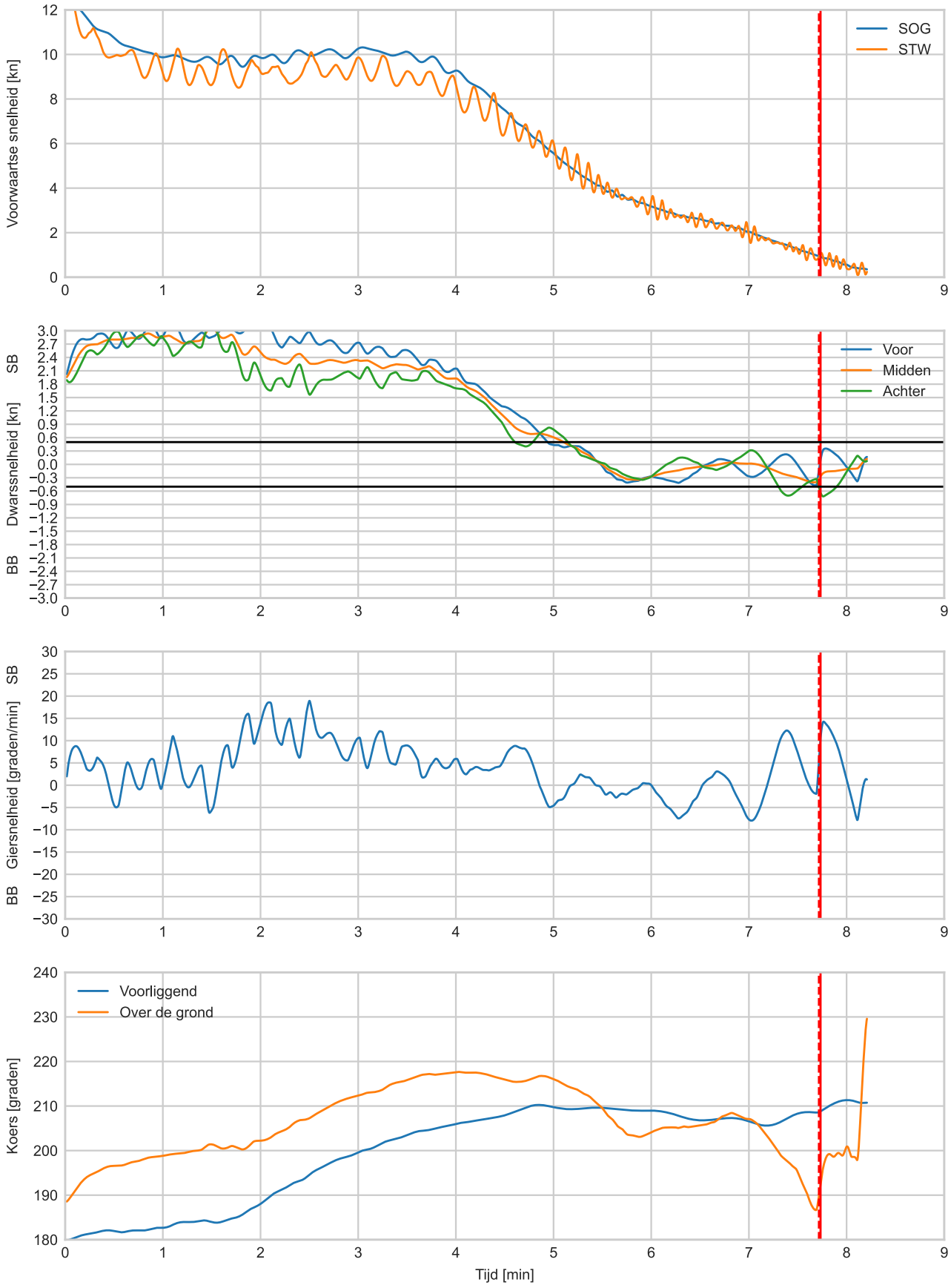
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	15
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 15 a-2

MARIN - Maritime Operations



Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	15
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 15b

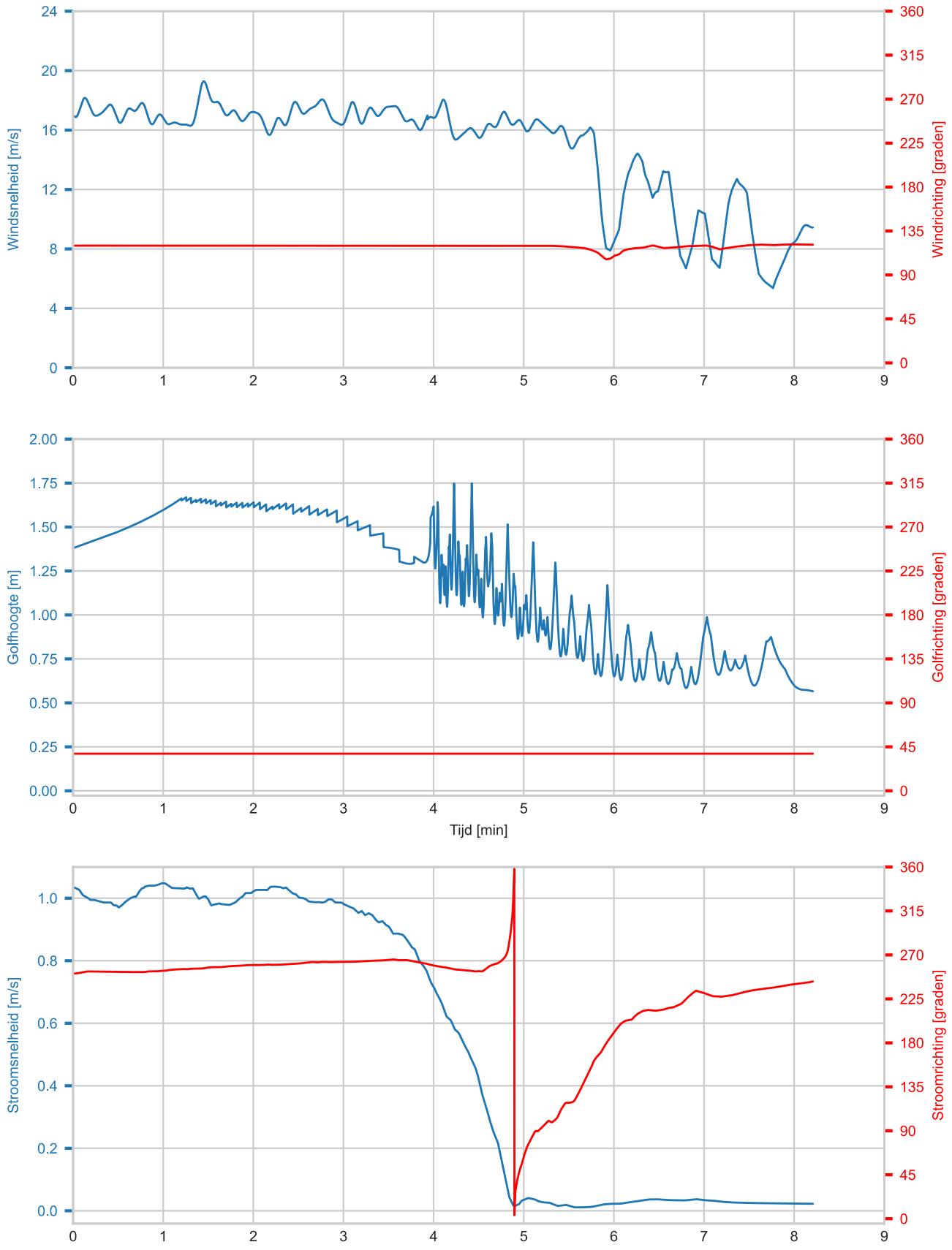
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	15
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 15c

MARIN - Maritime Operations



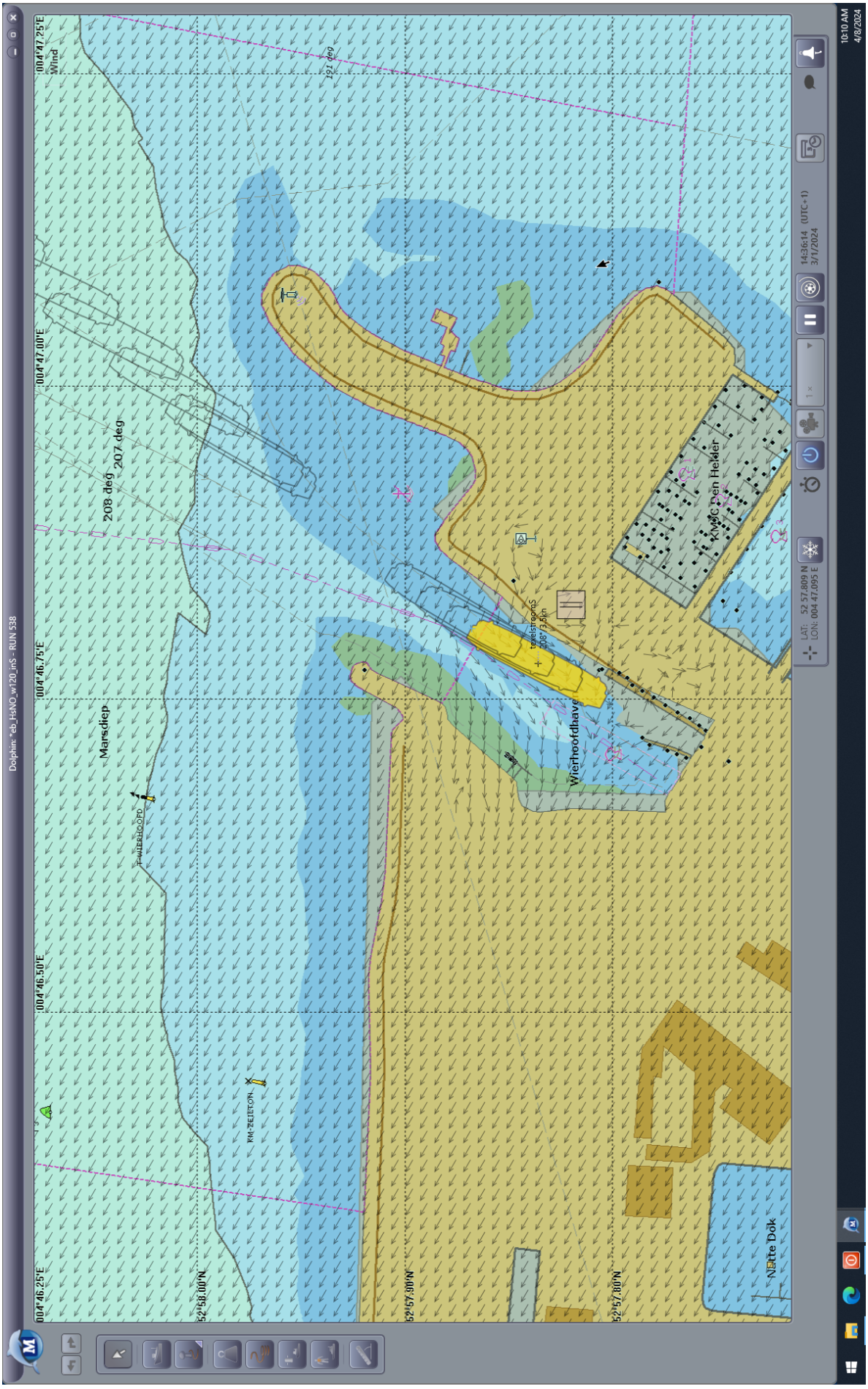
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

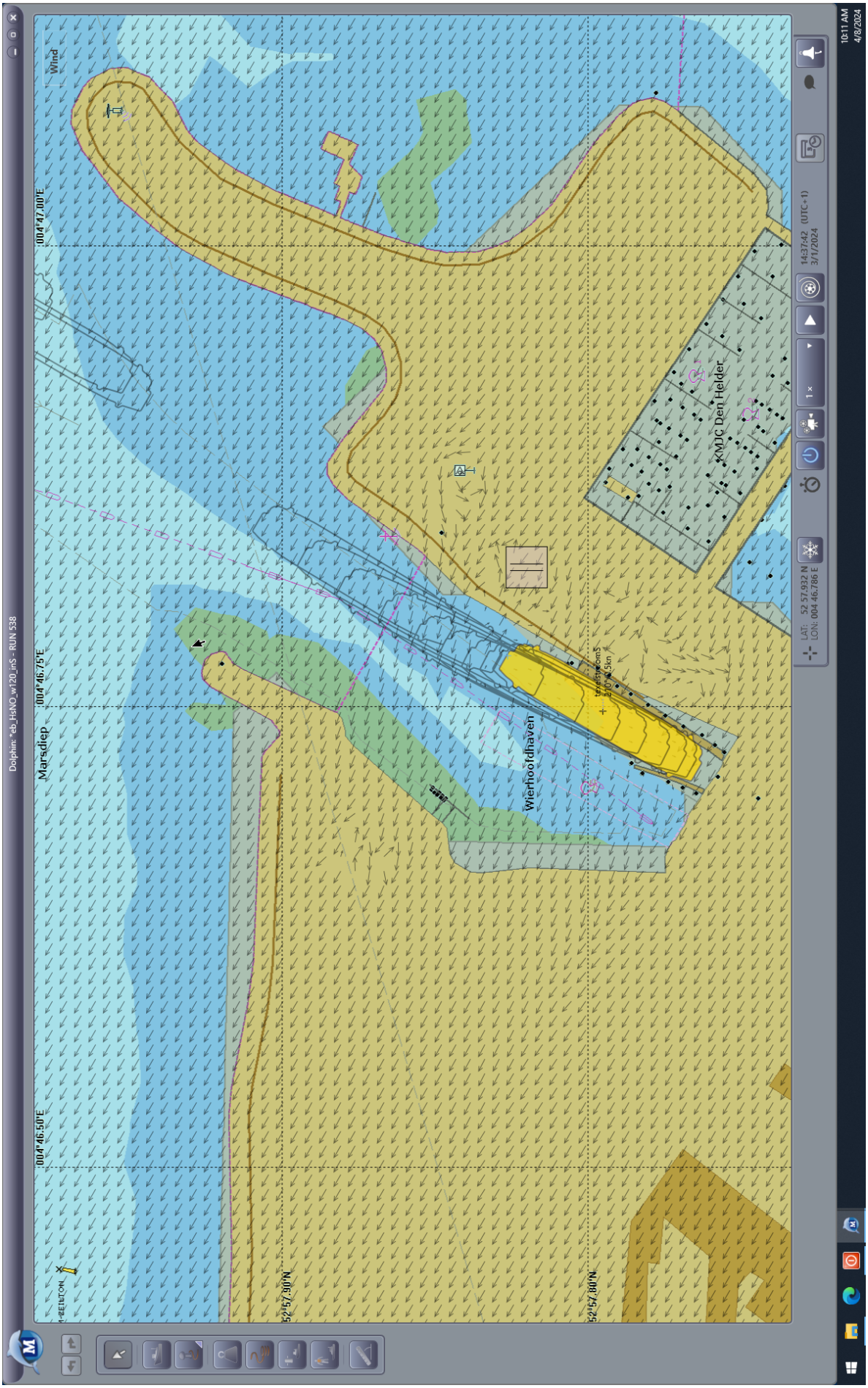
Denhelder (April)	15
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 15d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	16
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 16 a-1

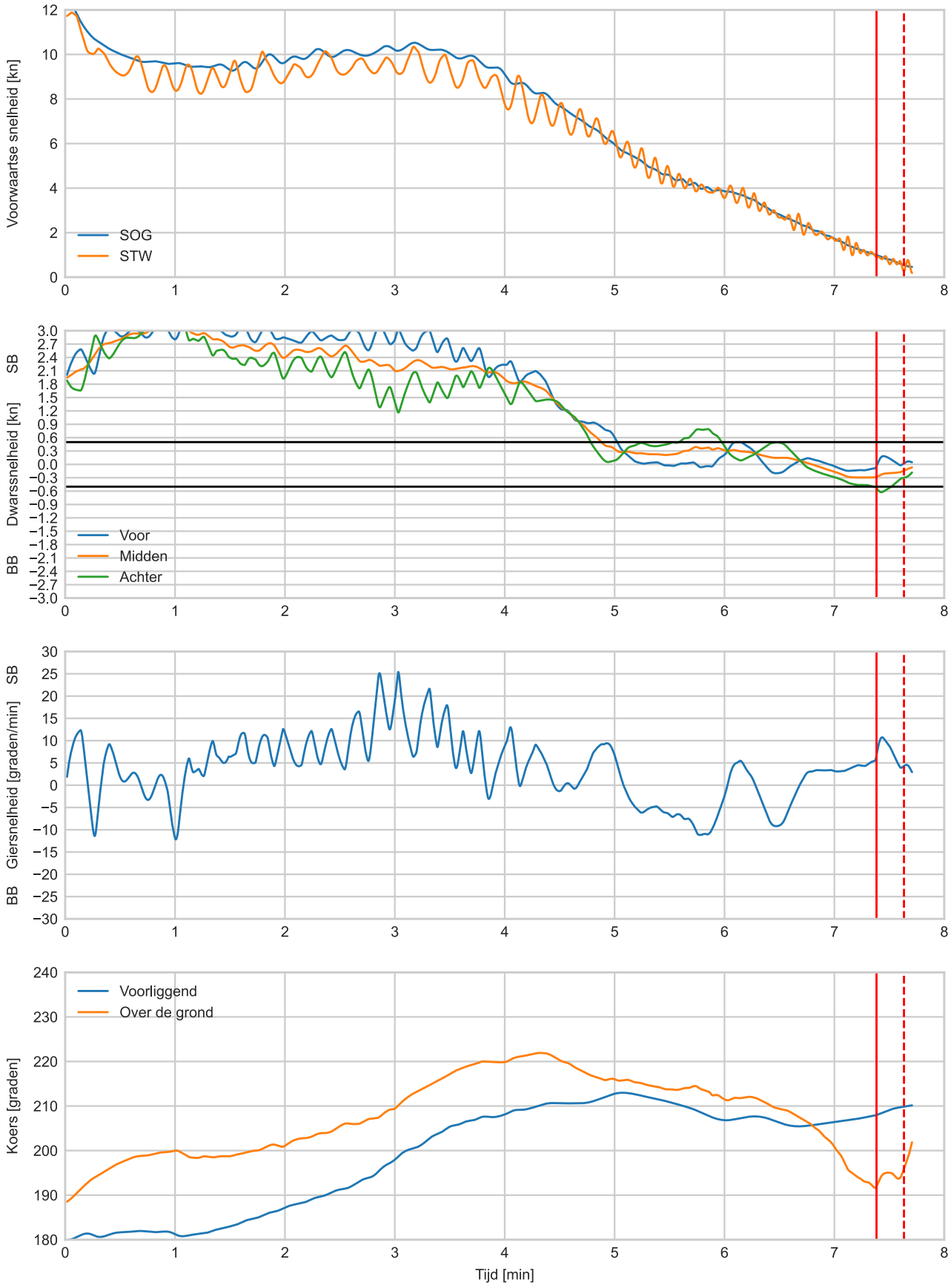


Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	16
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 16 a-2

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	16
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 16 a-3



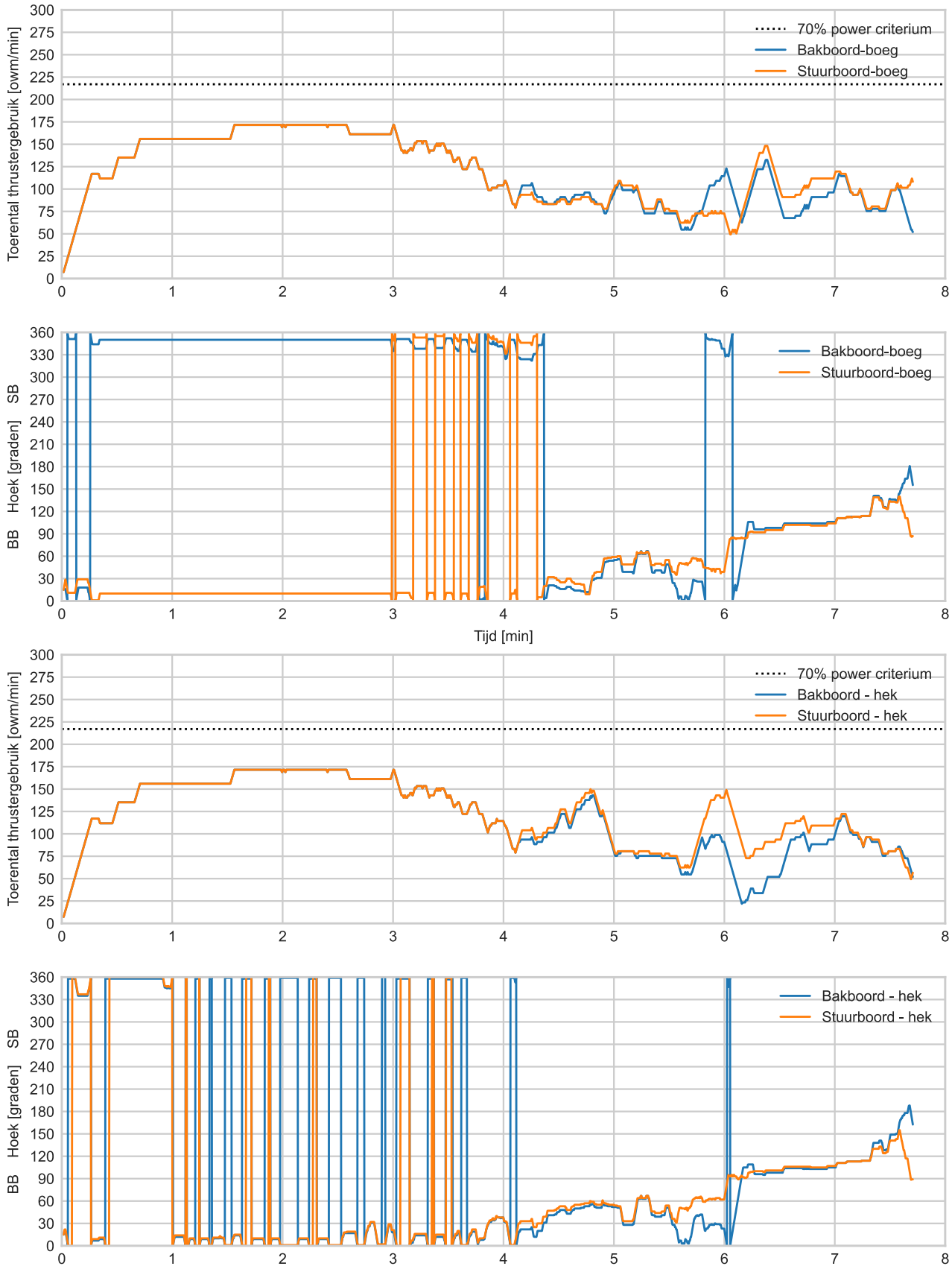
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	16
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 16b

MARIN - Maritime Operations



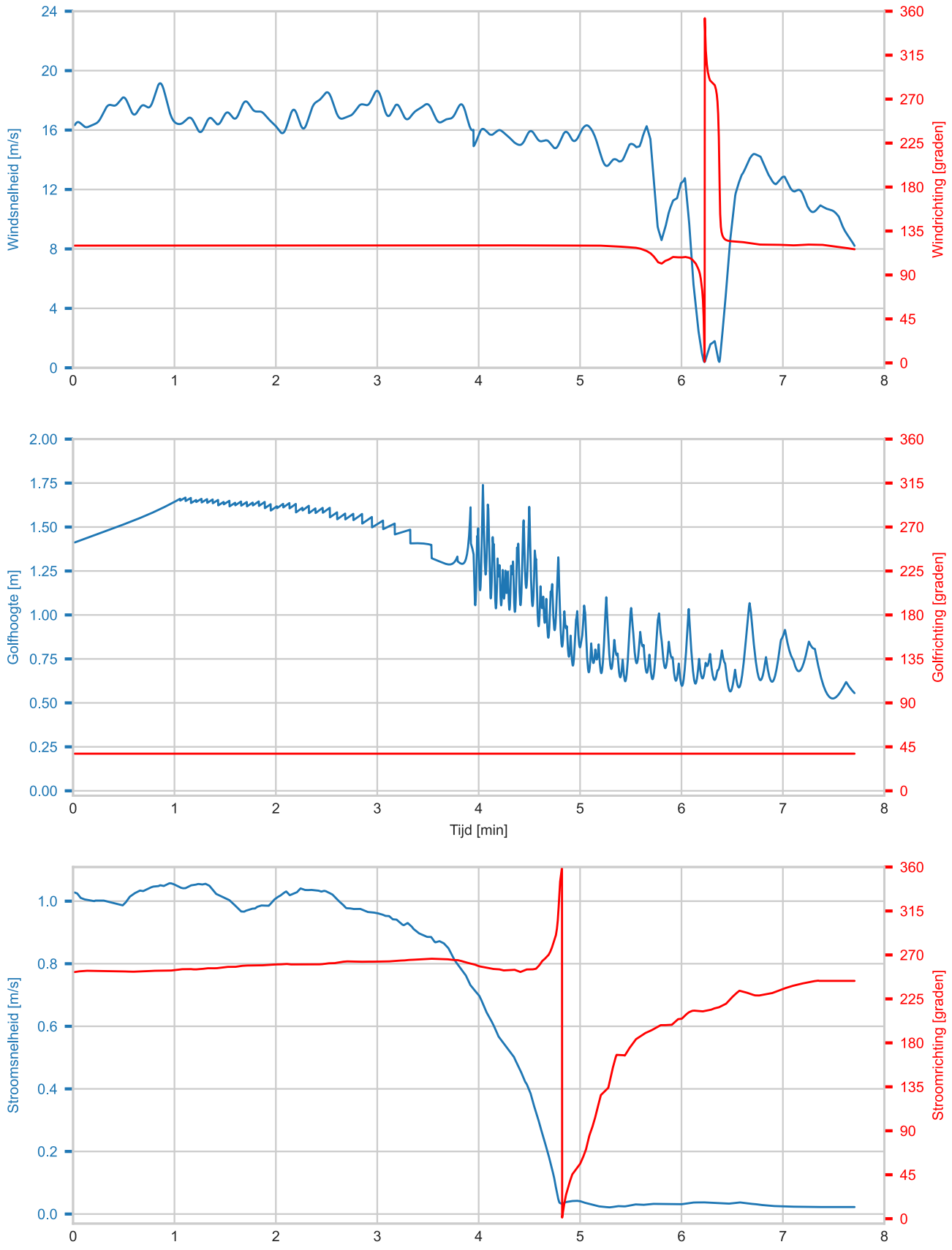
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	16
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 16c

MARIN - Maritime Operations



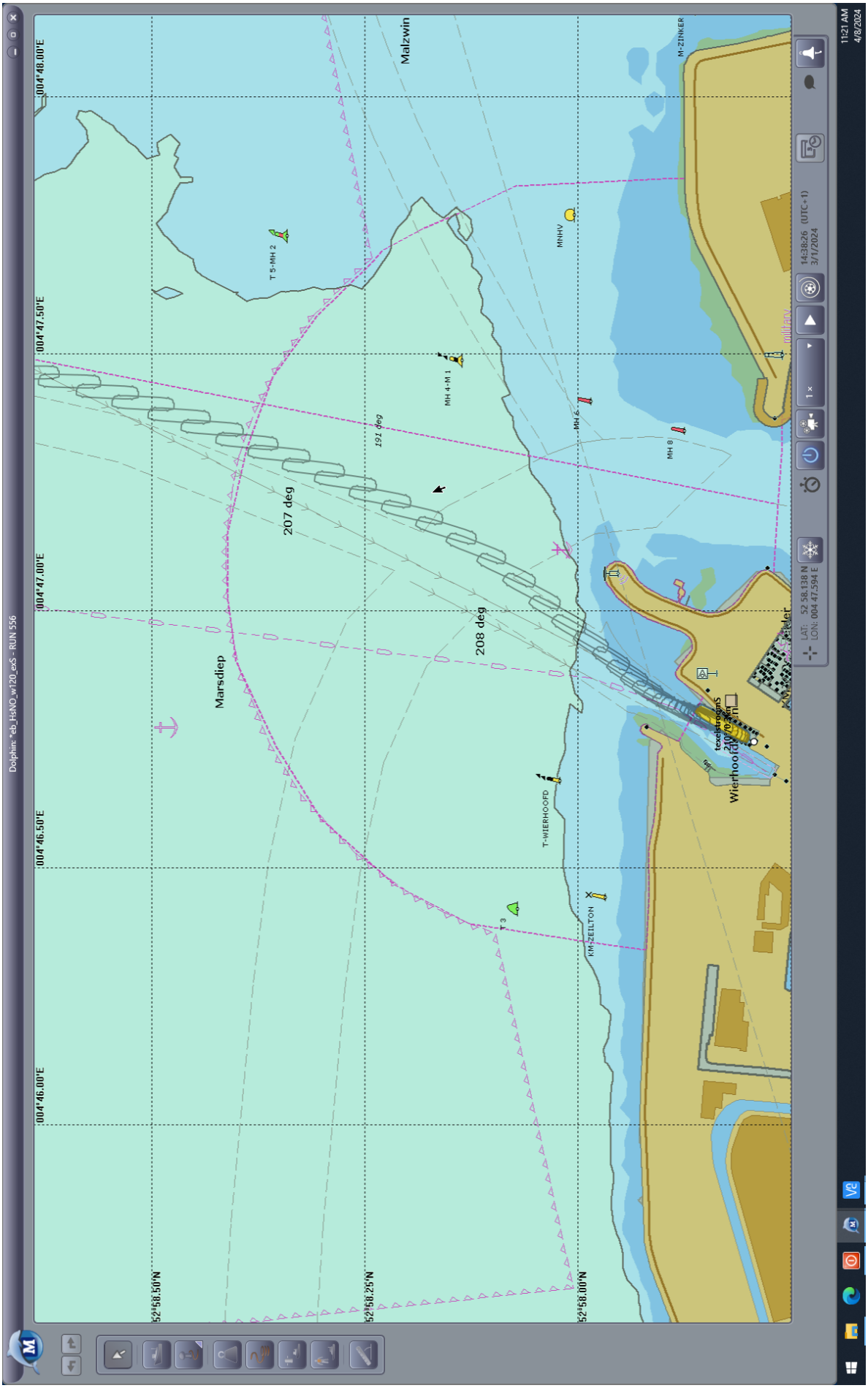
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

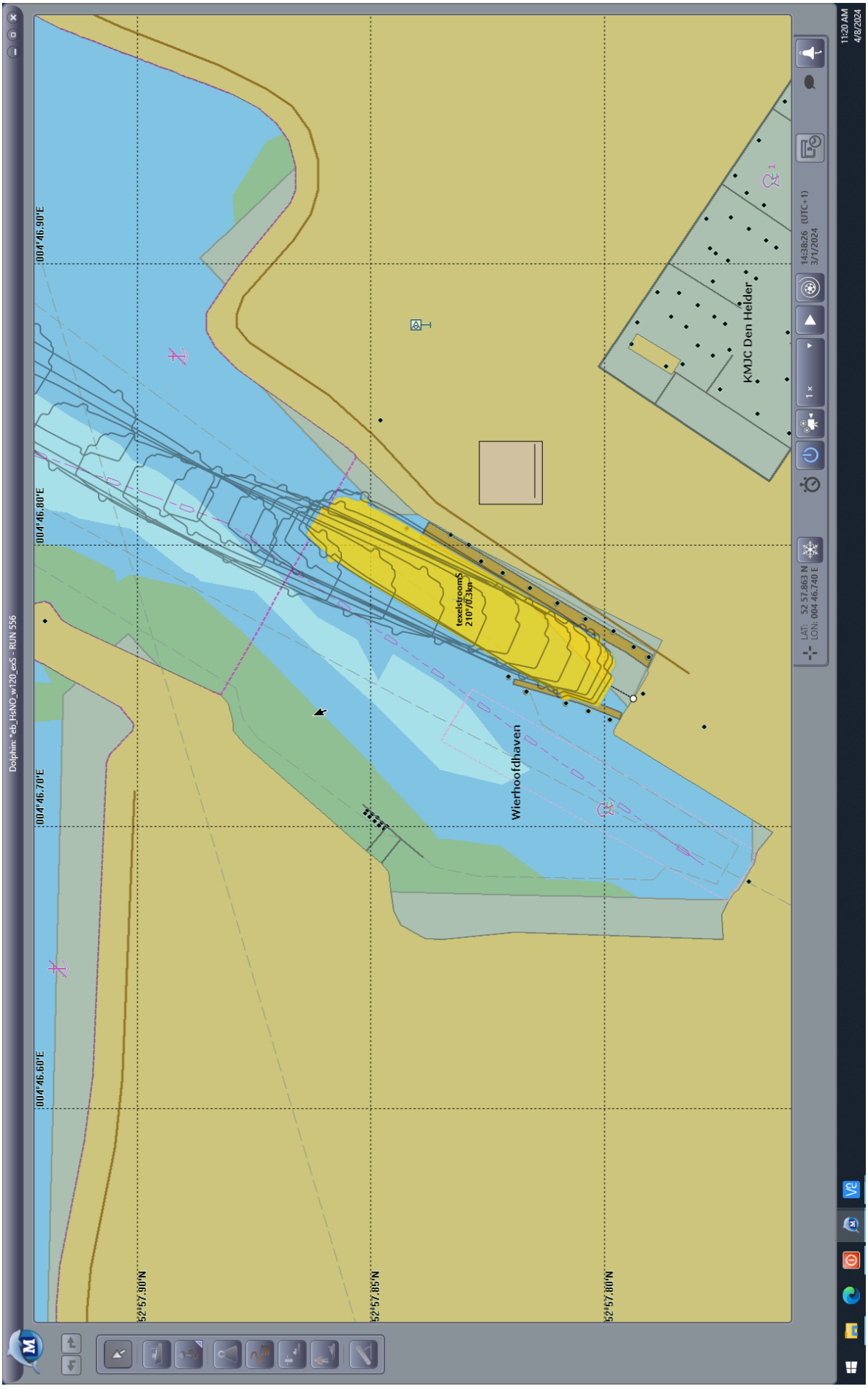
Denhelder (April)	16
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 16d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	17
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 17 a-1



Baanplot

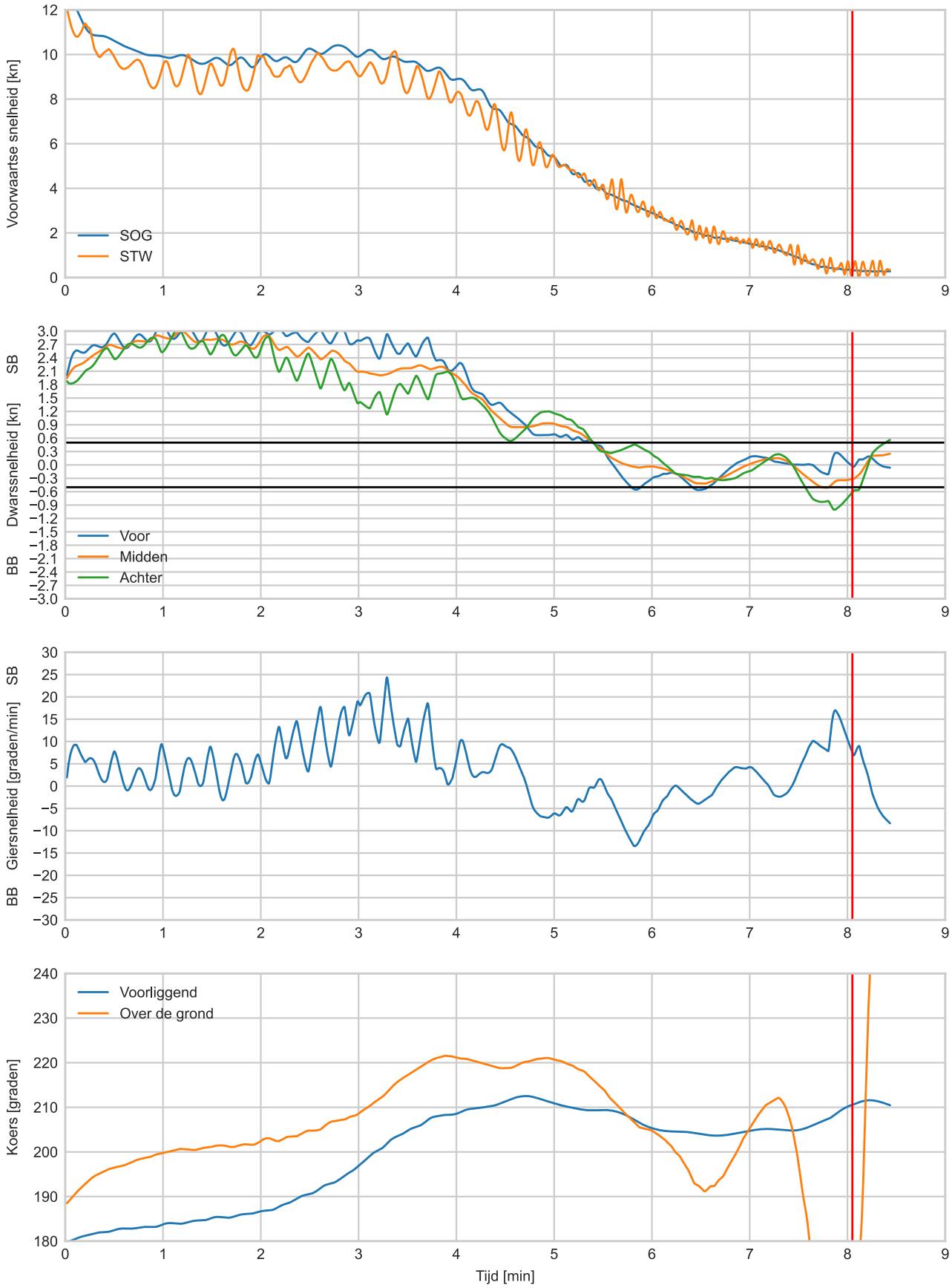
Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	17
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 17 a-2

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	17
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 17 a-3

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	17
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 17 a-4



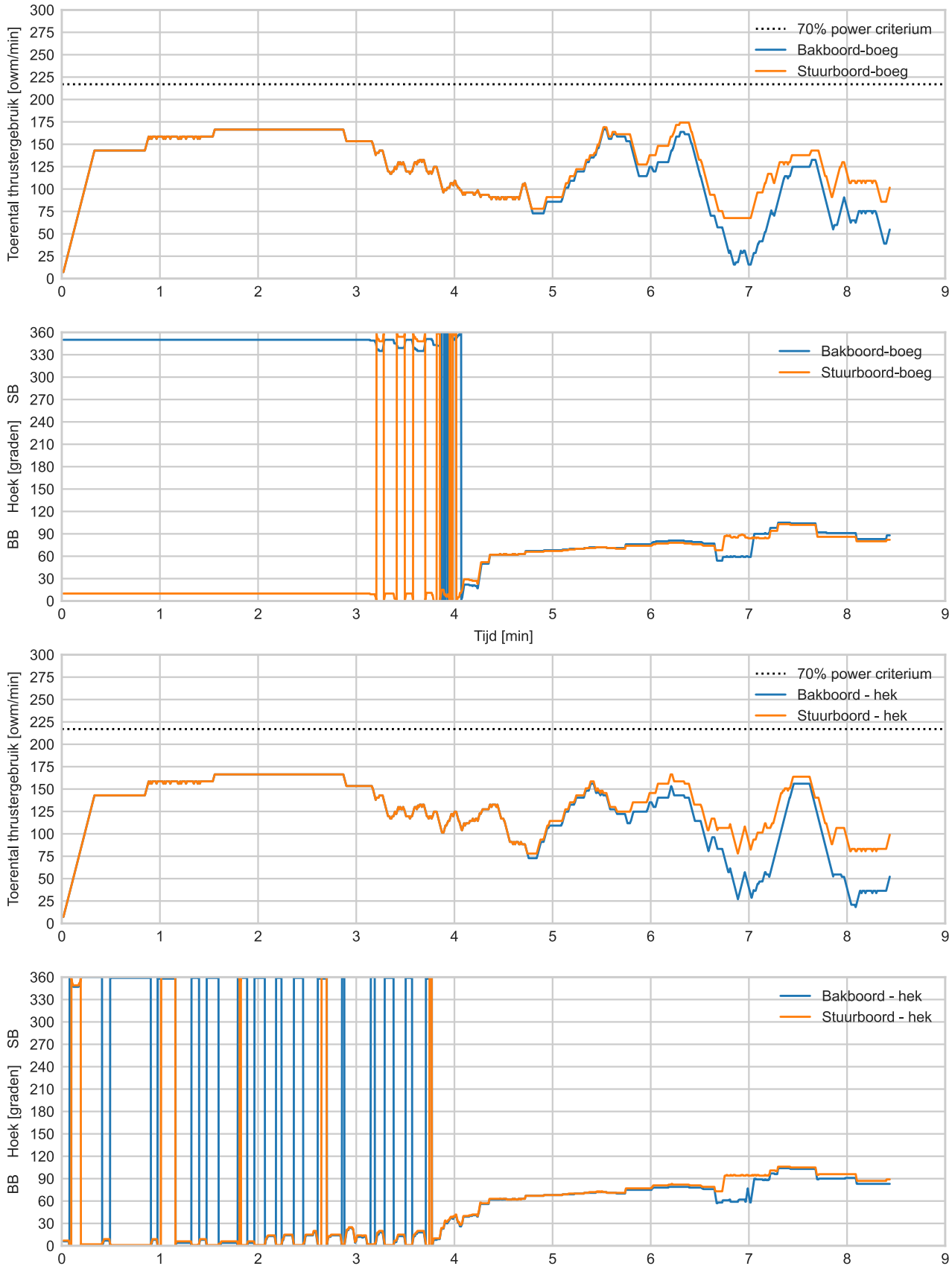
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	17
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 17b

MARIN - Maritime Operations



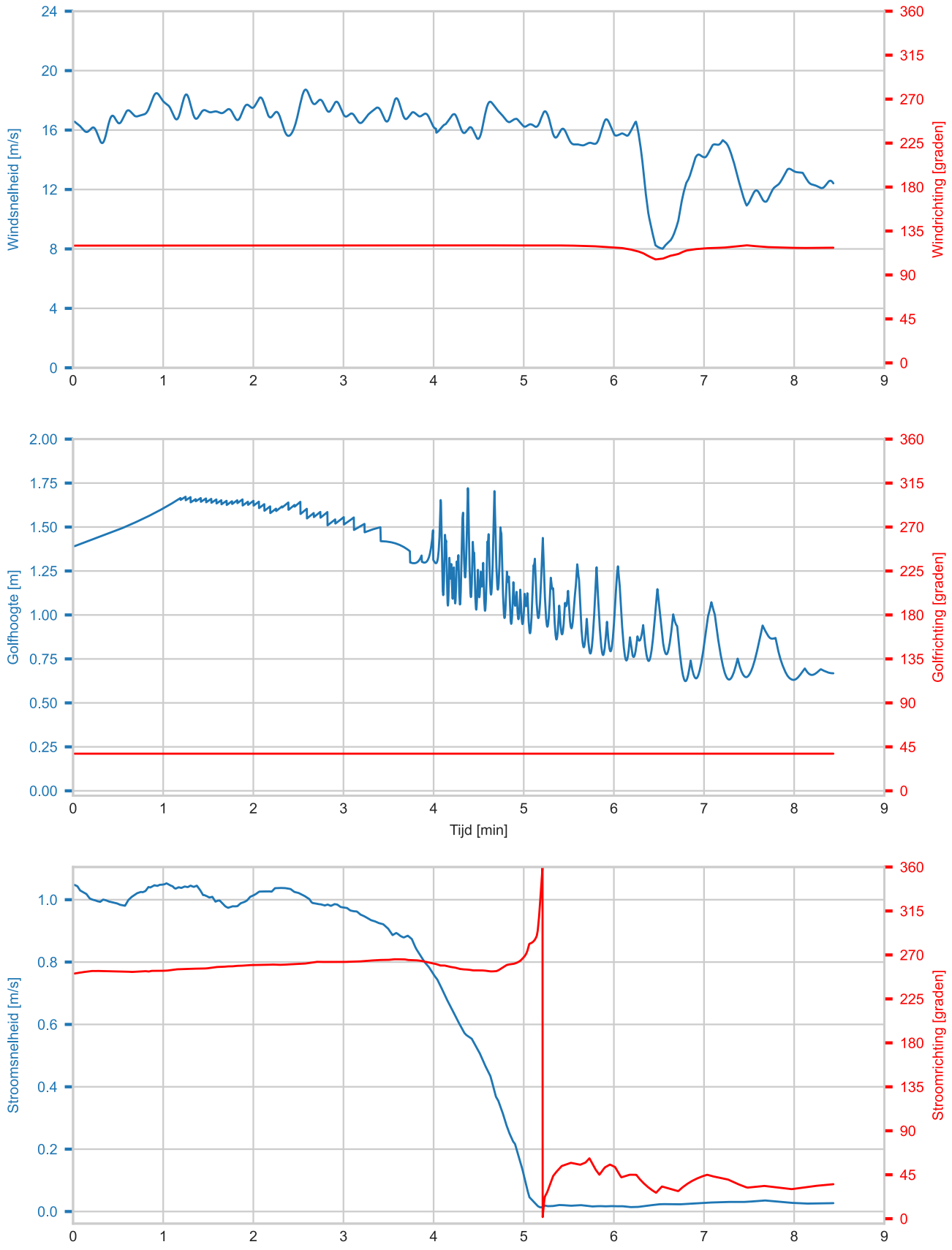
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	17
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 17c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

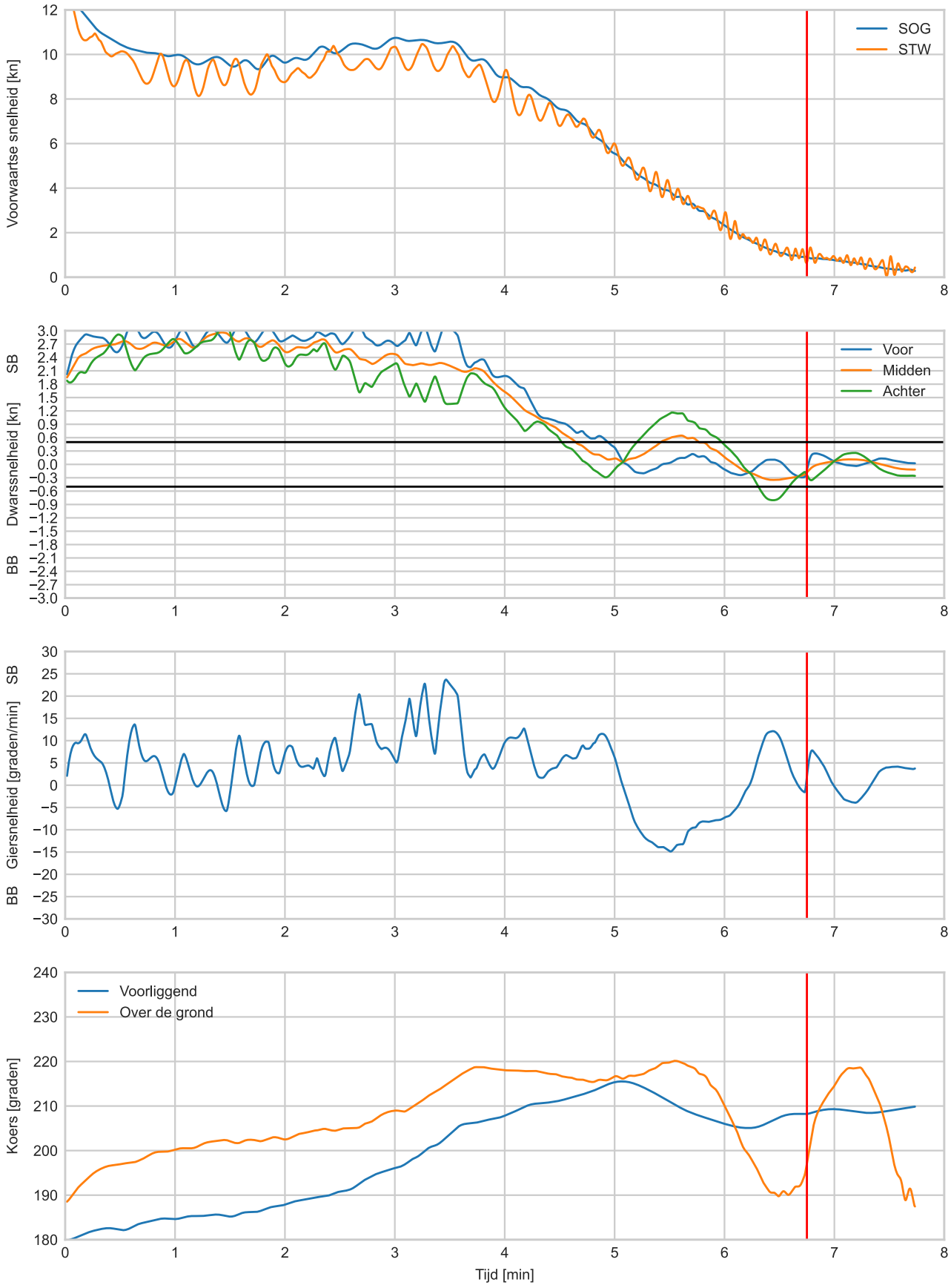
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	17
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 17d

MARIN - Maritime Operations

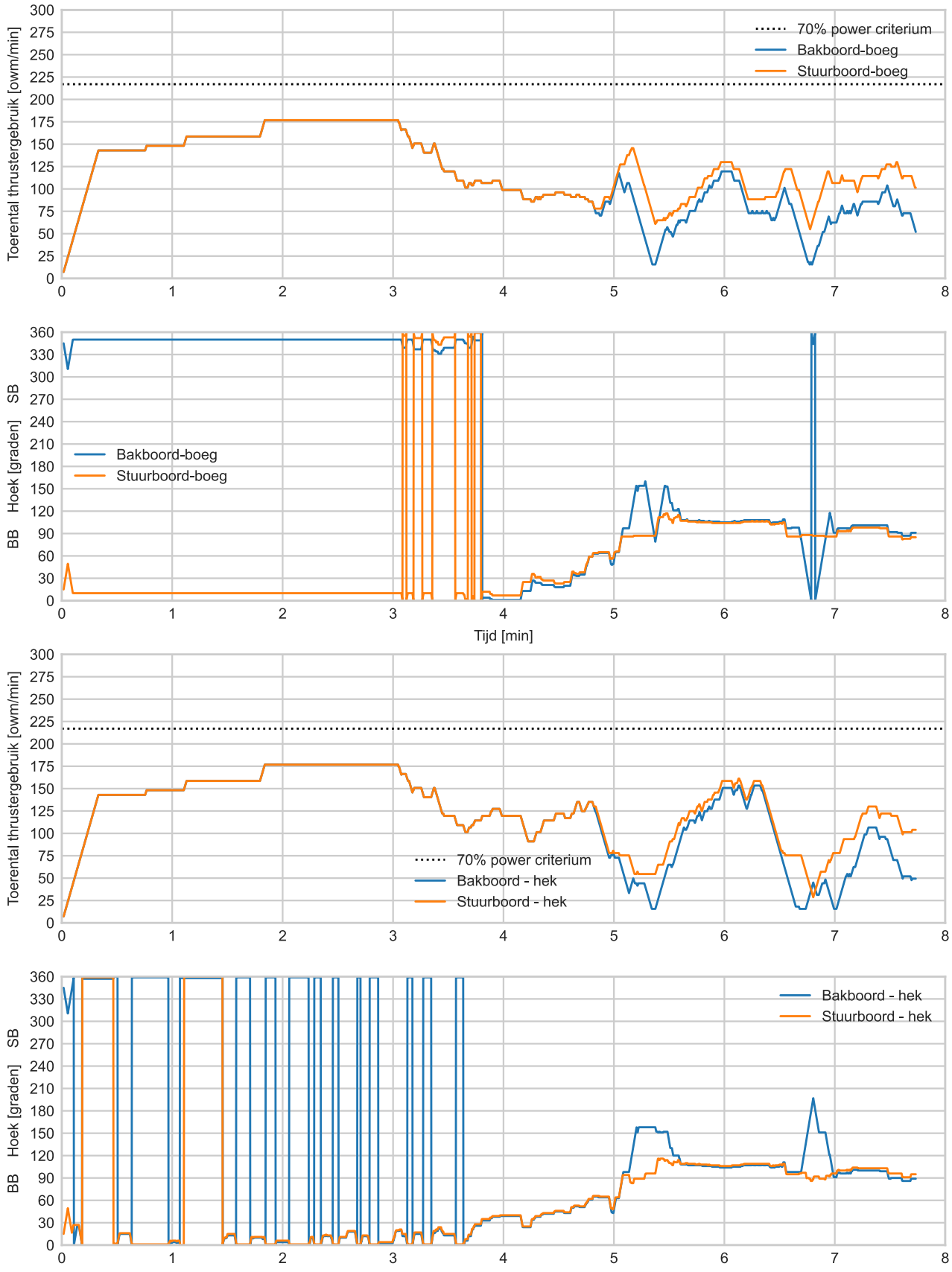
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	18
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 18 a-1



Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	18
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 18b



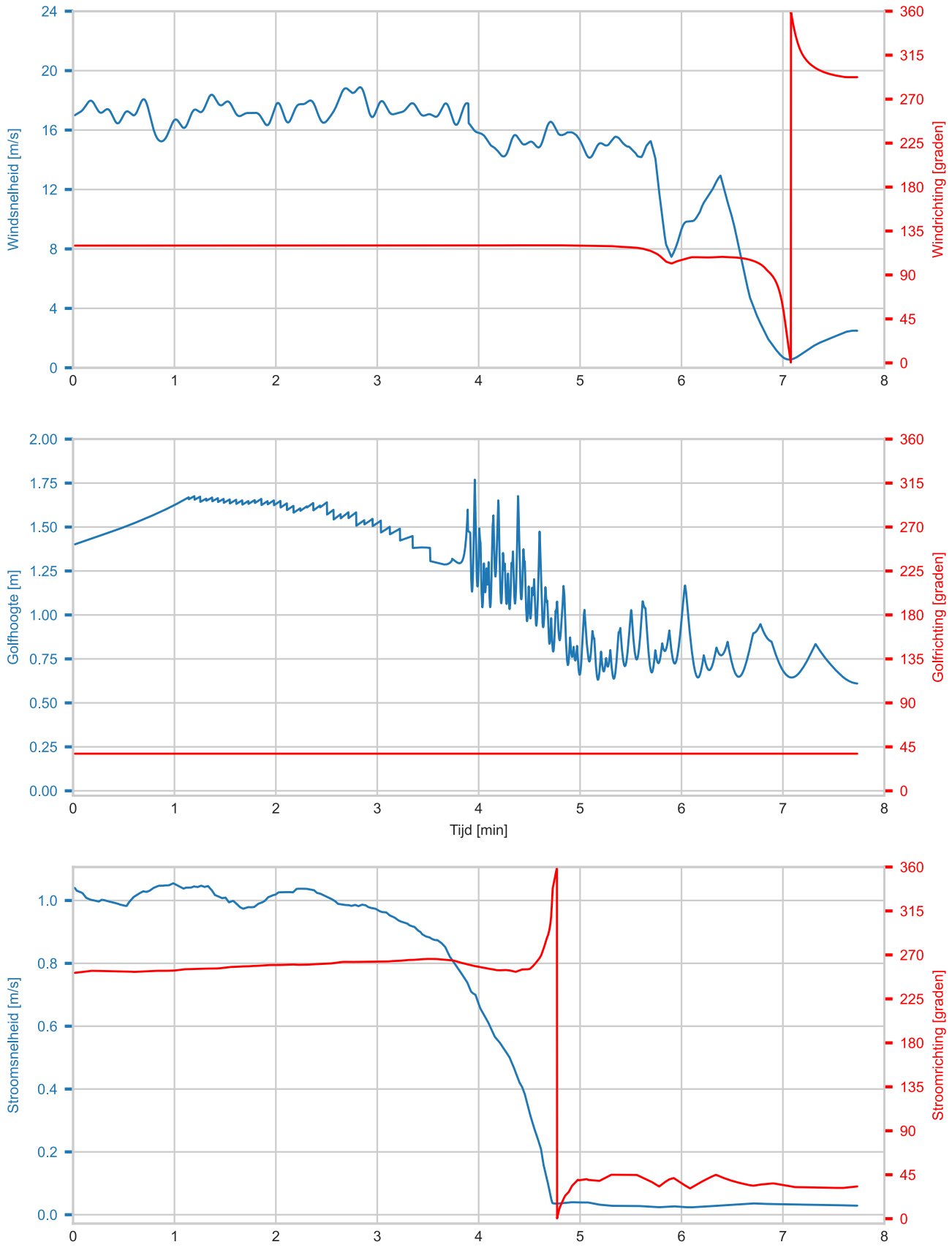
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	18
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 18c

MARIN - Maritime Operations



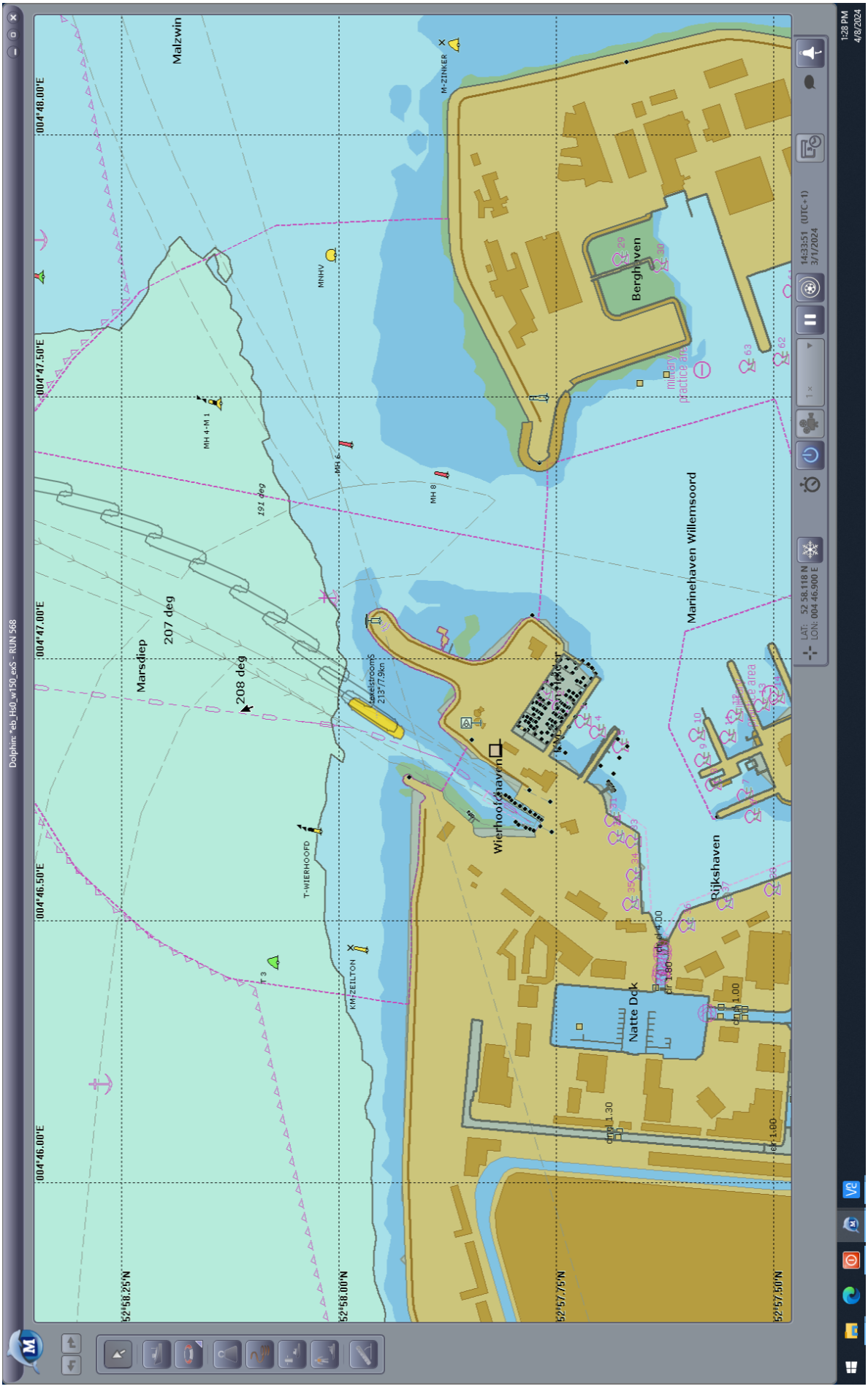
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder (April)	18
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 18d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	19
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 19 a-1

MARIN - Maritime Operations

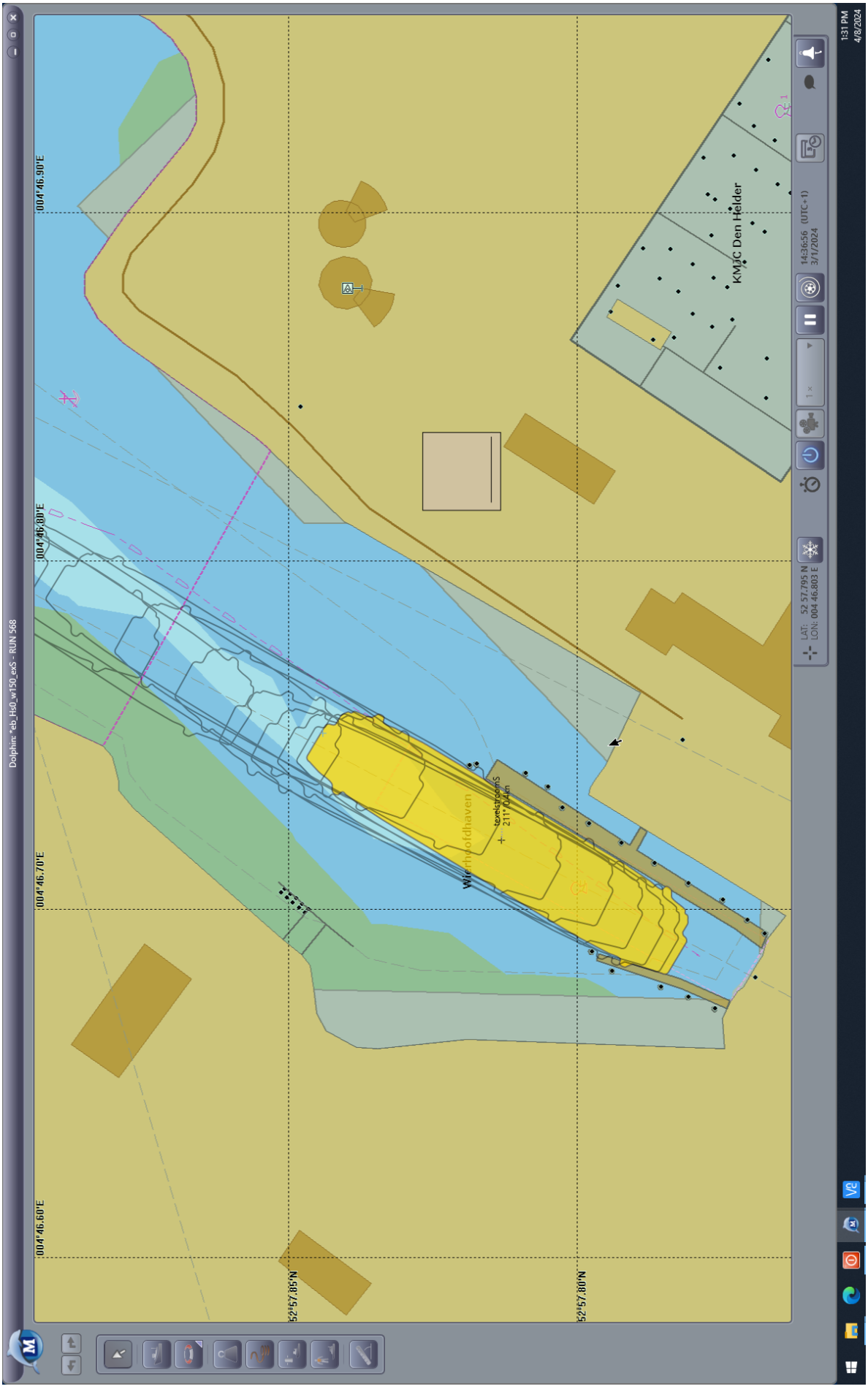
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	19
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 19 a-2

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	19
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 19 a-3

MARIN - Maritime Operations

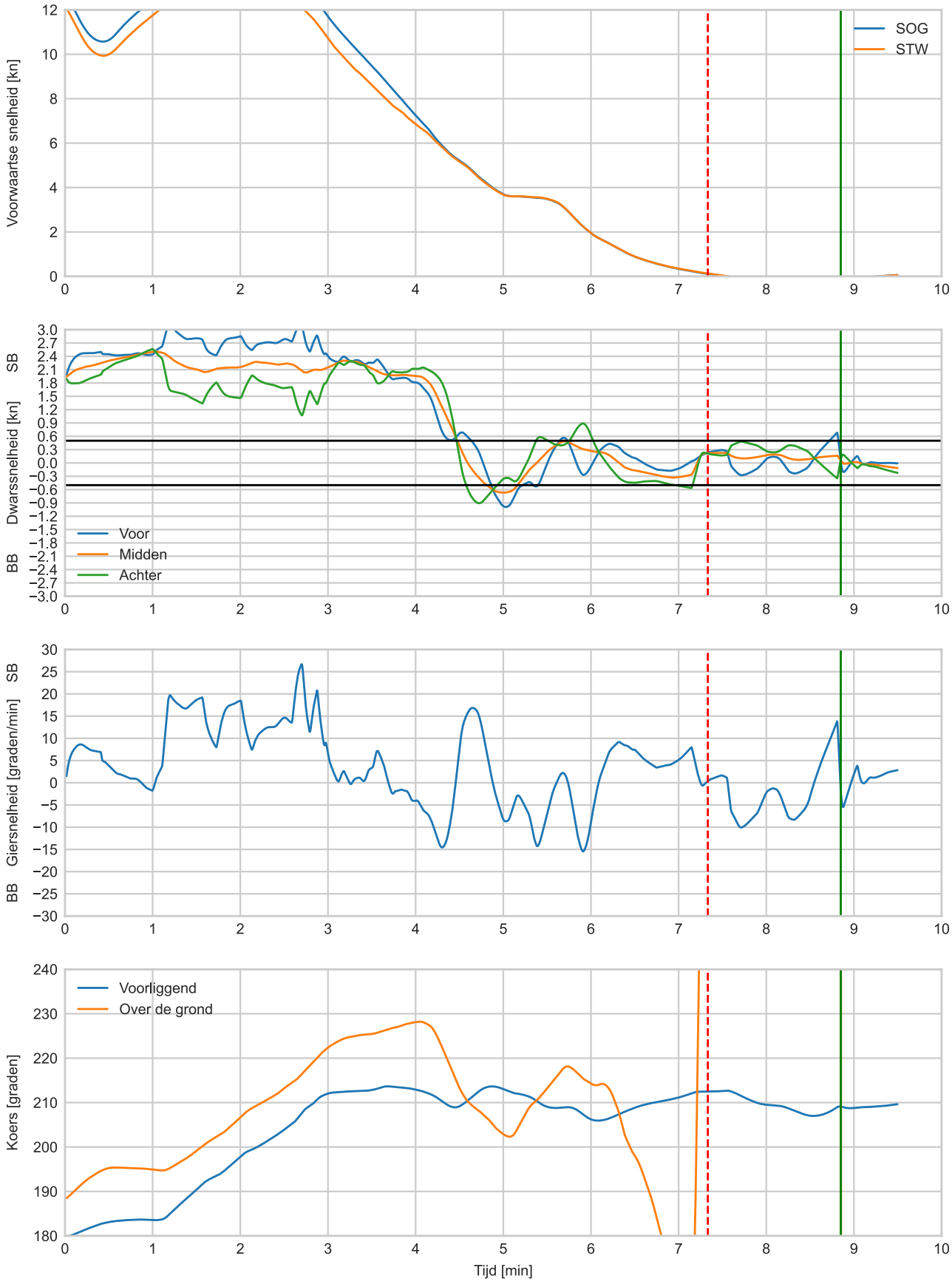
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	19
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 19 a-4

MARIN - Maritime Operations



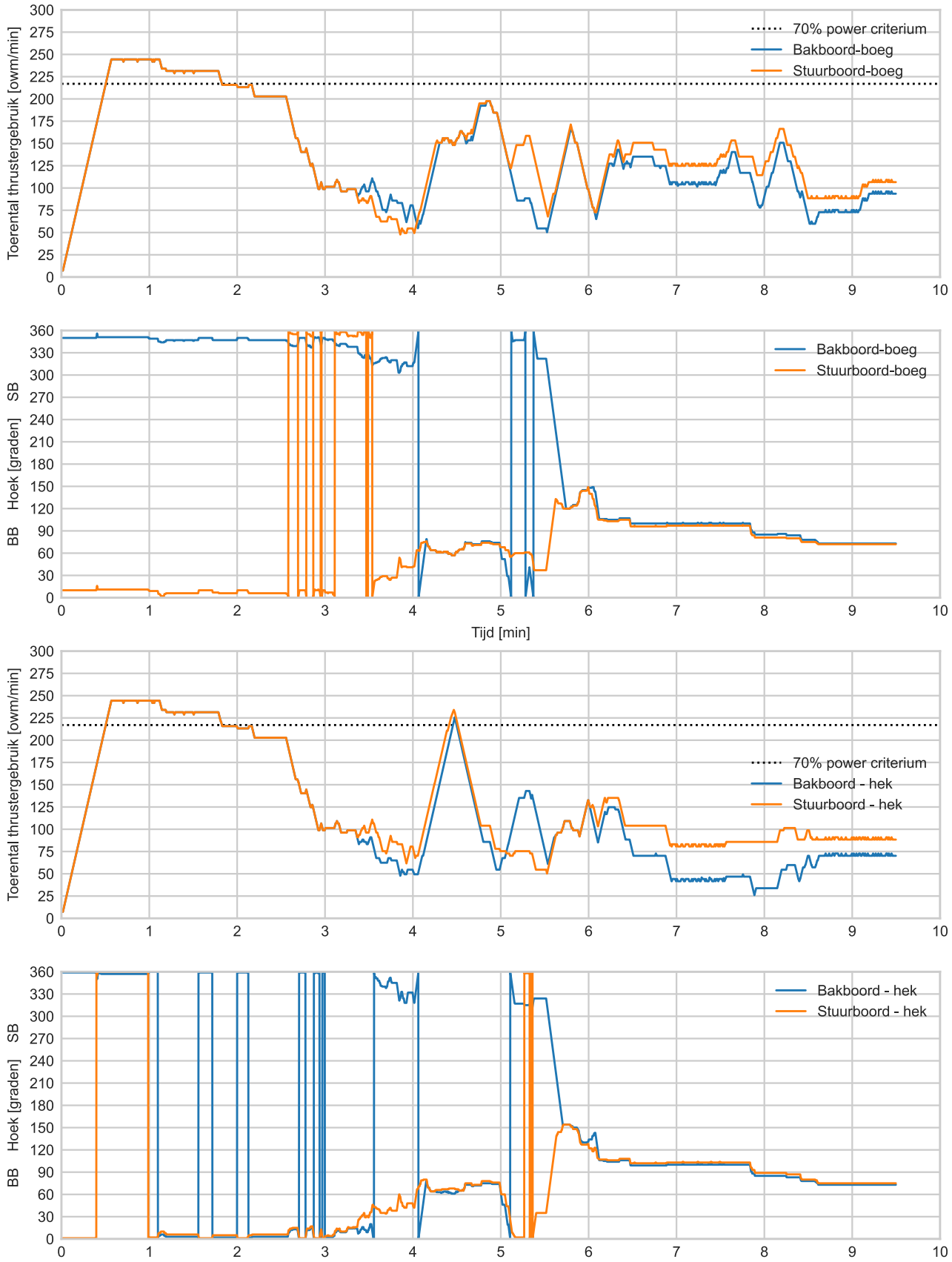
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	19
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 19b

MARIN - Maritime Operations



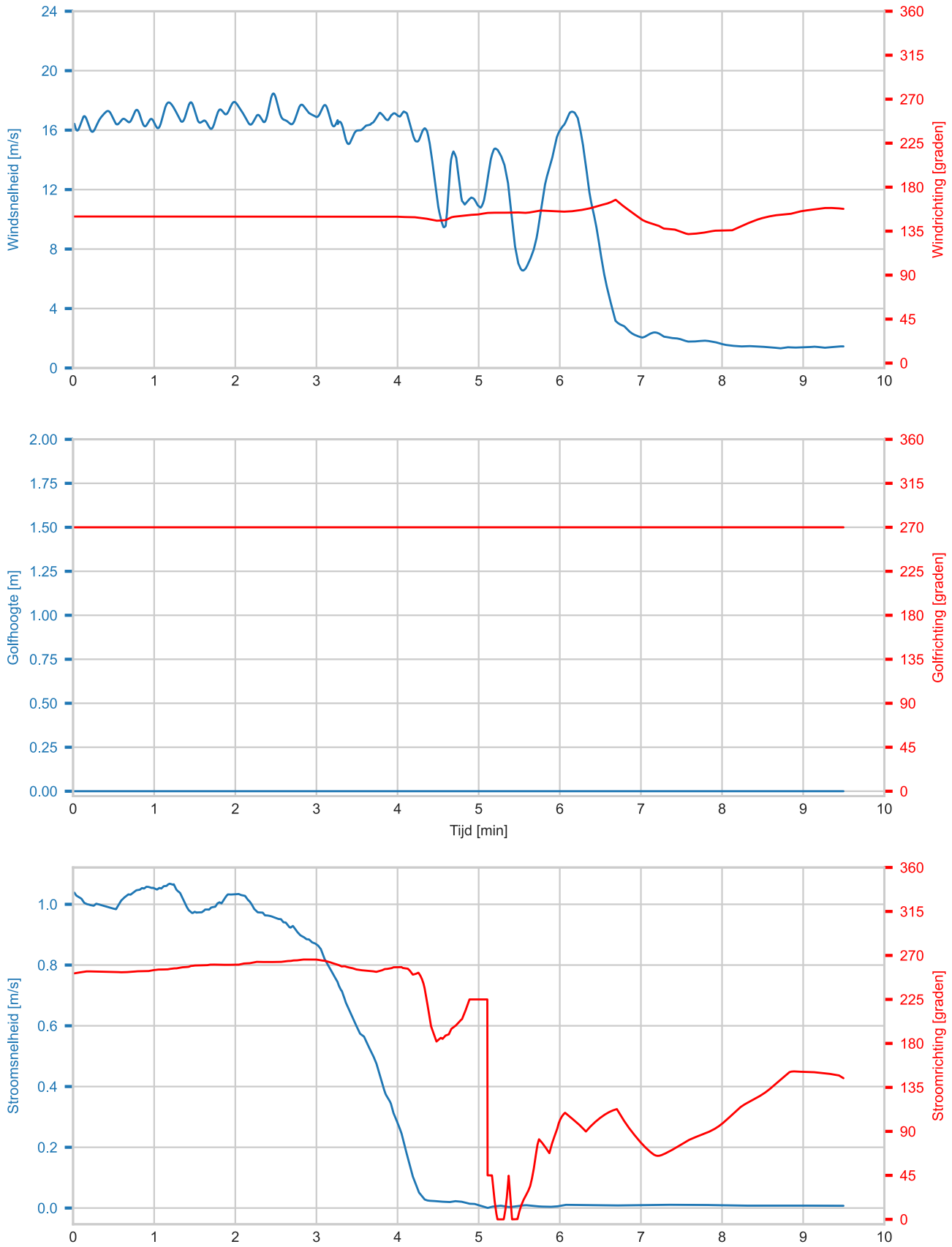
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	19
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 19c

MARIN - Maritime Operations



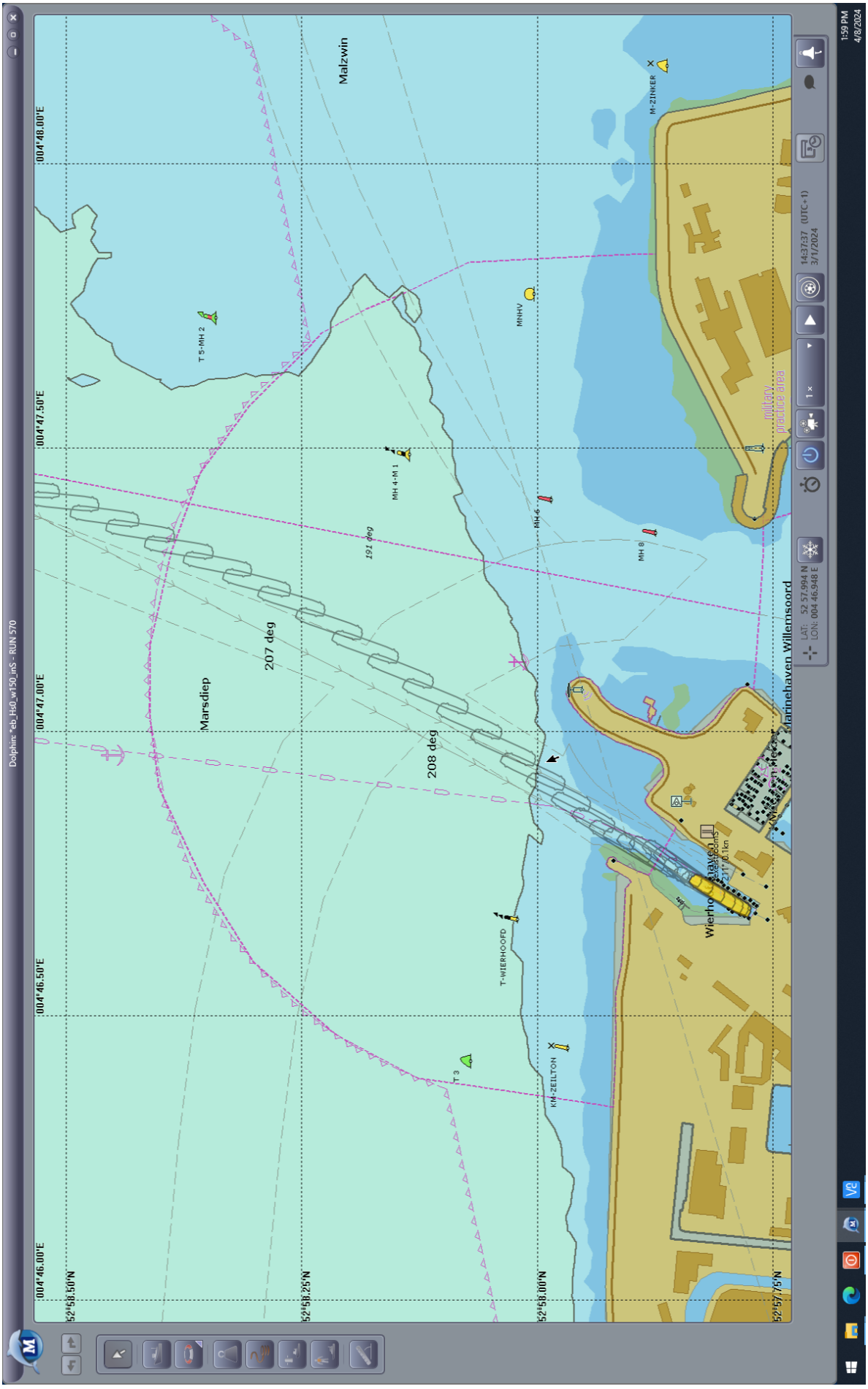
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	19
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 19d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	20
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 20 a-1

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	20
;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 20 a-2

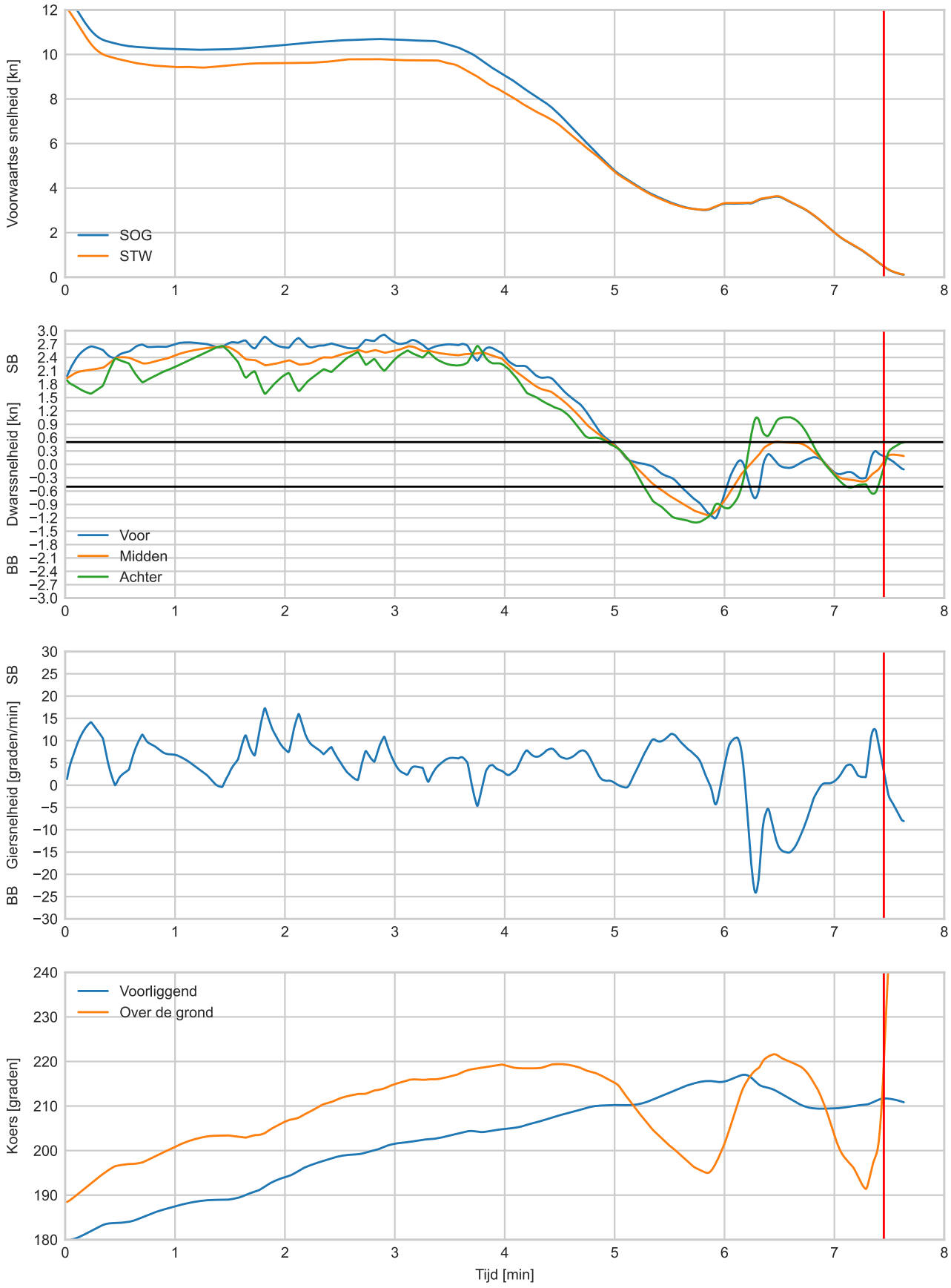
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	20
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 20 a-3

MARIN - Maritime Operations



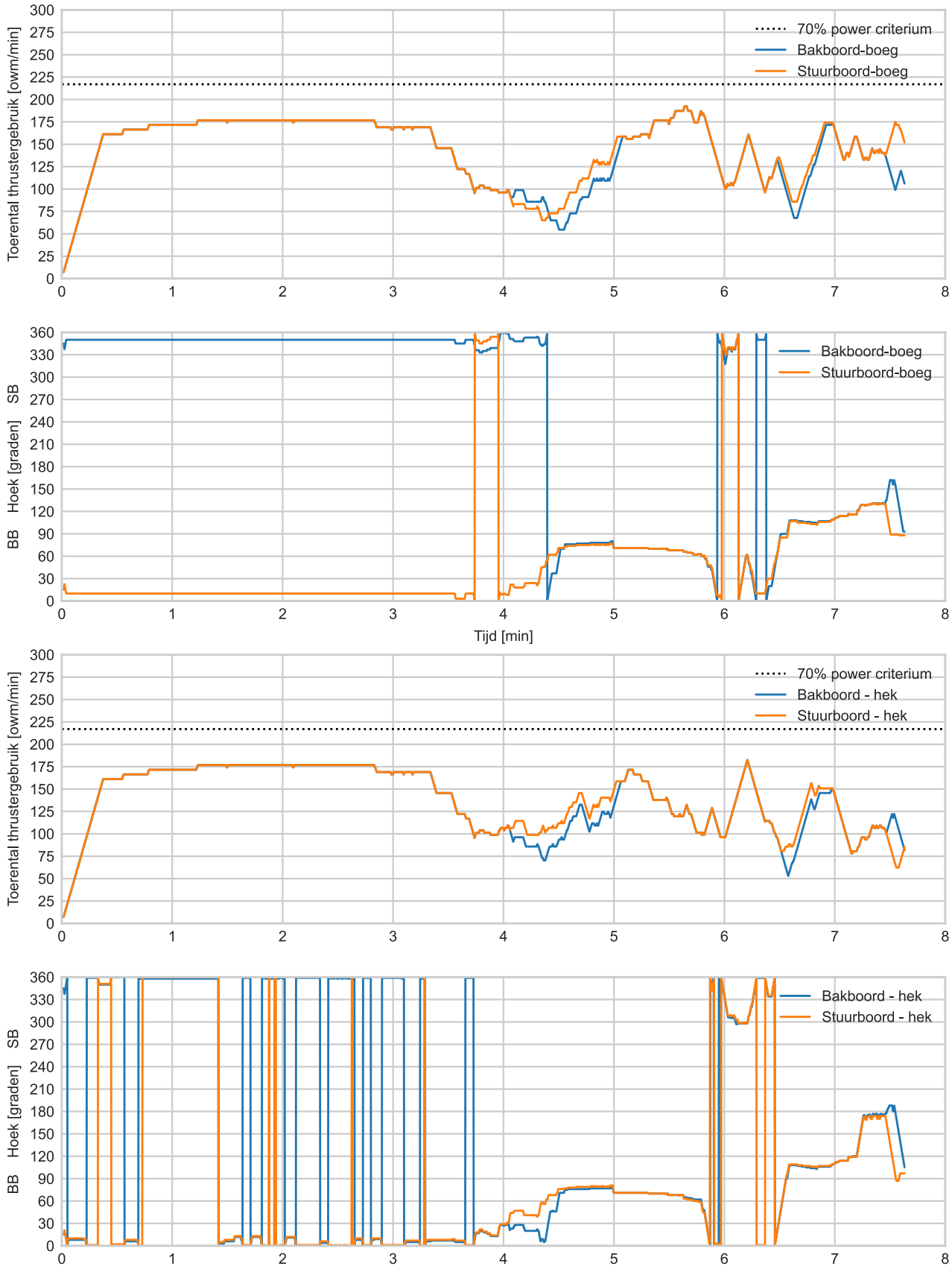
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	20
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 20b

MARIN - Maritime Operations



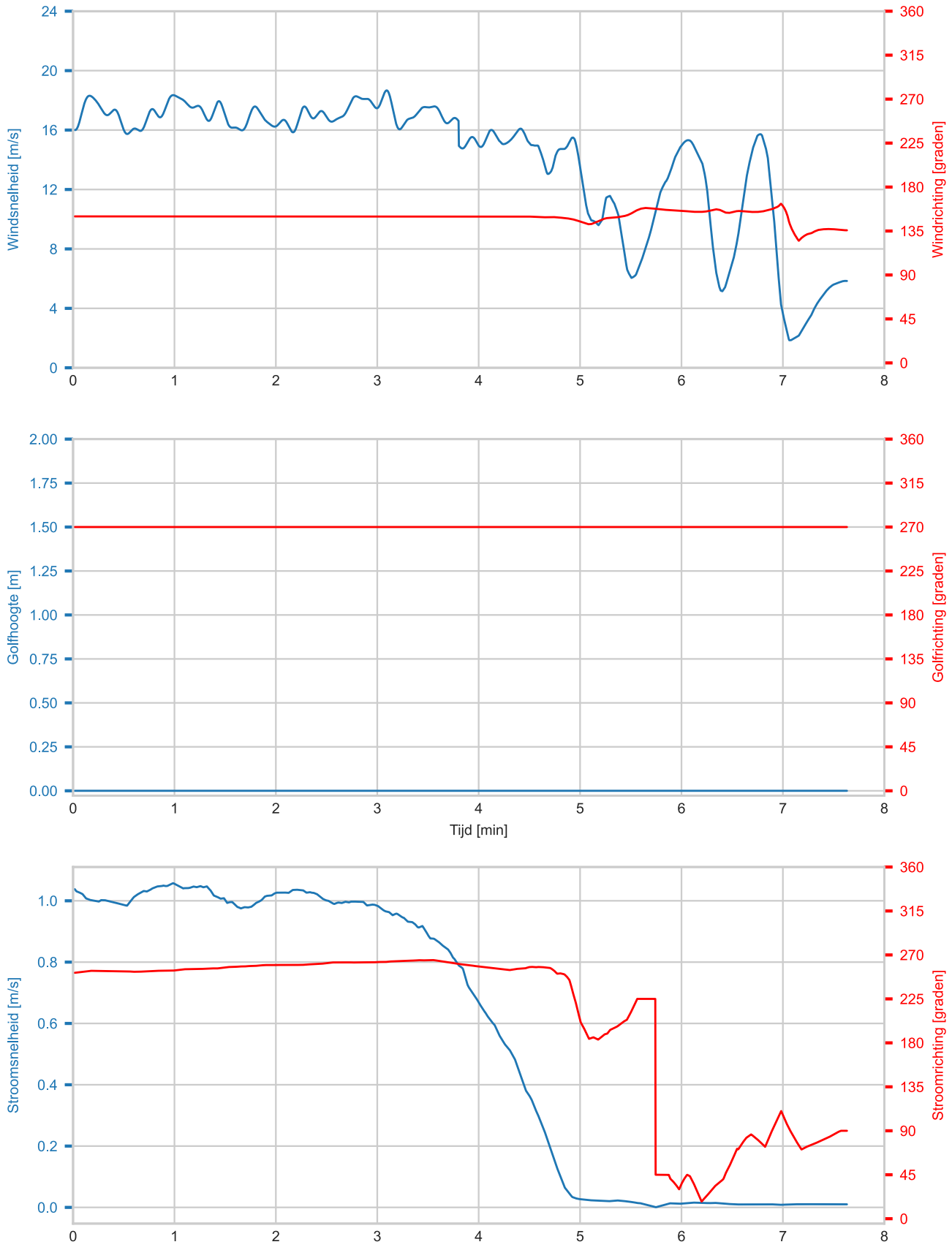
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	20
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 20c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	20
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 20d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	21
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 21 a-1

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	21
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 21 a-2

MARIN - Maritime Operations

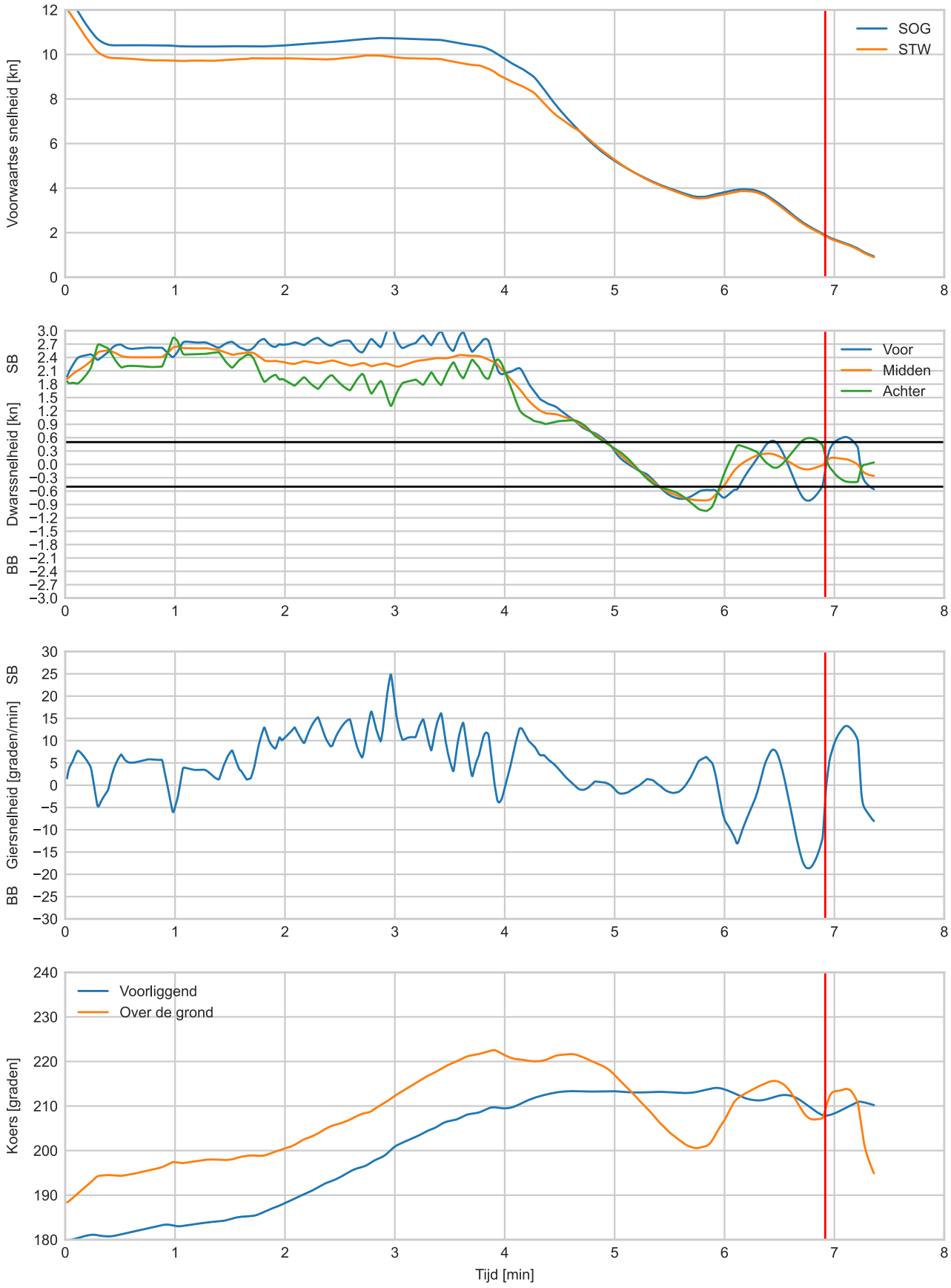
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	21
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 21 a-3

MARIN - Maritime Operations



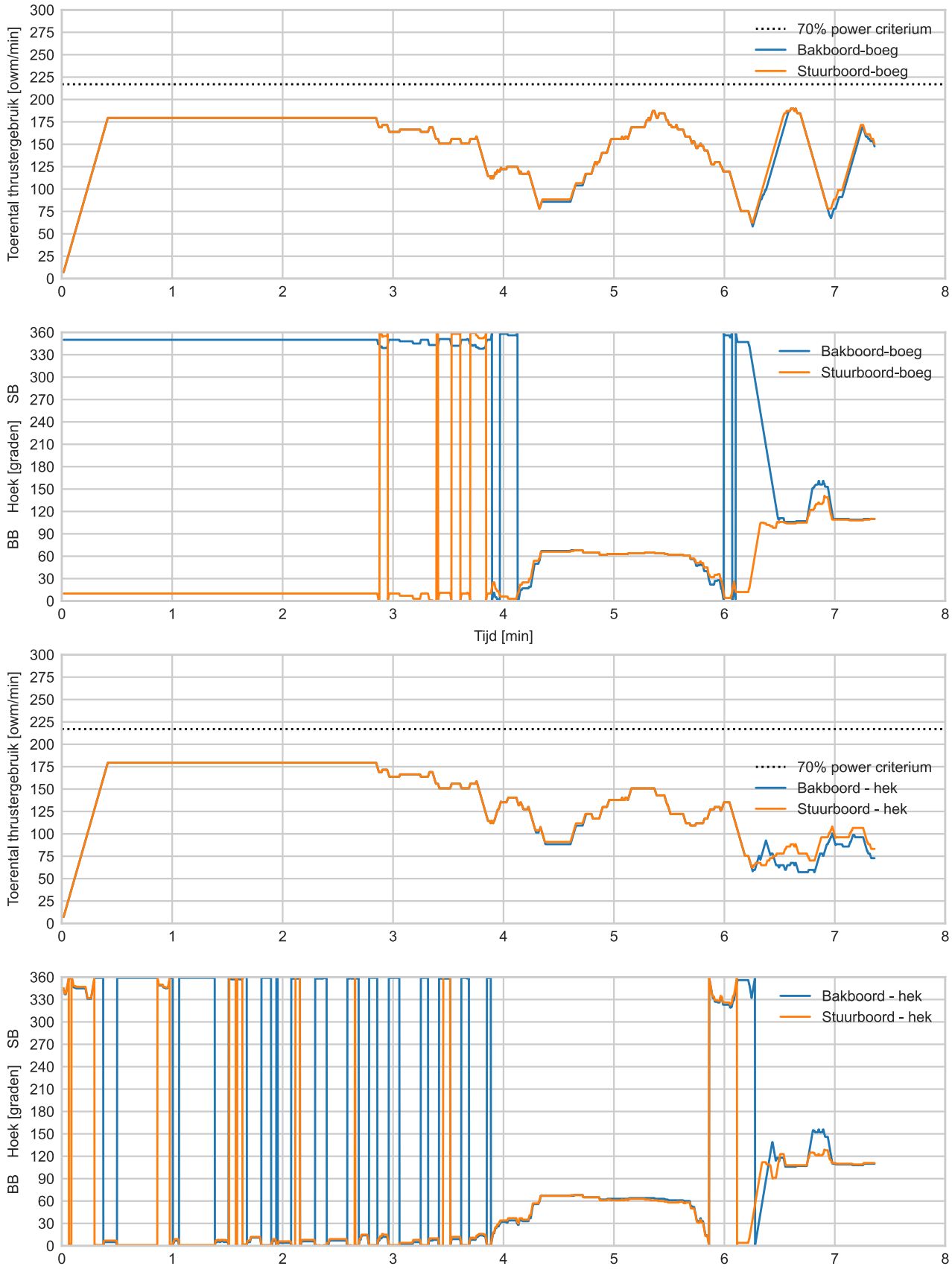
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	21
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 21b

MARIN - Maritime Operations



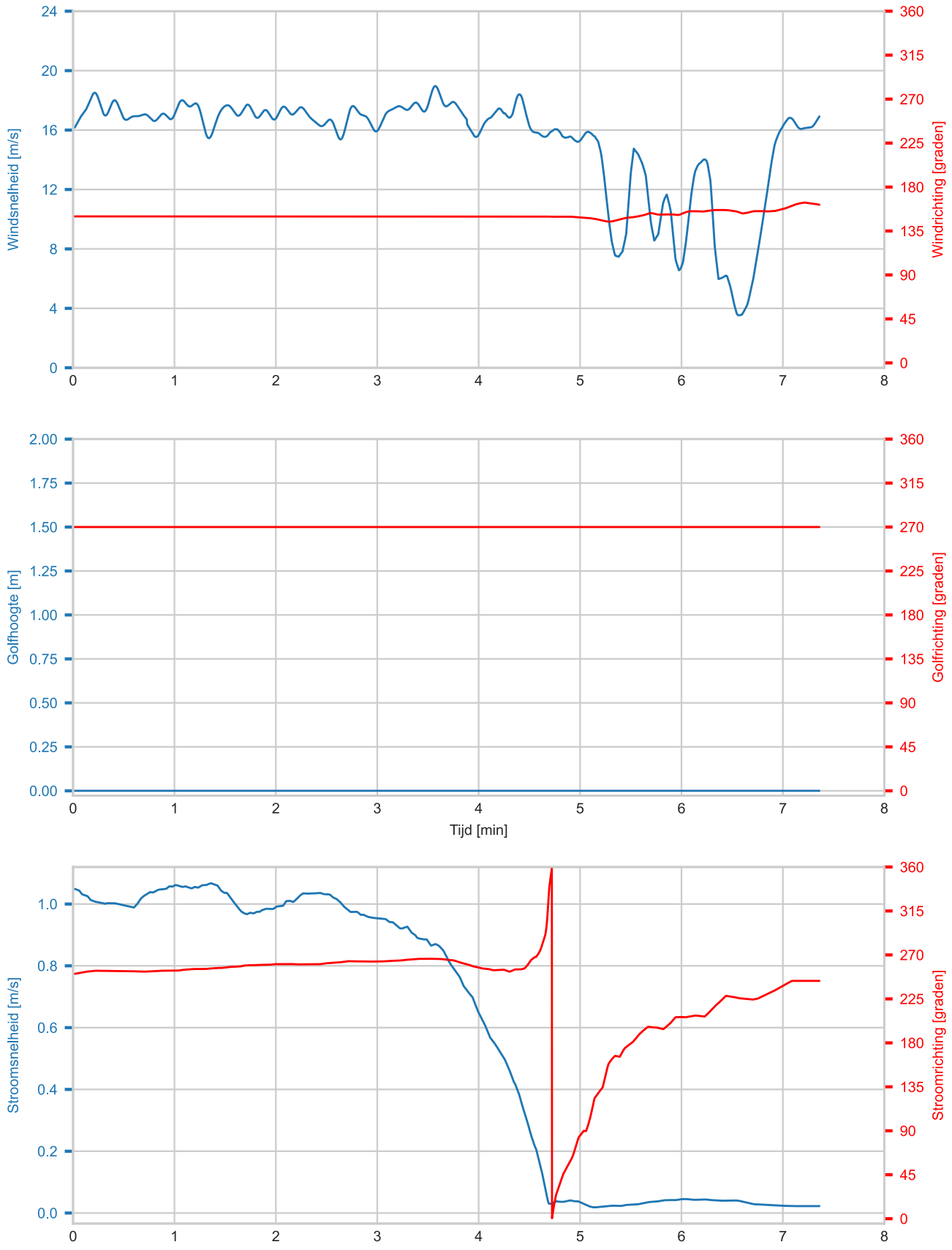
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	21
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 21c

MARIN - Maritime Operations



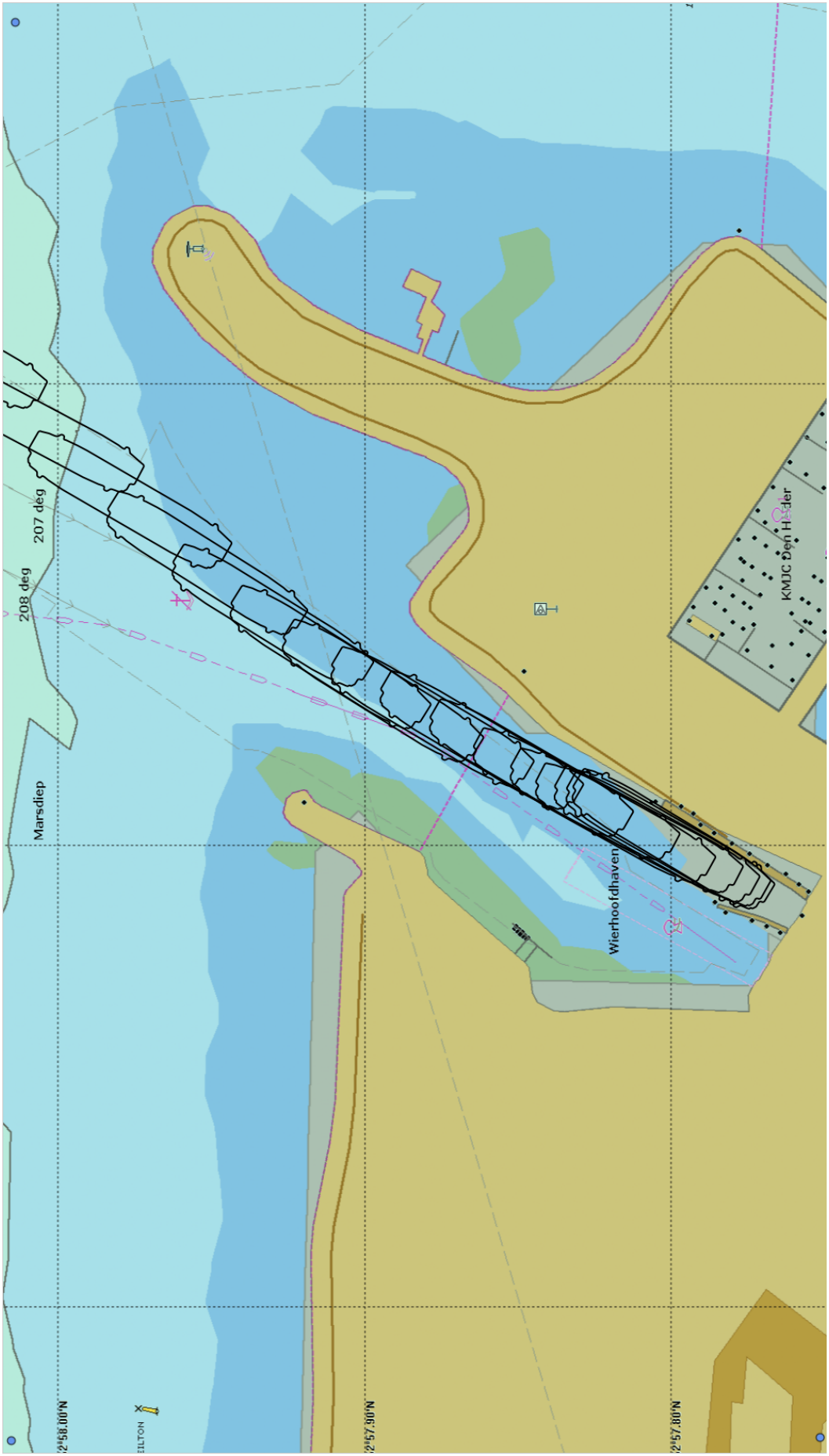
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	21
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 21d

MARIN - Maritime Operations



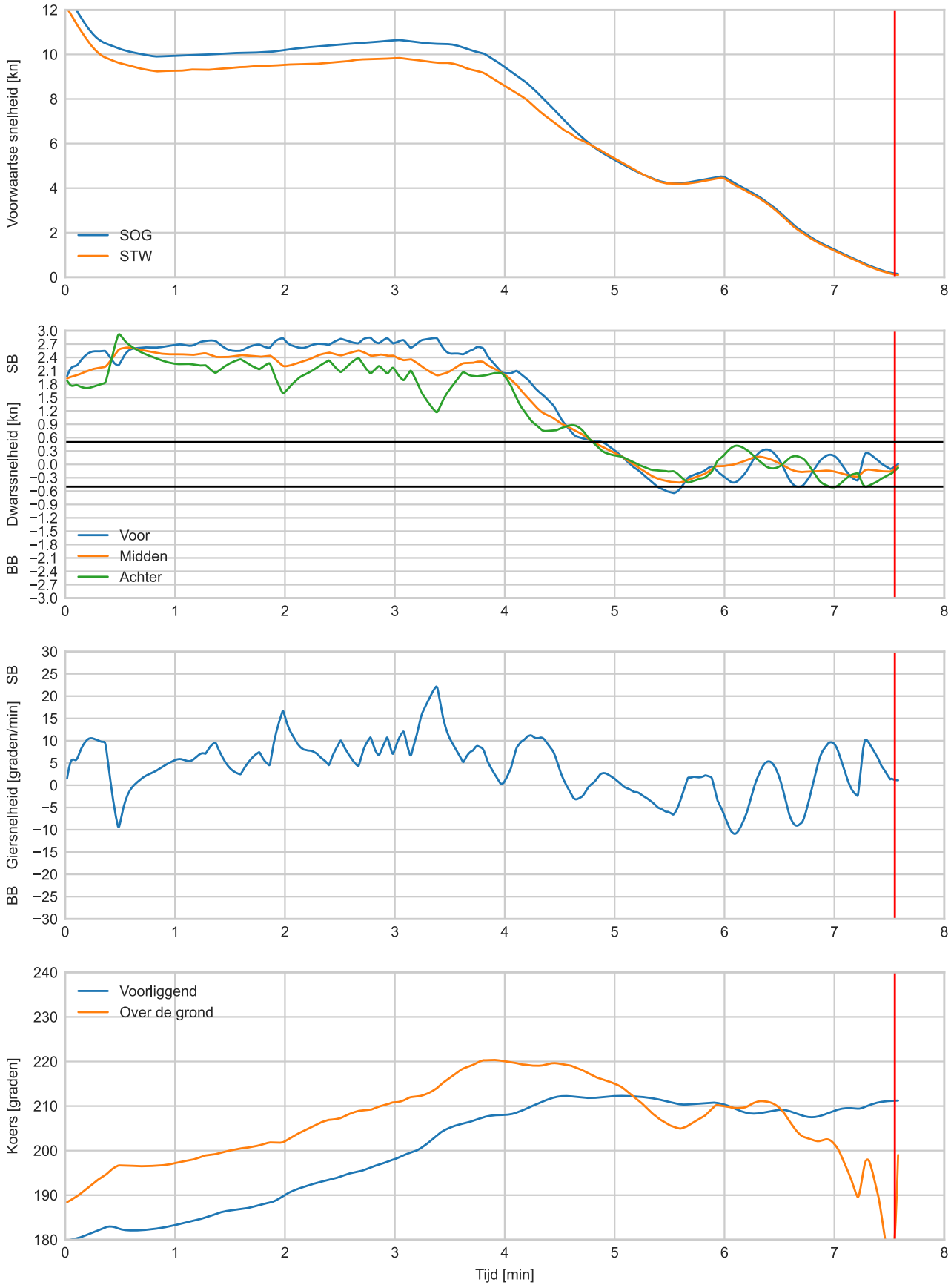
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	22
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 22 a-1

MARIN - Maritime Operations



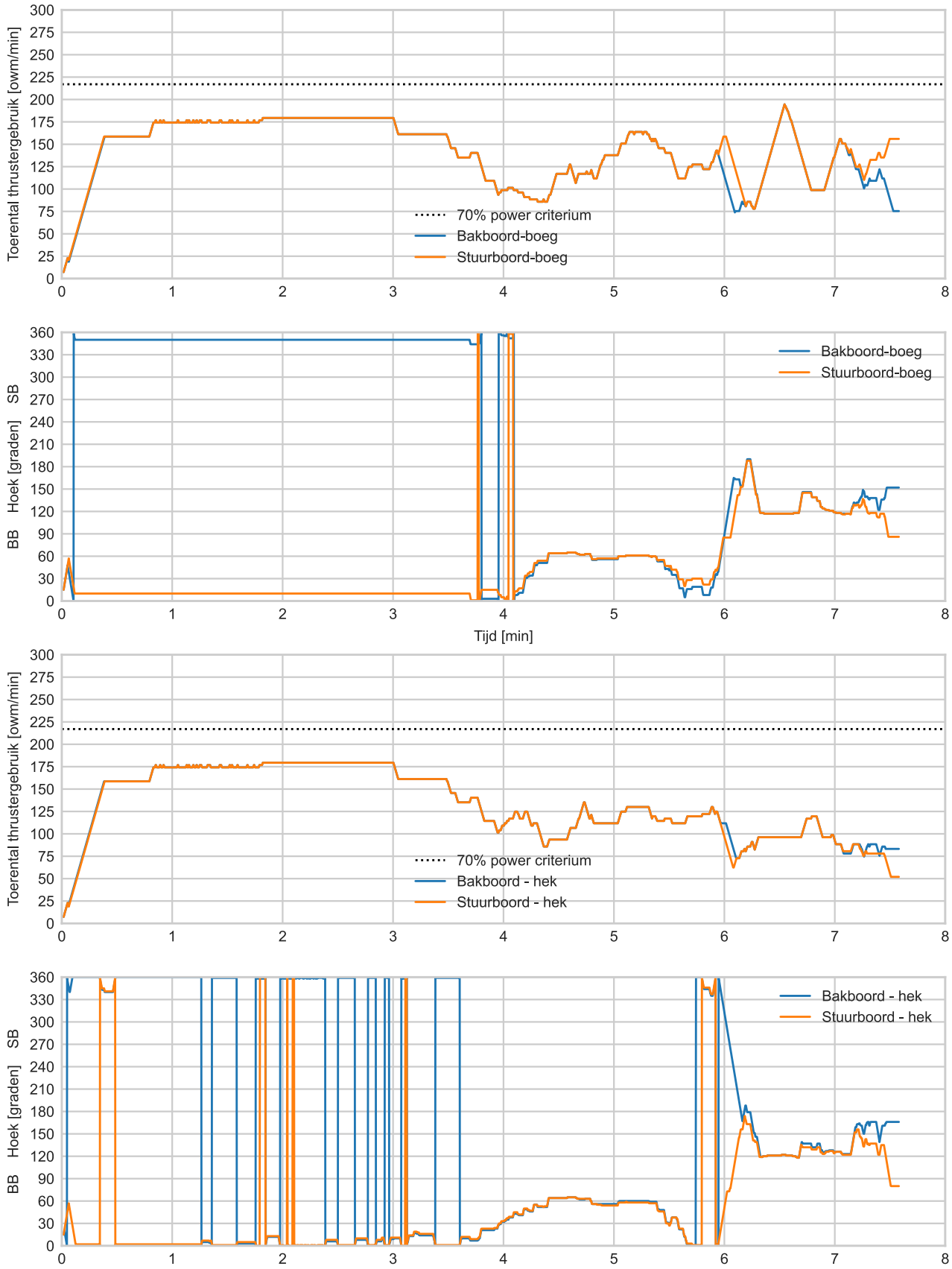
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	22
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 22b

MARIN - Maritime Operations



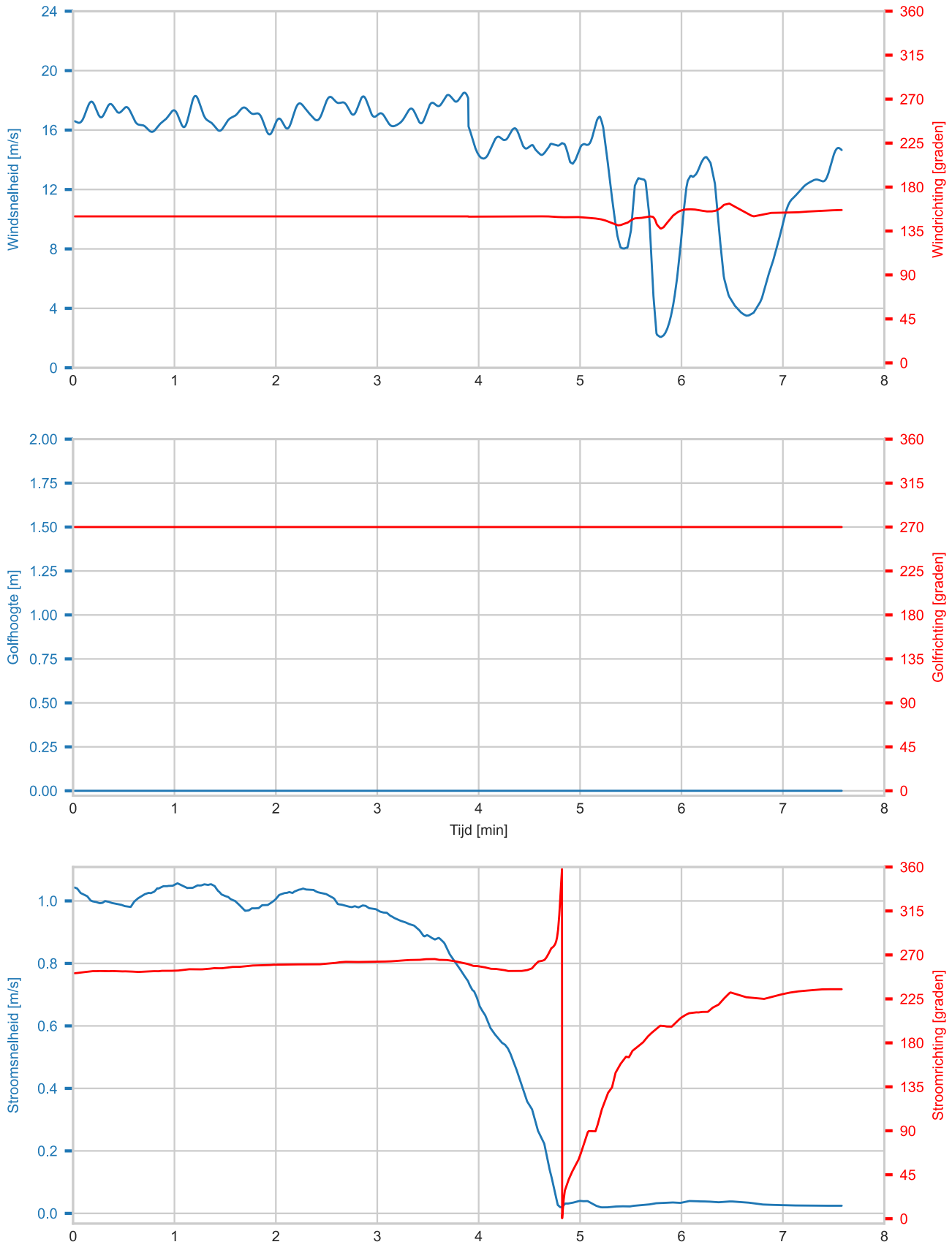
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	22
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 22c

MARIN - Maritime Operations



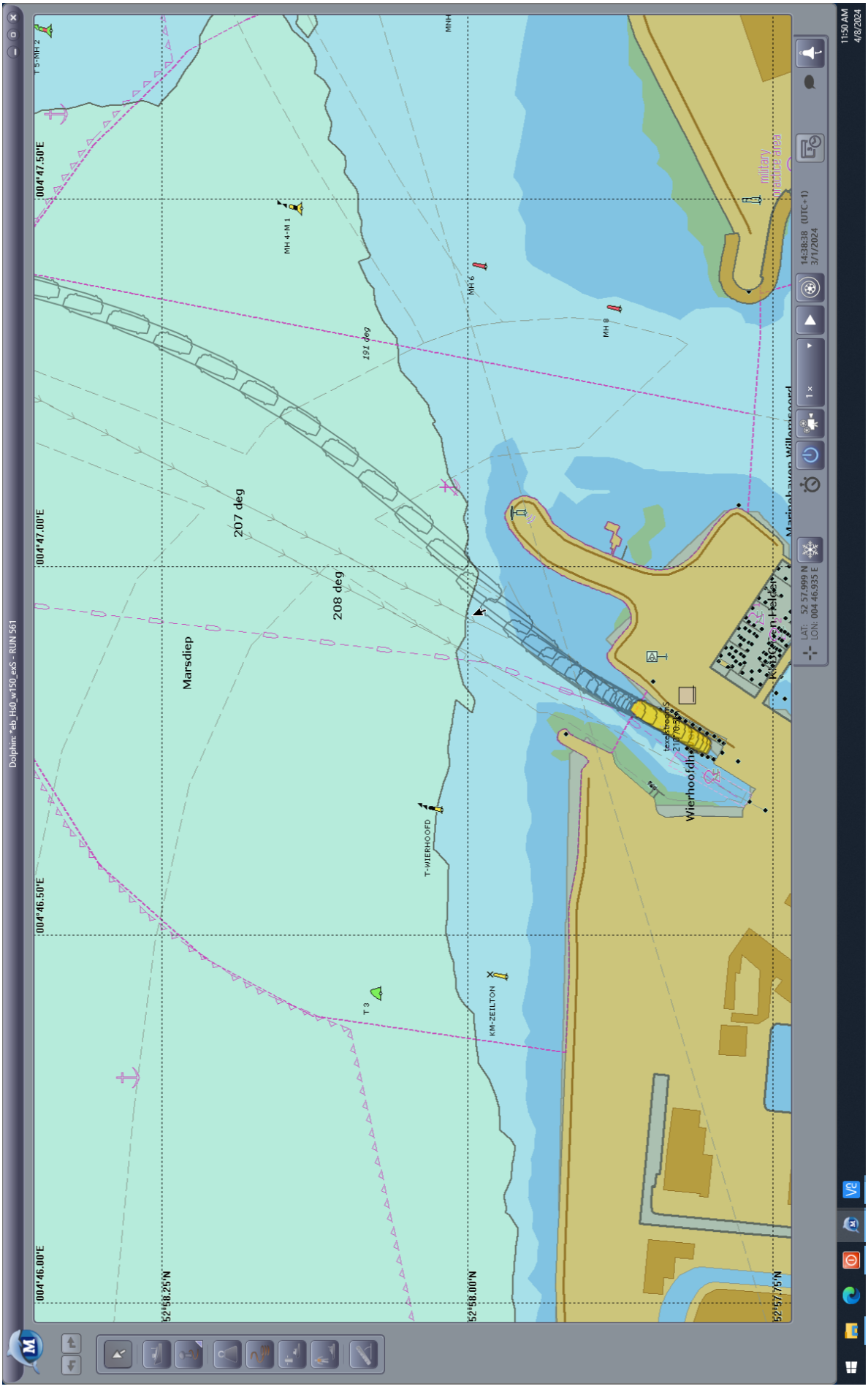
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	22
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 22d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	23
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 23 a-1

MARIN - Maritime Operations

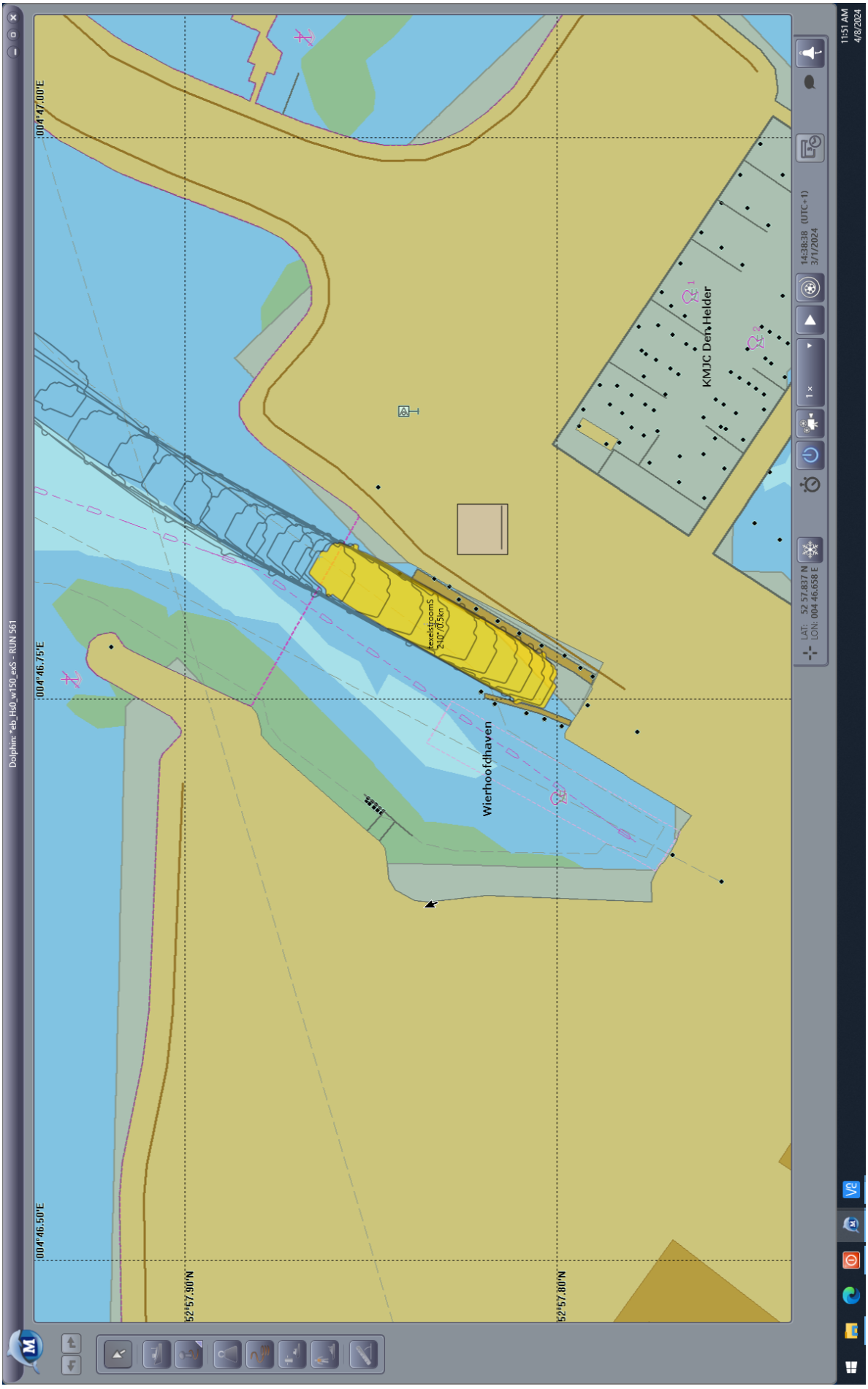
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

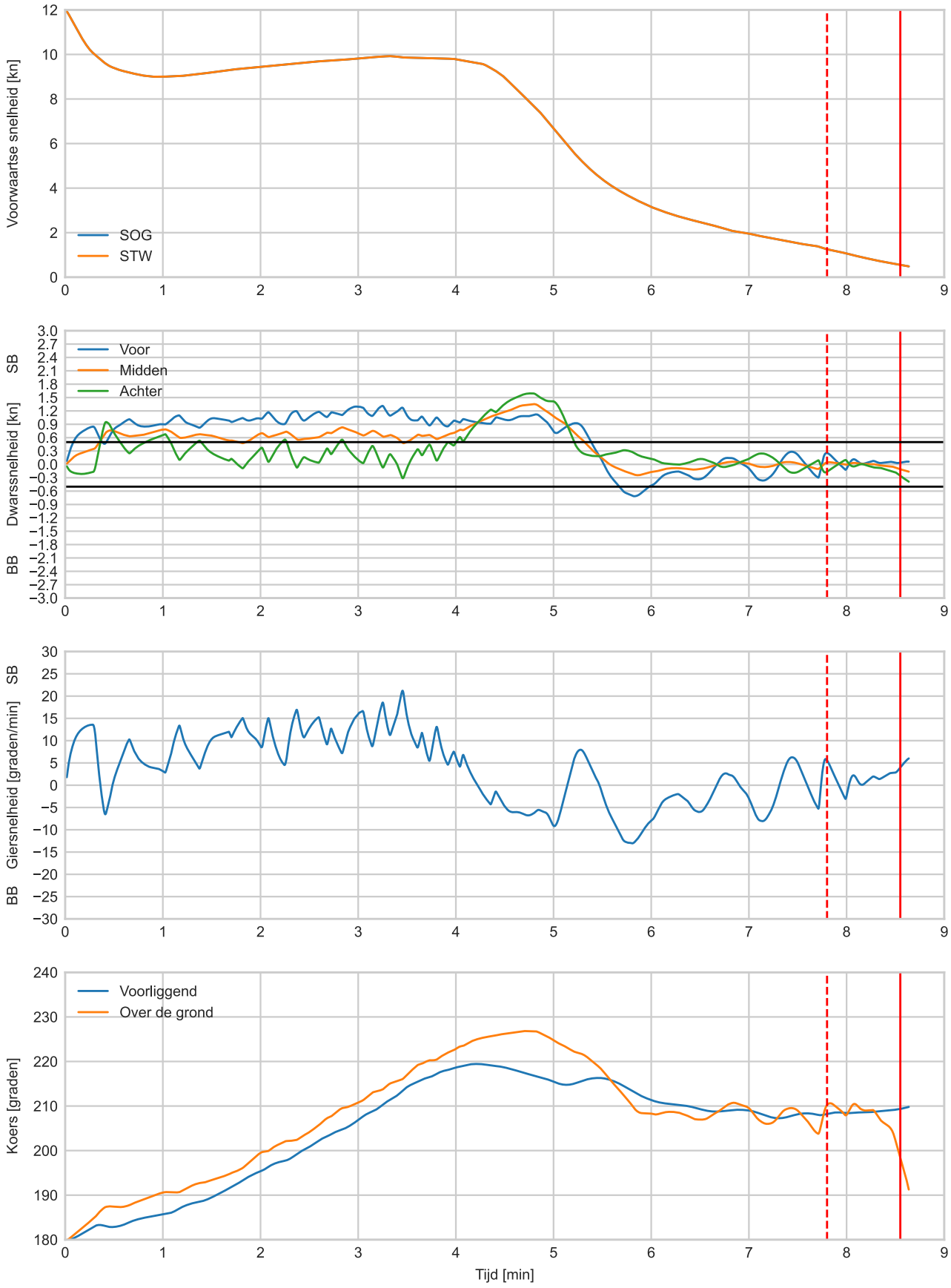
Denhelder (April)	23
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 23 a-2

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder (April)	23
;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 23 a-3



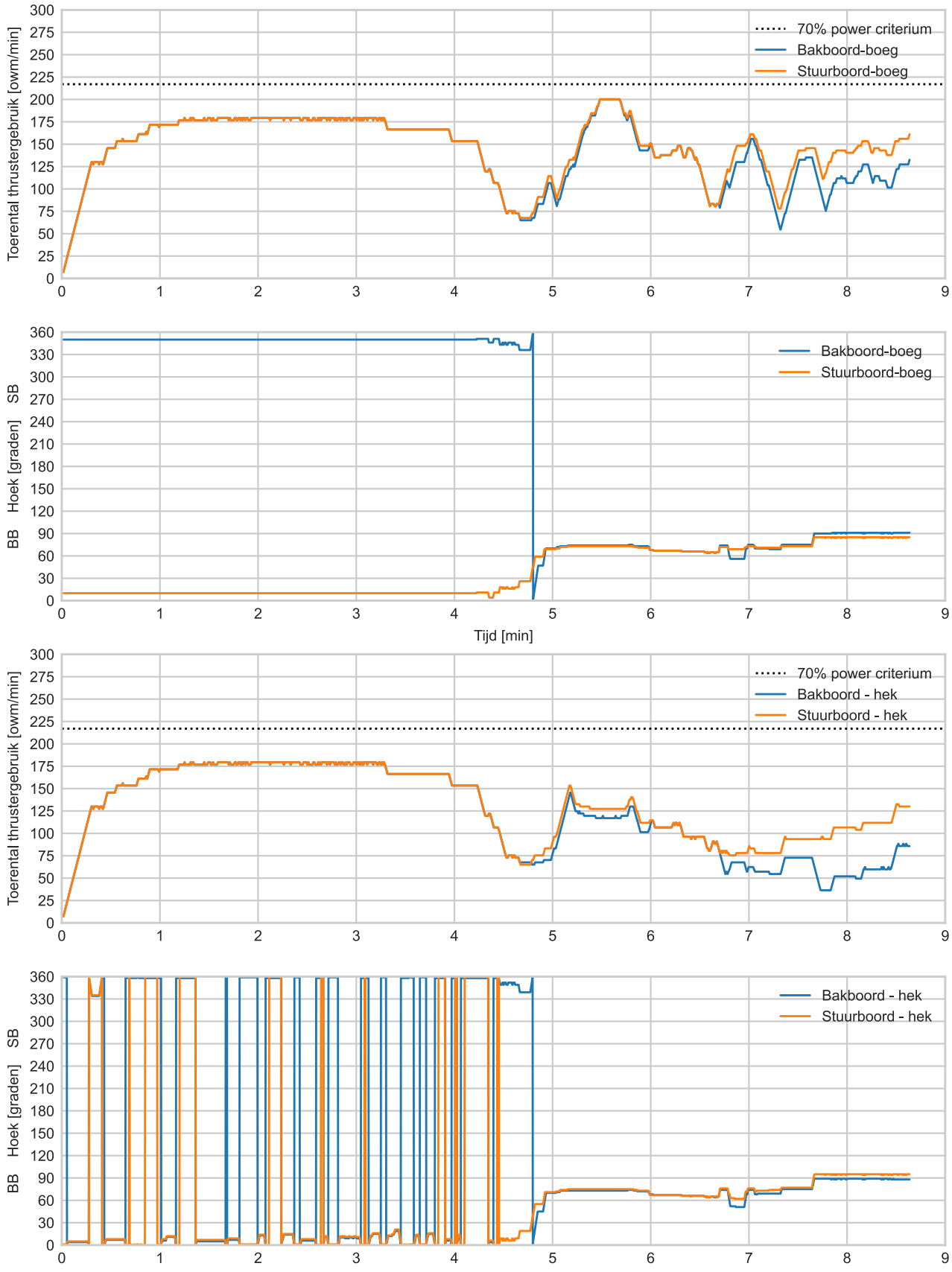
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	23
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 23b

MARIN - Maritime Operations



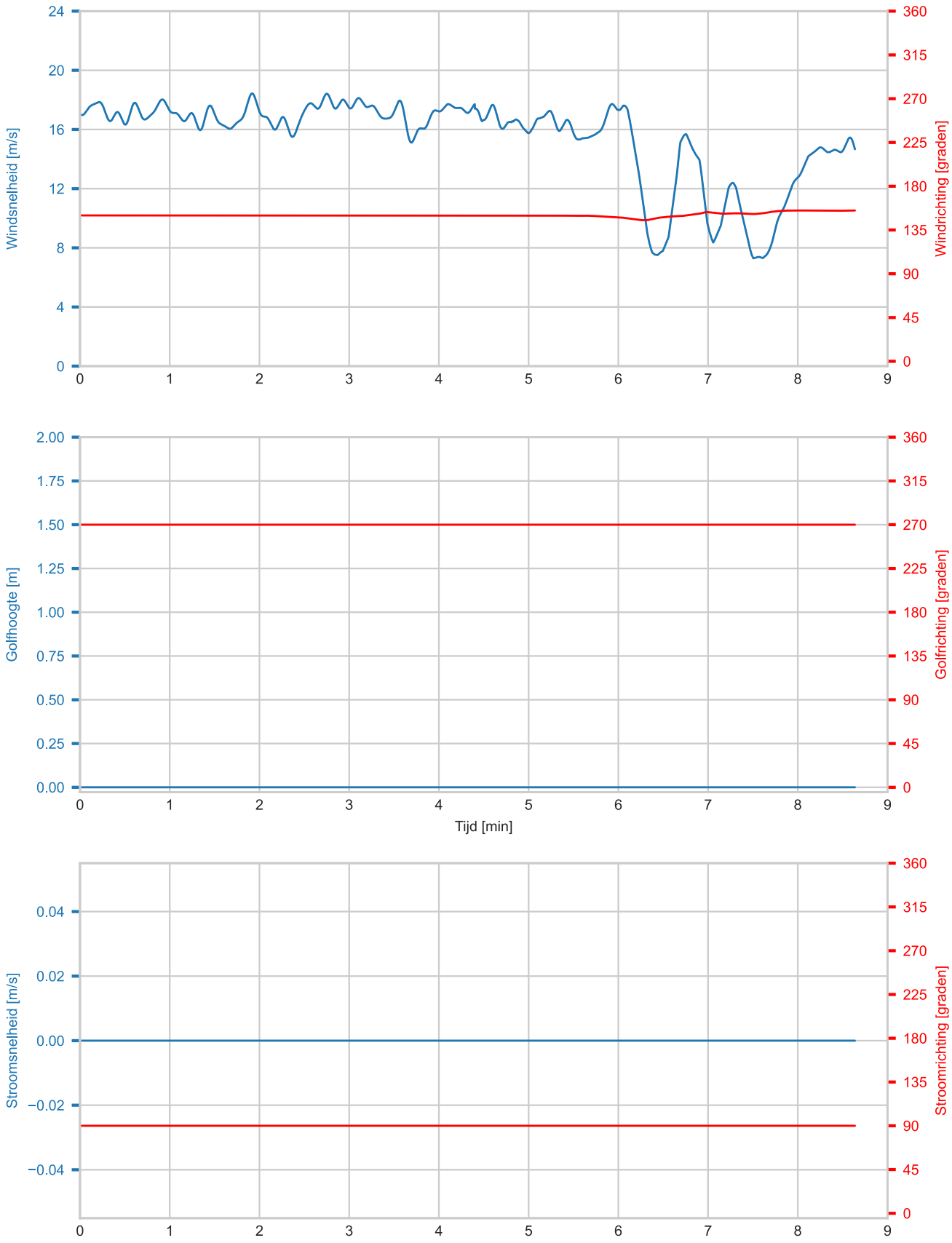
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	23
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 23c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	23
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 23d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	24
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 24 a-1

MARIN - Maritime Operations

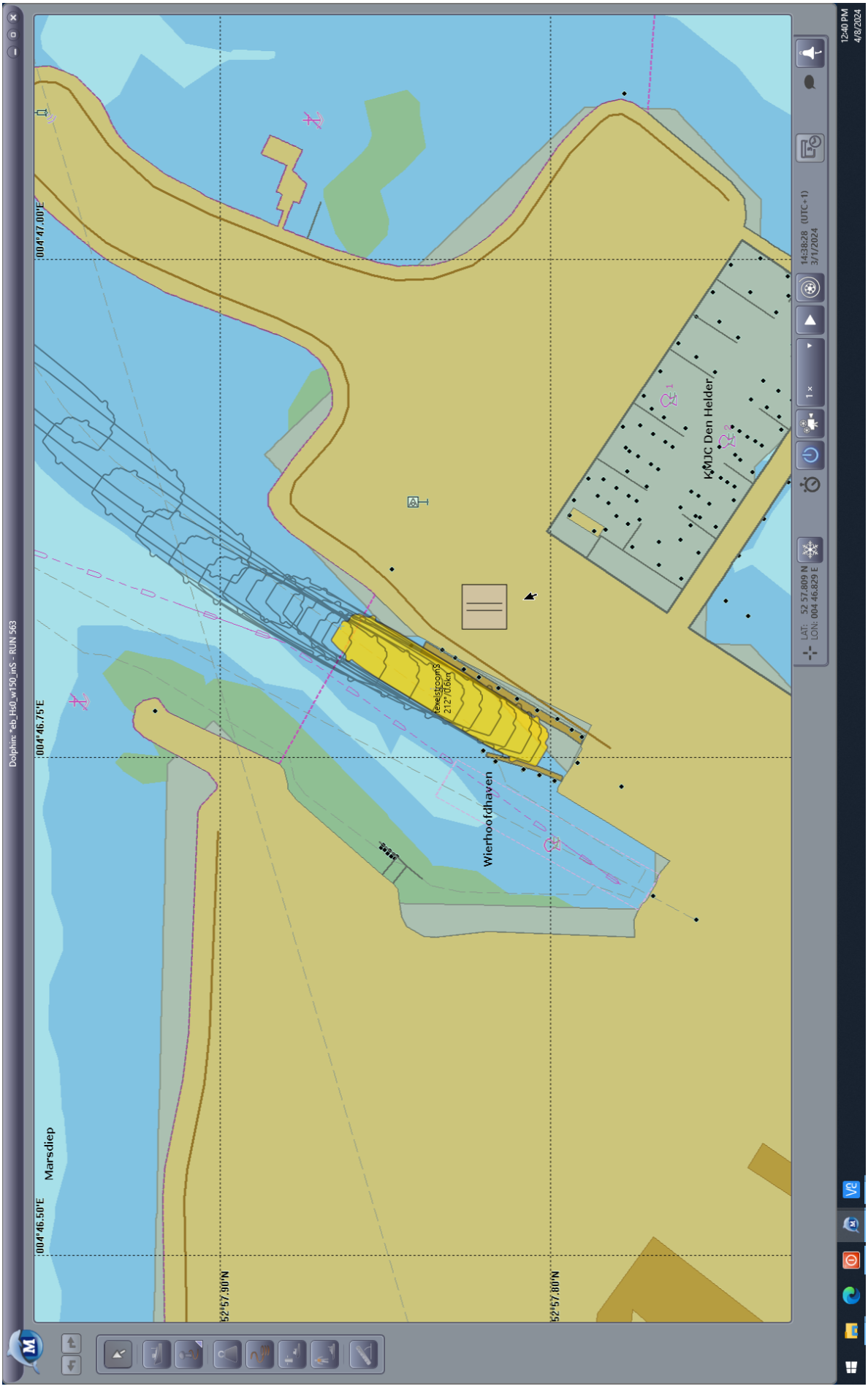
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	24
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 24 a-2

MARIN - Maritime Operations



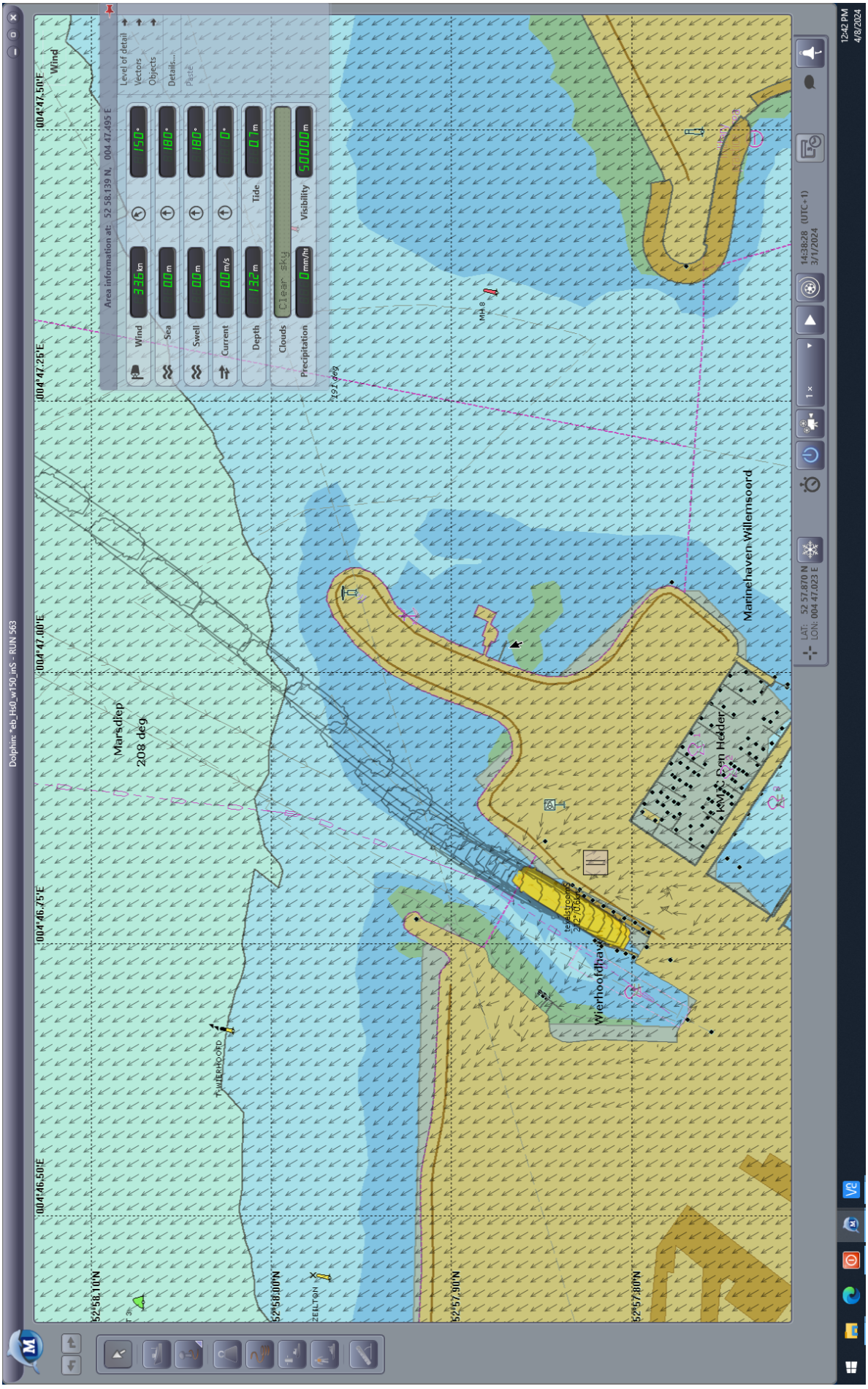
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	24
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 24 a-3

MARIN - Maritime Operations



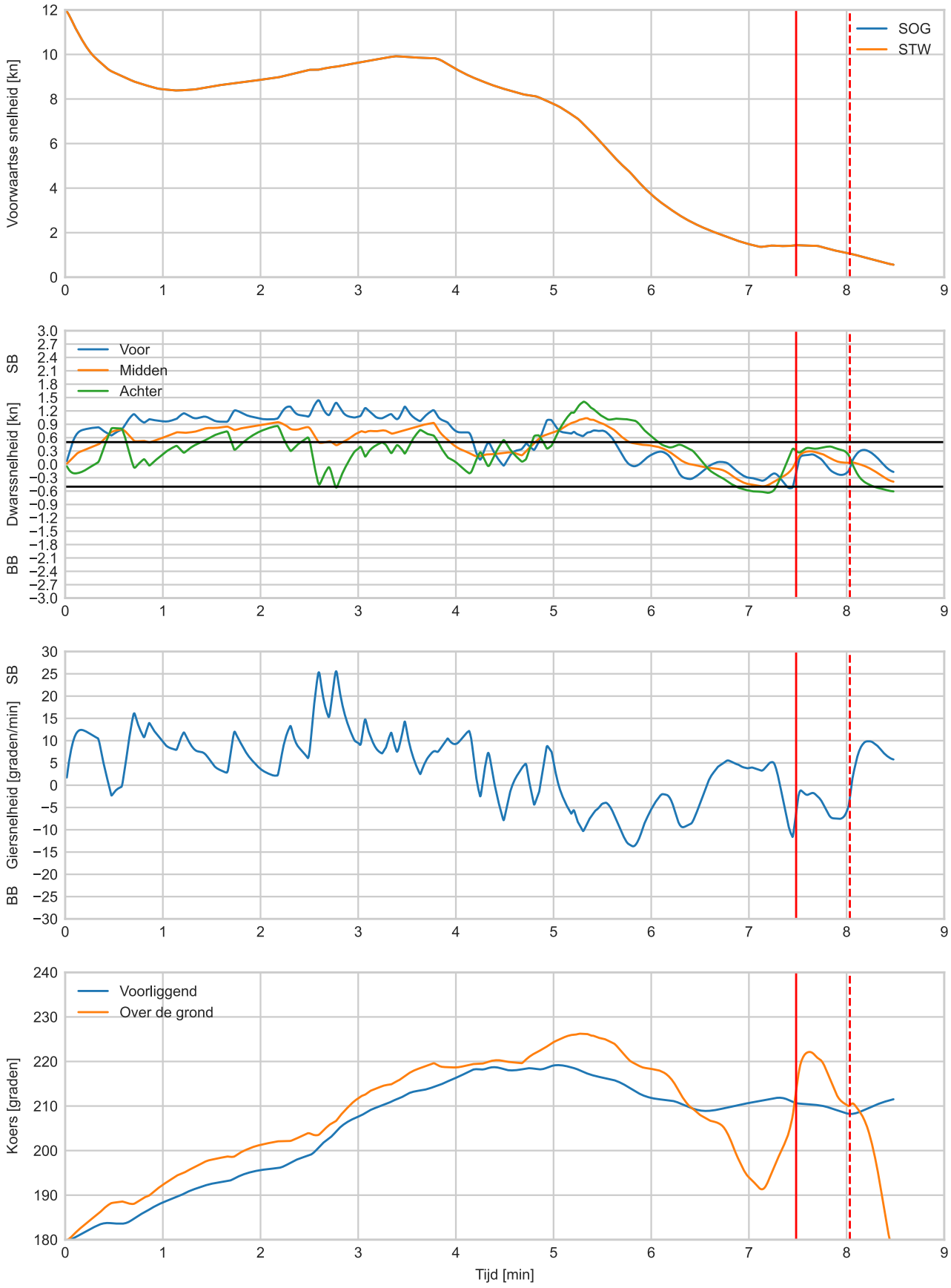
Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	24
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 24 a-4

MARIN - Maritime Operations



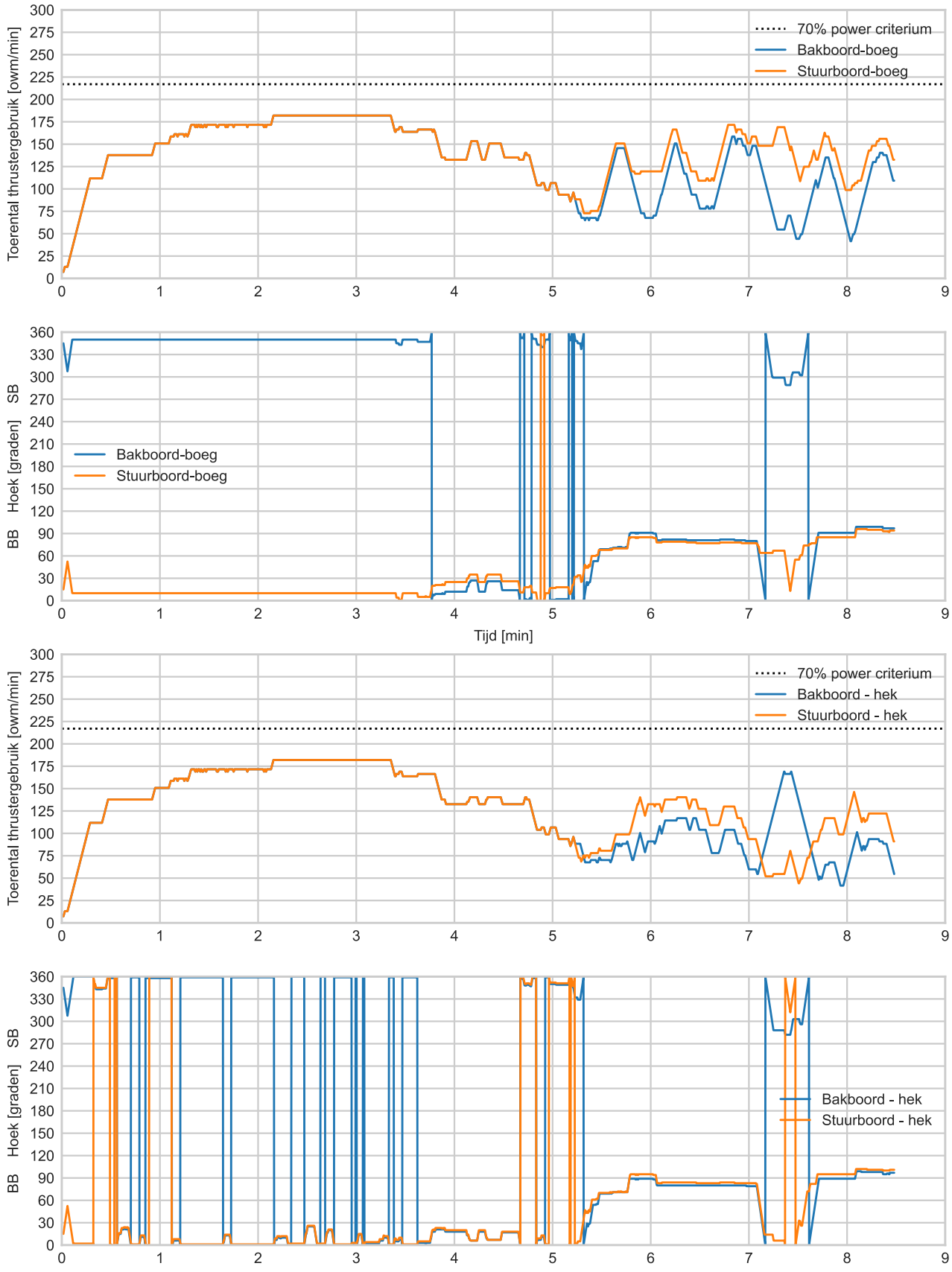
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	24
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 24b

MARIN - Maritime Operations



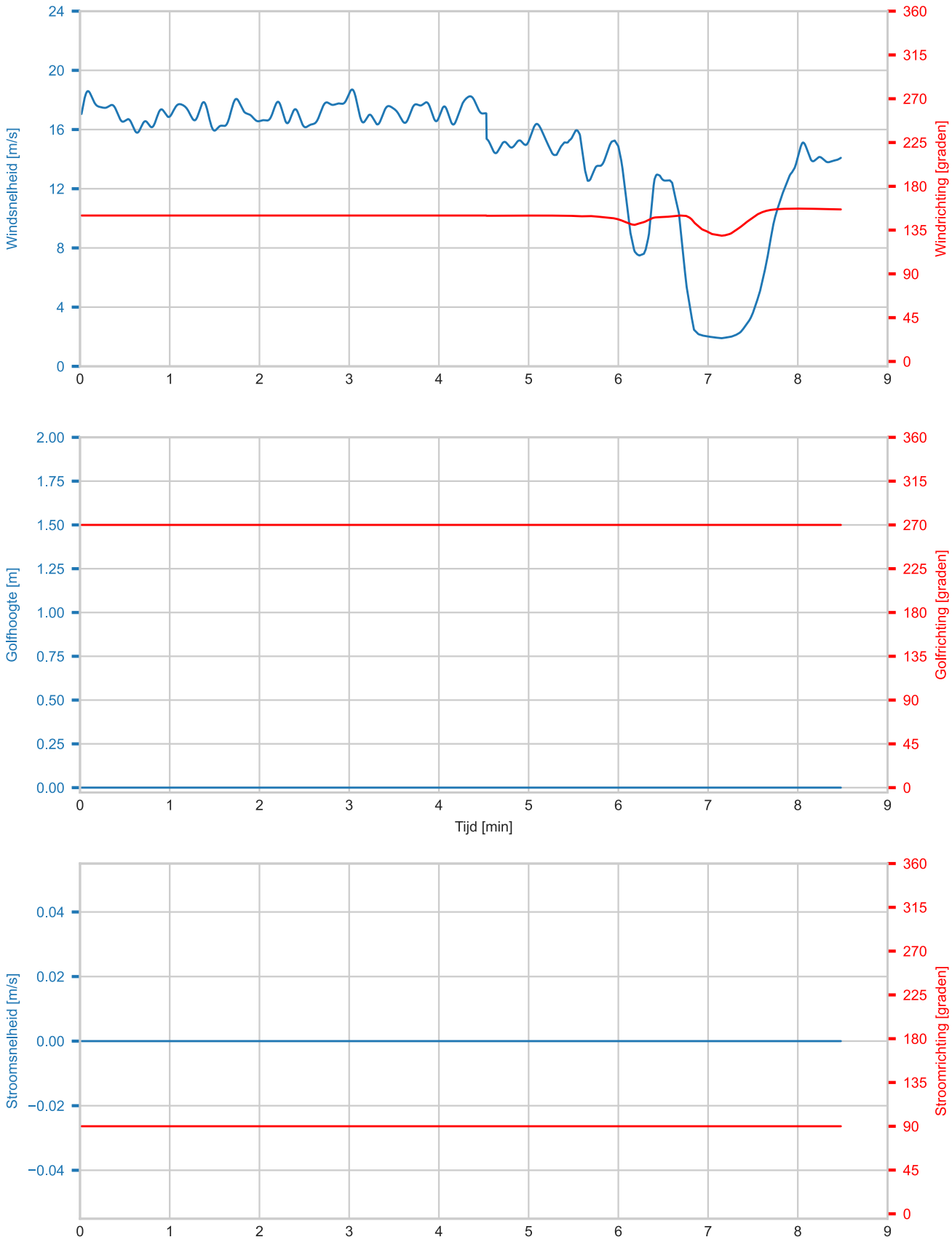
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

;

Denhelder (April)	24
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 24c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 150 °N; Stroom: Eb (naar west)

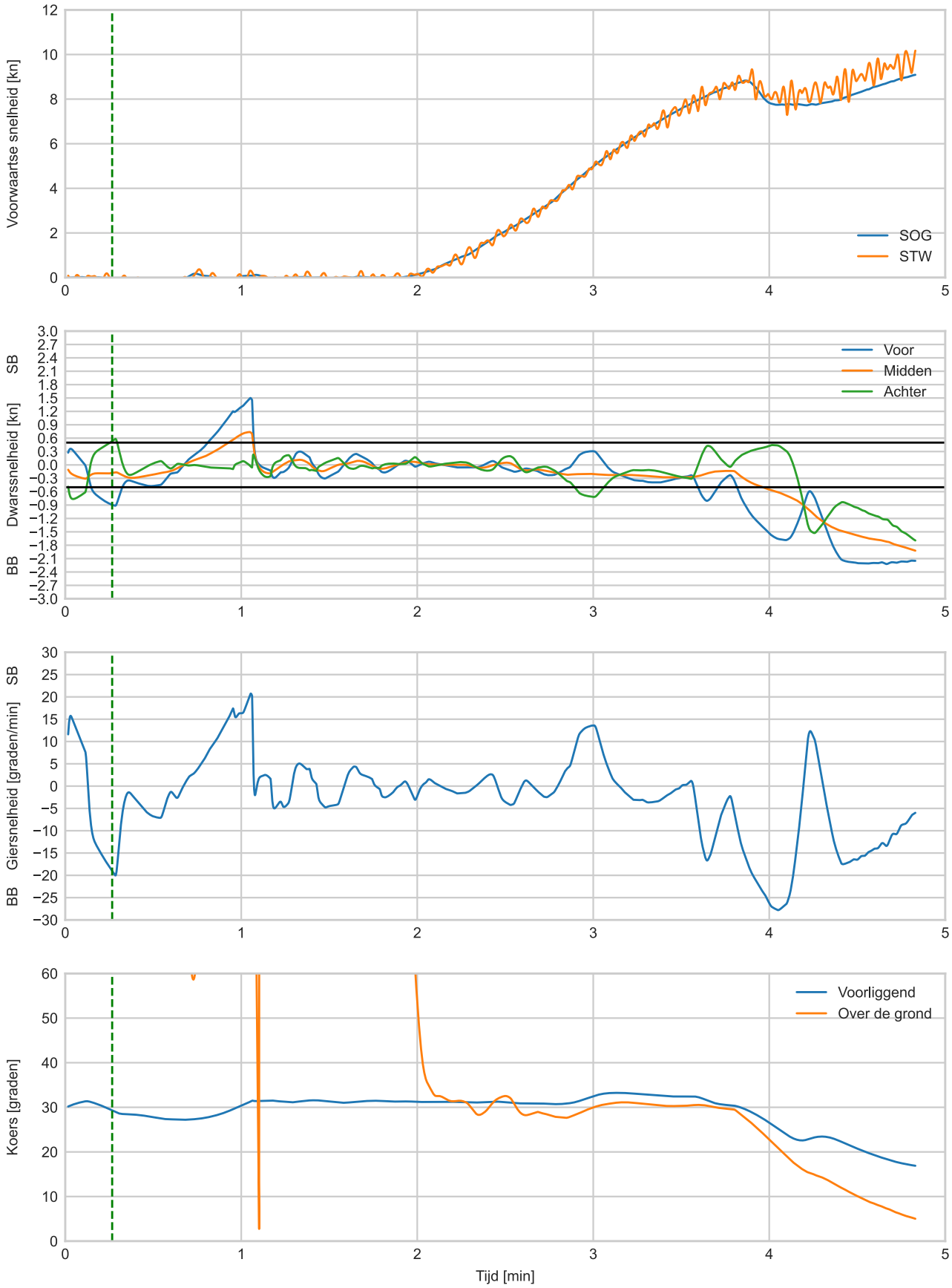
;

Denhelder (April)	24
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 24d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	55
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 55 a-1



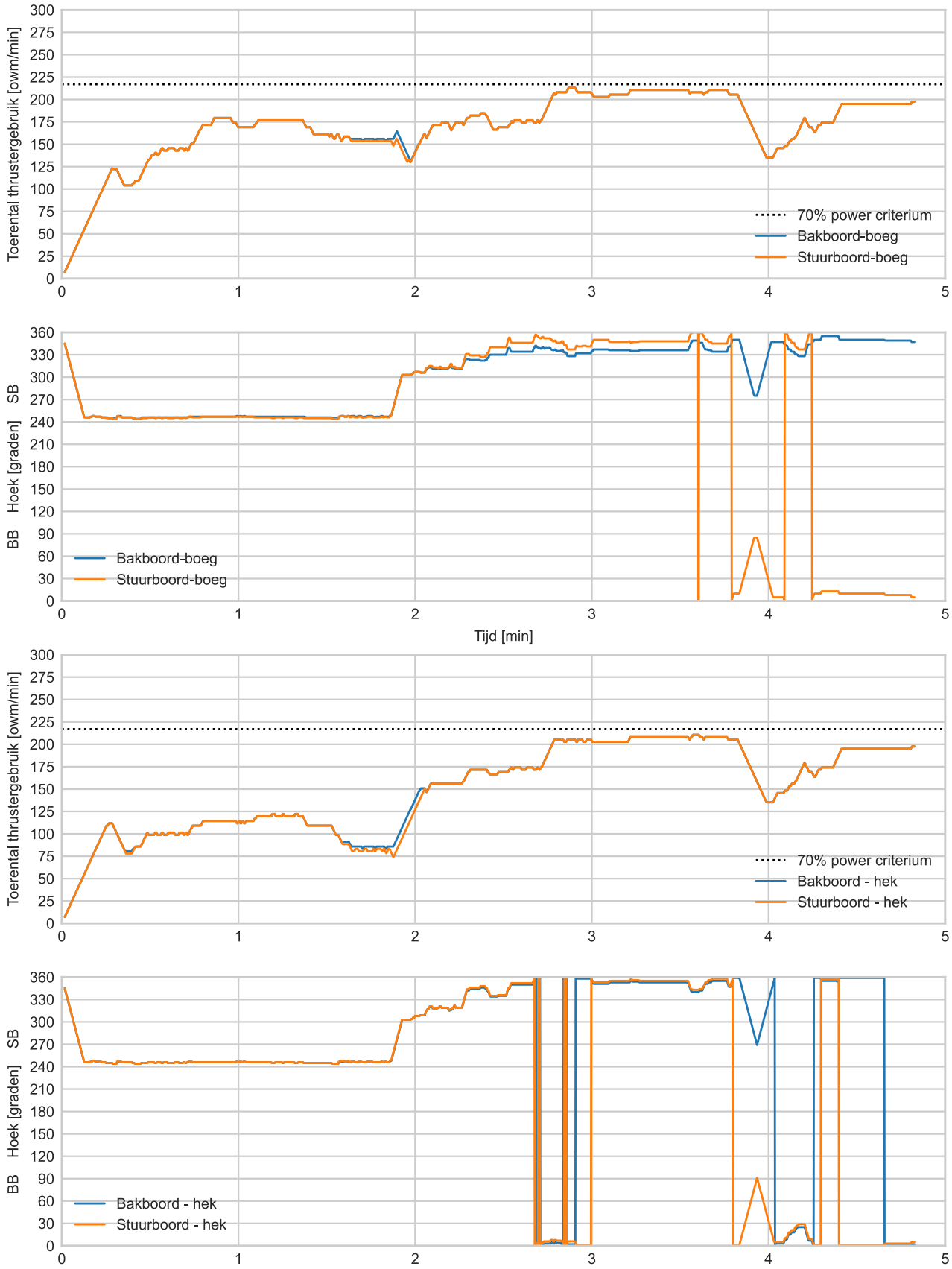
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	55
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 55b

MARIN - Maritime Operations



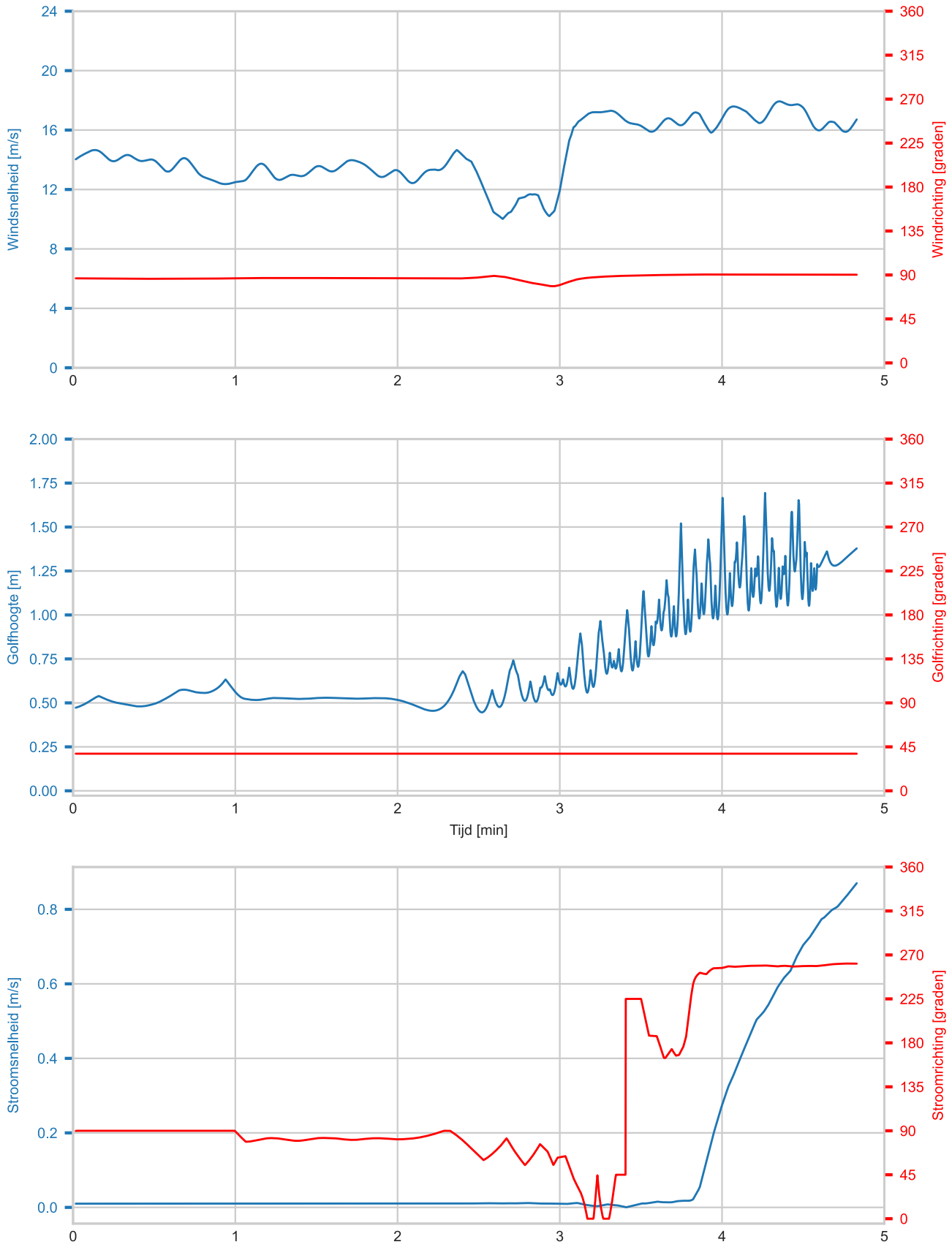
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	55
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 55c

MARIN - Maritime Operations



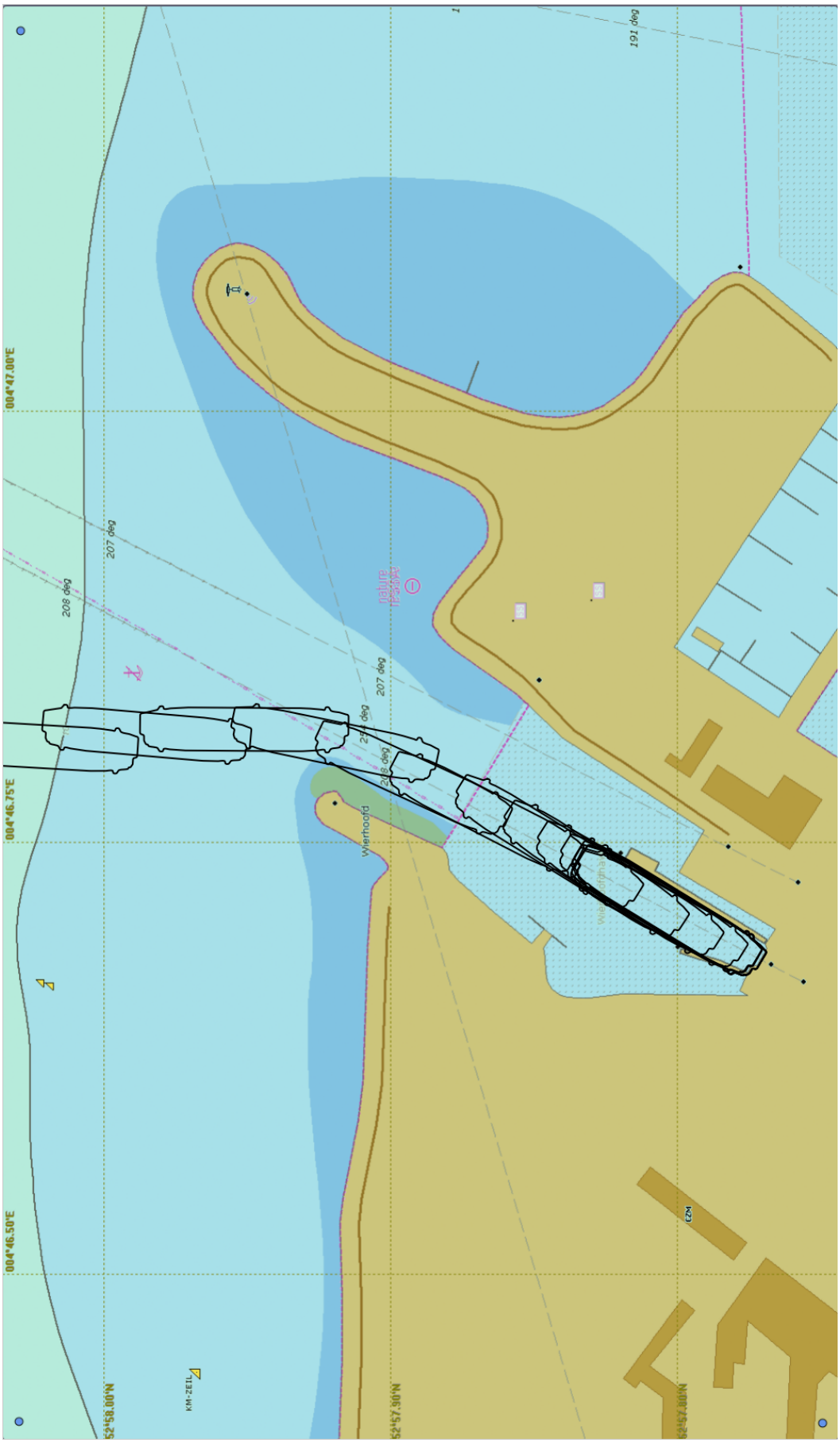
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

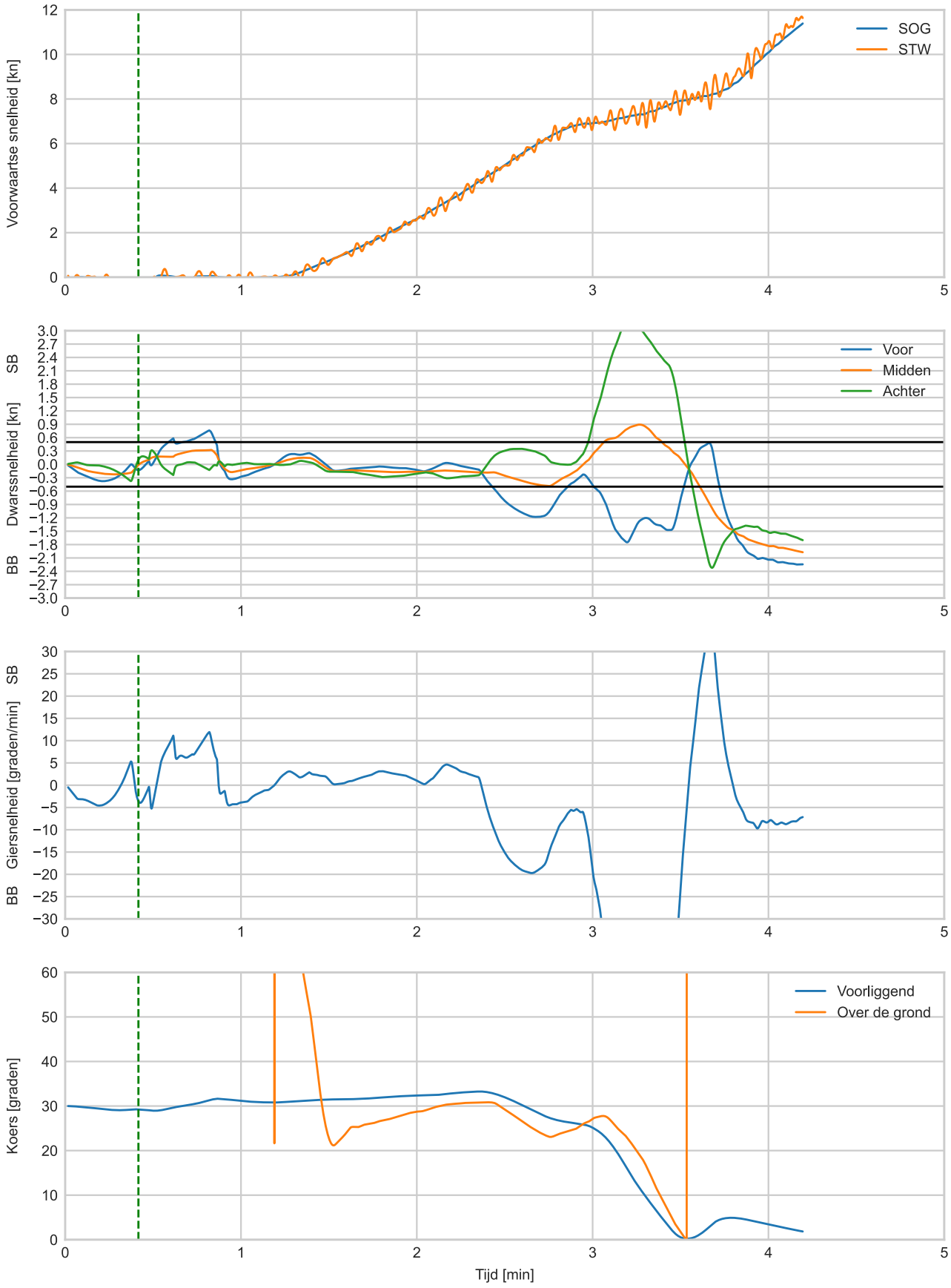
Denhelder	55
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 55d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	56
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 56 a-1



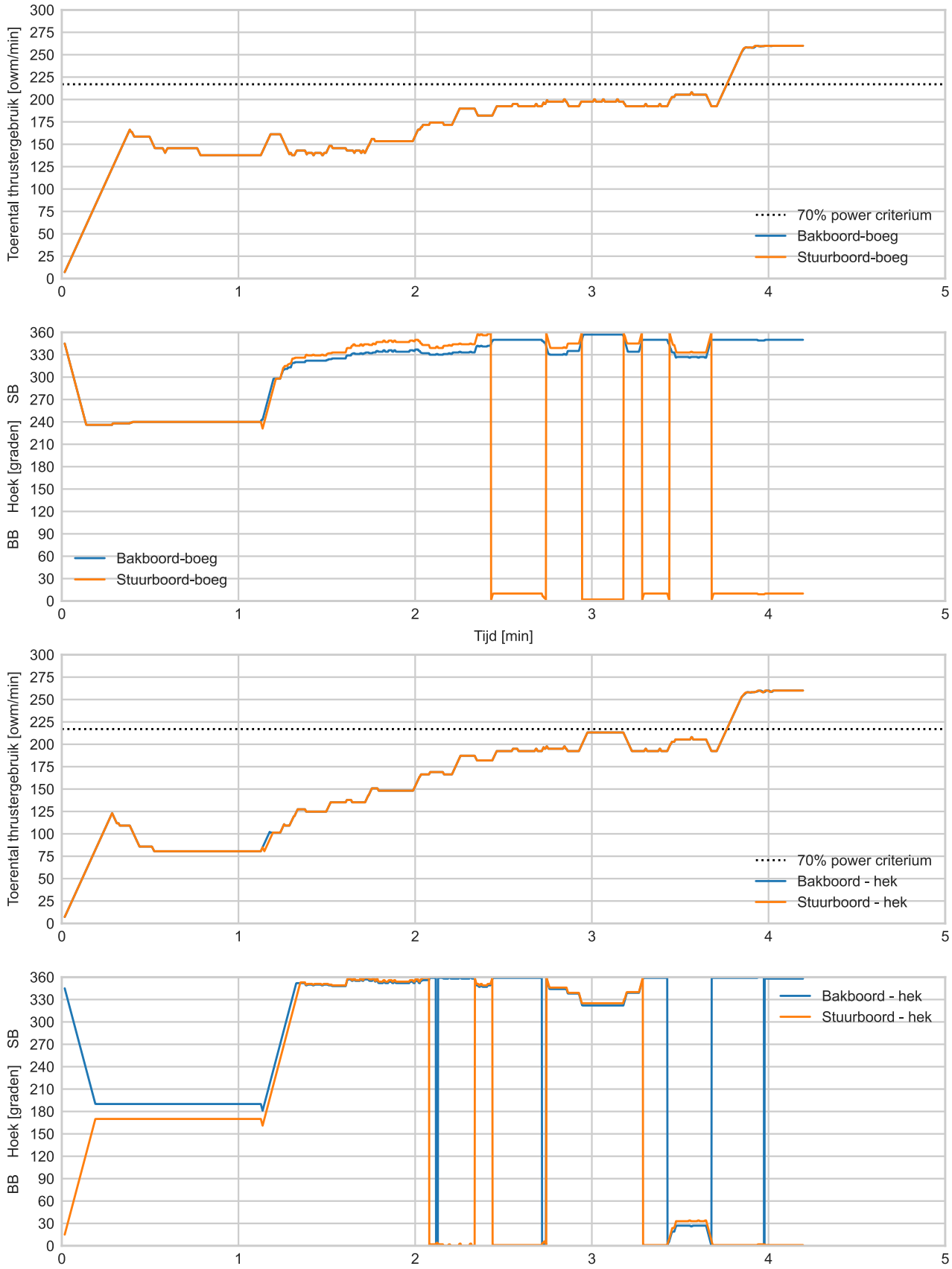
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	56
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 56b

MARIN - Maritime Operations



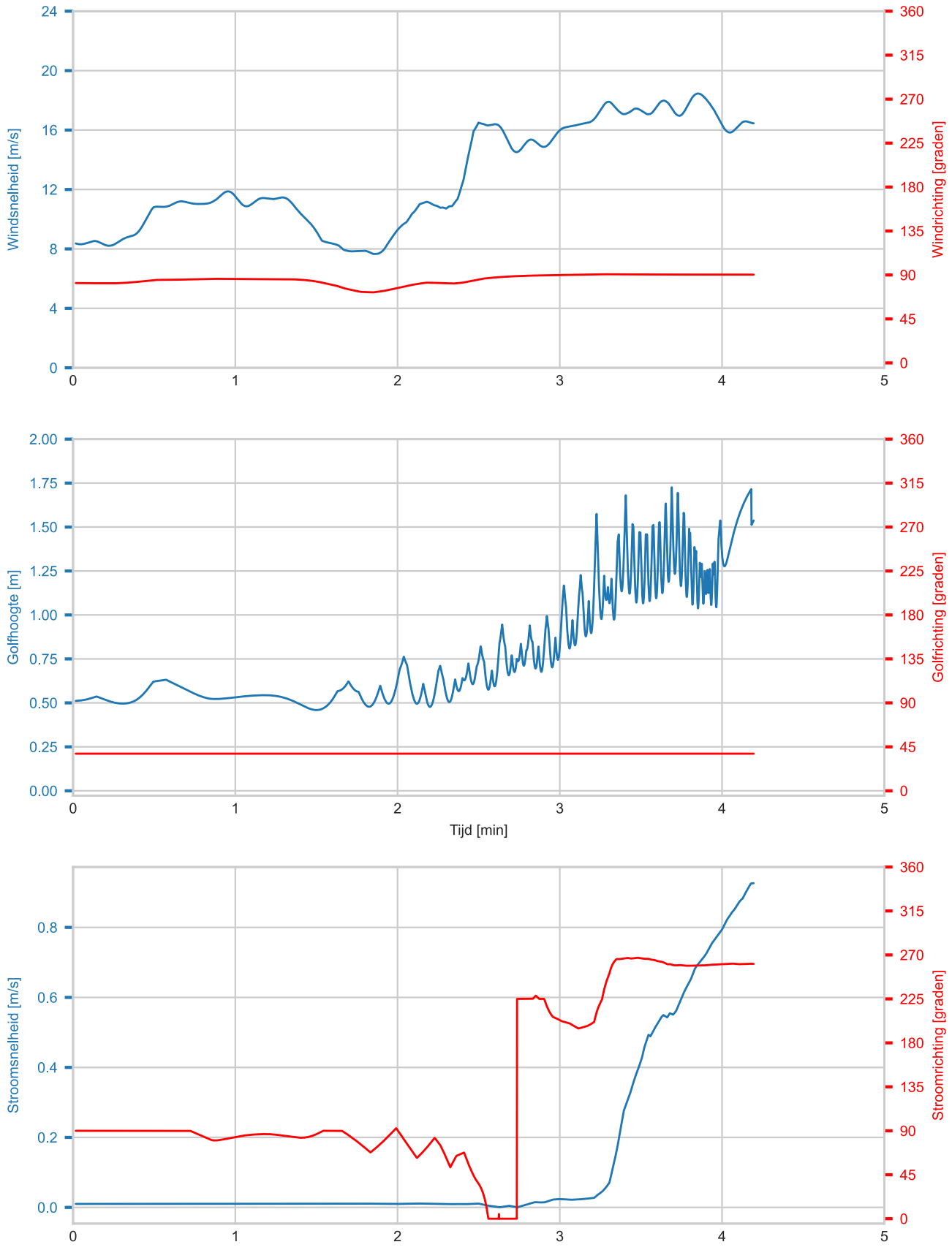
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	56
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 56c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	56
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 56d

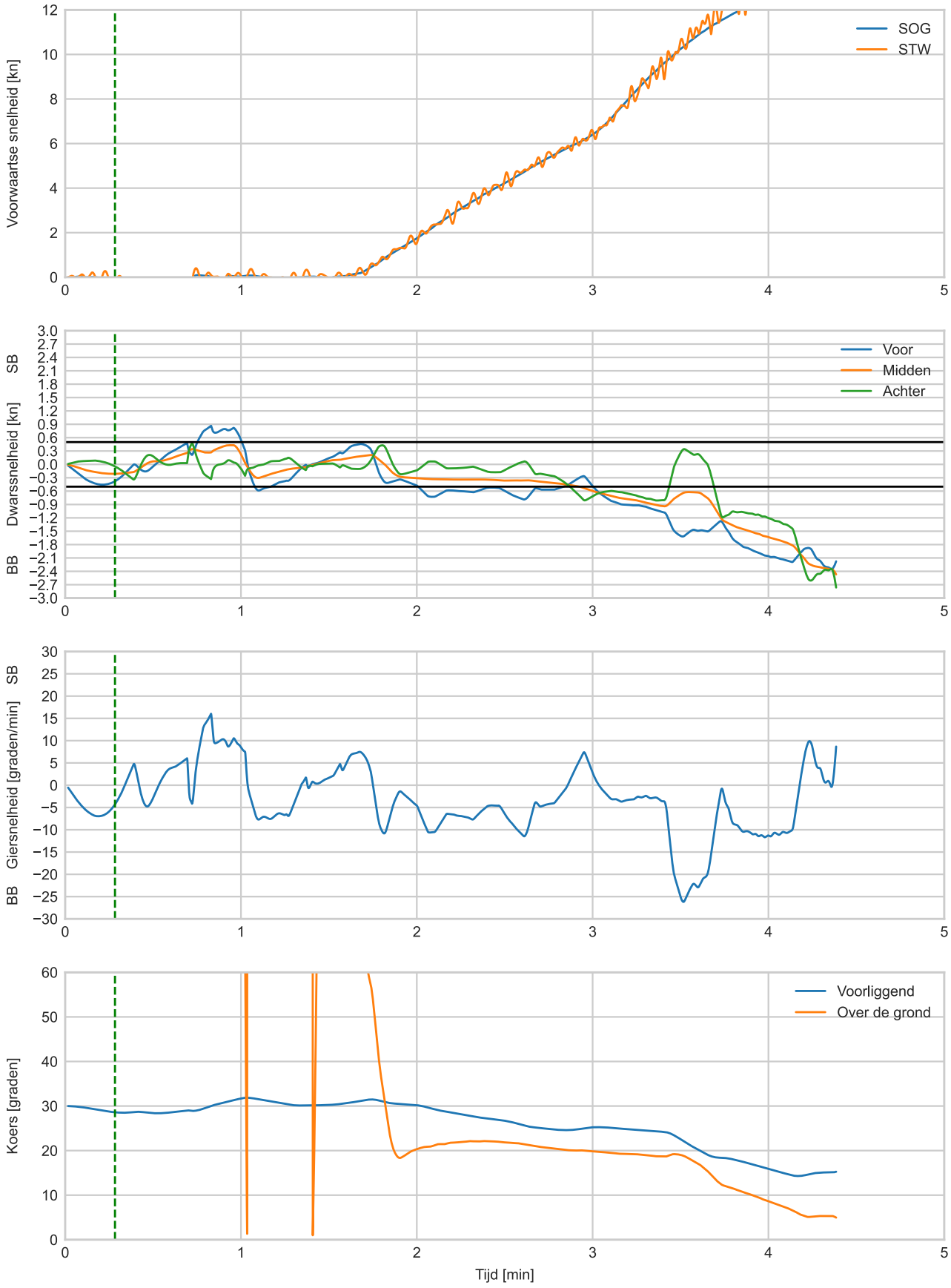
MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	57
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 57 a-1

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	57
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 57 a-2



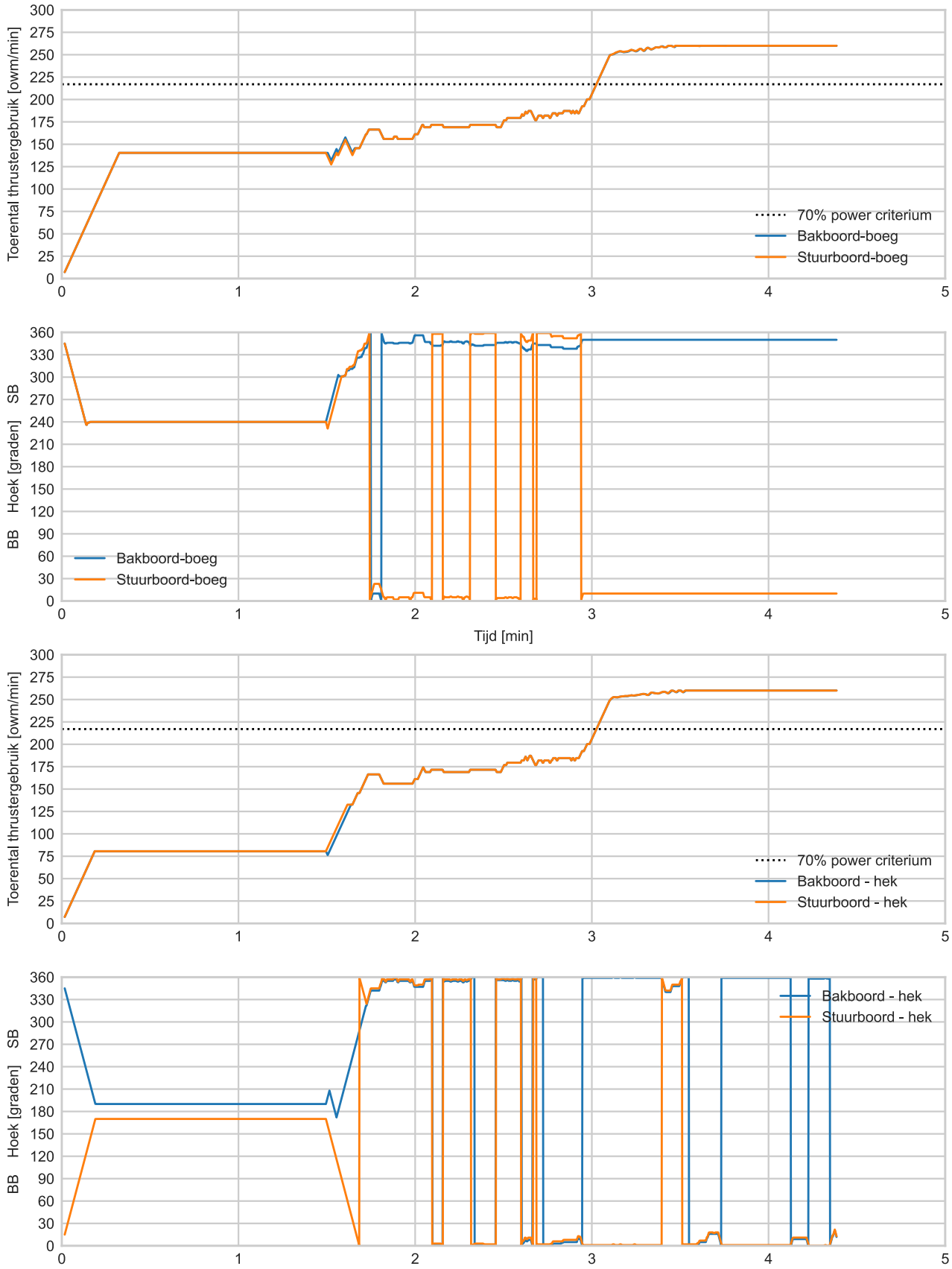
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	57
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 57b

MARIN - Maritime Operations



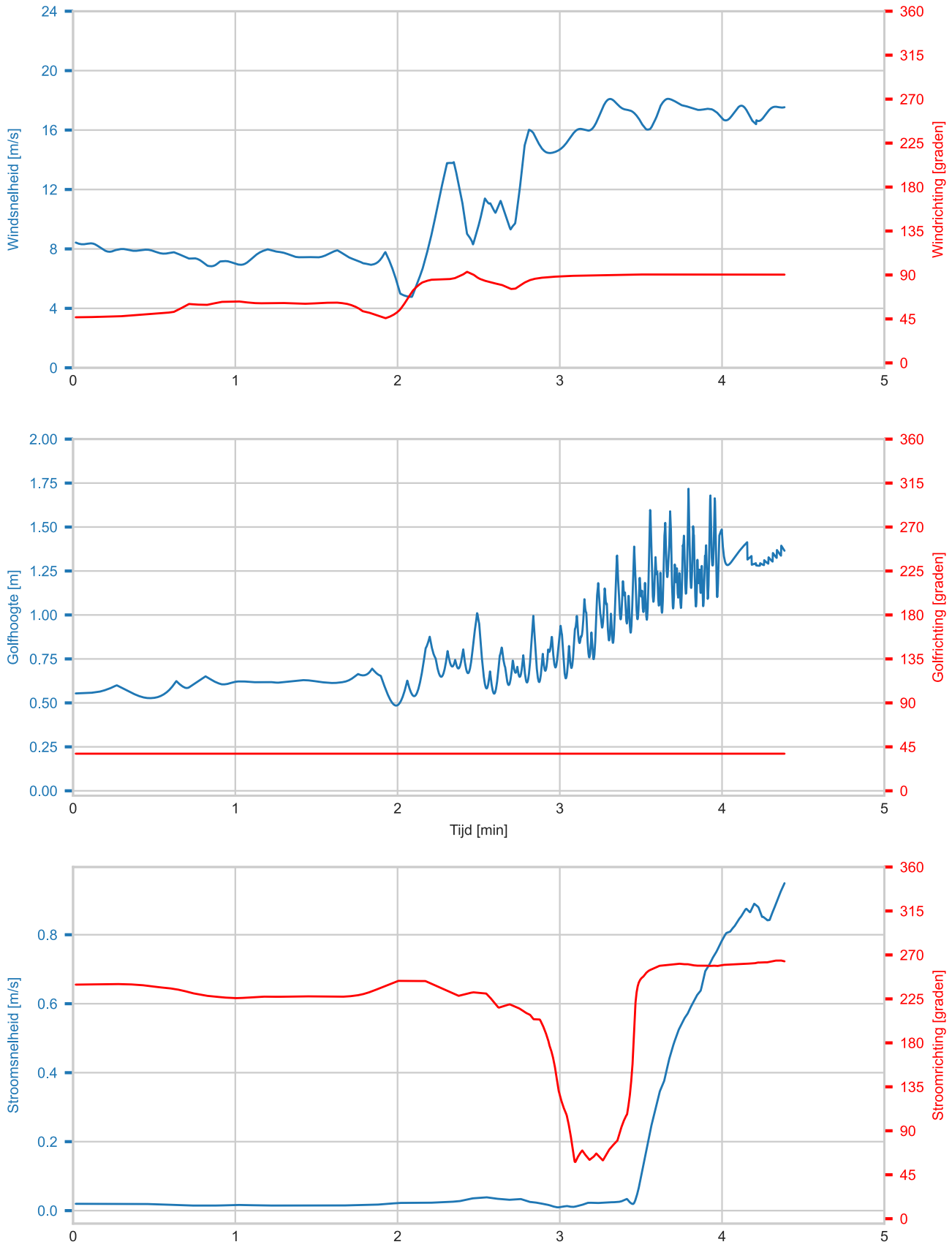
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	57
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 57c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

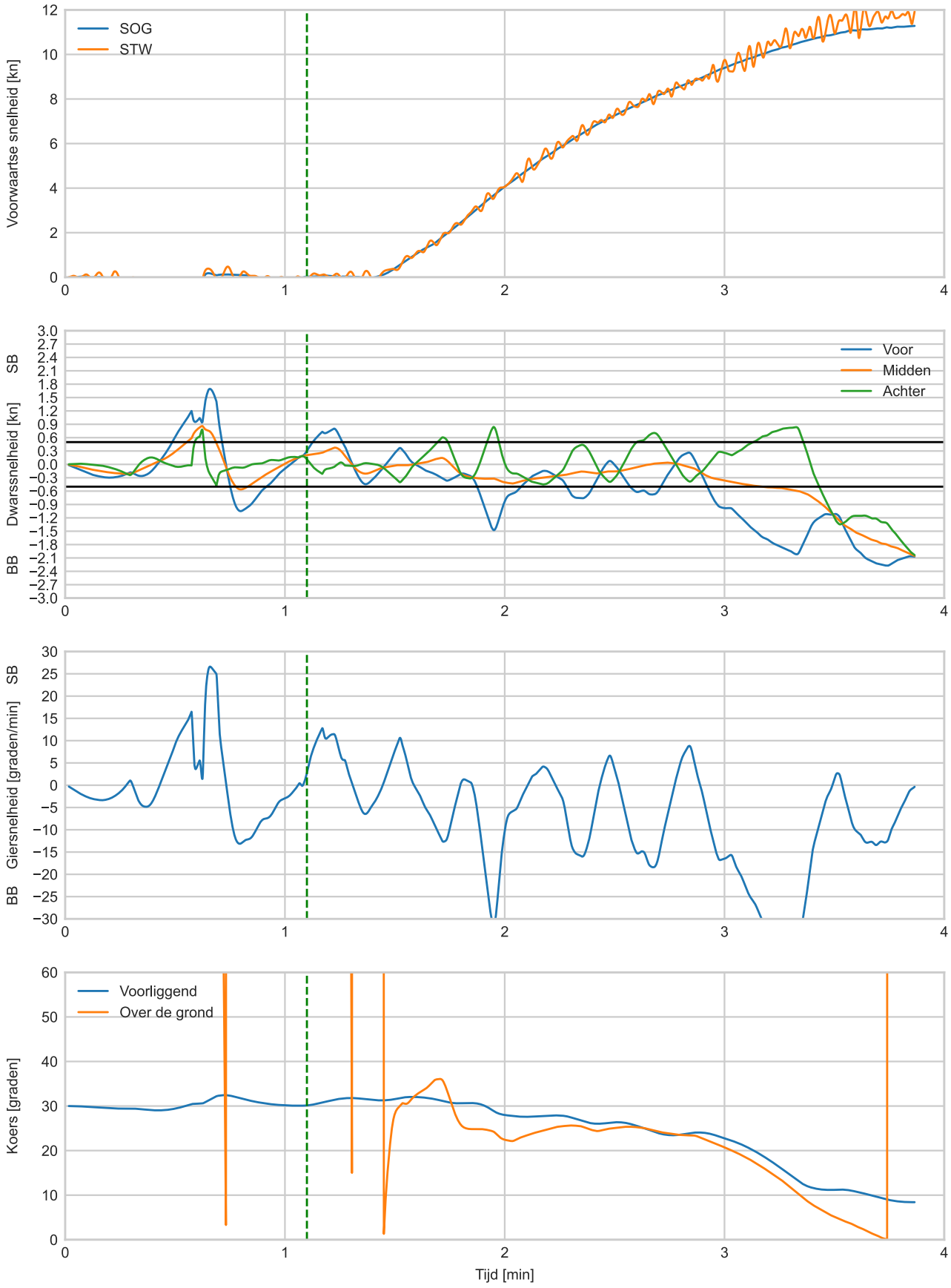
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	57
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 57d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	58
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 58 a-1



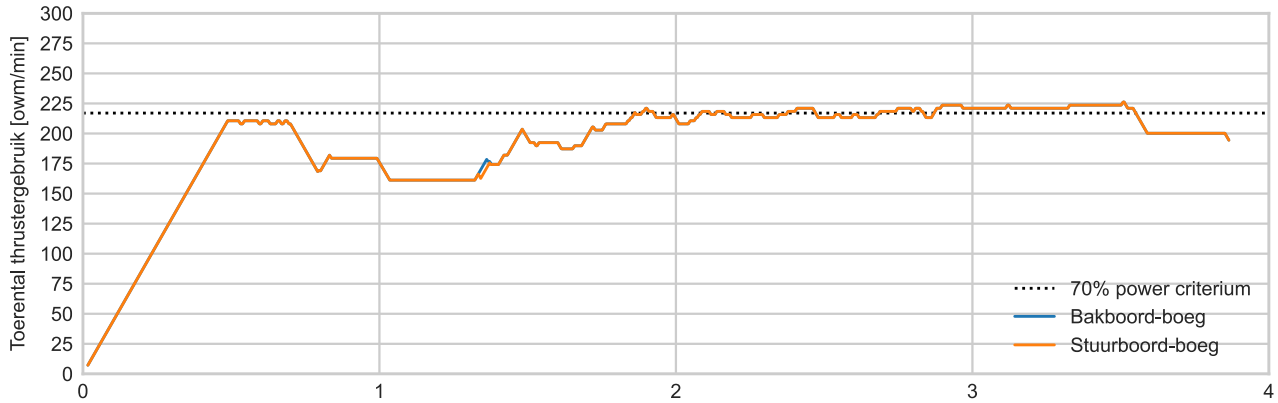
Scheepsbewegingen

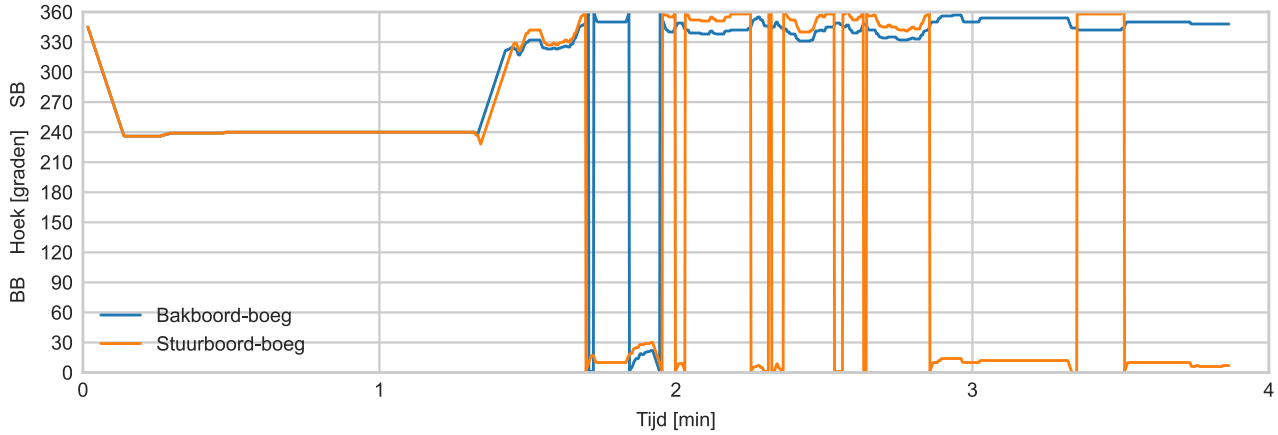
Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

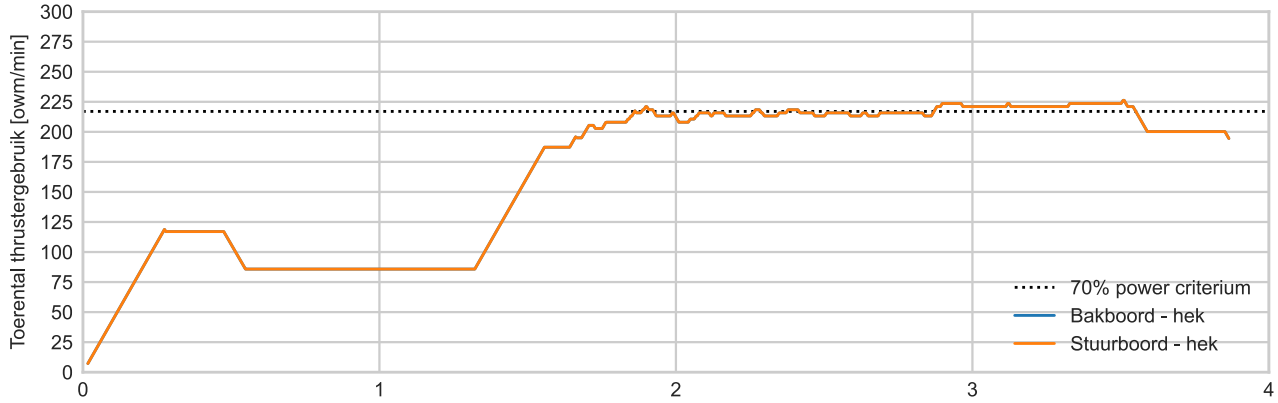
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

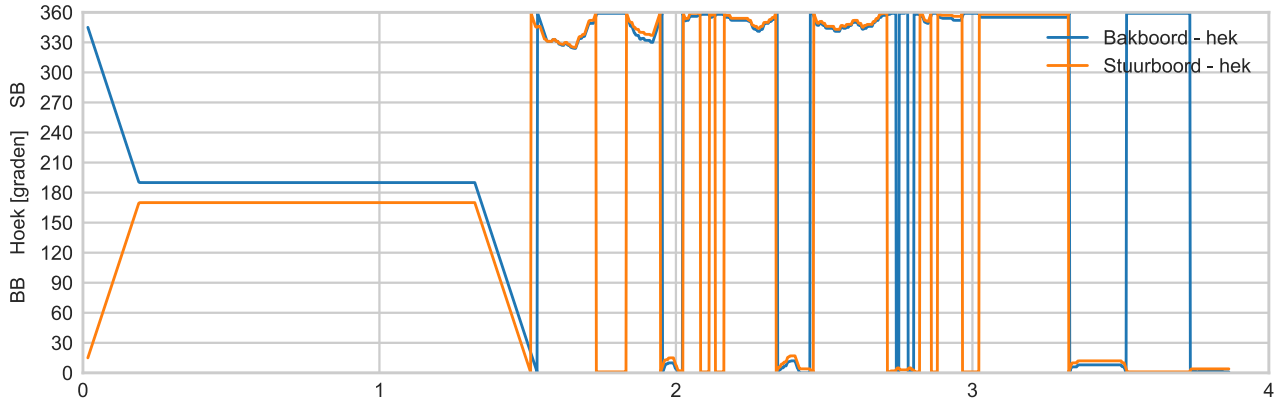
Denhelder	58
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 58b

MARIN - Maritime Operations









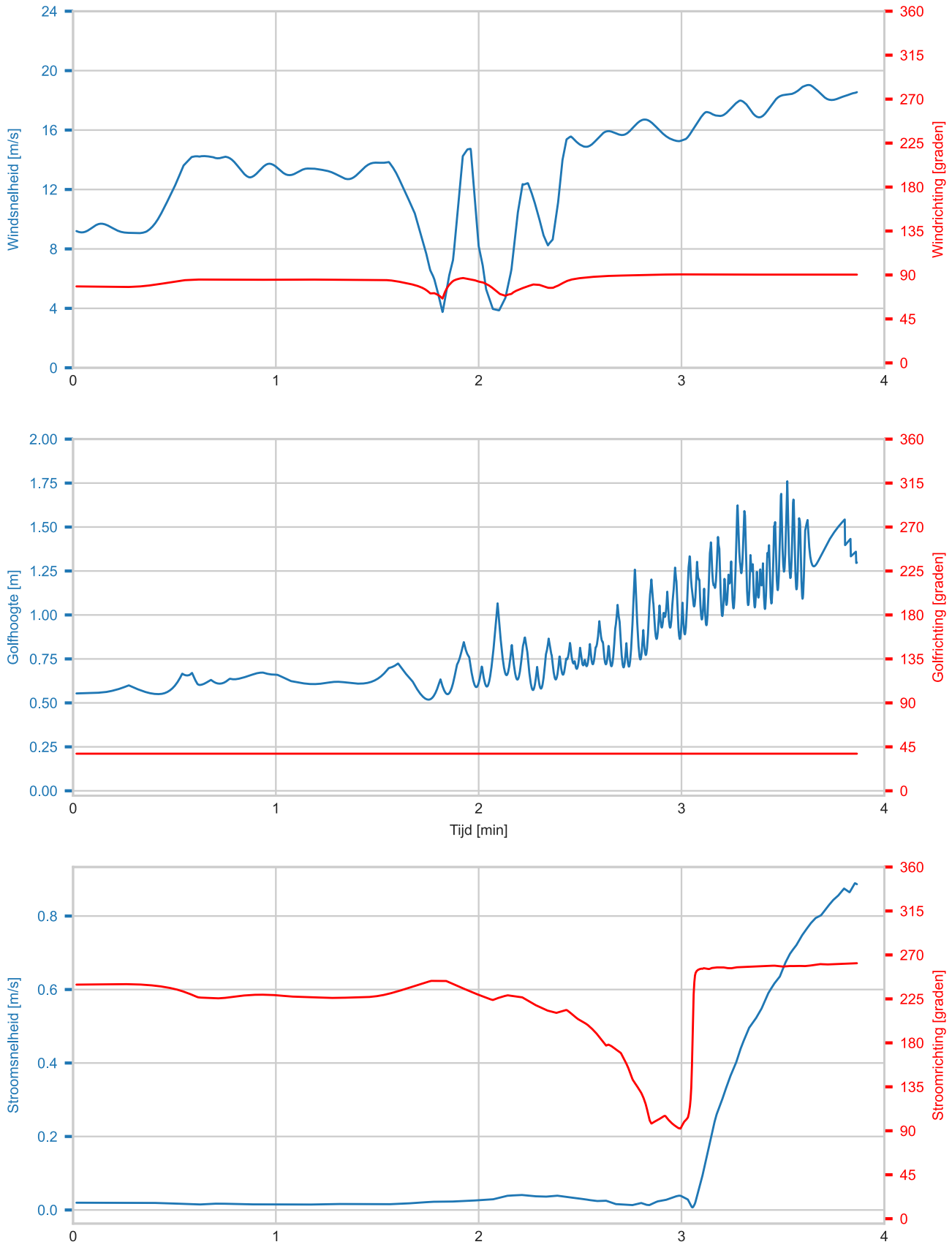
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	58
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 58c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

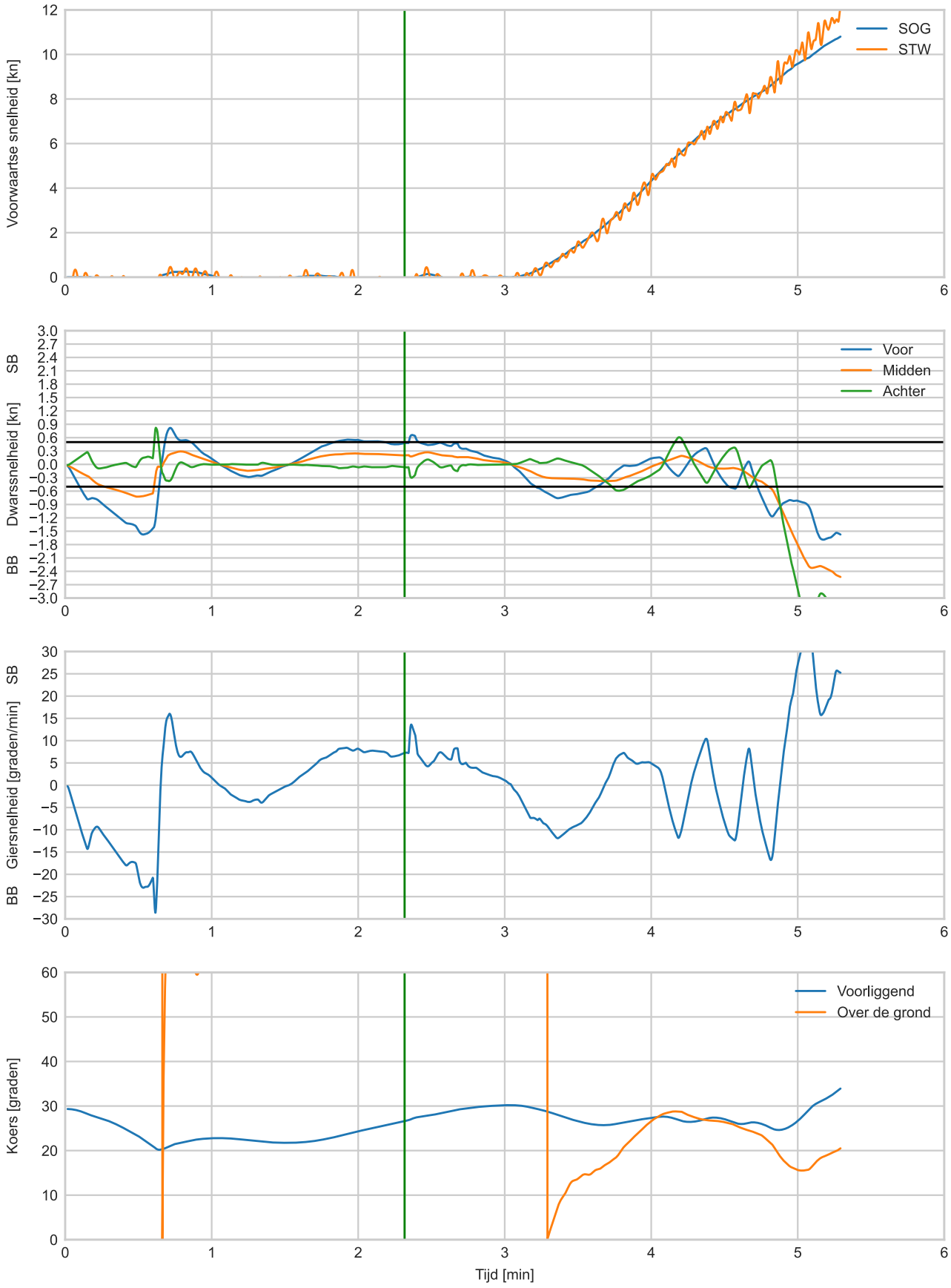
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	58
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 58d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	59
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 59 a-1



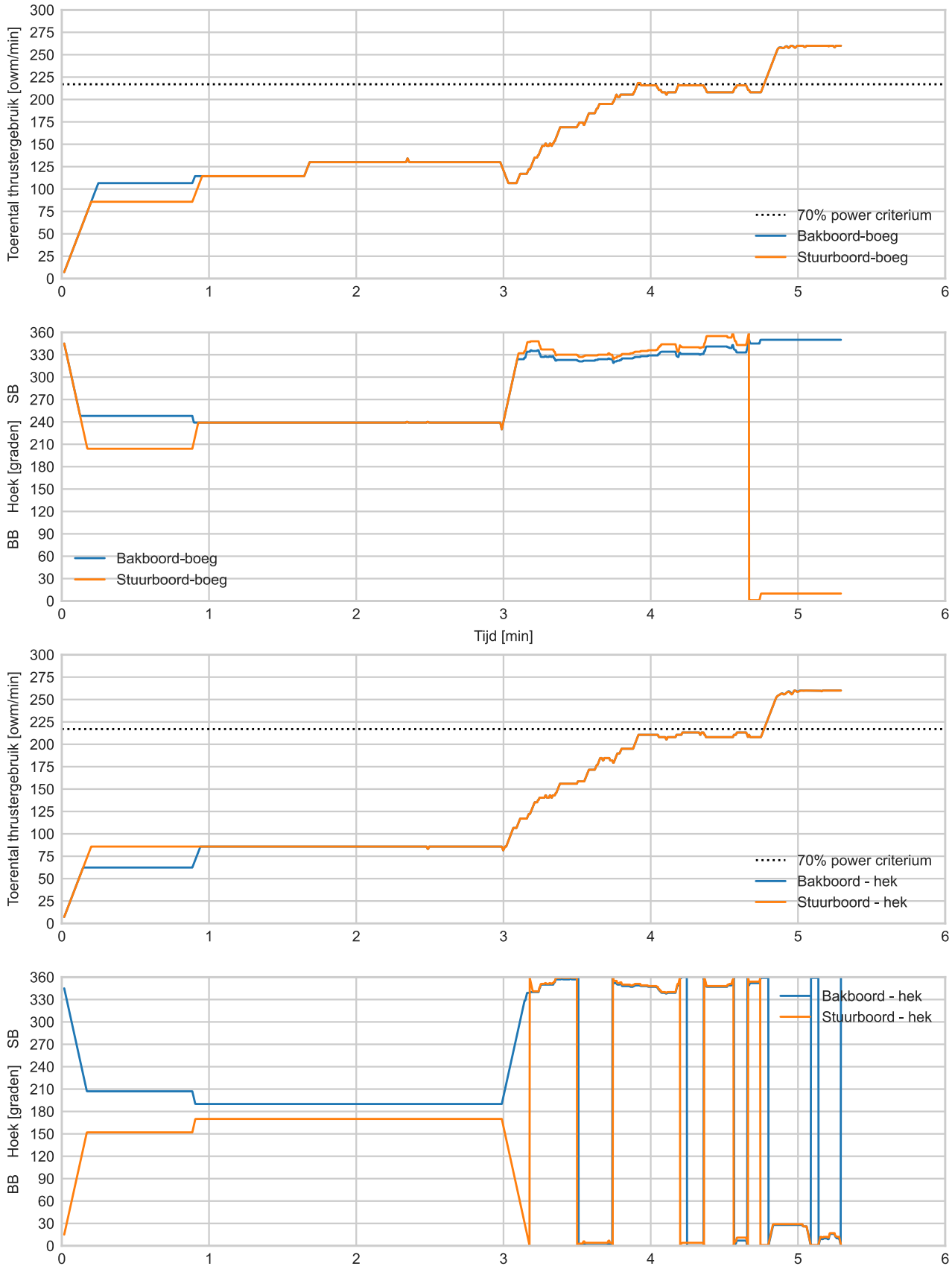
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	59
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 59b

MARIN - Maritime Operations



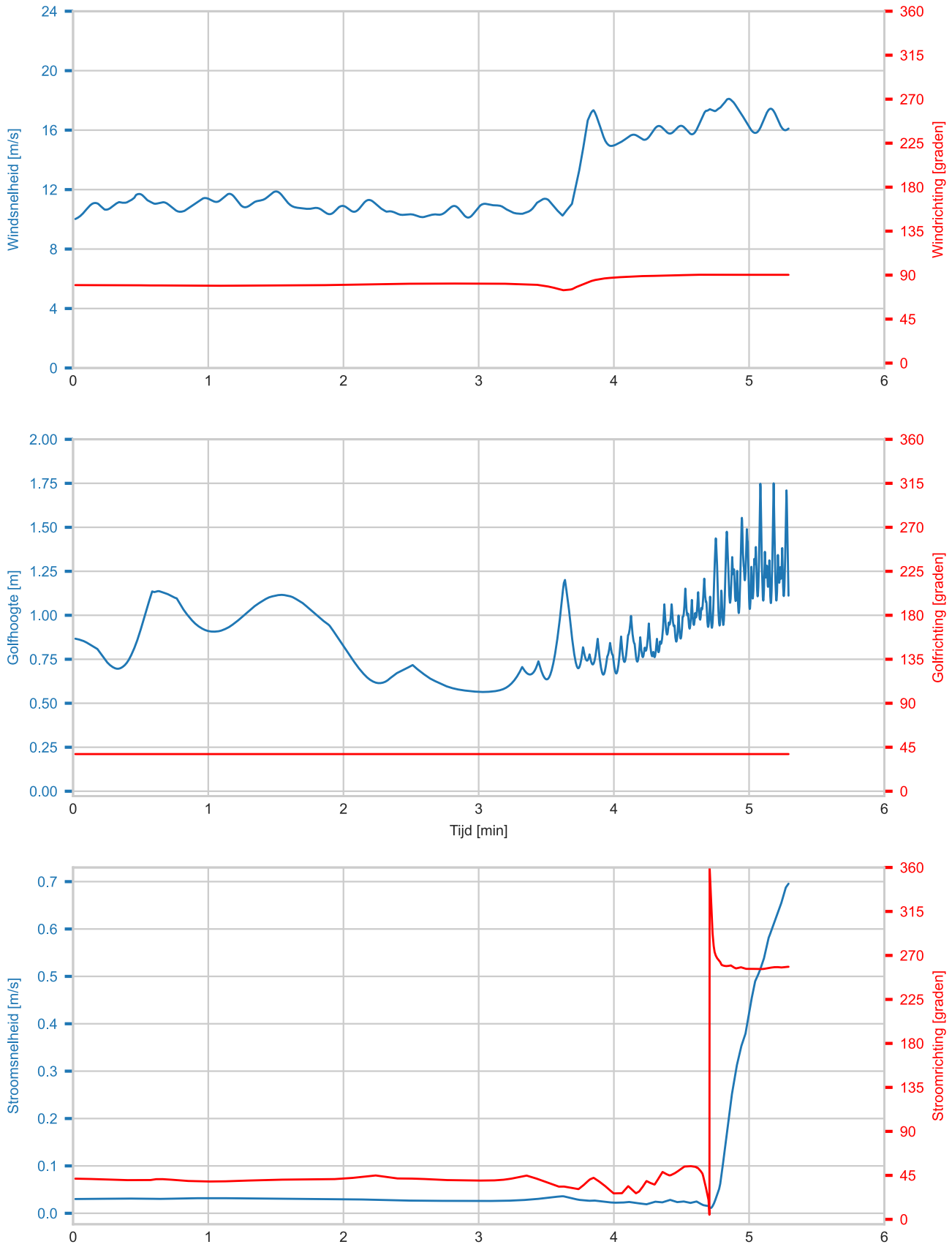
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	59
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 59c

MARIN - Maritime Operations



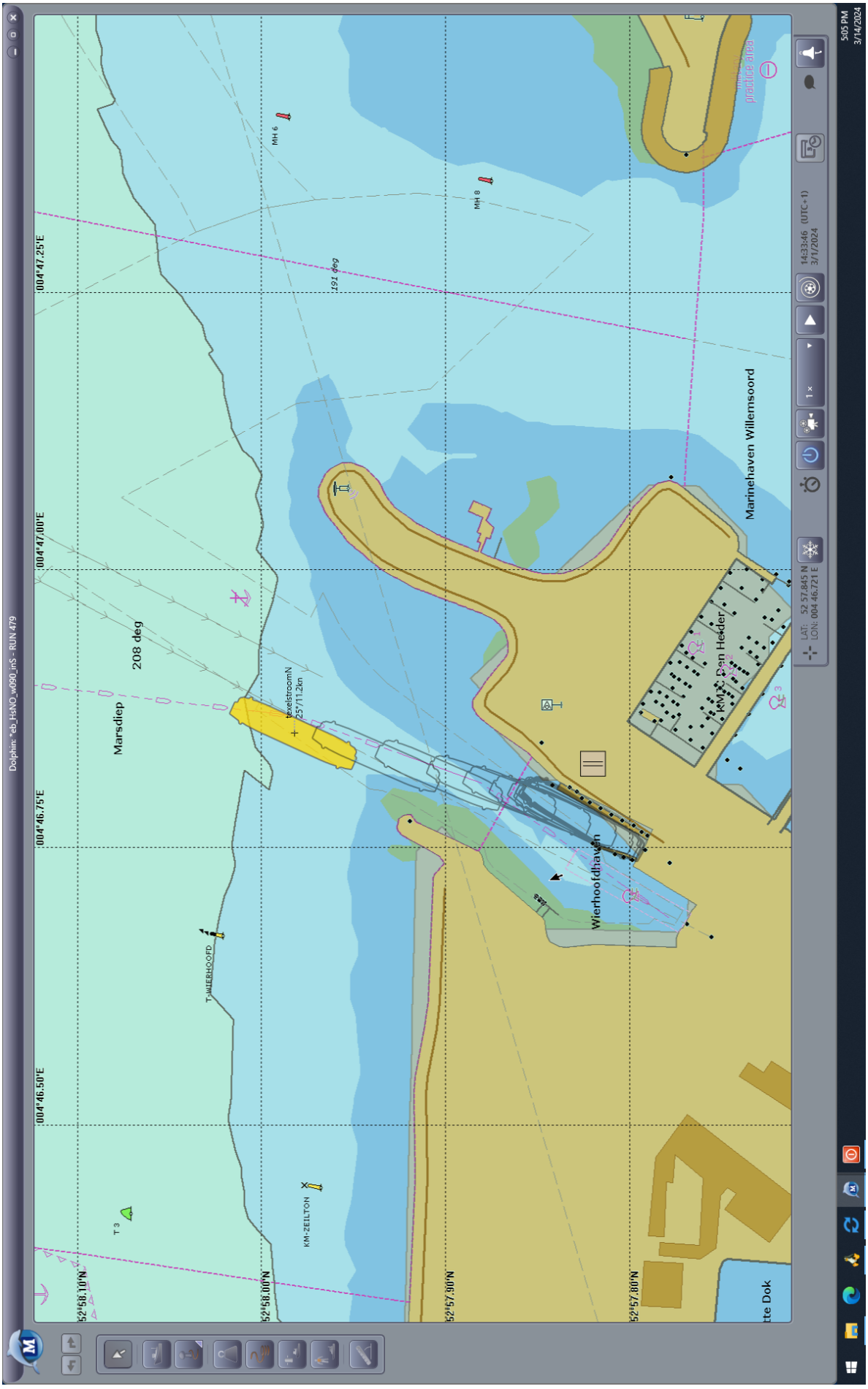
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

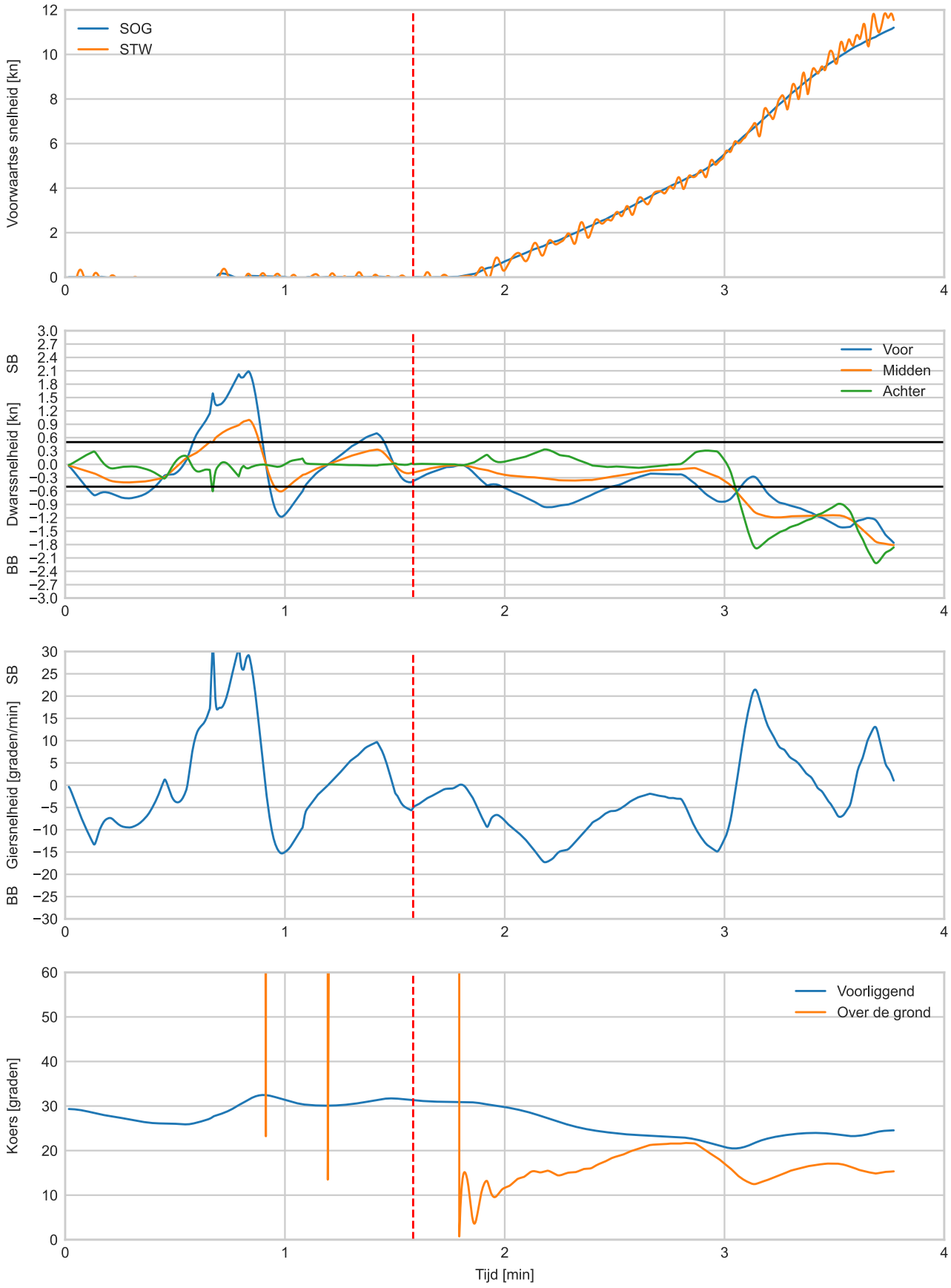
Denhelder	59
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 59d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	60
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 60 a-1



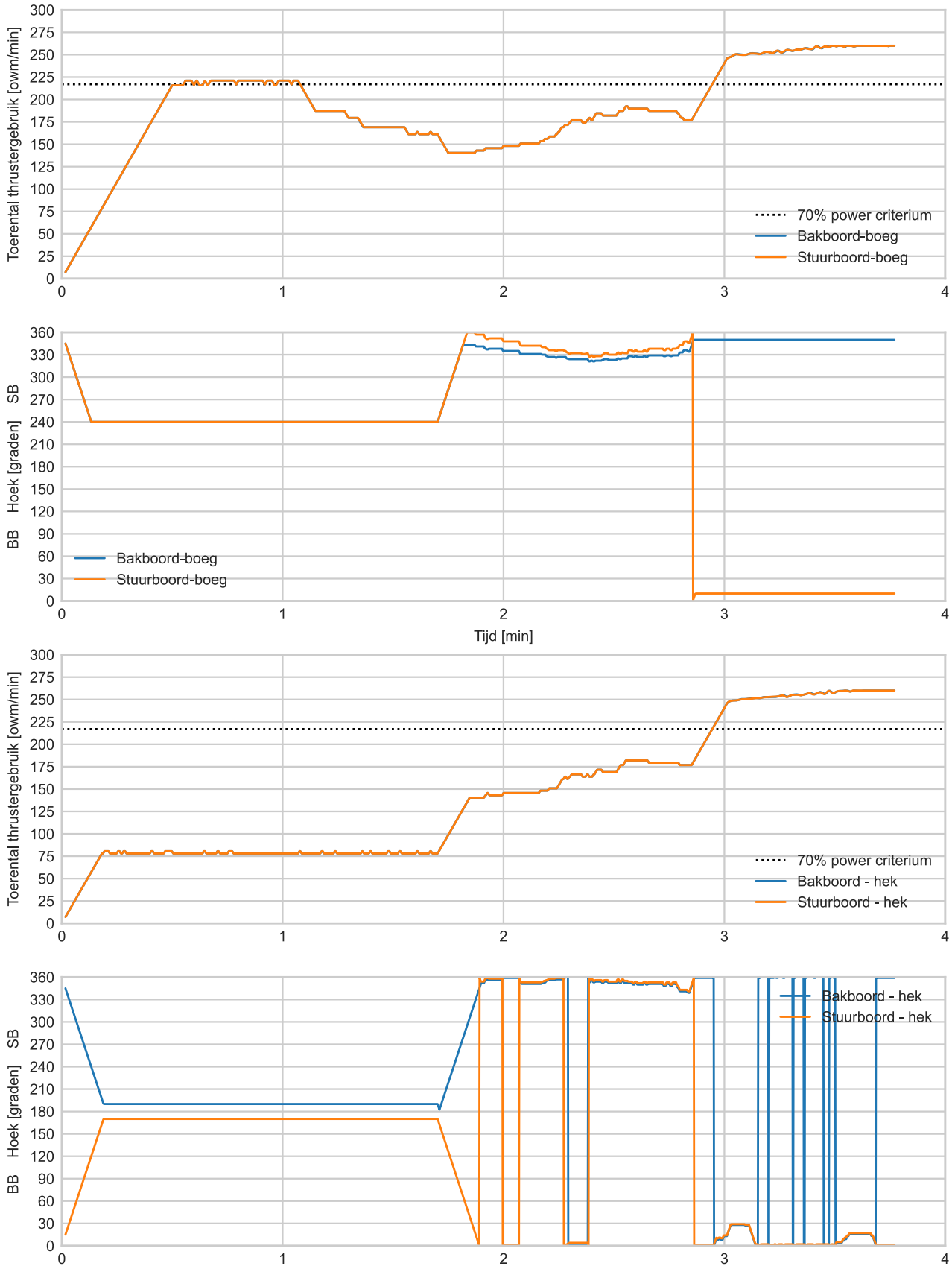
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	60
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 60b

MARIN - Maritime Operations



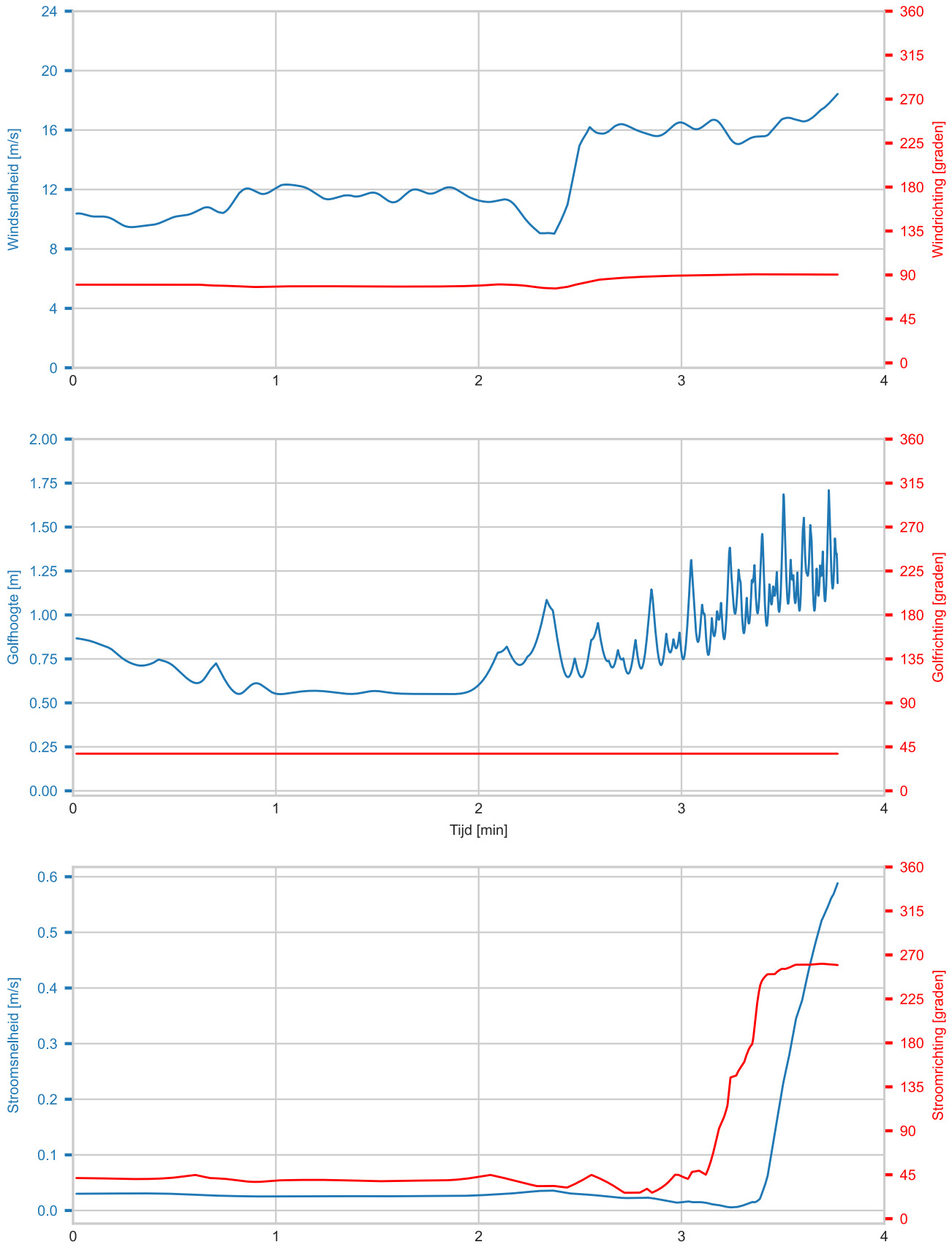
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	60
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 60c

MARIN - Maritime Operations



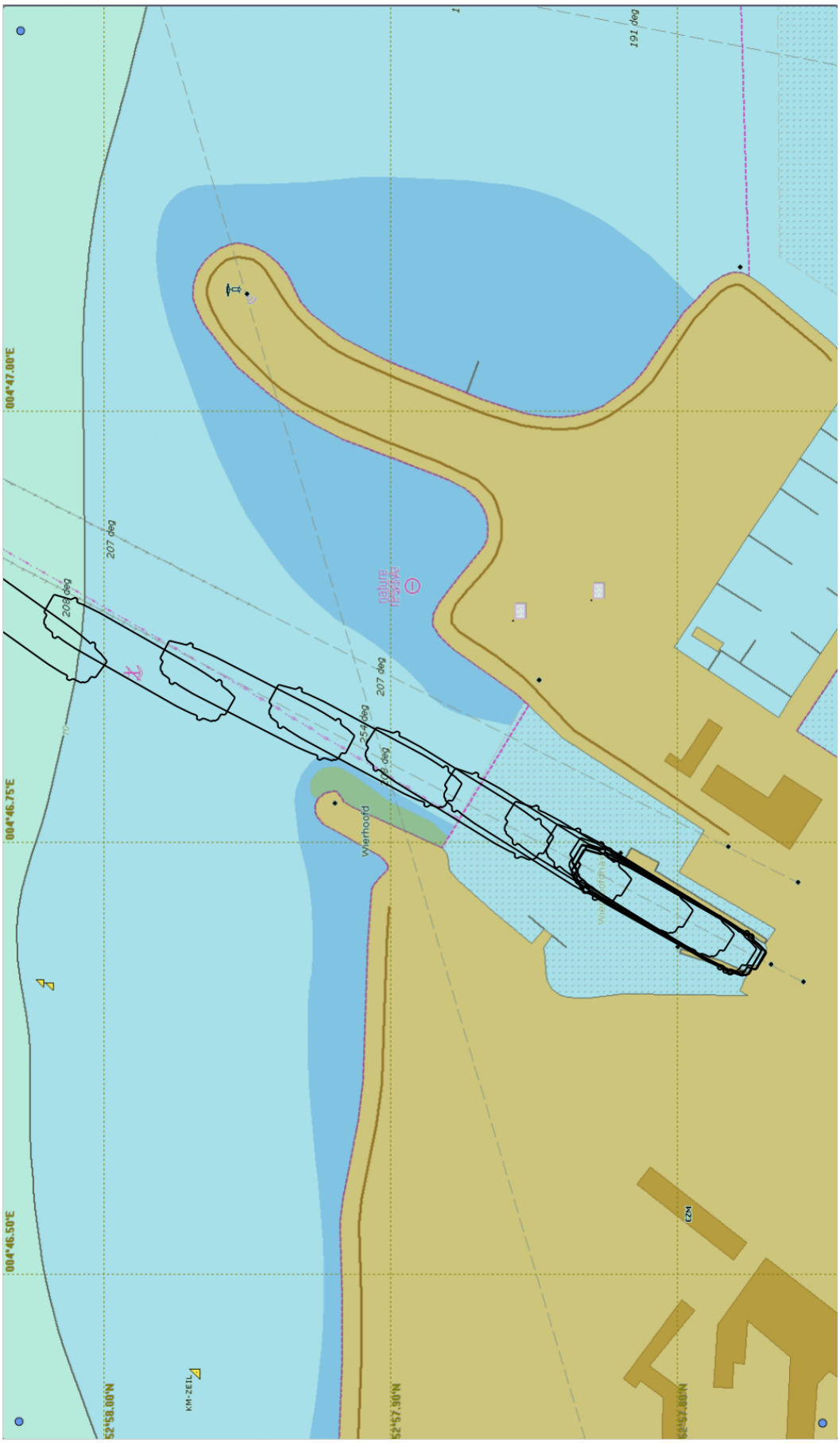
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 90 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

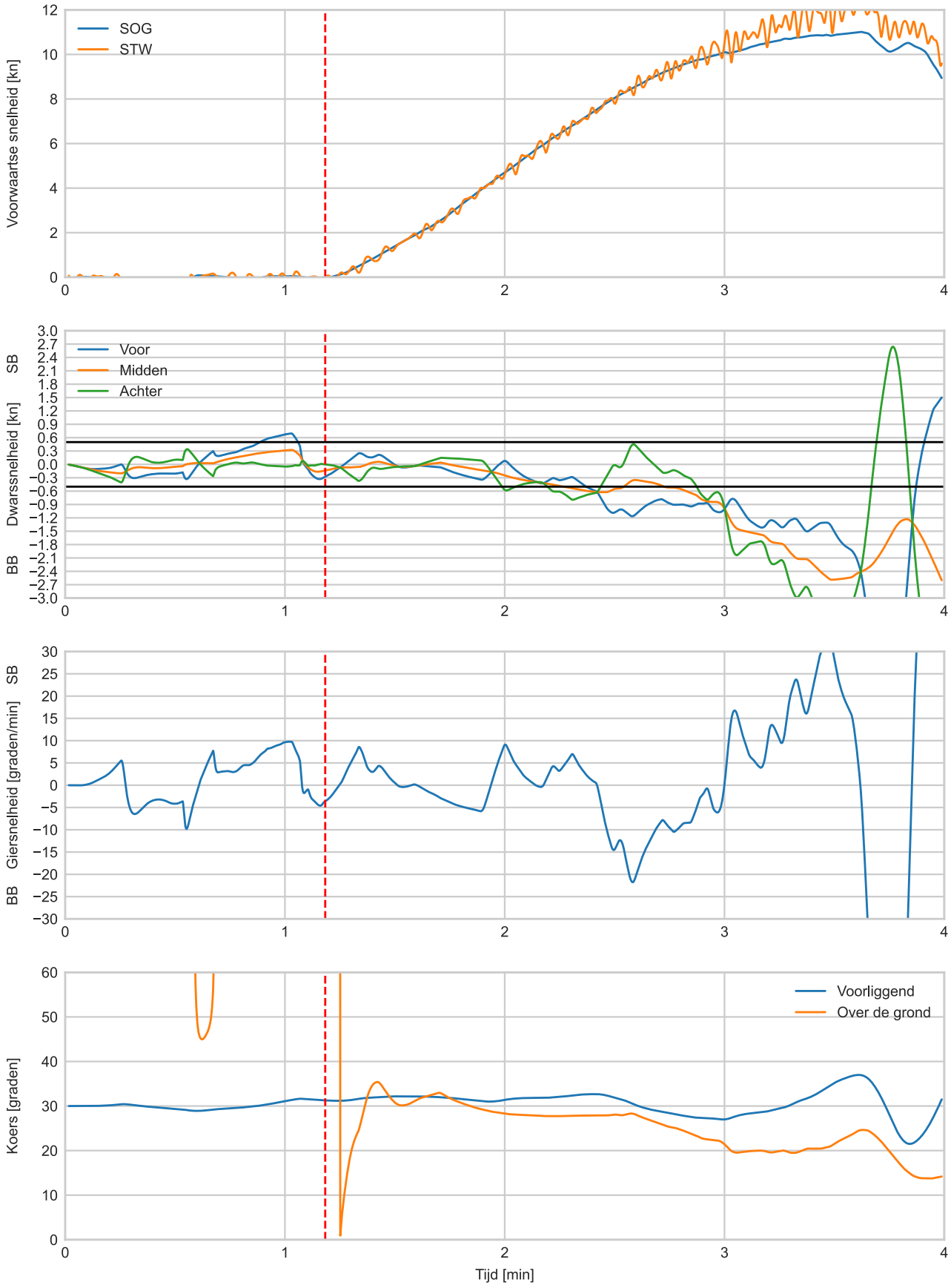
Denhelder	60
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 60d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	61
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 61 a-1



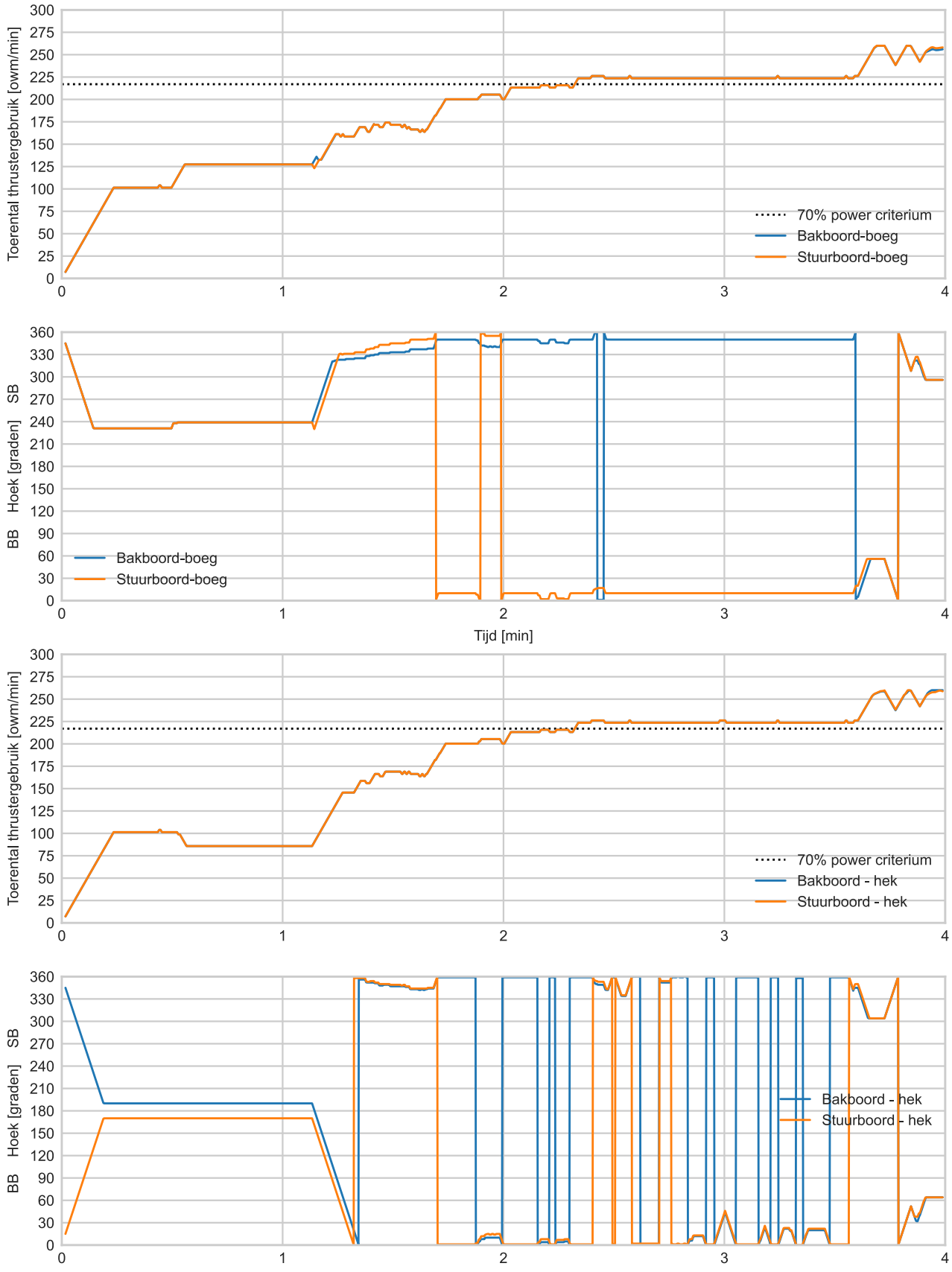
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	61
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 61b

MARIN - Maritime Operations



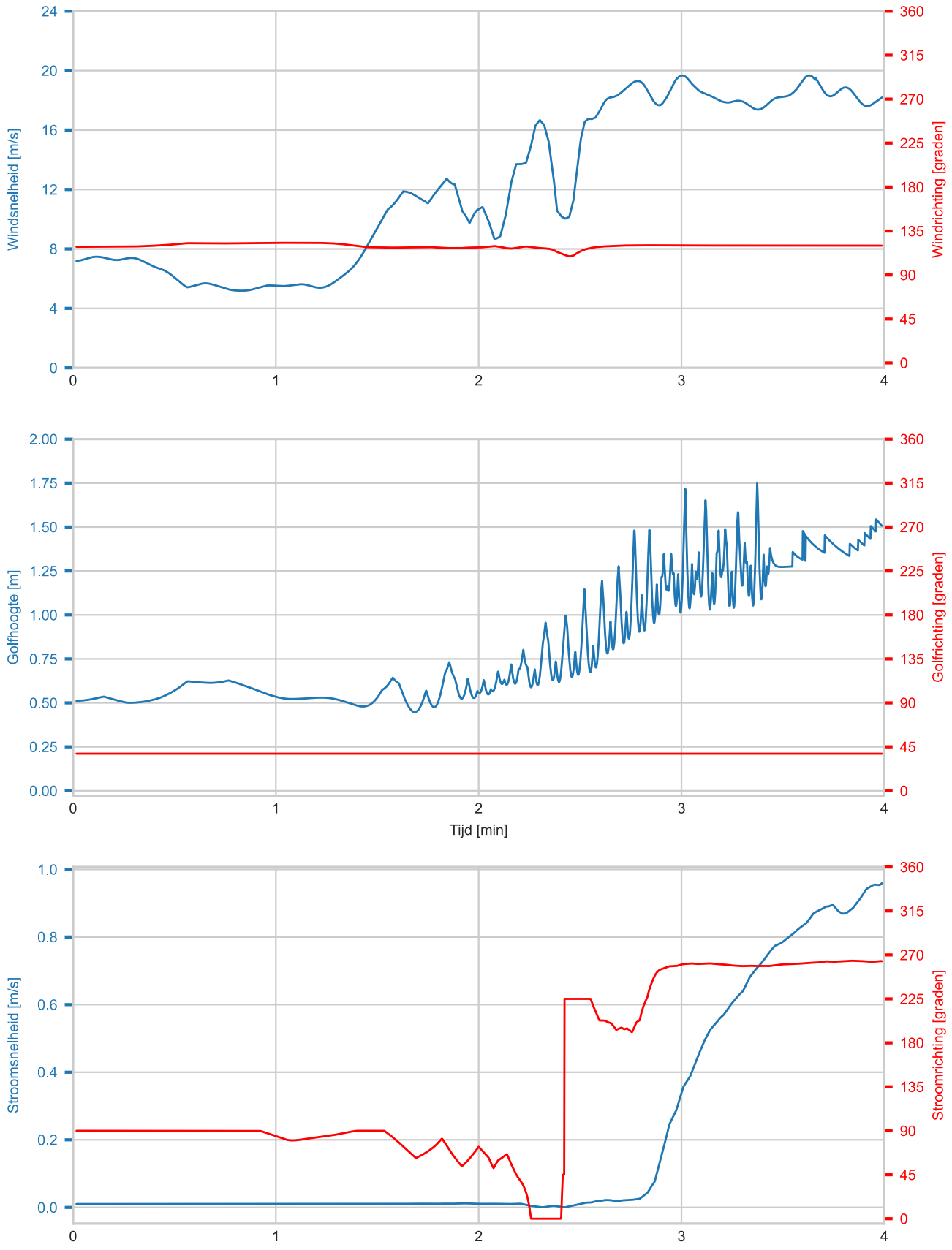
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	61
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 61c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

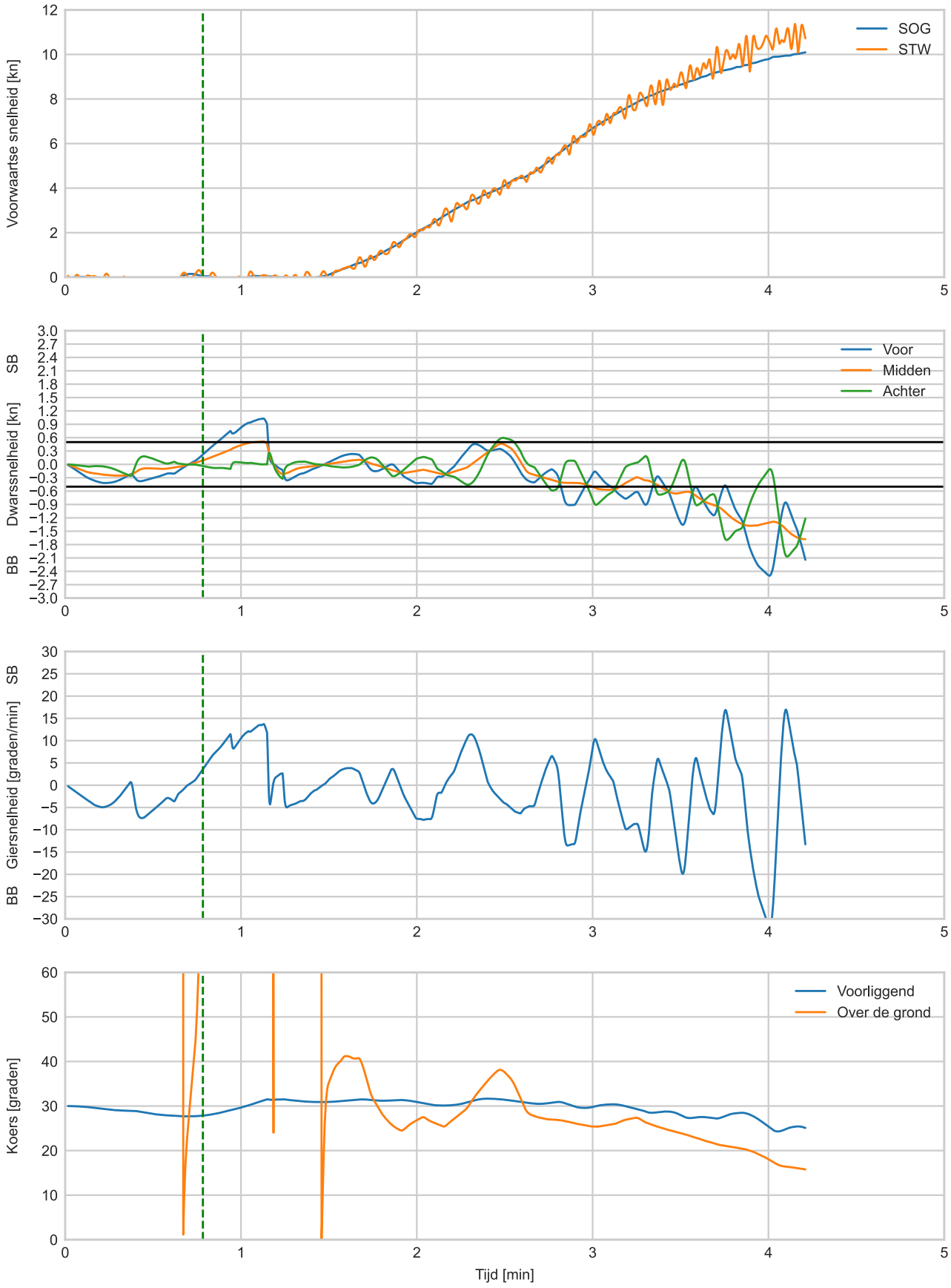
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	61
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 61d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	62
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 62 a-1



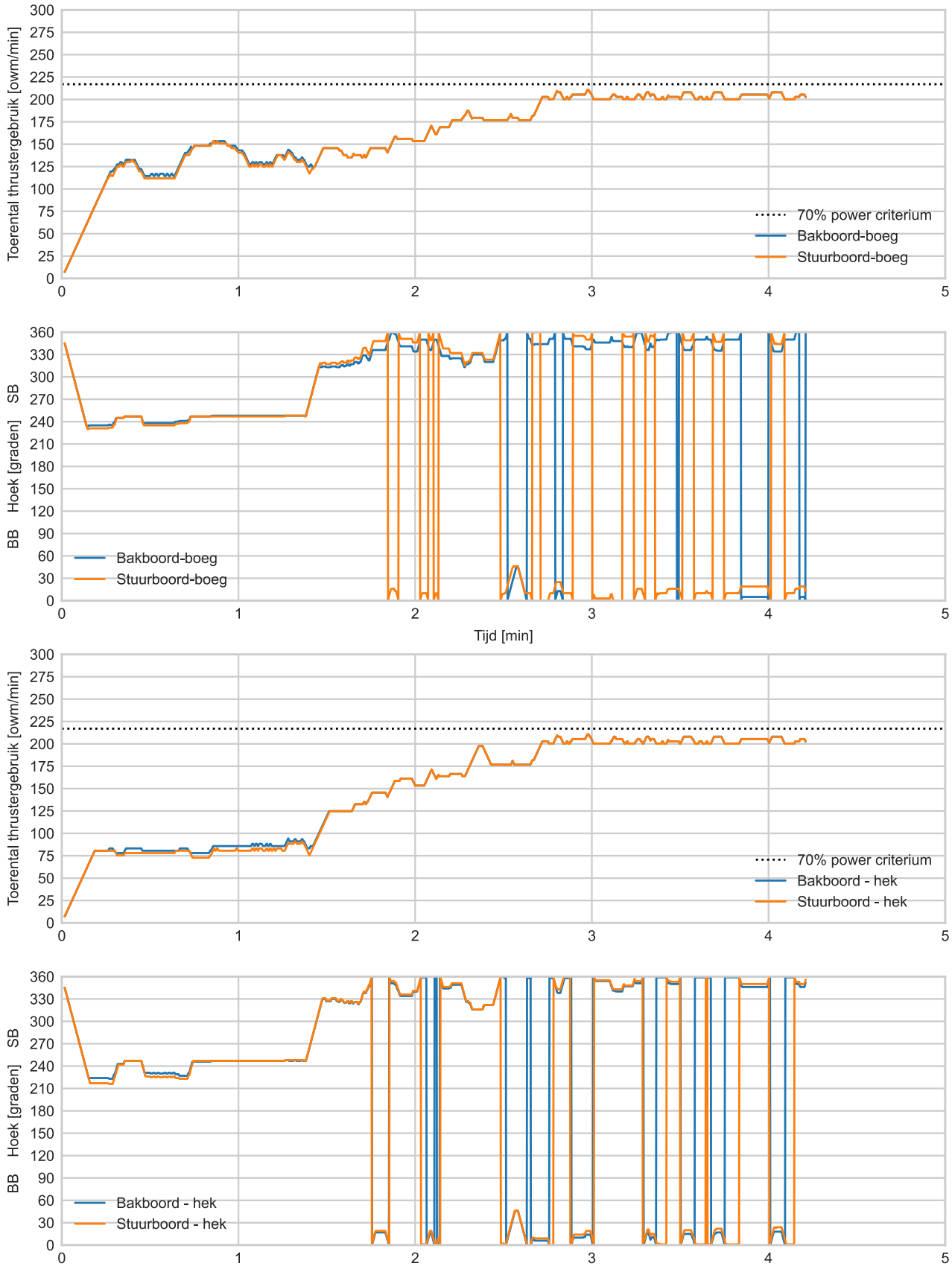
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	62
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 62b

MARIN - Maritime Operations



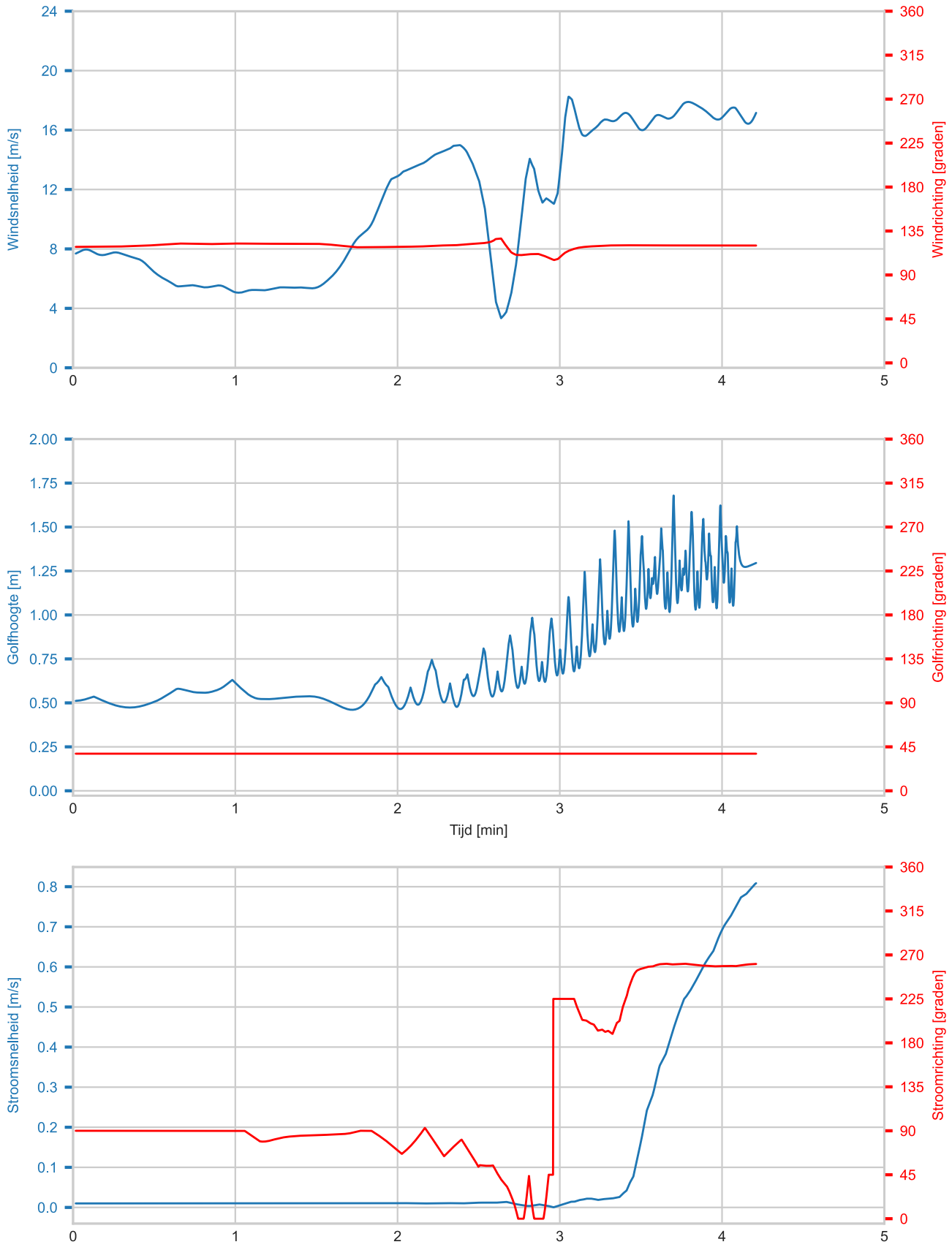
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	62
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 62c

MARIN - Maritime Operations



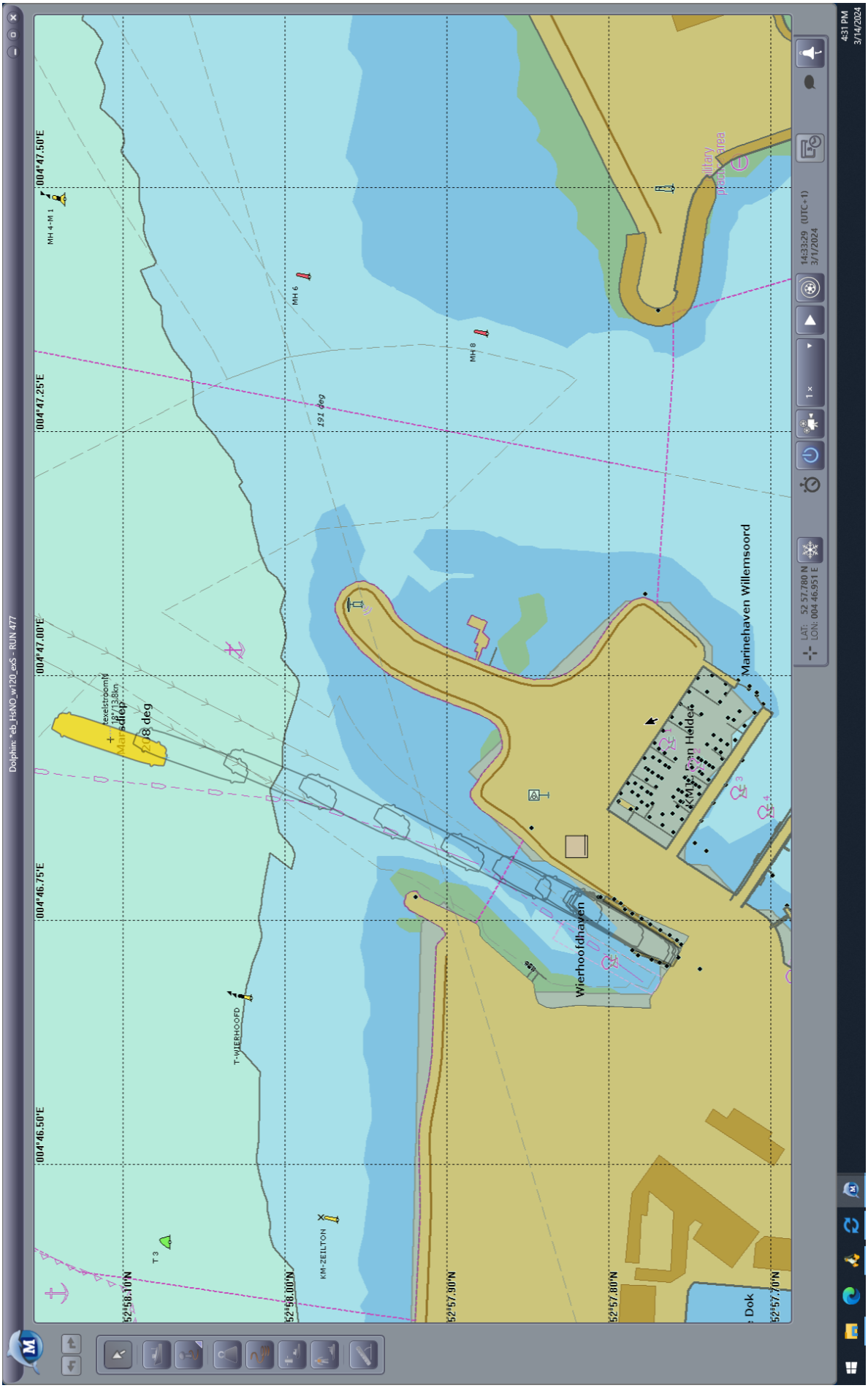
Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

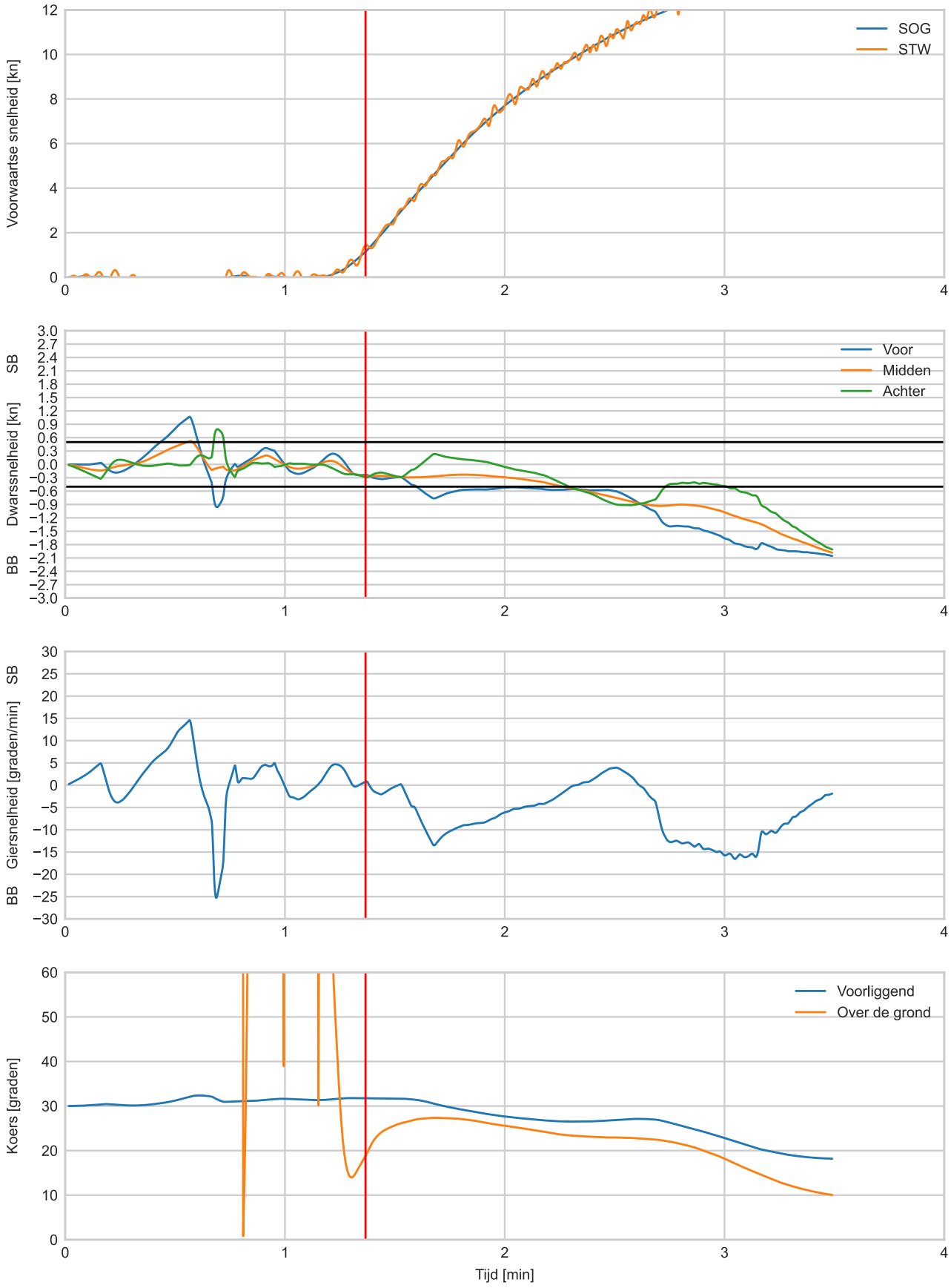
Denhelder	62
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 62d

MARIN - Maritime Operations



Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	63
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 63 a-1



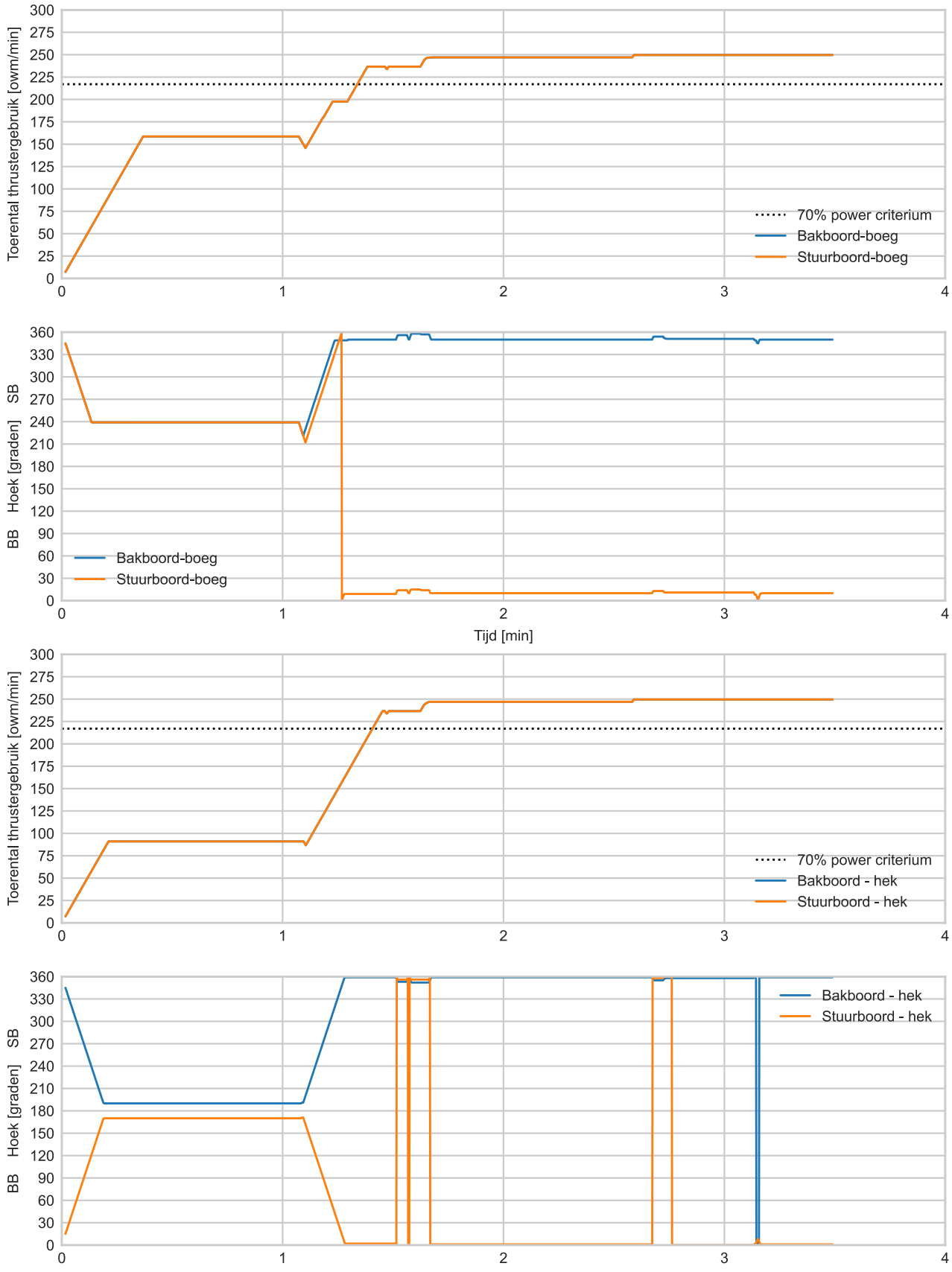
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	63
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 63b

MARIN - Maritime Operations



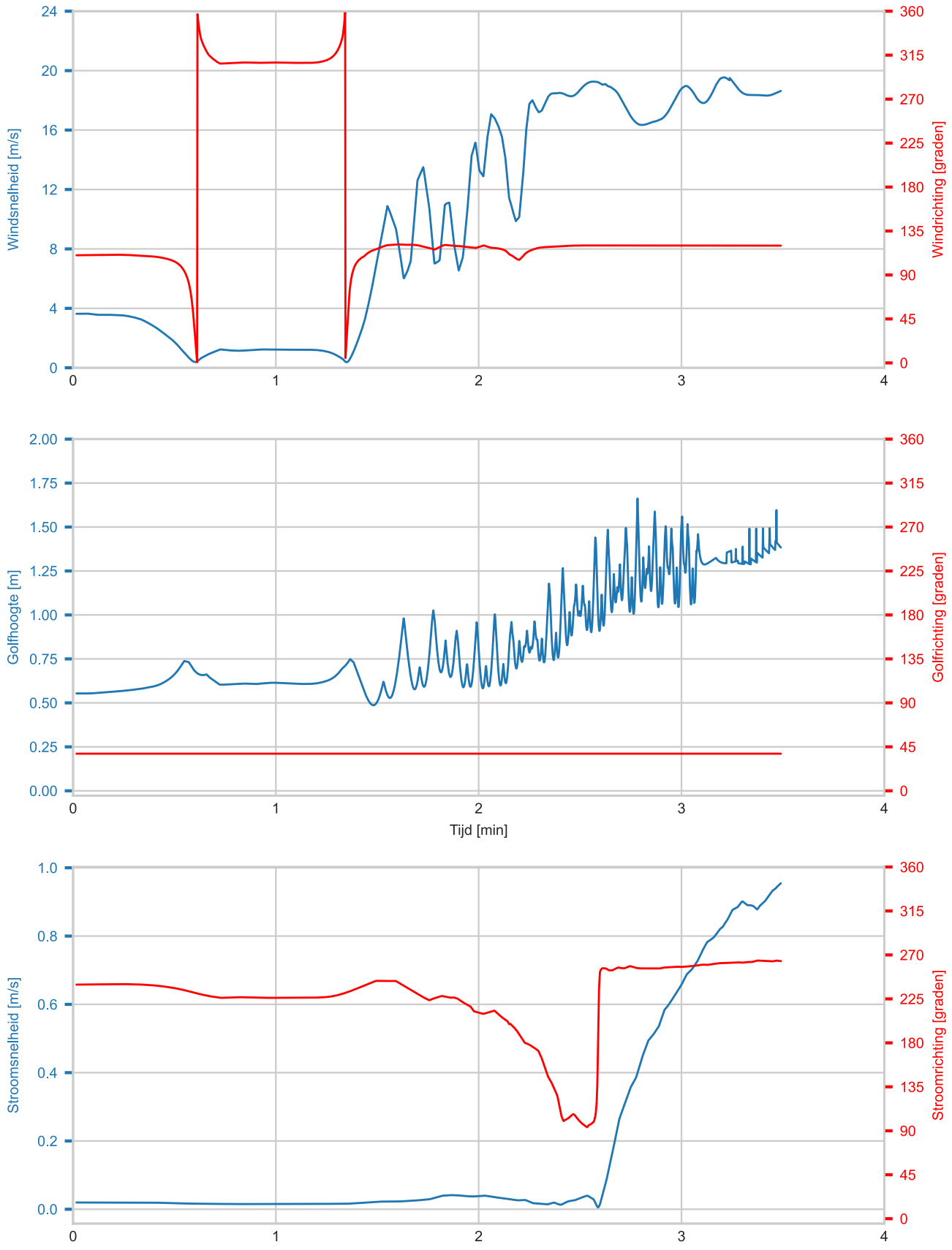
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	63
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 63c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

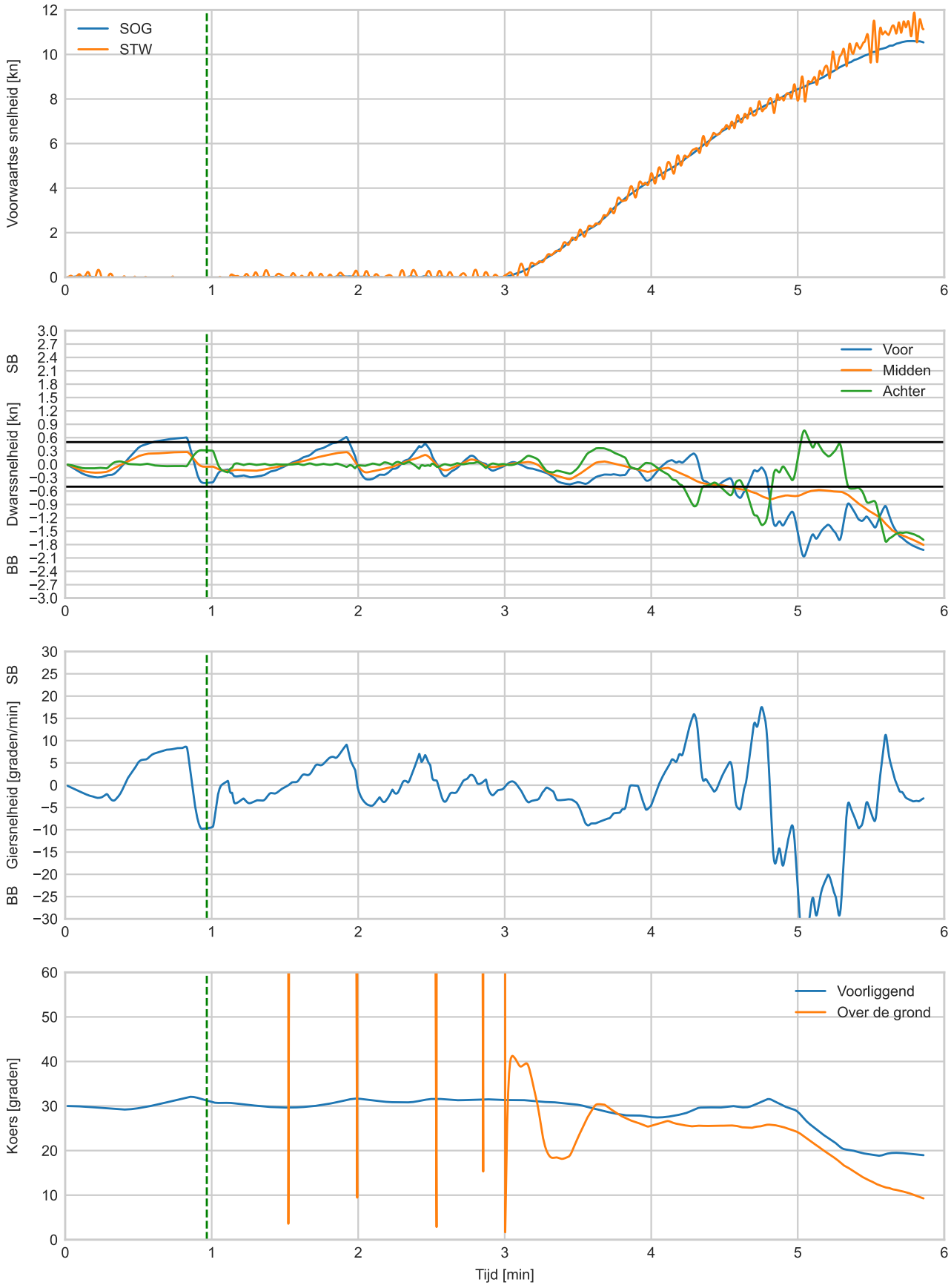
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	63
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 63d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	64
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 64 a-1



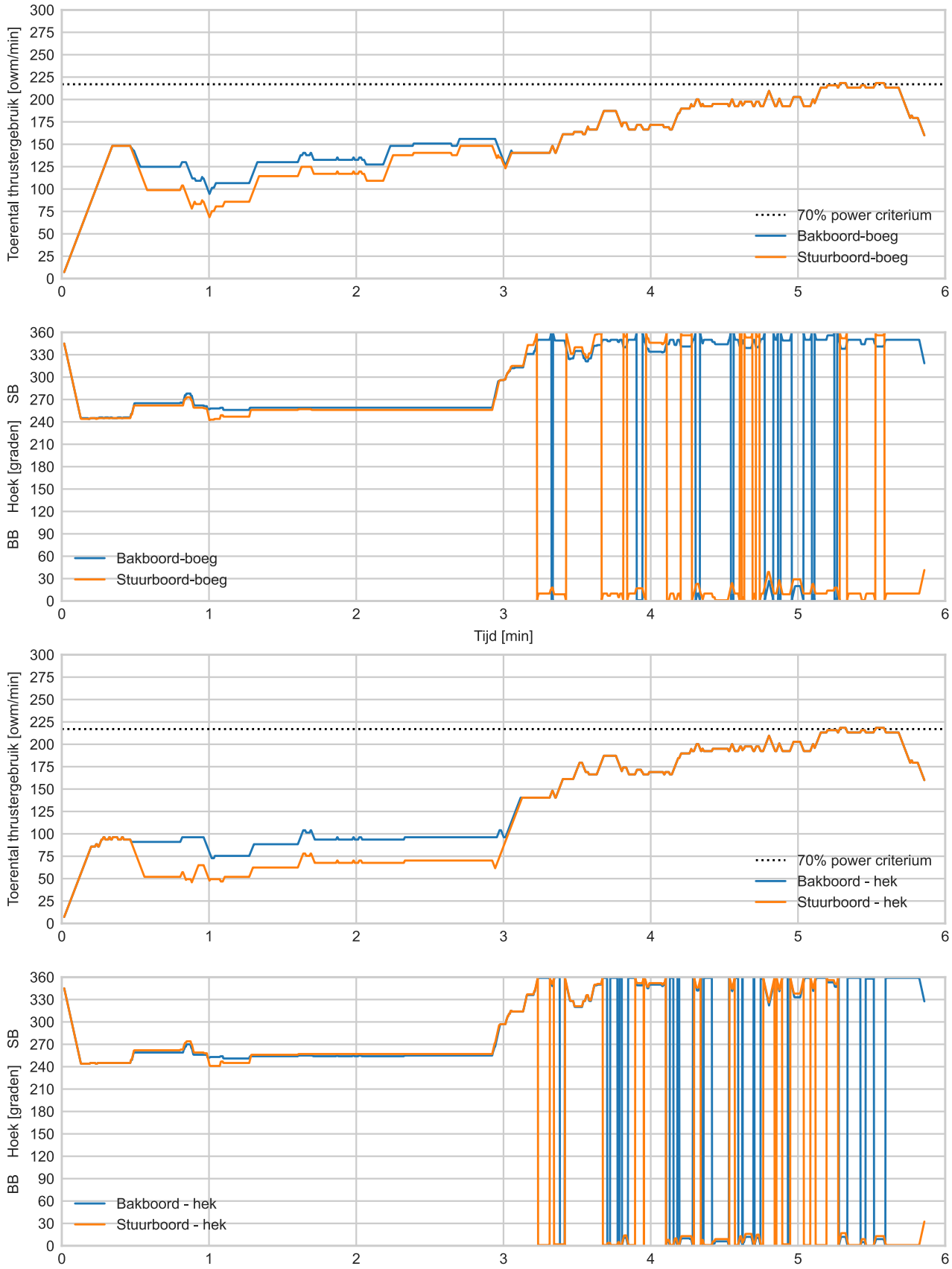
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	64
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 64b

MARIN - Maritime Operations



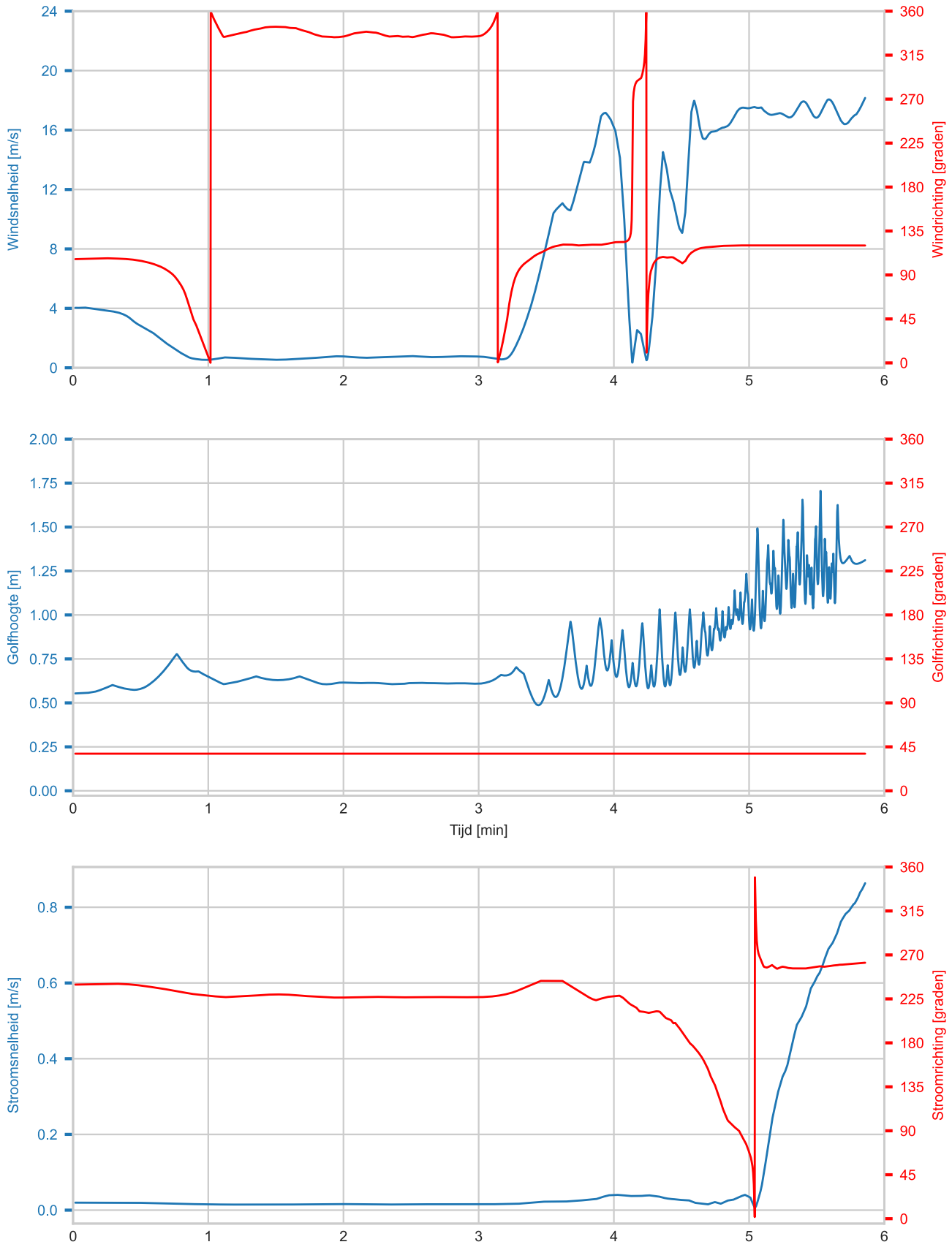
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	64
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 64c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

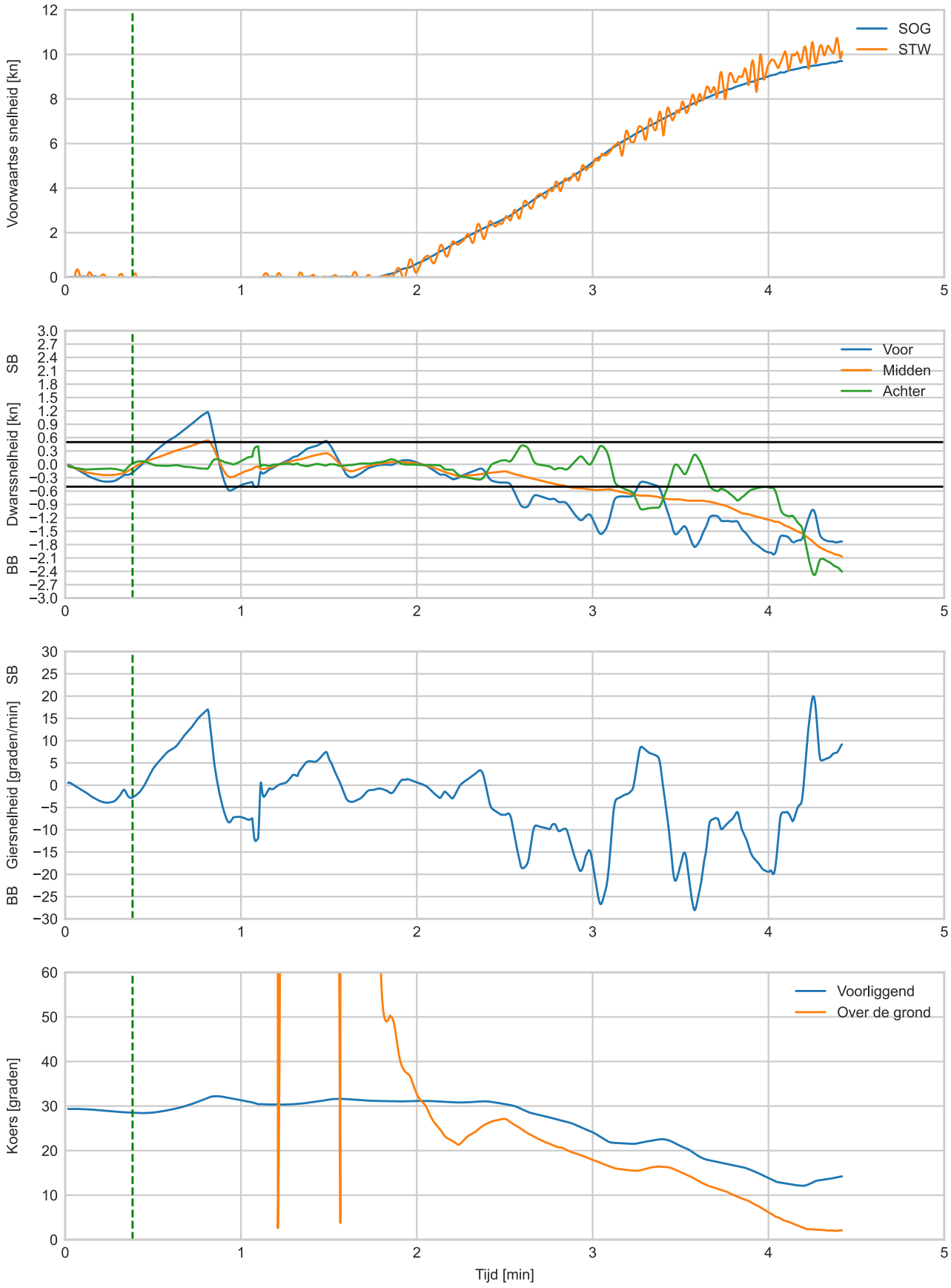
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	64
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 64d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	65
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 65 a-1



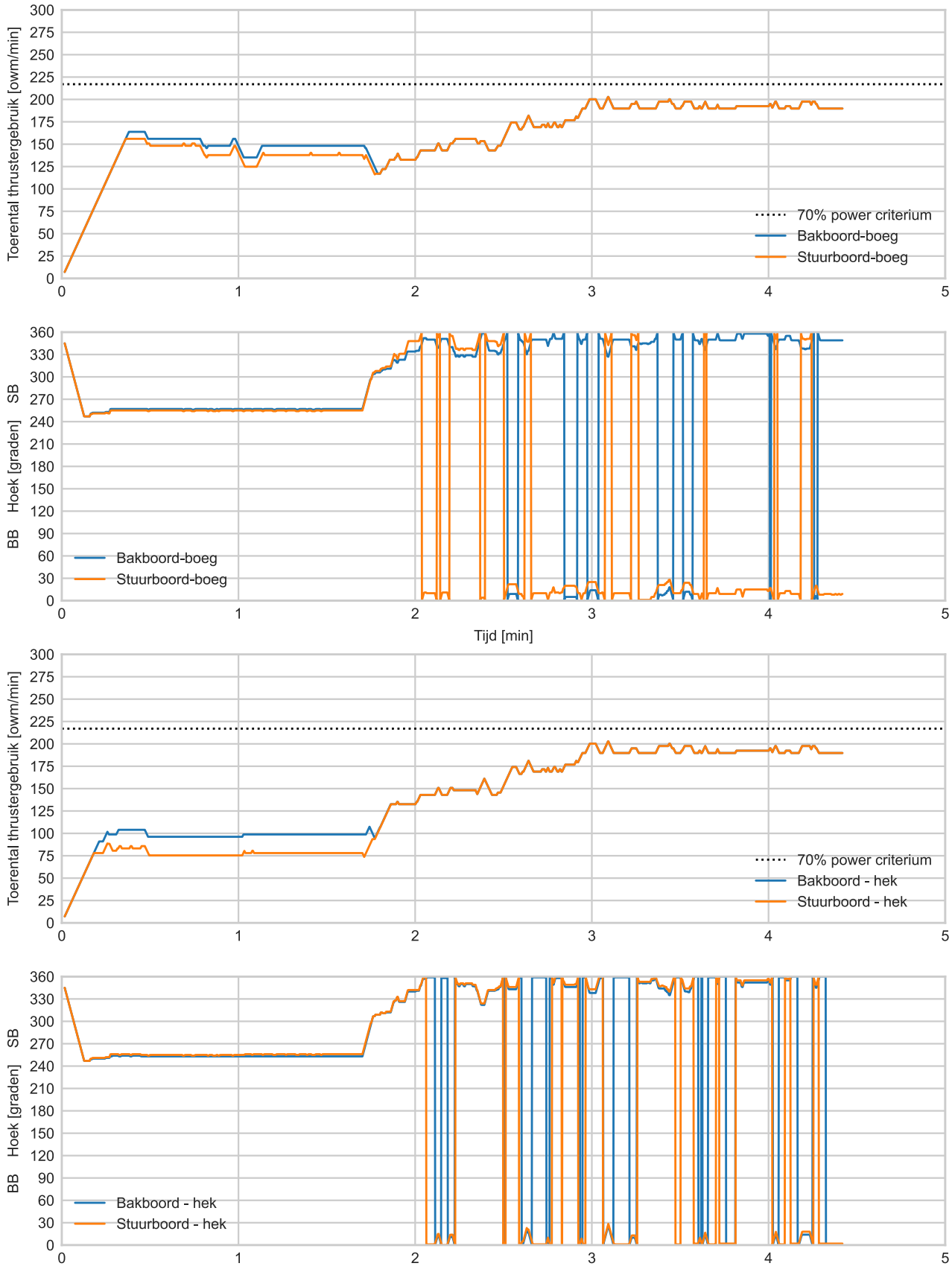
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	65
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 65b

MARIN - Maritime Operations



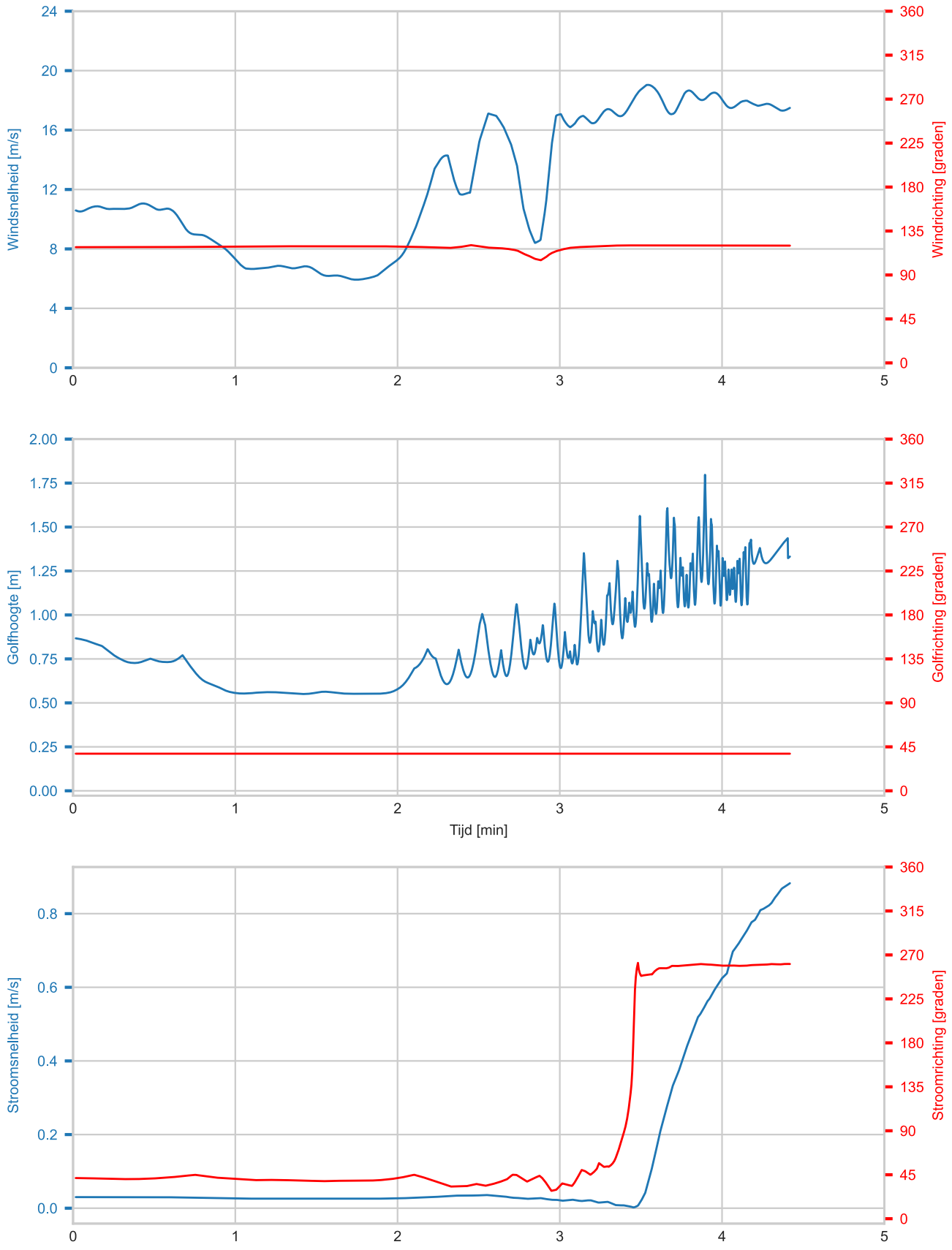
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	65
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 65c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

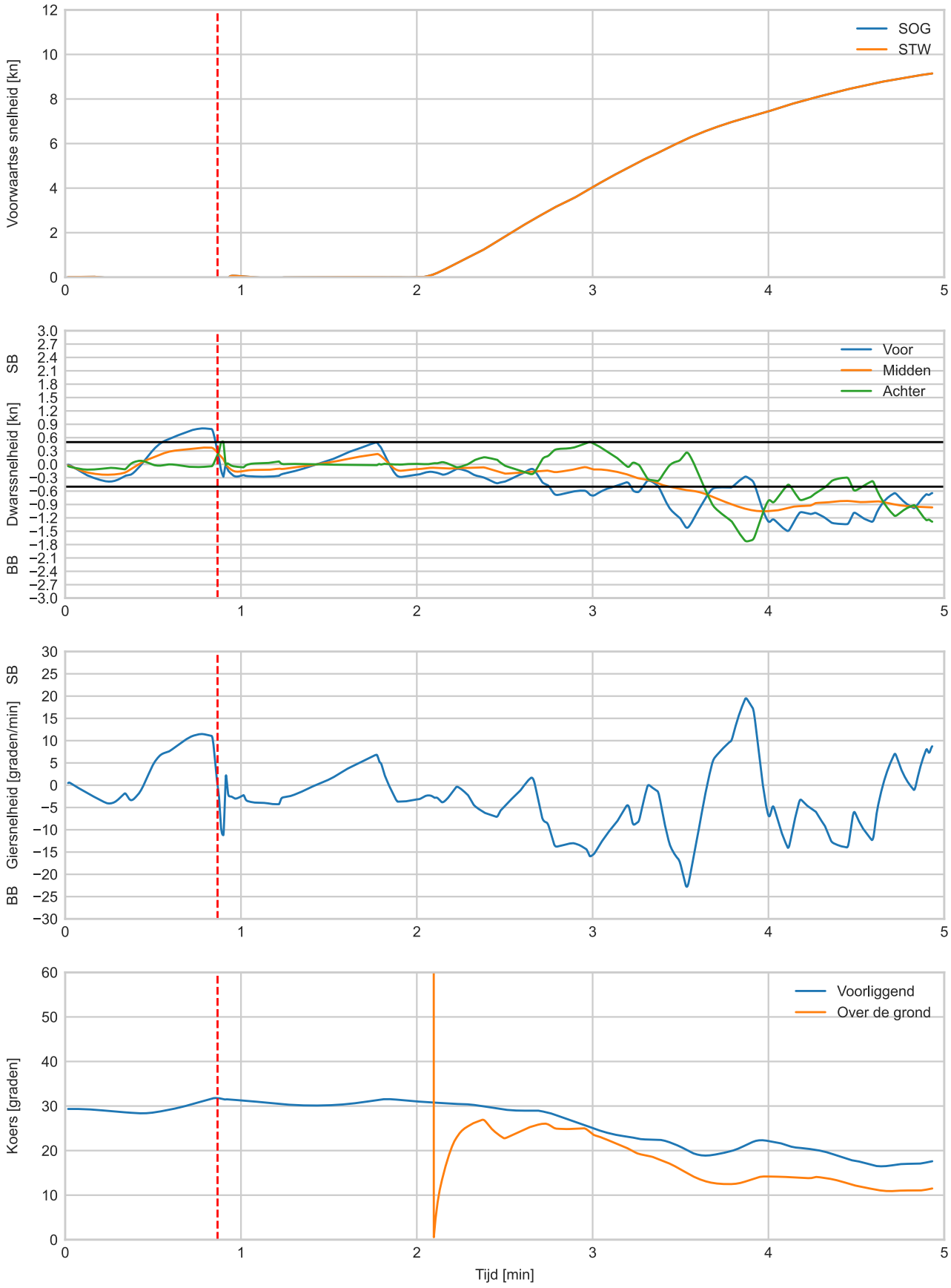
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	65
	V&R veerhavens TESO
35156	fig 65d

MARIN - Maritime Operations

Baanplot

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)	Denhelder	66
Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;		V&R veerhavens TESO
MARIN - Maritime Operations	35156	fig 66 a-1



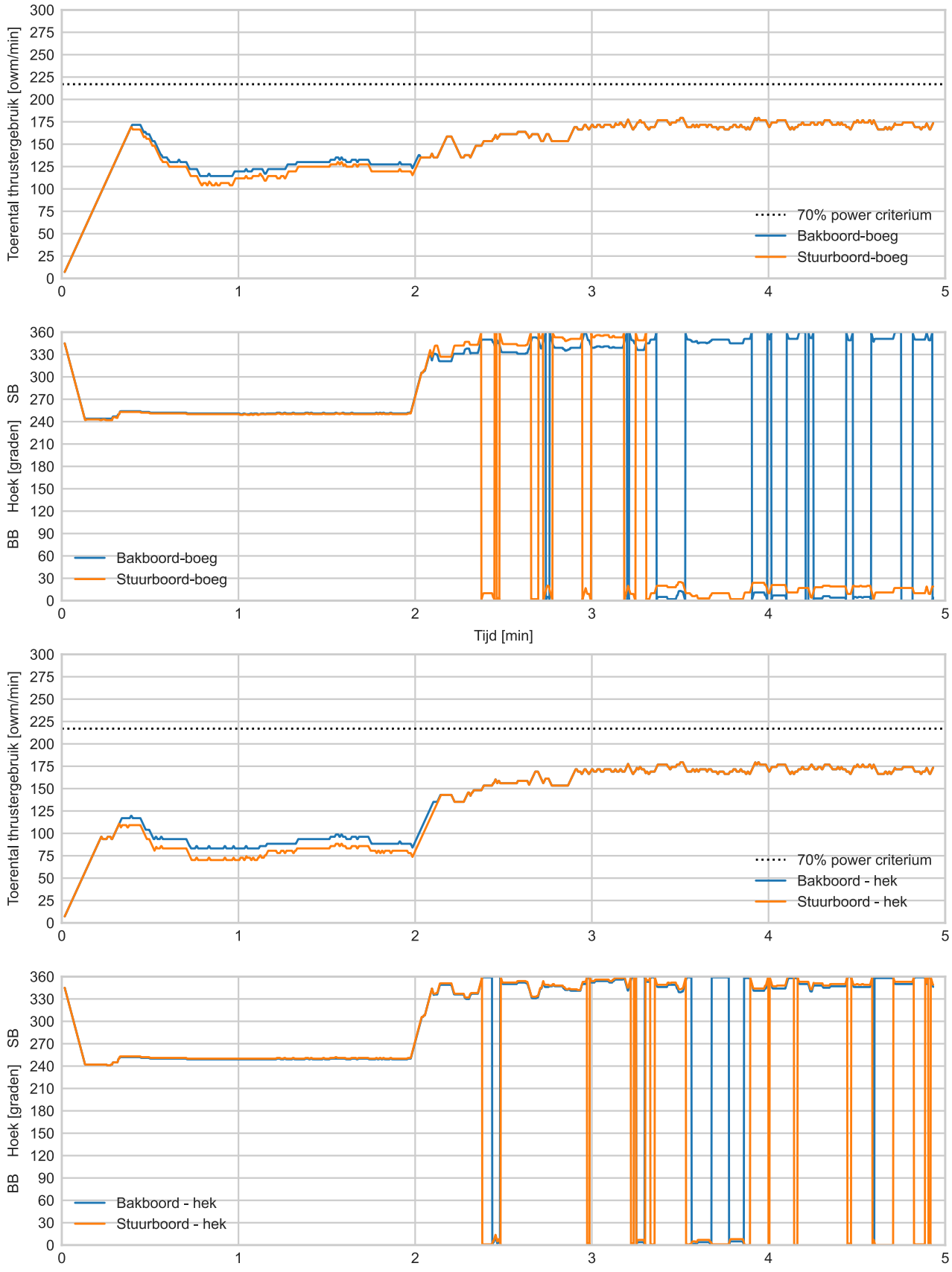
Scheepsbewegingen

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	66
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 66b

MARIN - Maritime Operations



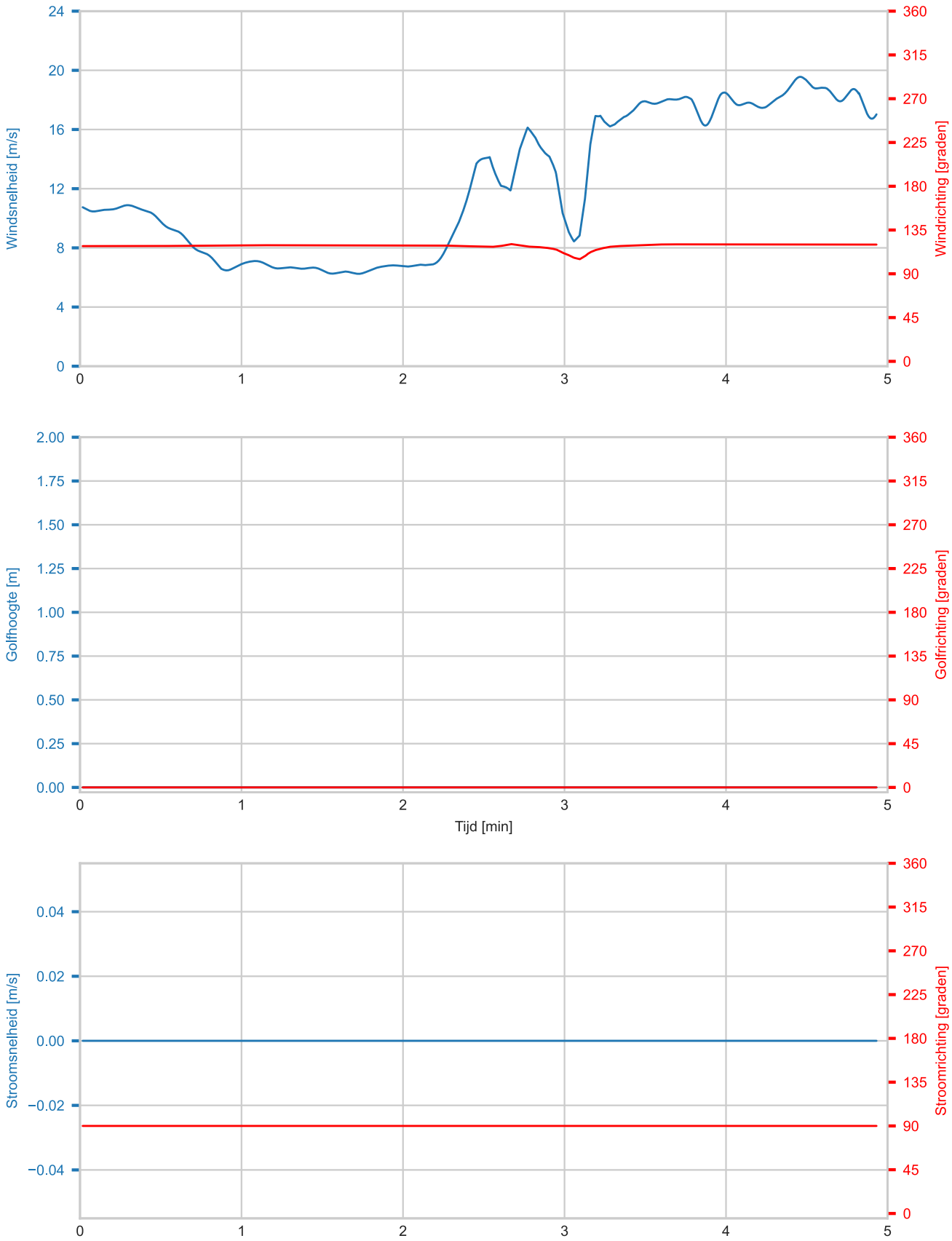
Schroef/roergebruik

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	66
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 66c

MARIN - Maritime Operations



Omgevingscondities

Wind: 17.1 m/s uit 120 °N; Stroom: Eb (naar west)

Golven : Hs=1.84 m, Tp=5 s uit NO;

Denhelder	66
V&R veerhavens TESO	
35156	fig 66d

MARIN - Maritime Operations

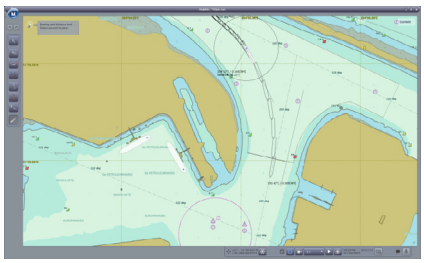
APPENDIX 2 DOLPHIN

DOLPHIN simulation software

MARIN has been an independent and innovative service provider for the maritime industry since 1932. Our services incorporate a unique combination of simulation, model testing, full-scale measurements and training programs. MARIN's goal is to bring these activities closer together. The DOLPHIN simulation software is one of the results.

Purpose

DOLPHIN proceeded from in-house developments and it is the successor of MERMAID simulation software. DOLPHIN is designed for interactive simulations of many types of nautical operations. Due to its open and scalable architecture it can be used for Full Mission Bridges or smaller simulator set-ups with its most compact form on a single laptop, for example for on board use. In addition, DOLPHIN can be used as an engineering tool (eDOLPHIN), bridging the gap between engineers and operators.



Simulation tool

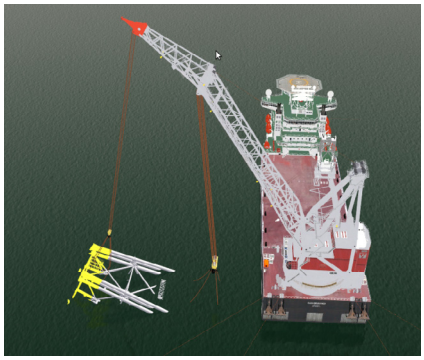
DOLPHIN is used for nautical safety studies and trainings such as:

- Ship-handling operations:
  - Manoeuvring with tugs, lines, winches, bollards
  - Seakeeping in various challenging environmental conditions
  - Nautical safety and operability studies
- Offshore operations
  - FPSO offloading (tandem or side by side)
  - Anchor handling
  - Float-over operations
  - Heavy single or dual lift operations
  - Mooring buoys (BTM, STP and SPM)

The great benefit of DOLPHIN is that it provides maximum flexibility for inserting and controlling objects (such as ships) in scenarios, even during simulation, due to its HLA based architecture. Also repositioning (multiple times) is incorporated for time effective use during trainings.

Engineering tool

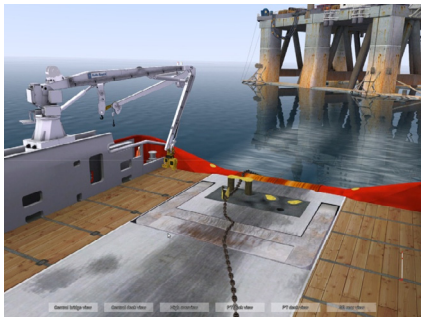
Over the past years MARIN has migrated its engineering calculation tools into MARIN's eXtensible Modelling Framework (XMF) platform. The result is that different XMF based tools can be integrated in one another, functioning as one software tool. This means, for example, that when MARIN's multi-body time domain simulation tool aNySIM XMF and DOLPHIN are integrated in one and the same simulation framework, conceptual studies can be approached from both an engineering and an operator perspective. In short, the aNySIM calculation can be simulated real-time on the DOLPHIN simulator. This is what we call "Bridging the gap".

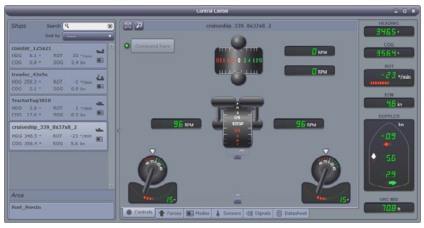


Main software components

DOLPHIN consists of three main layers:

- Full 6DOF hydrodynamic engine (XMF based calculation kernel)
- Flexible middle layer (HLA)
- Main components of the outer layer:
  - Visualisation
- Instructor Operator Station (IOS)





For more information contact MARIN:
SOSC
T + 31 317 49 32 37
E sosc@marin.nl

Once the design is completed, a Full Mission Bridge can be used for training of the operations and fine tune the operational procedures, followed up by Bridge Resource Management (BRM) course.

Full 6DOF hydrodynamic engine

In nautical simulations the mathematical model of the ship is of major importance. Its quality highly determines the outcome of a research/design project. In training projects, the versatility of the model and the mathematical integrity are important in order to present realistic manoeuvring characteristics in all situations.
Within DOLPHIN a wide range of ships can be modelled with corresponding seakeeping behaviour and controls. The models are based on extensive research of MARIN into the field of ship hydrodynamics and port and waterway design. The ship models are six-degrees-of-freedom using the XMF calculation kernel. It takes into account the influence of all external effects like wind, waves (first-order motions, wave drift), tidal currents, shallow water, bank suction, ship-ship interaction, tug and berthing line forces, collision forces etc. The models are water depth/draft dependent.

High Level Architecture (HLA)

HLA is an interoperability standard for distributed simulation used to support analysis, engineering and training in a number of different domains. HLA serves as the middle layer of the DOLPHIN simulation framework. Through this middle layer the Dolphin simulation platform is able to interact (i.e. communicate data and synchronise actions) with other computer simulations. One can think of offshore ROV and crane simulators, but also aircraft and combat simulation systems.

Visualisation

Visualisation plays an important role in live simulations. The Dolphin simulation technology integrates with a high-end, modular visualisation technology. Being completely modular in set-up and configuration, it can be used successfully on small, medium and large bridge simulators by adding visual channels according to the client's needs.

Note: All 3D pictures in this leaflet are screenshots of the actual visualisation during simulation.

Instructor Operator Station (IOS)

The IOS is a Windows based intuitive, user friendly interface. Basically, it consists of a 2D area view that uses genuine ENCs and an ECDIS-kernel and a set of control GUIs for creating, monitoring, controlling and debriefing the simulation. This modular set-up gives the instructor the ability to obtain an immediate situational awareness and allows for modifying essential elements such as ships, lines, winches, wind, wave and current fields as well as the weather in a straightforward manner.
Any of the parameters, such as line forces, speed, UKC or otherwise, can be put into a time graph for better monitoring over a longer period. This can be done during run-time and serves for debriefing purposes as well.

M A R I N
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

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

I www.marin.nl

Public