



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

Veilige vaarsnelheid Waddenzee voor kleine, passagiers vervoerende schepen in het donker

Onderzoek naar de voorwaarden waaronder kleine en snelle schepen in het donker het personenvervoer van en naar de Waddeneilanden veilig uit kunnen voeren

Rapport nr. : 77008-1-MO-rev.3.1
Datum : 16 januari 2026
Versie : rev. 3.1
Definitief rapport

Veilige vaarsnelheid Waddenzee voor kleine, passagiers vervoerende schepen in het donker

Onderzoek naar de voorwaarden waaronder kleine en snelle schepen in het donker het personenvervoer van en naar de Waddeneilanden veilig uit kunnen voeren

Opdrachtgever : Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat,
Directie Maritieme Zaken
Rijnstraat 8, Den Haag

Gerapporteerd door :

Paraaf management :

Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
Rev. 1.0	17 november 2025	Intern Concept-deel 1	intern
Rev. 1.1	30 november 2025	Intern Concept- deel 1 en 2	intern
Rev. 2.1	17 december 2025	Concept rapport, herzien na externe review door opdrachtgever	intern
Rev. 3.0	31 december 2025	Definitief rapport, herzien na externe reviews door een deel van de stakeholders	intern
Rev. 3.1	16 januari 2015	Definitief rapport, op verzoek van opdrachtgever herzien na externe reviews door een deel van de stakeholders	intern

MANAGEMENTSAMENVATTING

Op de Waddenzee verzorgen snelle kleine schepen in bijna alle gevallen het vervoer van passagiers wanneer de regulier veerdiensten niet in de behoeften kunnen voorzien. Naar aanleiding van twee zeer ernstige ongevallen waarbij watertaxi's betrokken waren, heeft de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) in haar onderzoeksrapporten aanbevelingen gedaan. Deze aanbevelingen moeten bijdragen aan het bevorderen van de veiligheid op de Nederlandse binnenwateren [Ref 1.][Ref 2.]. Eén van deze ongevallen vond in het donker plaats op de Waddenzee, in het Schuitengat nabij Terschelling.

Sindsdien is er op de Waddenzee sprake van toegenomen toezicht en handhaving op de snelheidsnormen, met name de normen voor kleine snelle schepen tijdens duisternis en inclusief het snelle personenvervoer met een capaciteit van maximaal 12 passagiers. Dit heeft er toe geleid dat tijdens duisternis het snelle vervoer van passagiers van en naar de eilanden onder druk is komen te staan. Dat betreft niet alleen sociaal urgente situaties, maar ook het niet sociaal urgente vervoer van passagiers in de vroege ochtend, late avond en nacht.

Doelstelling van het onderzoek

Vanuit de wens om te komen tot oplossingen voor effectief passagiersvervoer naar de Waddeneilanden in de periode tussen zonsondergang en zonsopkomst, heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Directie Maritieme Zaken (opdrachtgever) aan MARIN gevraagd om te onderzoeken en tot een advies te komen over wat een veilige vaarsnelheid is voor watertaxi's op de Waddenzee, tijdens duisternis. Het hoofddoel is het behouden van maximale bereikbaarheid van de Waddeneilanden in sociaal urgente gevallen zonder daarbij afbreuk te doen aan de veilige en vlotte doorstroming van het scheepvaartverkeer op de Waddenzee.

Uitvoering

Voordat een uitspraak kon worden gedaan over een veilige vaarsnelheid in het donker, moest MARIN vooraf randvoorwaarden schetsen. Het is namelijk in de huidige praktijk in theorie mogelijk om het vervoer van personen uit te voeren met schepen die absoluut niet voor het doel en het vaargebied geschikt zijn. MARIN heeft zich in een technische en operationele (taak)analyse daarom gericht op het vaststellen van een minimum aan eisen voor wat betreft de stabiliteit, constructie, uitrusting, inrichting, infrastructuur, vaarregels, bemanningssamenstelling, opleiding en reddingsmiddelen. Deze vastgestelde eisen fungeren als een set van randvoorwaarden waarop de conclusies met betrekking tot een veilige vaarsnelheid zijn gefundeerd. De aanbevelingen zijn er vooral op gericht om deze set van randvoorwaarden te formaliseren in wet- en regelgeving.

Tenslotte stelde MARIN vast wat onder de gestelde randvoorwaarden veilige vaarsnelheden zijn en wat daarbij, vanuit het oogpunt van veiligheid, als optimale vaarsnelheid gezien moet worden. MARIN concludeert dat er tot en met 50 km/uur en onder alle omstandigheden veilig kan worden gevaren, mits aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. Passagiersverblijven bevinden zich op het achterschip. Wanneer de passagiersverblijven zich overwegend in het middenschip bevinden, dan ligt de maximale veilige snelheid op 40 km/uur;
2. De te varen route loopt door vaarwater waarvan de vaarwegmarkering is verlicht;
3. De schipper is goed bekend met de plaatselijke omstandigheden en de te varen route. Bij een tekort van deze bekendheid nemen de risico's toe in smal en bochtig vaarwater bij vaarsnelheden tot en met 30 km/uur.

Bij het bepalen van een optimale snelheid gingen we uit van het behoud van zoveel mogelijk cognitieve ruimte voor de schipper, zodat de schipper zo goed mogelijk in staat is om te anticiperen op onverwachte gebeurtenissen of veranderingen in de omgevingscondities. Uit het onderzoek bleek dat die snelheid ligt tussen de 35 km/uur en 40 km/uur ten opzichte van het water.

INHOUD

PAGINA

MANAGEMENTSAMENVATTING	II
OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN.....	V
1 INTRODUCTIE.....	1
1.1 Aanleiding en onderzoeksvraag	1
1.2 Scope.....	3
1.3 Medewerking van Stakeholders	4
1.4 Leeswijzer.....	5
2 THEORETISCH KADER	6
3 RESULTATEN VOORONDERZOEK	8
3.1 Algemeen.....	8
3.2 Bevindingen uit het vooronderzoek	8
3.2.1 Bevindingen in relatie tot de dagelijkse praktijk	9
3.2.2 Bevindingen in relatie het onderzoek.....	9
4 METHODE	10
4.1 Onderzoeksmethode op hoofdlijnen.....	10
4.2 Onderzoeksfase 1- Technische en Operationele (taak)analyse	11
4.3 Onderzoeksfase 2 - Simulatorstudie	11
4.3.1 Voordelen en beperkingen van simulatoronderzoek	11
4.3.2 Selecteren participanten	12
4.3.3 Vaststellen van het vaargebied tijdens de simulaties	13
4.3.4 Opzet Simulaties en Simulatiedatabase	13
4.3.5 Vastleggen van data tijdens de simulaties.....	22
4.3.6 Analyse resultaten simulatoronderzoek	24
5 RESULTATEN EN ANALYSE	27
5.1 Fase 1 – Technische en operationele (taak)analyse	27
5.1.1 Inleiding	27
5.1.2 Wet- en regelgeving	28
5.2 Technische analyse.....	31
5.2.1 Constructie, inrichting, uitrusting stabiliteit, drijfvermogen, bescherming tegen brand en instructies.	31
5.2.2 Uitrusting met navigatie- en communicatieapparatuur	33
5.2.3 Uitrusting met herkenbare verlichting	33
5.3 Operationele taakanalyse.....	34
5.3.1 Infrastructuur	34
5.3.2 Reisvoorbereiding	37
5.3.3 Bemanningssamenstelling	37
5.3.4 Opleiding en training, competenties.....	38
5.3.5 Veiligheidsbeleid	41
5.3.6 Vaarregels en de communicatie met de omgeving.....	41
5.4 Fase 2 – Simulatoronderzoek.....	42
5.4.1 Algemeen	42
5.4.2 Stap 1: Identificeren aantoonbaar onveilige en/of oncomfortabele simulaties	43
5.4.3 Stap 2: Bepalen optimale snelheid tijdens simulatieruns.....	49

6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	57
6.1	Conclusies	57
6.1.1	Minimale eisen aan schip, infrastructuur, operatie, bemanningssamenstelling en bemanningskwalificaties	57
6.1.2	Veilige vaarsnelheid ten opzichte van het water	59
6.1.3	Optimale vaarsnelheid	59
6.2	Aanbevelingen	59
	REFERENTIES	61
	AFKORTINGEN	62
APPENDIX 1	METHODE BEPALEN KOERSONVOORSPELBAARHEID	64

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

Tabel 4-1	Simulatieprogramma voor één participant.....	14
Tabel 4-2	Windsnelheden en corresponderende golfhoogte	18
Tabel 4-3	Hoofdafmetingen en karakteristieken	19
Tabel 4-4	Telegraafstanden en snelheden	19
Tabel 5-1	Categorieën vaartuigontwerpen Wet Pleziervaartuigen/ Richtlijn 2013/53/EU	32
Tabel 5-2	Overzicht simulatieruns met aanvaringen met boeien en/of potentiële grondingen.	43
Tabel 5-3	Overzicht simulatieruns waarbij de norm voor koers-vastheid werd overschreden	47
Tabel 5-4	Overzicht analyseresultaten overschrijding versnellingsnorm.	49
Tabel 5-5	Beoordeling van de mate waarin participanten in staat waren om met een vast toerental te varen	51
Tabel 5-6	Overzicht aantal koerswijzigingen van >10 graden in een tijdsbestek van 3 seconden ..	53
Tabel 5-7	Gemiddeld aantal keren dat een versnelling in verticale en dwarsscheepse richting optrad, bij zware omgevingscondities.....	55
Tabel 5-8	Optima voor alle elementen in stap 2 van het analyseproces	56
Figuur 2-1	Cognitief model menselijk handelen [Ref 5.]	7
Figuur 4-1	Route 1, 20 km/uur, 1600 rpm.....	15
Figuur 4-2	Route 2, 30 km/uur, 2100 rpm.....	15
Figuur 4-3	Route 3, 40 km/uur, 2600 rpm.....	16
Figuur 4-4	Route 4, 50 km/uur, 3000 rpm.....	17
Figuur 4-5	Route 5, 60 km/uur, 3500 rpm.....	17
Figuur 4-6	Windroos voor Waddenzee	18
Figuur 4-7	Visuele weergave van het simulatormodel (bron: MARIN)	19
Figuur 4-8	Foto van de FSSS inclusief de extra displays voor RADAR (links) en ECDIS (rechts) ..	20
Figuur 4-9	Visuele representatie van de omgeving in het buitenbeeld, bij daglicht	21
Figuur 4-10	Visuele representatie van de omgeving in het buitenbeeld, in het donker.....	21
Figuur 4-11	Voorbeeld van de getoonde beelden in de observatieruimte naast de simulator	22
Figuur 4-12	Voorbeeld vastgelegd scangedrag participant	23
Figuur 4-13	Bewegingen die een schip op zee kan maken. Gieren van het schip (yaw) is daarbij de beweging die doet lijken alsof het schip steeds van koers verandert [Ref 7.].....	25
Figuur 5-1	Keurmerk Marine Equipment Directive	32
Figuur 5-2	De vaarroutes naar Terschelling. Links de route door het Schuitengat, rechts de route door de Slenk (bron: OpenSeaMap).....	35
Figuur 5-3	Onderbroken vaarwegmarkering in de route van Holwerd naar Ameland (bron: OpenSeaMap).....	36
Figuur 5-4	Verdeling oog-fixaties voor dag 2, participant 2 (eye-tracker data)	44
Figuur 5-5	Verdeling oog-fixaties voor dag 3, participant 3 (eye-tracker data)	44
Figuur 5-6	Gemiddelde pupildiameter per simulatierun, participant 2.....	46
Figuur 5-7	Histogram verticale versnellingen voorschip, Run 14.....	48
Figuur 5-8	Histogram toerental bakboord schroef, Run-nummer 3 in de individuele programma's ..	50
Figuur 5-9	Gemiddelde pupildiameter participant 2	53
Figuur 5-10	Gemiddelde pupildiameter participant 3	54
Figuur 6-1	Keurmerk Marine Equipment Directive	60
Figuur A-2	Normale navigatieverlichting voor schepen in ons onderzoek.....	64
Figuur A-3	Voorbeeld van een aanneembare afwijking in de zichtbaarheid van boordlichten	65

1 INTRODUCTIE

1.1 Aanleiding en onderzoeksvraag

De reguliere veerdiensten verzorgen het merendeel van het personenvervoer tussen de Waddeneilanden en de vaste wal. De veerdiensten varen volgens een vaste dienstregeling en niet in de nacht. Uit gesprekken met het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) en belanghebbenden in de regio blijkt dat in een aantal omstandigheden de beschikbaarheid van de veerdiensten niet aansluit bij de vervoersbehoeften van personen. Deze zijn in drie categorieën in te delen, op basis van in de gesprekken benoemde voorbeelden:

- Bij noodgevallen, waarbij er sprake is van aanzienlijke schade en gevaar voor mensenlevens. Voorbeelden zijn het redden van mensen in nood op of in het water, het bergen van schepen en het vervoer van patiënten vanaf de Waddeneilanden naar de wal (ambulancevervoer);
- Bij sociaal urgente gevallen, waarbij er vanuit sociaal en maatschappelijk oogpunt bij belanghebbenden een sterke behoefte is voor snel vervoer tussen eiland en vaste wal of tussen eilanden onderling. In het onderzoek zijn de volgende voorbeelden benoemd:
 - Acute en ernstige ziektegevallen van familie op het vasteland;
 - Arrestantenvervoer naar de wal¹;
 - Het vroege en late vervoer van personeel van de wal naar de eilanden, zoals leerkrachten, bouwvakkers, politiemedewerkers, etc.;
 - Het vervoer van reserveonderdelen en monteurs naar de eilanden wanneer veiligheidskritieke infrastructuur defect raakt;
 - Het vervoer van scholieren die vroeg op school moeten zijn, of kleine groepen scholieren die vanaf de eilanden een excursie willen doen;
 - Op de eilanden gestationeerde brandweermedewerkers die voor noodzakelijke oefeningen en trainingen in de avonduren naar de wal moeten (en weer terug);
 - Sportteams die voor wedstrijden aan de wal soms vroeg weg moeten of 's avonds laat weer terug komen;
- Bij niet sociaal urgent vervoer, zoals bijvoorbeeld toeristen.

Op de Waddenzee verzorgen snelle kleine schepen in bijna alle gevallen het vervoer van passagiers wanneer de veerdiensten niet in de behoeften kunnen voorzien. Het gaat daarbij primair om schepen van:

- De Koninklijke Nederlandse Redding Maatschappij (KNRM), voor het vervoer in noodgevallen²;
- Ondernemers die actief zijn in de berging en offshore-sector. In een aantal gevallen verzorgen zij, naast de KNRM, bij noodgevallen ook het patiëntenvervoer;
- Ondernemers die zich uitsluitend richten op het personenvervoer van en naar de eilanden. Dit betreft zowel niet als wel sociaal urgent vervoer van personen.

Al enkele decennia geldt als hoofdregel een maximale vaarsnelheid op de Waddenzee van 20 km/u. Alleen in de betonde vaargeulen van zee naar havens aan de vaste wal en op de "veerbootroutes" naar de eilanden mag daarvan worden afgeweken. Voor de categorie snelle motorboten is deze afwijking daar dan beperkt tot de periode tussen zonsopkomst en zonsondergang. Dit belemmert het snelle vervoer van personen met kleine schepen tussen zonsondergang en zonsopkomst.

¹ De relatief kleine politiebezetting op de eilanden laat geen ruimte om capaciteit voor het bewaken van arrestanten in te zetten. Arrestanten moeten daarom zo snel mogelijk naar de wal.

² Uitzondering is het patiëntenvervoer vanaf Texel. Daarvoor is permanent de veerdienst (TESO) beschikbaar.

De Waddenzee is een binnenwater³ waarop het Binnenvaartpolitiereglement (BPR)⁴ van kracht is. Het BPR definieert “snelle motorboot” als een klein schip dat, bij gebruikmaking van zijn mechanische middelen tot voortbeweging, sneller dan 20 km per uur ten opzichte van het water kan varen. Daarbij is sprake van een “klein schip” als het betreffende schip <20 meter is en bovendien niet meer dan 12 passagiers mag vervoeren.

Naar aanleiding van twee zeer ernstige ongevallen waarbij watertaxi's betrokken waren, heeft de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) in haar onderzoeksrapporten aanbevelingen gedaan. Deze aanbevelingen moeten bijdragen aan het bevorderen van de veiligheid op de Nederlandse binnenwateren [Ref 1.][Ref 2.]. Eén van deze ongevallen vond in het donker plaats op de Waddenzee, in het Schuitengat nabij Terschelling.

Sindsdien is er op de Waddenzee sprake van toegenomen toezicht en handhaving op de snelheidsnormen, met name de normen voor kleine snelle schepen tijdens duisternis en inclusief het snelle personenvervoer met een capaciteit van maximaal 12 passagiers. De aangescherpte handhaving betreft ook eisen met betrekking tot het hebben van een *kwalificatiecertificaat schipper* voor de persoon die als schipper vaart⁵. Daarbij vallen deze schepen voor wat betreft bemanningseisen onder de categorie “veerponten”.

De aanbevelingen van de OVV en de toegenomen handhaving op de norm van maximaal 20 km/uur voor kleine snelle passagiers vervoerende schepen met een maximum van 12 passagiers, hebben er toe geleid dat tijdens duisternis het snelle vervoer van passagiers van en naar de eilanden onder druk is komen te staan. Dat betreft niet alleen sociaal urgente situaties, maar ook het niet sociaal urgente vervoer van passagiers in de vroege ochtend, late avond en nacht.

Doelstelling van het onderzoek

Vanuit de wens om te komen tot oplossingen voor effectief passagiersvervoer naar de Waddeneilanden in de periode tussen zonsondergang en zonsopkomst, heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Directie Maritieme Zaken (opdrachtgever) aan MARIN gevraagd om te onderzoeken en tot een advies te komen over wat een veilige vaarsnelheid is voor watertaxi's op de Waddenzee, tijdens duisternis. Het hoofddoel is het behouden van maximale bereikbaarheid van de Waddeneilanden in sociaal urgente gevallen zonder daarbij afbreuk te doen aan de veilige en vlotte doorstroming van het scheepvaartverkeer op de Waddenzee.

Onderzoeksvraag

De vraagstelling vanuit de opdrachtgever leidde, mede na consultatie met ondernemers, tot de volgende onderzoeksvraag:

Wat is een veilige snelheid voor kleine, snelle, passagiers vervoerende schepen op de Waddenzee, op nader te definiëren hoofdroutes, bij duisternis en onder verschillende omstandigheden, gekoppeld aan eisen met betrekking tot constructie, uitrusting en bemanning, met oog voor handelingsperspectief en limieten aan de cognitieve en fysieke belasting van bemanningsleden en voor de veiligheid van passagiers.

³ Binnenvaartregeling: Artikel 1.2, actuele versie geraadpleegd via <https://wetten.overheid.nl/>, op 17 november 2025

⁴ Actuele versie geraadpleegd via <https://wetten.overheid.nl/>, op 17 november 2025

⁵ Binnenvaartbesluit: Artikel 14, lid 1 onder d, 2^e.

MARIN splitste in de eerste fase van het onderzoek de onderzoeksvraag op in 3 (drie) deelvragen:

1. Aan welke randvoorwaarden moeten de scheepsconstructie, uitrusting, apparatuur, bemanningssamenstelling, opleidingsniveau, ervaring, geoefendheid en infrastructuur minimaal voldoen om veilig en snel personenvervoer mogelijk te maken?
2. Bij welke vaarsnelheden is er, gegeven de omstandigheden, een grote kans op onveilige navigatie en/of bootbehandeling en/of communicatie? Van onveilige vaart is ook sprake als de versnellingskrachten op passagiers oncomfortabel of zelfs onveilig zijn.
3. Welke vaarsnelheid is optimaal, gegeven de omstandigheden en met betrekking tot veilige navigatie, bootbehandeling, communicatie en passagierscomfort? Deze vraag is relevant, omdat het optimum zorgt voor de laagste taakbelasting van schippers, en dus voor de meest ruime marges in taakbelasting om adequaat te kunnen reageren op onverwachte omstandigheden en calamiteiten.

1.2 Scope

Het onderzoek richtte zich op het veilige vervoer van maximaal 12 passagiers met schepen kleiner dan 20 meter op de Waddenzee. Het betreft hier het vervoer tussen havens op het vasteland en op de Waddeneilanden, het vervoer tussen deze havens en open zee en het vervoer tussen havens en varende, gemeerde of voor anker liggende schepen op de Waddenzee. Milieueffecten en duurzaamheid vallen buiten het onderzoek.

In tegenstelling tot hetgeen in het initiële Plan van Aanpak was vermeld, heeft MARIN zich in het onderzoek niet tot alleen het *bedrijfsmatige* vervoer van personen beperkt. Gaandeweg het onderzoek groeide het besef dat de veiligheid tijdens noodvervoer en noodgevallen (redding en berging), uitgevoerd door zowel ondernemers als de KNRM, in feite op dezelfde manier en in dezelfde mate in het geding is als tijdens sociaal urgent en niet urgent vervoer. De bereidheid om risico te nemen zal tijdens noodsituaties mogelijk hoger liggen, maar tegelijkertijd is de veiligheidssituatie voor schip, opvarenden, infrastructuur en andere vaarweggebruikers feitelijk niet anders dan wanneer er geen sprake is van noodsituaties. Anders gezegd, MARIN heeft in de uitvoering van het onderzoek en de analyse van onderzoeksinformatie geen onderscheidt gemaakt tussen snel varen in noodgevallen en snel varen voor overige vervoer. In de uitwerking van de conclusies en aanbevelingen komt deze scheiding wel terug.

Dit onderzoek richtte zich bovendien zowel op veilige navigatie, communicatie en bootbehandeling als op passagiersveiligheid. Daarbij hebben veilige navigatie, communicatie en bootbehandeling betrekking op het effectief voorkomen van gevaarlijke situaties die kunnen leiden tot kapseizen, grondingen en aanvaringen met andere schepen en obstakels, voor zover deze een verband houden met de snelheid van het schip. Ook de voorspelbaarheid van het vaargedrag voor andere deelnemers aan het scheepvaartverkeer, is onderdeel van veilige navigatie en communicatie.

Passagiersveiligheid heeft in dit onderzoek betrekking op het voorkomen van letsel zowel tijdens de vaart als in geval van calamiteiten zoals aanvaringen en grondingen. Daarbij is het uitgangspunt dat bij hogere snelheden de impact op het schip en bemanning groter zal zijn, waardoor (bestaande) inrichting, uitrusting en procedures om in dergelijke gevallen passagiers veilig te houden, mogelijk niet of niet meer effectief zijn.

Een aspect dat in lijn ligt met voorgaande, betreft het beoordelen van verschillende (onderdelen van) bestaande normenkaders. Kleine snelle schepen, bedrijfsmatig gebruikt voor het vervoer van maximaal 12 personen, vallen in principe buiten de bestaande formele normenkaders ten aanzien van constructie en uitrusting, zoals bijvoorbeeld de Binnenvaartwet, de Schepenwet en de Wet Pleziervaartuigen. Hetzelfde geldt voor de schepen van de KNRM, voor zover deze schepen bestemd zijn voor het redden van drenkelingen. Bovendien bestaan er verschillende eisen en vrijstellingen met betrekking tot bemanningskwalificaties en bemanningssamenstelling. Tenslotte verwachtte MARIN dat, gezien de

kenmerken van de Waddenzee, soms onderdelen van binnenvaartregelgeving en soms onderdelen van zeevaartregelgeving het best toepasbaar zijn op het bedrijfsmatig vervoer van maximaal 12 passagiers op schepen kleiner dan 20 meter (binnenvaart) respectievelijk 12 meter (zeevaart).

De toepasbaarheid van de verschillende normenkaders viel weliswaar in directe zin buiten de scope van het onderzoek, maar werd zeker meegewogen. Ten eerste omdat dit aspect kon helpen bij het begrijpen en beschrijven van de werkzaamheden van vervoerders en keuzes die daarin worden gemaakt met betrekking tot de aanschaf en inzet van specifieke typen schepen.

Ten tweede omdat de uitwerking van de verschillende normenkaders tot verschillen leidt voor bijvoorbeeld KNRM en ondernemers. Hierdoor is niet in alle gevallen de veiligheid tot op een gelijkwaardig niveau geborgd. Daarnaast kan het mogelijk ontbreken van een gelijk speelveld voor alle vervoerders ook leiden tot meer risicovol vaargedrag. .

1.3 Medewerking van Stakeholders

Het personenvervoer op de Waddenzee dient meerdere belangen en er zijn verschillende “stakeholders” actief. Het Ministerie van IenW en MARIN zien het creëren en behouden van draagvlak bij deze stakeholders als een voorwaardelijke stap voor het succesvol zetten van vervolgstappen op basis van de onderzoeksresultaten.

Bovendien was het voor de uitvoering van het onderzoek van belang dat de verschillende stakeholders medewerking verleenden aan het onderzoek. Dat startte in de aanloop naar het onderzoek met het input leveren op de onderzoeksvraag en het Plan van Aanpak en zette zich voort in het aanleveren van expertise en informatie, praktijkdemonstraties, participatie aan simulatorstudie en het constructief meedenken over risico's en oplossingen.

De hierna benoemde stakeholders hebben, zonder terughoudendheid, vanuit zowel het operationele als het bestuurlijke perspectief en vanuit professionele achtergrond, waardevolle bijdragen aan het onderzoek geleverd.

- Ondernemers
 - Bruuzer, Texel;
 - De Bazuin, Harlingen;
 - Rederij Noordgat, Terschelling;
 - Rederij Doeksen, Terschelling;
 - Veltman Marine Service, Ameland;
 - Bos Marine Services, Lauwersoog;
- KNRM
 - Schippers en bemanning station West-Terschelling;
 - Schipper station Ameland Ballum;
 - Hoofdkantoor IJmuiden;
- Overheid en Bestuur
 - Vertegenwoordigers gemeentebesturen Waddeneilanden (burgemeesters);
 - Ministerie van Defensie, Commando Zeestrijdkrachten, Littoral Manoeuvre Group;
 - Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Directie Maritieme Zaken (opdrachtgever);
 - Rijkswaterstaat Noord-Nederland;
 - Rijkswaterstaat VWM-NO
 - De Inspectie Leefomgeving en Transport.

1.4 Leeswijzer

- Hoofdstuk 0: Managementsamenvatting;
- Hoofdstuk 1: Introductie;
- Hoofdstuk 2: Theoretisch kader;
- Hoofdstuk 3: Resultaten vooronderzoek, complicerende factoren;
- Hoofdstuk 4: Methode;
- Hoofdstuk 5 : Resultaten van het onderzoek, inclusief de analyse van die resultaten;
- Hoofdstuk 6: Conclusies en aanbevelingen.

2 THEORETISCH KADER

Concreet diende het onderzoek zich te richten op het vaststellen van de snelheid die op de Waddenzee en in het donker, *veilig* door kleine snelle schepen kan worden gevaren wanneer er sprake is van niet meer dan 12 passagiers. *Veilige vaart* stond in het onderzoek dus centraal.

In algemene zin kan scheepvaart gezien worden als een complex sociaal-technisch systeem in een dynamische omgeving. Dat betekent concreet dat er sprake is van:

1. Een gecompliceerde technische omgeving bestaande uit infrastructuur en schepen, voorzien van uitrusting, navigatiemiddelen en communicatieapparatuur;
2. Een gecompliceerde organisatorische omgeving die voorziet in wet- en regelgeving, procedures, contracten en verschillende soms tegenstrijdige belangen;
3. Een centrale rol voor de mens in het deelnemen aan het scheepvaartverkeer, het bedienen en besturen van schepen en een verregaande verantwoordelijkheid voor het waarborgen van de veiligheid van schip, opvarenden, het milieu en ander vaarweggebruikers;
4. Wisselende, soms uitdagende en soms ook onvoorspelbare omgevingscondities.

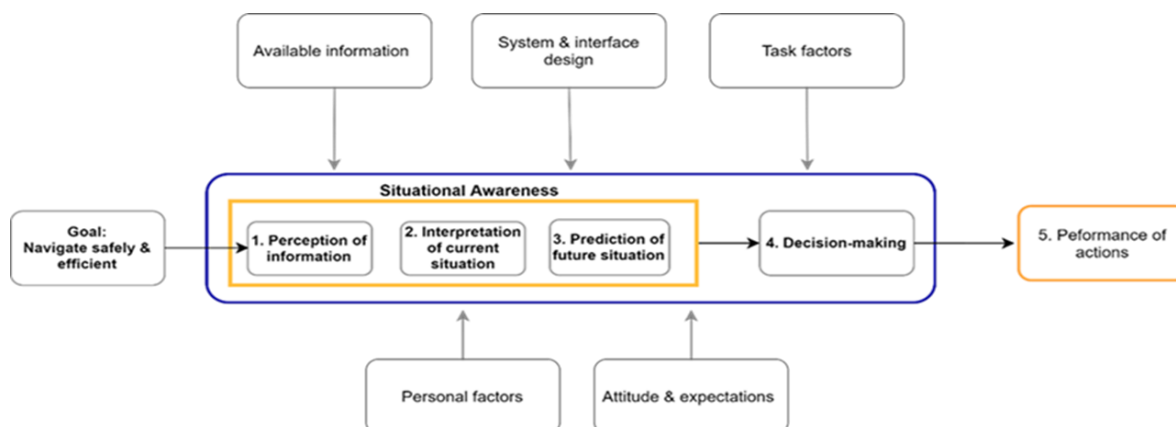
MARIN beschouwt in dergelijke complex sociaal-technische systemen in hoofdzaak drie (3) elementen in relatie tot veiligheid en risico. MARIN baseert zich daarbij op wetenschappelijk literatuuronderzoek op het gebied van Resilience Engineering, Human Factors en Ergonomics:

- Veiligheid en risico zijn beide eigenschappen van het systeem. Door te stellen dat een toename van risico tegelijkertijd een afname van veiligheid betekent, koppelt MARIN deze eigenschappen aan elkaar. In de praktijk betekent dit dat met risico-identificatie, risicoanalyse en beheersmaatregelen risico's kunnen worden teruggedrongen en tegelijkertijd de veiligheid kan worden bevorderd;
- Er is altijd sprake van een compromis tussen veiligheid en economisch/maatschappelijk belang [Ref 3.]. Een systeem zonder risico's kan alleen bestaan door het in z'n geheel buiten werking te stellen. Het voorkomen van ongelukken bij het vervoer van passagiers lukt alleen 100% als er helemaal geen vervoer plaatsvindt. Deze voorstelling van zaken is echter niet reëel. Goederen moeten vervoerd worden en mensen blijven zich verplaatsen, te voet, op de fiets, met auto, trein, vliegtuig of schip. Daarom zal er altijd een compromis bestaan tussen verschillende doelen zoals bijvoorbeeld veiligheid, efficiency, milieu en duurzaamheid;
- De mens in het systeem, bijvoorbeeld de schipper aan boord, is extreem goed in het aanpassen aan de omstandigheden [Ref 4.]. Daarin heeft de wetenschap in de afgelopen jaren een belangrijk nieuw inzicht blootgelegd. De algemene opvatting dat ongelukken voor ongeveer 80% zijn te wijten aan menselijk falen, verandert langzaam naar het inzicht dat mensen in de praktijk veel meer ongelukken voorkomen dan veroorzaken. Dat betekent dat, vertaald naar de dagelijkse praktijk, bij een ongeval de mens in de operatie simpelweg niet in staat was om het ongeluk te voorkomen.

Tenslotte gaat MARIN nog een stap verder, door zich af te vragen wat die mens eigenlijk nodig heeft om veilig te presteren en daarmee ongelukken zoveel mogelijk te voorkomen. Daarin is, op basis van literatuur, het uitgangspunt dat mensen in principe presteren volgens een proces dat is te vangen in een eenvoudig model en dat in hoofdzaak bestaat uit drie stappen [Ref 5.]: (1) Het opbouwen, interpreteren en op de toekomst projecteren van situatiebewustzijn (situation awareness), (2) het nemen van een beslissing (decision making) en (3) het ondernemen van actie (action planning and execution). Het model is weergegeven in Figuur 2-1.

Om dit proces uit te kunnen voeren moeten *middelen* (resources) beschikbaar zijn, in de meest brede zin van het woord. Informatie uit de omgeving, opleiding, training, procedures, wet- en regelgeving, energie, mentale fitheid en capaciteit zijn voorbeelden van dit soort middelen, net zoals het schip zelf. Bovendien moeten deze middelen toegankelijk zijn via bijvoorbeeld beeldschermen, documenten, marifooninstallaties, bediening en opleidingsprogramma's. Zintuigen horen ook thuis in deze categorie.

Omdat de mens (schipper) een centrale rol speelt in het systeem, zien we het falen van dit soort middelen of het ontbreken van toegang tot deze middelen als de belangrijkste oorzaak voor verminderde veiligheid in het systeem. Onze risicoanalyse, die uiteindelijk moet leiden tot een uitspraak over een veilige vaarsnelheid, richt zich dan ook op de beschikbaarheid en toegankelijkheid van de noodzakelijke middelen die een schipper nodig heeft voor een veilige vaart.



Figuur 2-1 Cognitief model menselijk handelen [Ref 5.]

3 RESULTATEN VOORONDERZOEK

3.1 Algemeen

Het onderzoek speelde zich af in een sector die al enige tijd actief is. Dat wil zeggen dat een scala aan middelen bij de verschillende ondernemers en de KNRM in gebruik zijn, die bovendien allemaal in meer of mindere mate van elkaar afwijken.

In aanloop naar het onderzoek heeft al een vooronderzoek plaatsgevonden, met als doel het verkrijgen van meer duidelijkheid over de omvang, de onderliggende problematiek en daarop aansluitende de onderzoeksvraag. Daarvoor spraken we onder andere met alle ondernemers die als stakeholder bij het onderzoek betrokken zijn.

Het vooronderzoek maakte duidelijk dat de huidige schepen, de aan boord geplaatste uitrusting en apparatuur, de werkprocessen, bemanningssamenstelling, opleiding en training onderling afwijken, soms in substantiële mate. Ook ervaring van schippers en bemanningen is een belangrijke component.

Om onze onderzoeksmethoden in de navolgende paragrafen helder te kunnen onderbouwen, geven we hier op basis van het vooronderzoek een voorbeeld. Wet- en regelgeving schrijven voor het bedrijfsmatige vervoer van maximaal 12 passagiers met kleine snelle schepen een schipper voor, die in het bezit moet zijn van het Europese *kwalificatiecertificaat schipper maritieme wateren*⁶ (voorheen "groot vaarbewijs 2"). Daaruit volgt dat de overheid een bepaalde hoeveelheid opleiding en ervaring noodzakelijk acht voor het veilig vervoer van passagiers met deze categorie schepen. Tegelijkertijd is het de KNRM toegestaan om, ook bij nacht en ontij, met hetzelfde type schepen en eveneens met hoge snelheid te varen zonder dat de schipper of gezagvoerder formeel aan deze opleidingsnorm of ervaring hoeft te voldoen. Dat geldt niet alleen voor het redden van mensen, maar ook voor het vervoer van patiënten en meereizende artsen en ambulancepersoneel. Bovendien levert het snel varen van de KNRM ook risico's op voor andere scheepvaart.

Wat we hiermee *niet* willen zeggen is dat de KNRM onveilig vaart. Integendeel, onze hypothese was dat de KNRM zelf voorziet in een gedegen opleiding, inclusief het opdoen en onderhouden van een relevante hoeveelheid ervaring alvorens schippers zelfstandig uit te laten varen. Tegelijkertijd riep het vragen op over de geschiktheid van het Europese *kwalificatiecertificaat schipper maritieme wateren*, aangezien in de opleidingseisen geen onderdelen zijn opgenomen die betrekking hebben op het snel varen met kleine vaartuigen op maritieme wateren.

3.2 Bevindingen uit het vooronderzoek

Wat we in algemene zin met dit voorbeeld wel willen aantonen is dat het veilig snel varen met passagiers op de Waddenzee, met kleine schepen en in het donker een bijzondere activiteit is. Een activiteit die bovendien, met betrekking tot de beschikbaarheid en toegankelijkheid van middelen, op zeer beperkte of zelfs tegenstrijdige wijze is vastgelegd, genormeerd en gereguleerd. Daarmee ontbreekt een consistent en stevig fundament voor het veilig snel varen, zowel overdag als in de nachtelijke uren. Juist dit aspect levert zowel in de praktijk als voor het onderzoek een aantal complicaties op.

⁶ Maritieme wateren: "Ruime" wateren zoals Westerschelde, IJsselmeer en Waddenzee

3.2.1 Bevindingen in relatie tot de dagelijkse praktijk

In de praktijk zien we dit bijvoorbeeld terug in een normstelling voor de snelheid tijdens de donkere uren voor snelle motorboten. Deze is nu gesteld op 20 km/uur (behoudens noodgevallen). MARIN verwachtte echter, als hypothese en op basis van kennis, ervaringen, gesprekken en observaties in het vooronderzoek, dat deze en *lagere snelheden* al bij enige golfslag leiden tot een taakverzwaring bij de schipper, omdat het type vaartuig veel moeilijker onder controle te houden is bij lage snelheden. Taakverzwaring levert meer risico op, omdat het ten koste gaat van het uitvoeren van andere taken, zoals bijvoorbeeld de navigatietaken.

Kleine schepen worden al snel een speelbal van de golven, tenzij de invloed van de golven kan worden verminderd door de romp zo ver mogelijk uit het water te tillen. Alle schepen betrokken bij het onderzoek kunnen dat door het schip te laten planeren⁷. Planeren treedt echter over het algemeen op dit type schepen pas op bij snelheden vanaf 25 km/uur. Kortom, lagere snelheden leveren niet altijd meer veiligheid op, als het gaat om het voorkomen van ongevallen.

3.2.2 Bevindingen in relatie het onderzoek

Het ontbreken van een formeel, consistent en stevig fundament van regelgeving was een complicerende factor in het onderzoek. Het maakte in theorie het aantal mogelijke combinaties van factoren, omstandigheden en middelen bijna oneindig groot is. Meer concreet, het vaststellen van *de* meest veilige vaarsnelheid is op deze manier in feite onmogelijk, tenzij op een groot aantal aspecten een basisniveau aangenomen kan worden. Denk daarbij bijvoorbeeld aan een basisniveau voor de scheepsconstructie, uitrusting, bemanningssamenstelling en opleiding, training/oefening en ervaring.

Tegelijkertijd bleken er ook feiten waarmee we ondanks deze complicaties het onderzoek toch richting konden geven. We spraken met alle betrokken ondernemers en kregen zo een eerste beeld over de wijze waarop zij varen, welke uitrusting en apparatuur in gebruik zijn en met welke schepen zij diensten verlenen. Ons beeld was dat, in algemene zin, er ondanks het ontbreken van een *formeel* consistent en stevig normenkader, er in de praktijk wel degelijk sprake is van:

- Voor het vervoer van personen geschikte schepen, uitgerust met relevante navigatie- en communicatieapparatuur;
- Een door de markt ingegeven vorm van certificering en inspectie (inclusief normenkader);
- Een behoorlijk niveau van opleiding, training en ervaring en tenslotte;
- Een professionele houding met betrekking tot passagiersveiligheid en het behoud van controle over het eigen schip en de interactie met de omgeving. Dat betekent soms ook snelheidsovertredingen omdat het schip in plané beter onder controle te houden is en er meer aandacht voor de omgeving kan zijn.

⁷ Planeren: een toestand waarbij het schip zichzelf als het ware over haar boeg golf heen tilt en bijna zwevend over het wateroppervlak beweegt.

4 METHODE

4.1 Onderzoeksmethode op hoofdlijnen

In het vooronderzoek stelden we vast dat er in de praktijk wel degelijk sprake is van grote gemene delers op het gebied van het veilige vervoer van passagiers. Hoewel de mate waarin deze elementen aanwezig zijn tussen de betrokken ondernemers op sommige vlakken nog wel verschillen, zagen wij voldoende mogelijkheden om in het onderzoek en op grond van de grote gemene delers een consistent en stevig normenkader vast te stellen en aan te nemen als fundament voor de rest van het onderzoek. Daarmee diende de huidige operationele praktijk voor een belangrijk deel als referentiekader binnen het onderzoek. Hiervoor voerden wij in de eerste fase van het onderzoek een *technische en operationele (taak)analyse* uit.

Het resultaat van de operationele taakanalyse bestond dan ook uit de beschrijving van een minimaal normenkader voor het snel en veilig kunnen varen met passagiers op kleine snelle schepen op basis van de operationele praktijk, voor zover we dat aan de hand van interviews en observaties vast konden stellen. Daar waar de operationele praktijk niet kon voorzien in een norm, stelden we normen vast op basis van literatuur en/of MARIN expertise.

Met deze basis als uitgangspunt, volgde fase 2 van het onderzoek. Daarin stelden we aan de hand van een *simulatorstudie* vast hoe verschillende niet constante factoren en omstandigheden invloed hadden op het veilig met hoge snelheid varen in het donker. Daarbij keken we enerzijds naar grondingen, aanvaringen en near-misses en anderzijds naar gevaarlijke verhoging van de taakbelasting van schippers. Verhoogde taakbelasting betekent immers dat één of meerdere taken mogelijk niet meer goed kunnen worden uitgevoerd, waardoor de kans op onveiligheid vergroot. Bijvoorbeeld omdat er een negatief effect ontstaat op de reactiesnelheid.

Het aantal mogelijke scenario's met betrekking tot *ontmoetingen* is echter zeer groot, in relatie tot aantal en type schepen die bij ontmoetingen betrokken kunnen zijn en de plaats van deze ontmoetingen en de omstandigheden waaronder deze ontmoetingen plaats vinden. Het was binnen de grenzen van het onderzoek onmogelijk om al deze scenario's te simuleren. Door taakbelasting mee te wegen in het onderzoek, ondervingen we deze beperking en kregen we de gelegenheid om ook de interacties met andere schepen integraal mee te wegen in het onderzoek.

Tenslotte stelden we vast in hoeverre, onder de verschillende omstandigheden, het comfort voor passagiers mogelijk nadelig werd beïnvloed.

Uiteindelijk voegden we resultaten van fase 1 en fase 2 samen om te komen tot conclusies en aanbevelingen.

In de navolgende paragrafen zijn de onderzoeksfasen 1 en 2 nader uitgewerkt.

4.2 Onderzoeksfase 1- Technische en Operationele (taak)analyse

Het primaire doel van deze fase is het vastleggen en beschrijven van een consistent en stevige set randvoorwaarden voor het veilig varen met kleine, snelle passagiers vervoerende schepen op het wad. Het gaat daarbij specifiek over de middelen die nodig zijn voor een veilige navigatie, communicatie en bootbehandeling en voor de zorg voor de veiligheid van passagiers.

Hiervoor gebruikt MARIN als fundament een generieke, op het behalen van doelen georiënteerde taakanalyse (Goal Directed Task Analysis). Door middel van literatuurstudie, interviews en observaties tijdens de vaart maakte MARIN de taakanalyse specifiek voor de vaartaken op snelle watertaxi's in het Waddengebied. Daarmee ontstond een onderbouwd inzicht in taken die cruciaal zijn voor het behalen van veiligheidsdoelen op het gebied van navigatie, communicatie, bootbehandeling en passagiersveiligheid.

MARIN, met medewerking van de stakeholders, richtte zich in deze fase ook op de constructie en inrichting van de schepen, uitrusting, certificering en procedures en werkinstructies, training, opleiding en ervaring.

4.3 Onderzoeksfase 2 - Simulatorstudie

4.3.1 Voordelen en beperkingen van simulatoronderzoek

Real-time simulatoronderzoek maakt een belangrijk onderdeel uit van het onderzoek. Daarmee is MARIN in staat om in een relatief kort tijdsbestek een relevante hoeveelheid data te verzamelen, die betrekking heeft op het vaststellen van grenzen aan het veilig en effectief handelen van mensen. Op die manier kan MARIN bijvoorbeeld vaststellen bij welke snelheid maatregelen nodig zijn om risico's te kunnen mitigeren, met inachtneming van verschillende omstandigheden en scenario's. De simulatorstudie had daarmee als doel om op effectieve en efficiënte wijze vast te stellen hoe snelheid en omstandigheden invloed hebben op de veilige uitvoering van navigatietaken, bootbehandeling en taken die betrekking hebben op passagiersveiligheid.

Een relevante en transparante vertaling naar de praktijk vraagt om een zo realistisch mogelijke nabootsing van die operationele praktijk. Daarin kent simulatoronderzoek zowel beperkingen als unieke mogelijkheden.

De unieke mogelijkheden van de simulator kwamen tot uitdrukking in de flexibiliteit van de simulator met betrekking tot het toevoegen van navigatieapparatuur en het aanpassen van de roer-response:

- Uit Fase 1 van het onderzoek volgde dat alle schepen voor het veilig varen in het donker (en bij slecht zicht) gebruik maken van een elektronische kaartplotter, AIS-ontvanger en RADAR. Deze aspecten zijn daarom zo realistisch mogelijk toegevoegd aan de simulator en gefinetuned tijdens een testdag voorafgaand aan het simulatoronderzoek.
- Uit Fase 1 van het onderzoek kwam naar voren dat weerstand van het stuurwiel en respons van het roer⁸ belangrijke factoren zijn in de operationele praktijk. Tijdens een testdag is deze respons zo realistisch mogelijk ingesteld.

⁸ Het betreft hier de mate waarin een bepaalde stuurwieluitslag correspondeert met een bepaalde roeruitslag. Bijvoorbeeld 5 graden stuurwieluitslag = 10 graden roeruitslag

De belangrijkste beperkingen in dit onderzoek zijn:

- Het gebruik van één scheepsmodel;

Binnen het onderzoek was er niet voldoende capaciteit om met meerder scheepsmodellen te simuleren. In de praktijk gebruiken ondernemers en de KNRM verschillende scheepstypen, met elk hun eigen rompvorm, afmetingen, type en vermogen van de voorstuwinginstallatie en andere middelen⁹ om het vaargedrag aan te passen aan de omstandigheden.

Niettemin zijn er ook belangrijke overeenkomsten, zoals het varen met dubbele voorstuwing en gekoppelde stuurinrichting.

Waar nodig beschrijven we de invloed van deze beperking op het onderzoeksresultaat.

- Varen met alleen een schipper aan boord;

Binnen het onderzoek was er niet voldoende capaciteit om te simuleren met verschillende samenstellingen van de bemanning. Zodoende konden we niet simuleren en toetsen met bijvoorbeeld een schipper en een navigator, die onderling de taken met betrekking tot navigatie, bootbehandeling en communicatie verdelen.

Niettemin volgde uit Fase 1 van het onderzoek dat het varen met een dubbele bemanning, die onderling vaartaken verdeelt, in principe het varen veiliger maakt mits de onderlinge ("closed-loop") communicatie getraind is en gedisciplineerd verloopt. Dit punt beschrijven we nader In Hoofdstuk 5 en 6.

4.3.2 Selecteren participanten

In dit onderzoek wilden we data verzamelen met behulp van meerdere ervaren participanten met verschillende achtergronden op het vlak van type opleiding, training, oefening en type schip waarop ervaring is opgedaan. Van participanten werd bovendien verwacht dat zij, na het varen op de simulator, ook kwalitatieve input konden geven over de mate waarin zij in staat waren om de verschillende taken uit te voeren. Dat vraagt om participanten met een zekere mate van ervaring met één of meer aspecten van het snel varen op kleine schepen met passagiers.

MARIN koos er bovendien bewust voor om niet uitsluitend participanten te vragen die schipper zijn bij een watertaxi-onderneming op de Wadden. Daarmee wilde MARIN bereiken dat ook vanuit andere perspectieven noodzakelijk input wordt geleverd op het veilig varen in het duister.

Uiteindelijk voerden we de simulaties uit met drie participanten:

- Een schipper uit de rondvaartsector, met ervaring op snelle motorboten met maximaal 12 passagiers op de drukke en qua golfslag vaak onrustige en uitdagende Nieuwe Maas in het centrum van Rotterdam;
- Een schipper van de KNRM op Terschelling, vanwege de ervaring met snel varen op het Wad onder verschillende zware condities, ook in duisternis;
- Een schipper van één van de ondernemers op Terschelling, vanwege de ervaring met snel op het Wad varen onder verschillende zware condities, ook in duisternis (berging en patiëntenvervoer).

⁹ Bijvoorbeeld het "trimmen" van de motoren en/of het gebruik van "interceptors". Hiermee kan als het ware de manier waarop de romp in het water ligt worden geoptimaliseerd.

4.3.3 Vaststellen van het vaargebied tijdens de simulaties

De verschillende achtergronden van participanten in de simulaties waren belangrijk, zoals hiervoor beschreven. Dergelijke verschillen kunnen echter alleen tot uitdrukking komen als andere factoren constant zijn gehouden.

In aanloop naar de simulatorstudie kwam daarin *plaatselijke bekendheid* met vaarroutes, inrichting van de vaarweg en omstandigheden naar voren als belangrijke factoren. Dit was expliciet de reden waarom we kozen voor een vaargebied waarop geen van de participanten substantieel meer lokale bekendheid had dan de andere participanten. Daarbij kwamen we uit op een vaargebied op de Waddenzee tussen Schiermonnikoog en Lauwersoog.

Dat gaf ons tegelijkertijd de mogelijkheid om te toetsen of plaatselijke bekendheid daadwerkelijk een belangrijke factor is. We verwachtten dat participanten vooral aan het begin van de simulatiedag moeite zouden hebben met het varen van de uitgezette route. Dat zou zich dan bijvoorbeeld kunnen uiten in het varen buiten de vaargeul (potentiële grondingen) en aanvaringen met boeien. We verwachtten daarmee dus ook dat het aantal van dit type incidenten zou afnemen naarmate de dag vorderde.

4.3.4 Opzet Simulaties en Simulatiedatabase

4.3.4.1 Scenario

Een scenario beschrijft de initiële condities, zoals het startpunt, snelheid, koers en vaarrichting, alsmede de omgevingscondities. De simulatorsoftware is flexibel, waardoor scenario's eenvoudig aangepast en voorgeprogrammeerd kunnen worden.

In de simulatorstudie hebben we ons met name gericht op omgevingscondities die in de praktijk niet beïnvloed kunnen worden. Het ging daarbij met name om wind, stroom, golfhoogte en golfrichting ten opzichte van de vaarrichting. Daarnaast is gevarieerd met wel en niet verlichte betonning, de wijze van betonning, breedte en verloop (bochten) van vaarwegen en incidentele ontmoetingen met andere schepen.

Drie (3) verschillende realistische en in uitdaging toenemende omgevingscondities vormden de basis voor de scenario's. Elke participant voerde per omgevingsconditie vijf (5) simulatieruns uit, zoveel als mogelijk met een per run toenemende vastgestelde snelheid. Additioneel is een vierde omgevingsconditie gevaren bij een snelheid van 50 km/uur.

Snelheid op het water is echter niet heel eenvoudig in te stellen. Het is per definitie een resultante van onder andere stuurbewegingen (weerstand van het roer), golven en wind. Dat levert hoe dan ook in meer of mindere mate variatie op in snelheid. Bovendien bestaat er een verschil tussen "vaart door het water" en "vaart over de grond". Om deze variaties zoveel mogelijk te dempen, kozen we ervoor om de participanten niet op een voorgeschreven snelheid te laten varen, maar op een ingesteld toerental van de voortstuwingsmotoren. Deze zijn namelijk constant in te stellen.

Tabel 4-1 laat zien welke scenario's door elke participant zijn gevaren. Om het wennen aan het varen op de simulator niet een te grote invloed te laten zijn op de resultaten, begon de simulatiedag voor elke participant met een zogenaamde *familiarisatie run*. Daarin werd het geleidelijk donker, varieerden we met de omgevingscondities en lieten we de participanten wennen aan de besturing en de geïnstalleerde RADAR en gesimuleerde ECDIS¹⁰. De navolgende paragrafen beschrijven de vaststelling van omgevingscondities en toerentallen.

¹⁰ Er is geen ECDIS gebruikt, maar een trainee ENC. Dit is een elektronische zeekaart, met een aantal ECDIS achtige functies, maar zeker geen volledige ECDIS.

Tabel 4-1 Simulatieprogramma voor één participant

Omgevingscondities						Snelheid	Toerental	Tijd	
	Windsnelheid		Windrichting, komende uit de richting:	Stroomsnelheid en richting, gaande in de richting:	Golfrichting, gaan de in de richting:	Significante Golfhoogte	[km/uur]	[rpm] ¹¹	[min]
	[m/s]	[bft]	[°]	[m/s] - [°]	[°]	[m]			
Licht	3	2	225	0,9 - 285	225	0,5	20	1600	10
							30	2100	10
							40	2600	10
							50	3000	10
							60	3500	10
Medium	9	5				1,0	20	1600	10
							30	2100	10
							40	2600	10
							50	3000	10
							60	3500	10
Zwaar	14	7				1,5	20	1600	10
							30	2100	10
							40	2600	10
							50	3000	10
							60	3500	10
Zeer zwaar			0,5	35	2,0	50	3000	10	

4.3.4.2 Geometrie

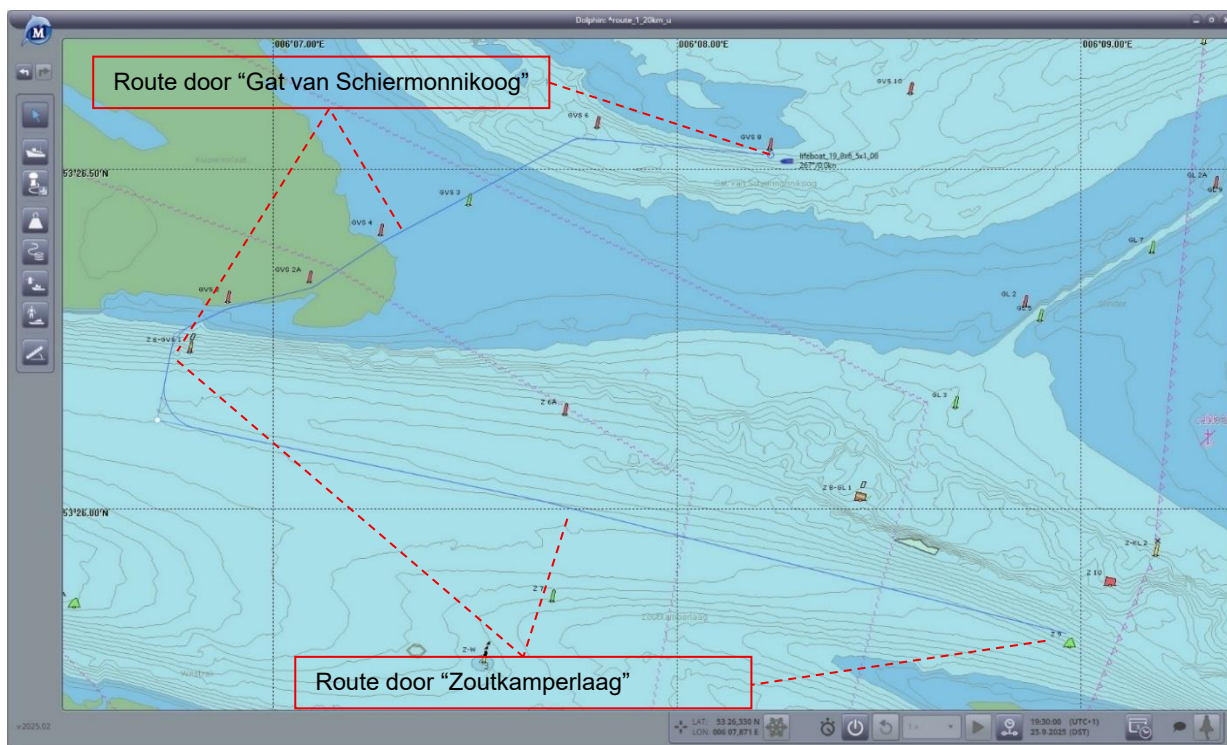
De omgevingsdatabase is gebaseerd op een Electronical Nautical Chart (ENC) van de Waddenzee tussen Lauwersoog en Schiermonnikoog. Ten behoeve van de simulaties zijn er diverse routes uitgezet welke representatief zijn voor varen op de Waddenzee. De database was ten tijde van de simulaties overigens verouderd, in die zin dat de vaargeulen en waterdieptes niet meer overeenkwamen met de actuele werkelijkheid. Voor de simulaties was dat niet van belang, omdat geen van de participanten actuele plaatselijke bekendheid bezat bij aanvang van het simulatoronderzoek.

Al deze routes waren voor de participanten beschikbaar op de Trainee-ENC, tijdens de simulatieruns. Voor aanvang van elke run werden deze, als onderdeel van de "reisvoorbereiding" ingesteld en met behulp van individuele instellingen op het scherm weergegeven.

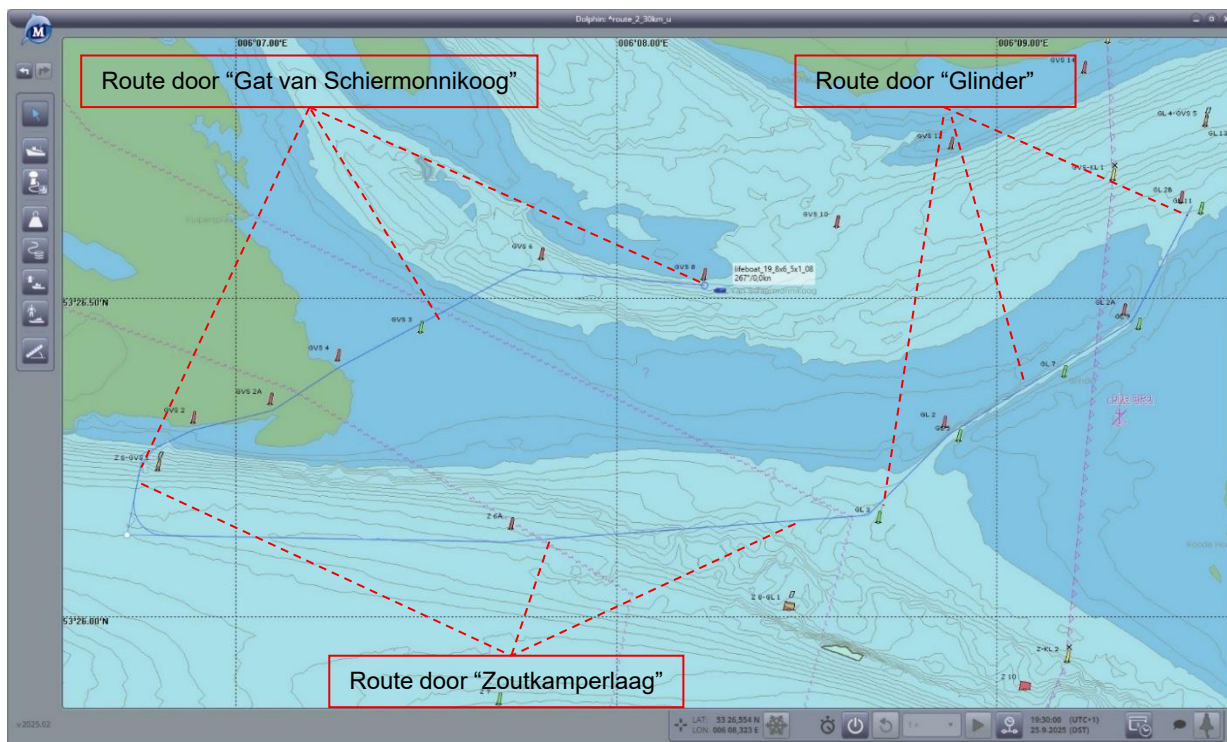
Route 1, 2 en 3 beginnen allen in het Gat van Schiermonnikoog om vervolgens tegen de klok in te varen via de Kuipersplaat naar het Zoutkamperlaag. Route 2 en 3 vervolgen de route via de Glinder. Daarbij merken we op dat de route bij het invaren van de Glinder vanaf het Zoutkamperlaag niet volledig in overeenstemming met de betonning loopt. De route snijdt af door niet om de scheidingston tussen beide vaarwegen heen te varen. Gelet op de beschikbare waterdiepte maakt dit een route die waarschijnlijk overeenkomt met de operationele praktijk. Het verhoogde bovendien de moeilijkheidsgraad van het goed binnen de beschikbare geul invaren van de Glinder.

De routes 1, 2 en 3 zijn weergegeven in Figuur 4-1, Figuur 4-2, Figuur 4-3

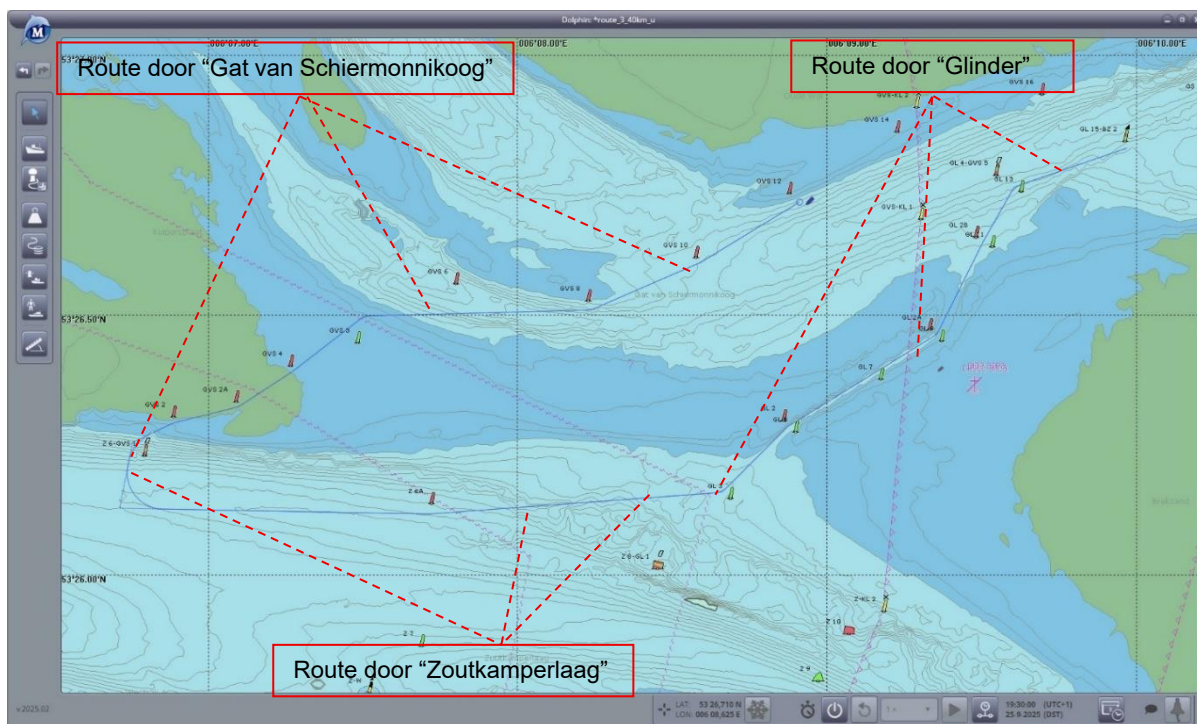
¹¹ [rpm]= revolutions per minute/ omwentelingen per minuut



Figuur 4-1 Route 1, 20 km/uur, 1600 rpm



Figuur 4-2 Route 2, 30 km/uur, 2100 rpm



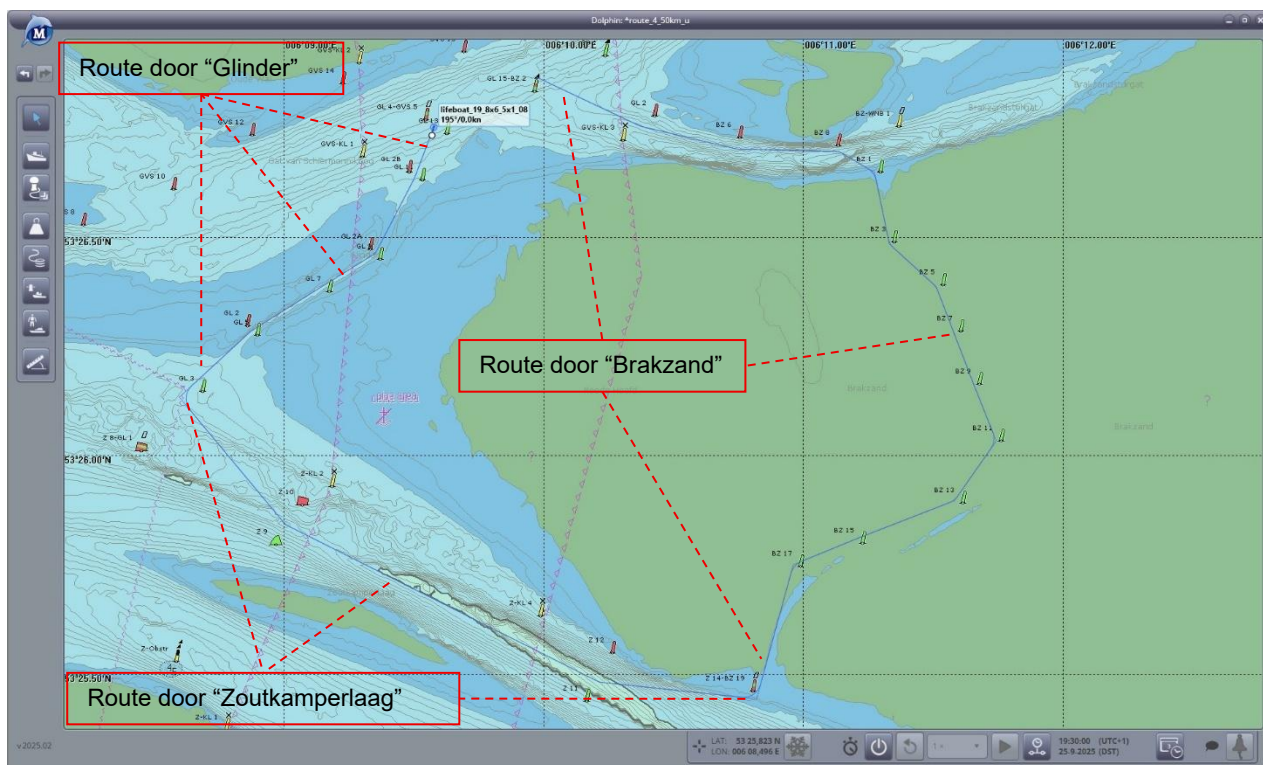
Figuur 4-3 Route 3, 40 km/uur, 2600 rpm

Route 4 en 5, respectievelijk gevaren met 50 en 60 km/uur, beginnen aan de noordkant van de Glinder. lopen via de Glinder naar het Zoutkamperlaag om vervolgens via het Brakzand weer ten noorden van de Glinder uit te komen.

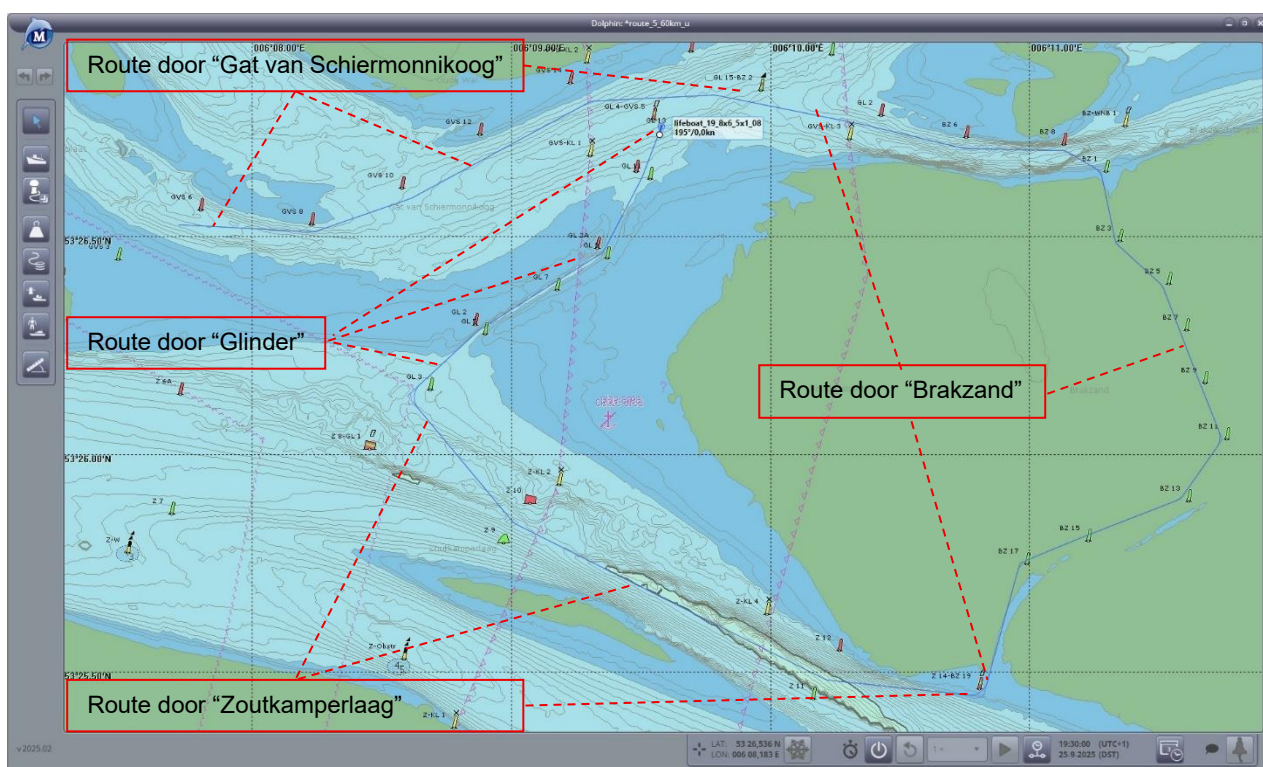
In deze scenario's legden we de uitgezette route door het Brakzand bewust aan de verkeerde kant van de enkele rij (groene) betonning. We wilden daarmee een situatie creëren waarin

1. onder hoge snelheid en met een scherpe bocht een smalle onverlichte geul moest worden ingevaren vanuit een ruim vaarwater, en;
2. Die bocht snel daarna te laten opvolgen door een scherpe bocht in tegenovergestelde richting. We verwachtten dat, door een gebrek aan plaatselijke bekendheid, participanten in de eerste runs de eerste bocht dusdanig scherp zouden aansnijden, dat zij daardoor te weinig ruimte zouden hebben om de tweede bocht binnen de geul te kunnen maken.

De routes 4 en 5 zijn weergegeven in Figuur 4-4 en Figuur 4-5.



Figuur 4-4 Route 4, 50 km/uur, 3000 rpm



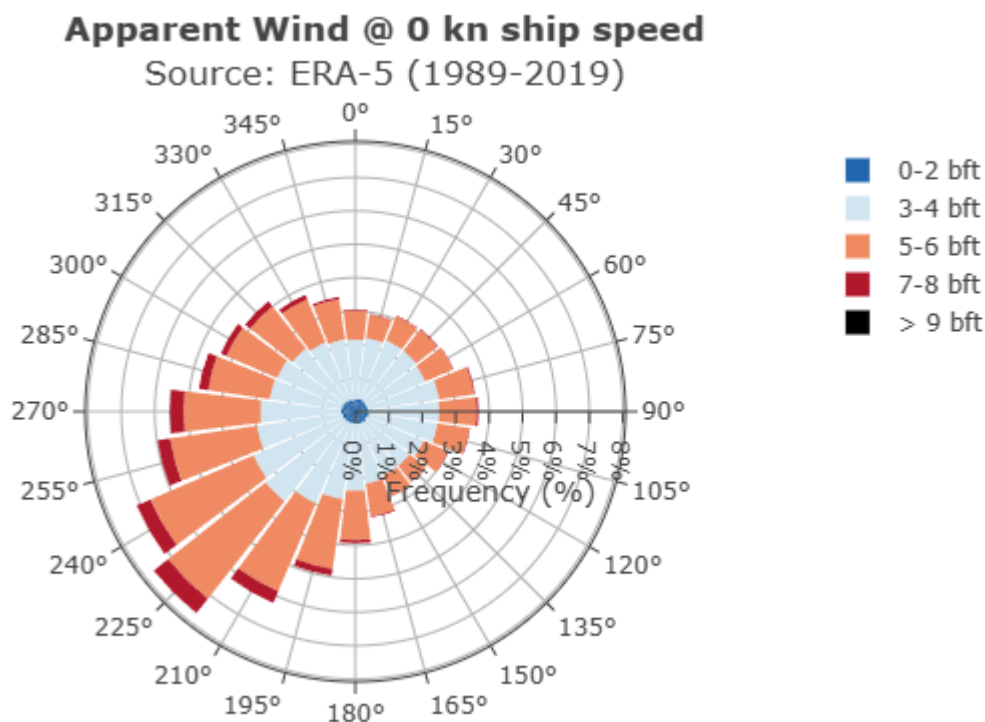
Figuur 4-5 Route 5, 60 km/uur, 3500 rpm

4.3.4.3 Omgevingscondities

Tijdens de simulaties is er gevaren onder vlakke, matige en ruige omgevingscondities. Hierbij is gekozen voor één wind- en golfrichting, namelijk zuidwest. De stroming ging naar het westnoordwesten (285 graden noord), gelijk aan de richting van de Zoutkamperlaag, of naar het noordnoordoosten (35 graden noord), gelijk aan de route over de Glinder. Zowel de wind, golven als stroming zijn toegevoegd als uniform veld. Dit betekent dat in het gehele gebied de richting en snelheid gelijk zijn. Windvlagen worden gesimuleerd op basis van een Davenport Spectrum, rekening houdend met de gemiddelde windsnelheid en de ruwheid van het voorland.

Figuur 4-6 toont de windroos voor de Waddenzee ter hoogte van de Blauwe Slenk. De bron voor de windroos is de ERA-5 database die winddata bevat gemeten over een periode van 30 jaar. Duidelijk is dat wind uit zuidwestelijke richting het meest voorkomt en ook de hoogste windsnelheden bereikt.

In overleg met de stakeholders zijn er drie windsnelheden en corresponderende golfhoogten geselecteerd, weergegeven in Tabel 4-2.



Figuur 4-6 Windroos voor Waddenzee

Tabel 4-2 Windsnelheden en corresponderende golfhoogte

Windsnelheid [m/s]	Windsnelheid [bft]	Golfhoogte [m]
3	2	0,5
9	5	1,0
14	7	1,5

4.3.4.4 Manoeuvreermodel van het schip

Voor deze studie is in overleg met de stakeholders gekozen voor een snel varend vaartuig van 19,8 x 6,5 m (L x B). De hoofdafmetingen en karakteristieken van het schip zijn weergegeven in Tabel 4-3 en Tabel 4-4. Het simulatiemodel van het schip is weergegeven in Figuur 4-7.

Het gebruikte manoeuvreermodel beschrijft onder meer de volgende effecten:

- Manoeuvreercoëfficiënten, die het manoeuvreergedrag beschrijven in diep en ondiep water, inclusief het planeren, zijn bepaald met onze eigen MARIN methode, waarbij resultaten van modeltesten, CFD en MARIN expertise worden meegenomen;
- Schroef- roerwerking inclusief interactie met de romp;
- Krachten ten gevolgen van stroming en stroom gradiënten;
- Windkrachten inclusief de effecten van vlagerigheid.

Tabel 4-3 Hoofdafmetingen en karakteristieken

Parameter		Snel varend vaartuig
Lengte	[m]	19.8
Breedte	[m]	6.5
Maximum roerhoek	[graden]	35
Schroef	[-]	2
Roer	[-]	2
Maximale snelheid	[knopen]	32

Tabel 4-4 Telegraafstanden en snelheden

RPM	Snelheid [km/uur]	Snelheid [knopen]
1600	20	11
2100	30	16
2600	40	22
3000	50	27
3500	60	32



Figuur 4-7 Visuele weergave van het simulatormodel (bron: MARIN)

4.3.4.5 Simulator

De simulaties zijn uitgevoerd op de Fast Small Ship Simulator (FSSS). De FSSS is ontwikkeld voor simulaties met kleine snelle vaartuigen in golven. De FSSS is uitgevoerd met een zes graden van vrijheid motion base.

Voor dit project was de FSSS voorzien van twee extra displays. Het linker display toonde de RADAR en het rechter display toonde de elektronische kaart van het gebied. Verder was de FSSS voorzien van een realistische opstelling voor de bediening met een stuurwiel en telegraaf. Een foto van de opstelling is weergegeven in Figuur 4-8.



Figuur 4-8 Foto van de FSSS inclusief de extra displays voor RADAR (links) en ECDIS (rechts)

4.3.4.6 Visuele representatie

De navolgende figuren geven voorbeelden van de visuele representatie van het buitenbeeld in de simulator.



Figuur 4-9 Visuele representatie van de omgeving in het buitenbeeld, bij daglicht



Figuur 4-10 Visuele representatie van de omgeving in het buitenbeeld, in het donker

4.3.5 Vastleggen van data tijdens de simulaties

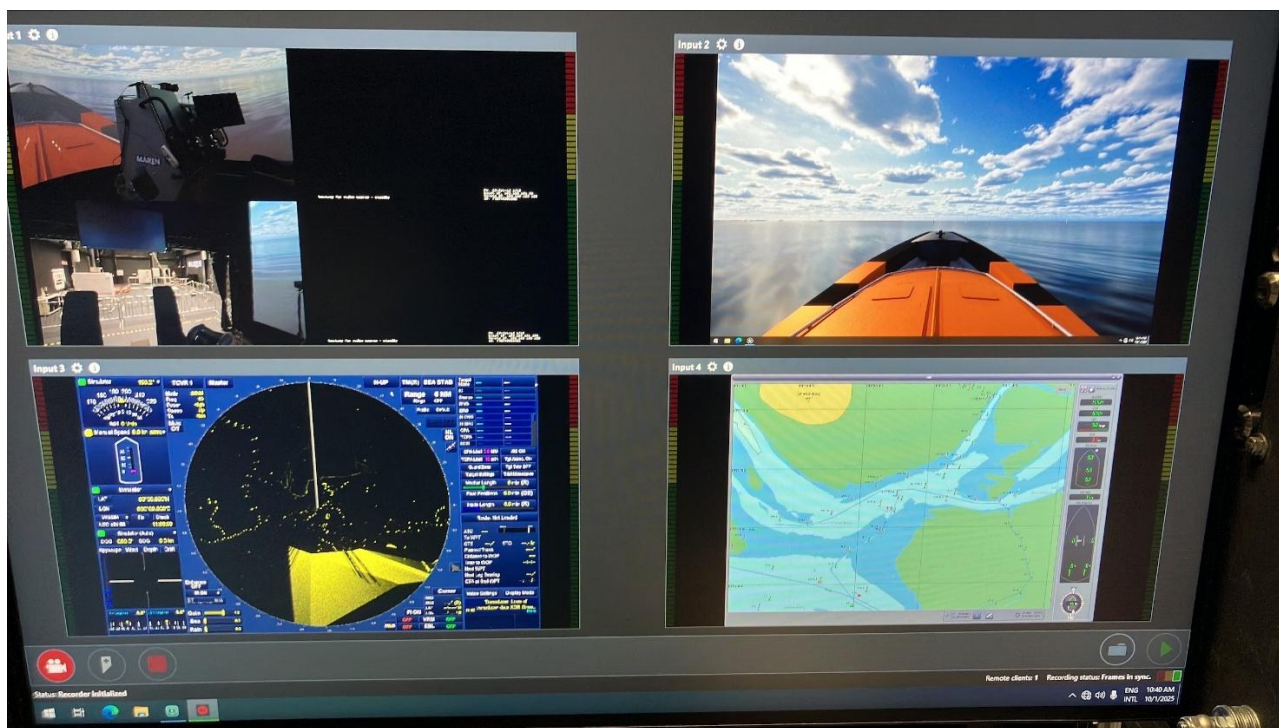
Het onderzoek vond plaats vanuit het perspectief van schippers, andere vaarweggebruikers en passagiers. Voor schippers geldt dat zij voldoende handelingsperspectief moeten behouden om alle tot hen beschikbare middelen effectief te kunnen blijven gebruiken, bij duisternis, onder verschillende omstandigheden en bij verschillende snelheden. De analyse van de resultaten van het simulatoronderzoek voerden we zowel aan de hand van kwalitatieve data als kwantitatieve data uit.

4.3.5.1 Kwalitatieve data

Voor het vastleggen van kwalitatieve data waren zowel interne als een externe expert aanwezig tijdens de simulaties. De externe expert was een (vaar)instructeur van het Korps Mariniers. Ook de participanten droegen bij door tijdens nabesprekingen te reflecteren op hun uitvoering van de run.

Concreet werden de verrichtingen van de participanten vastgelegd met diverse videocamera's en een eye-tracker camera. De eye-tracker camera legde daarbij ook geluid vast. Deze beelden waren, samen met meelopende kopieën van het Radarscherm, het ENC-scherm en het simulator buitenbeeld, te zien op een serie beeldschermen in een aparte observatieruimte naast de simulator. Deze beelden zijn ook opgenomen.

Figuur 4-11 laat een voorbeeld zien van de diverse getoonde schermen, waarin de eye-tracker camera en een overzichtscamera nog niet zijn aangezet.



Figuur 4-11 Voorbeeld van de getoonde beelden in de observatieruimte naast de simulator

4.3.5.2 Kwantitatieve data

De kwantitatieve data bestond uit twee componenten. De simulatiesoftware legde zelf data vast, afhankelijk van gekozen instellingen. Daarnaast verzamelde de eye-tracker naast camerabeelden ook informatie met betrekking tot kijkgedrag en werklast van de participant.

Voor de analyse van de simulatieresultaten waren daarbij de volgende datasets relevant:

- De gevaren route, zichtbaar op screenshots van de ECDIS;
- Toerentalinstelling voortstuwingsmotoren [omwentelingen/minuut];
- Roerhoeken [graden];
- Giersnelheid ("rate of turn") [graden/minuut];
- Koers (over de grond) [graden op de kompasroos];
- Snelheid door het water [km/uur][knopen];
- Snelheid over de grond [km/uur][knopen];
- Verticale versnellingen aan de voorzijde, het midden en de achterzijde van het schip [m/s];
- Dwarsversnellingen aan de voorzijde, het midden en de achterzijde van het schip [m/s];
- Visueel scangedrag van participanten. Figuur 4-12 geeft een voorbeeld waarin zichtbaar is welke route ("saccade") de ogen afleggen tussen verschillende fixatiepunten;
- Pupildiameter participanten, als maat voor veranderingen in de taakbelasting (werklast).



Figuur 4-12 Voorbeeld vastgelegd scangedrag participant

4.3.6 Analyse resultaten simulatoronderzoek

De analyse van de simulatorruns startte met een beschouwing op de gevaren snelheid in elke run. Deze stap is bedoeld om (kwalitatief) te bepalen of daadwerkelijk met de bedoelde snelheid en toerental is gevaren. Dat bepaalt uiteindelijk of de run mee mag tellen in het resultaat van stap 2 in het analyseproces.

In deze paragraaf beschrijven we daarnaast de wijze waarop we aan de hand van de simulatorstudie antwoord geven op de tweede en derde deelvraag, zoals opgenomen in Hoofdstuk 1 (Introductie):

2. Bij welke vaarsnelheden is er, gegeven de omstandigheden, een grote kans op onveilige navigatie en/of bootbehandeling en/of communicatie? Daarnaast wanneer de versnellingskrachten op passagiers oncomfortabel of zelfs onveilig zijn?
3. Wanneer er uit de simulaties geen grote kans op onveiligheid of tekort aan comfort bleek; welke vaarsnelheid is optimaal, gegeven de omstandigheden en met betrekking tot veilige navigatie, bootbehandeling, communicatie en passagierscomfort?

De beantwoording van deze vragen diende volgordelijk plaats te vinden. Dat wil zeggen dat we in een eerste stap de simulatieruns identificeerden die aantoonbaar onveilig waren of aantoonbaar zorgden voor een te laag comfort. De bijbehorende vaarsnelheden geven dan de grenzen aan waarbuiten de veiligheid direct in het geding is. De onderliggende hypothese, zoals eerder vermeld in Hoofdstuk 3, was dat er onveiligheid zowel bij hoge als bij lage snelheden op zou treden.

De stap daarna was vooral bedoeld om, binnen de grenzen van veiligheid, een optimum te bepalen. Deze stap is relevant, omdat, het optimum zorgt voor de laagst mogelijke taakbelasting van schippers, en dus voor de meest ruime marges in taakbelasting om adequaat te kunnen reageren op onverwachte omstandigheden en calamiteiten.

4.3.6.1 Stap 1: Identificeren aantoonbaar onveilige en/of oncomfortabele simulatieruns

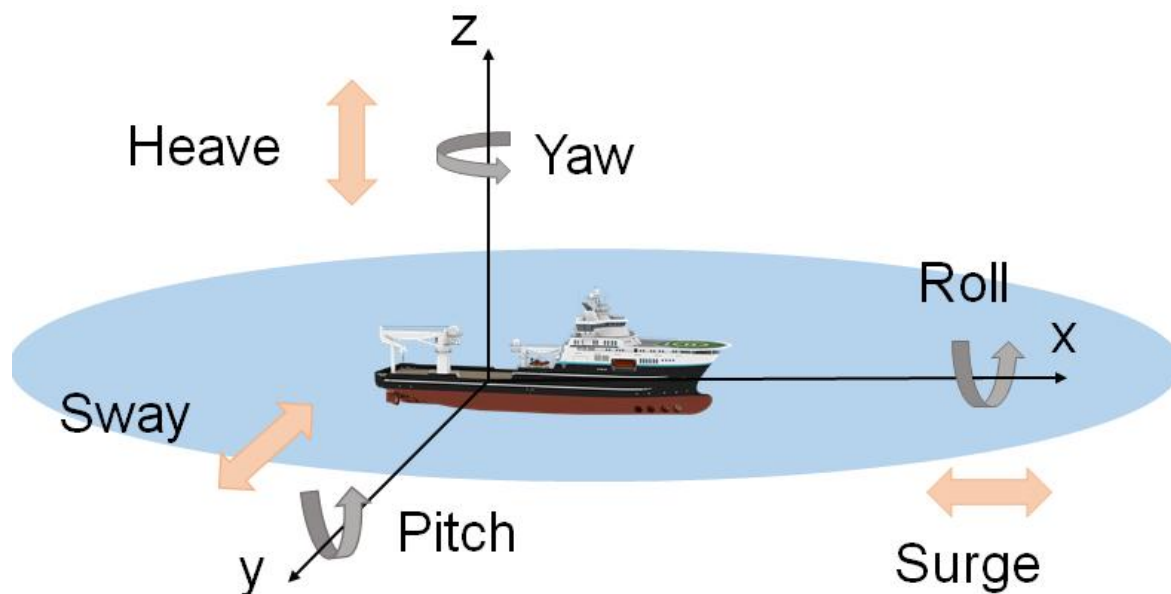
Om deze stap uit te kunnen voeren, stelden we een concreet en transparant normenkader vast, deels gebaseerd op literatuur en deel op basis van MARIN expertise.

Er was sprake van onveilige en/of oncomfortabele simulatieruns wanneer er sprake was van:

1. Aanvaringen met objecten (betonning) en/of andere schepen. Daarbij hielden we rekening met onbekendheid met de plaatselijke omstandigheden/infrastructuur en een verwacht optredend leereffect gedurende de simulatiedag;
2. Onbedoeld varen buiten de betonning van de vaargeul of op ondieptes, wanneer de geul slechts werd gemarkeerd door betonning aan één zijde van de geul. Daarbij hielden we rekening met onbekendheid met de plaatselijke omstandigheden/infrastructuur en een verwacht optredend leereffect gedurende de simulatiedag;
3. Wanneer de koers van het eigen schip, door het bewegen op de golven, voor andere schepen onduidelijk kan zijn.

Niet alle schepen hebben een RADAR en/of ECDIS ter beschikking, waarmee op elektronische wijze de koers over de grond van andere schepen kan worden bepaald. In zulke gevallen is men afhankelijk van zichtwaarnemingen. Bij veel golfslag kan met name het *gieren* ("Yaw") van een schip (Figuur 4-13) zo fors en onregelmatig zijn, dat op andere schepen onduidelijkheid kan ontstaan over de voorliggende koers. Schippers en waarnemers op andere schepen kunnen dan moeilijker op basis van zichtwaarnemen bepalen of er een gevaar voor aanvaring bestaat.

De onderliggende problematiek en de gebruikte methode zijn nader uitgewerkt in APPENDIX 1



Figuur 4-13 Bewegingen die een schip op zee kan maken. Gieren van het schip (yaw) is daarbij de beweging die doet lijken alsof het schip steeds van koers verandert [Ref 7.]

4. Wanneer de verticale en dwarsversnelling voor passagiers oncomfortabel zijn.

Gebrek aan een comfortabel gevoel met betrekking tot beweging levert voor passagiers onveiligheid op. Het kan leiden tot stress en desoriëntatie, zeker in situaties waarin niet op de komende beweging kan worden geanticipeerd. Varen in het donker, met geen zicht op het wateroppervlak, is zo'n situatie. Passagiers die veel stress ervaren kunnen voor afleiding zorgen, bijvoorbeeld doordat ze gaan lopen of zorgen gaan uiten aan de schipper. Bovendien kunnen sneller paniekreacties ontstaan indien er onverwachte gebeurtenissen of calamiteiten plaatsvinden.

Literatuuronderzoek heeft geen duidelijke normen opgeleverd. In algemene zin wordt gesproken over maximale toegevoegde versnelling van $9,81 \text{ m/s}^2$ (1g), bovenop de standaard versnelling van $9,81 \text{ m/s}^2$ als gevolg van de zwaartekracht, als zijnde de situaties waarin mensen nog comfortabel zijn en bijvoorbeeld geen stoelgordels hoeven te dragen. In maritieme wet- en regelgeving voor zeevaart komt dit overeen met de eis zoals die in de *IMO International Code for High Speed Craft* gesteld is voor "High Speed Passenger Vessels". De Code beschrijft een maximum van 1g verticaal en naar bakboord en stuurboord, gemeten in het midden van de lengteas van het schip, tenzij er specifieke maatregelen zijn genomen ter bescherming van passagiers.

Dit maximum van 1g toegevoegde versnelling naar bakboord, stuurboord en verticaal namen we daarom in dit onderzoek als norm.

4.3.6.2 Stap 2: Bepalen optimale snelheid tijdens simulatieruns

Zoals eerder gesteld is deze stap relevant, omdat het optimum zorgt voor de laagst mogelijke taakbelasting van schippers, en dus voor de meest ruime marges in taakbelasting om adequaat te kunnen reageren op onverwachte omstandigheden en calamiteiten. Daarbij is ook ruimte nodig om effectief uit te kunnen luisteren en te communiceren, indien nodig.

Vooruitlopend op de resultaten van het simulatoronderzoek hebben we wel waargenomen dat, afhankelijk van de omstandigheden, door instellingen van apparatuur en soms afleiding¹² en taakverzwaring¹³ de werklast en mogelijkheden tot behoud van Situation Awareness (SA) onder druk kwamen te staan. Dit *verminderde* de marges ten aanzien van veiligheid. Tegelijkertijd zagen we ook dat de participanten professionaliteit en verantwoordelijkheid toonden door de situatie te *verbeteren* middels een tijdelijke vermindering van de snelheid.

Stap 2 voerden we uit door het optimum te bepalen voor bootbehandeling, veilige navigatie en comfort, op de volgende wijze:

- **Bootbehandeling beoordeelden we door**

- Opnieuw te kijken naar snelheid en toerental, omdat (kleine) snelheidsveranderingen een middel zijn om de bewegingen van de boot en de impacts op golven zo optimaal mogelijk te houden. Specifiek keken we hier naar de bediening van de gashendels ("telegraaf"), omdat de participanten daarmee het toerental van de voortstuwingsmotoren instelden;
- Een analyse van het roergebruik, omdat het aantal roerbewegingen en de roeruitslagen als maat dienen voor de moeite die het kost om het schip op koers te houden. Hoe minder het aantal roerbewegingen en hoe kleiner de roeruitslagen, hoe minder moeite het koste;

- **Veilige navigatie beoordeelden we door**

1. Een analyse van de giersnelheid¹⁴ als maat voor de werklast die het een deelnemer kost om middels het buitenbeeld georiënteerd te blijven (Situation Awareness). Immers, hoe sneller het schip draait, des te moeilijker is het om georiënteerd te blijven op de omgeving en daarin objecten, andere schepen en golven te monitoren

In aanvulling daarop telden we per simulatierun het aantal malen dat er in elke periode van 3 seconden een koerswijziging van meer dan 10 graden plaatsvond. Daarbij dienden we de data te corrigeren voor het aantal te varen bochten met meer dan 10 graden koerswijziging, omdat de routes per scenario verschilden.

2. Een analyse van de cognitieve werklast en het scanpatroon. Daarin beoordeelden we de cognitieve werklast aan de hand van de pupildiameter van de participanten, vastgelegd door de eye-tracker bril.

Het scangedrag beoordeelden door de verdeling van aandacht tussen buitenbeeld, RADAR en ECDIS nader te bekijken. Met name de volgorde (patroon) waarin deze elementen aandacht krijgen nemen we mee, omdat het observatieteam daar tijdens de simulaties veranderingen in hebben waargenomen;

- **Comfort voor passagiers beoordeelden we door**

- Opnieuw te kijken naar verticale en laterale (naar bakboord en stuurboord) versnellingen, waarbij zowel de versnellingskrachten zelf als het aantal omkeringen van de versnelling (van boven naar beneden en vice versa, respectievelijk van bakboord naar stuurboord en vice versa).

¹² Verstoringen door mensen die ongevraagd de simulatorruimte kwamen binnenlopen.

¹³ Soms viel de beweging van de simulator uit, wat door de participant zelf opgelost diende te worden door het drukken op half verborgen knop onder het stuurwiel.

¹⁴ Giersnelheid kan worden uitgelegd als de snelheid waarmee het schip draait en daardoor een ander koers voor gaat liggen (Rate of Turn), meestal uitgerukt in [graden/minuut]. Zie ook figuur

5 RESULTATEN EN ANALYSE

5.1 Fase 1 – Technische en operationele (taak)analyse

5.1.1 Inleiding

In algemene zin is het uitvoeren van een veilig vaart afhankelijk van een groot aantal factoren en elementen, die bovendien op een complexe en soms onvoorspelbare manier met elkaar samenhangen. Veilige vaarsnelheid is één van de factoren die hierbij een rol speelt.

Er zijn in de basis, slechts twee manieren waarop het concept *veilige vaart* en de factor *veilige vaarsnelheid* aan elkaar verbonden kunnen zijn:

1. Er is een vaartuig dat in de basis veilig is op basis van formele normen zoals wet- en regelgeving. Voor dat vaartuig geldt een (nader te bepalen) veilige vaarsnelheid, al dan niet afhankelijk van specifieke omgevingscondities waarop geen directe invloed uitgeoefend kan worden (wind, zeegang, zicht, waterdiepte, vaarwegbreedte, etc.), of:
2. Er is een vaartuig gewenst dat met een bepaalde (minimale) snelheid moet kunnen varen. Het schip kan daarop, op basis van formele normen zoals wet- en regelgeving, worden ontworpen, gebouwd en getest.

Formele normen vormen daarmee inmiddels de kritieke kern waaromheen veilige scheepvaart draait. De maritieme sector kenmerkt zich dan ook door verregaande regulering op de aspecten constructie, (lek)stabiliteit, uitrusting, procedures en werkinstructies, bemanningssamenstelling en -kwalificaties, vaarregels en inrichting van vaarwegen en infrastructuur. Een groot deel van deze regulering komt voort uit geleerde lessen na (zeer ernstige) ongevallen.

Uitsluitend geprojecteerd op passagiersveiligheid, zijn de benoemde aspecten grofweg in te delen in *twee hoofdthema's*:

- Hoofdthema 1. **Beschermen van passagiers.** Een deel van aspecten gaat over het *beschermen* van passagiers in omstandigheden waarin zich ongewone situaties voordoen. Denk daarbij aan harde wind, scherpe uitwijkmanoeuvres, ongelijke verdeling van passagiers over het schip, aanvaringen, brand en andere calamiteiten. Meer concreet heeft dit deel een sterke focus op in wet- en regelgeving vastgelegde technische en operationele eisen met betrekking tot constructie en de daarmee samenhangende onderwerpen als stabiliteit, drijfvermogen, brandbestrijding, voorstuwing en reddingsmiddelen.
- Hoofdthema 2. **Voorkomen van calamiteiten, uitvoering vaartaak.** Het andere deel van de aspecten heeft betrekking op veilig varen, bootbehandeling en omgaan met verschillende omgevingscondities. Daar ligt de focus vooral op het *voorkomen* van ongewone situaties die de passagiers in gevaar kunnen brengen. Naast vastgestelde normen op het gebied van vaarregels en richtlijnen, heeft dit deel componenten met betrekking tot (vaar)gedrag, kennis en ervaring van bemanningsleden.

Nadere beschouwing op de bestaande wet- en regelgeving leerde dat bovengenoemde aspecten allemaal terugkomen in specifieke wet- en regelgeving voor de grofweg drie sectoren waarin de maritieme sector is onderverdeeld: zeevaart, binnenvaart en pleziervaart.

Deze specifieke onderverdeling is onder andere te verklaren op basis van de kenmerken van het vaarwater en het onderscheidt tussen bedrijfsmatige vaart en recreatieve vaart. Zee en binnenwater hebben beduidend andere omgevingscondities, verkeersintensiteiten, beschikbare ruimte en obstakels zoals bruggen en sluizen. Dit vertaalt zich naar verschillende eisen en behoeften op het gebied van bijvoorbeeld constructie, manoeuvreerbaarheid, bemanningseisen, stabiliteit, uitrusting, voorstuwing en vaarregels in inrichting van de vaarweg.

Dit onderzoek heeft echter betrekking op de Waddenzee, waarbij het Nederlandse deel van de Waddenzee formeel als binnenwater is aangewezen. Het gebied is mede daardoor gecompliceerd, omdat de omgevingscondities ook regelmatig lijken op de condities op zee (met name kustwateren).

Daarnaast fungeren de havens van Den Helder, Harlingen, Lauwersoog, Eemshaven en Delfzijl voor een belangrijk deel als zeehavens, waardoor het gebied zich kenmerkt door de aanwezigheid van zowel zeevaart als binnenvaart als pleziervaart. Bovendien varen er ook schepen die zich bedrijfsmatig bezighouden met activiteiten op zowel volle zee als op het binnenwater van de Waddenzee. Een aantal bij het onderzoek betrokken schepen van stakeholders zijn op die wijze actief en vervoeren bijvoorbeeld ook passagiers naar offshore locaties ver op zee.

Tenslotte is er ook nog sprake van frequent varende snelle grote schepen, zoals de sneldiensten van de verschillende veerbootrederijen naar de Waddeneilanden. Ongeacht de eigen snelheid, zijn alle schepen meer kwetsbaar bij aanvaringen met dit type schepen. Met andere woorden, veiligheidseisen aan ook kleinere passagiers schepen zijn niet alleen van belang voor het bepalen van een veilige snelheid van de schepen zelf, maar ook voor de eventuele impact van een aanvaring met een ander snel schip.

Op basis van voornoemde analyse van het vaargebied zou men, in algemene zin, een formeel kader van wet- en regeling voor passagiers vervoerende schepen verwachten, met juist in deze omgeving tenminste een mix in de toepassing van binnenvaart- en zeevaarteisen. Dit omdat zowel de omgeving als de activiteiten vragen om schepen, uitrusting en bemanning die zijn toegerust voor het varen in dit specifieke gebied, en die in sommige gevallen ook op de aangrenzende zee veilig moeten kunnen blijven varen. Bovendien gaat om het vervoer van (kwetsbare) personen, die niet in alle gevallen thuis zijn in een maritieme omgeving.

Deze fase van het onderzoek leverde echter een compleet ander beeld op voor de snelle schepen die, buiten de dienstverlening van de veerbootrederijen om, het vervoer van personen op de Waddenzee verzorgen. Het uitvoeren van een technische en operationele (taak)analyse en het daaraan verbinden van conclusies kan daarom niet zonder een eerst een nadere beschouwing op de actuele wet- en regelgeving.

5.1.2 Wet- en regelgeving

Dit onderzoek heeft betrekking op schepen die, in de huidige praktijk, korter zijn dan 12 meter¹⁵ en niet meer dan 12 personen buiten de bemanning vervoeren. Bovendien kunnen alle schepen sneller varen dan 20 km/uur, en zijn daarom in het Binnenvaartpolitiereglement (BPR) geclassificeerd als “snelle motorboten”.

¹⁵ Met uitzondering van de grote zeegaande reddingboten van de KNRM, deze hebben een lengte van ongeveer 19 meter, maar in ieder geval minder dan 20 meter.

5.1.2.1 Eisen en voorschriften met betrekking tot het hoofdthema “beschermen van passagiers”

Een nadere beschouwing op de geldende wet- en regelgeving¹⁶ liet zien dat er op het hoofdthema “beschermen van passagiers” geen eisen en voorschriften zijn vanuit zowel de Binnenvaartwet, de Schepenwet (zeevaart) als de Wet Pleziervaartuigen. Vanuit het BPR, van toepassing op alle scheepvaart op de Waddenzee, zijn er zeer beperkte voorschriften:

- Binnenvaartwet en Binnenvaartbesluit:
 - Schepen korter dan 20 meter en die niet meer dan 12 passagiers vervoeren zijn, ongeacht het vaargebied, niet certificaatplichtig en hoeven daarom ook niet aan de technische eisen te voldoen;
 - Schepen bestemd voor het redden van drenkelingen zijn uitgezonderd van de certificaatplicht;
- Schepenwet en Schepenbesluit (zeevaart):
 - Schepen korter dan 12 meter die niet bestemd zijn voor het vervoer van 12 passagiers en deze ook niet vervoeren, zijn niet certificaatplichtig en hoeven daarom ook niet aan de onderliggende technische en operationele eisen te voldoen;
 - De Schepenwet is niet van toepassing op reddingvaartuigen;
- Wet Pleziervaartuigen (CE-markering): De Wet Pleziervaartuigen is niet van toepassing op vaartuigen die specifiek bestemd zijn om te worden bemand en passagiers te vervoeren voor commerciële doeleinden, ongeacht het aantal passagiers;
- Het binnenvaartpolitiereglement (BPR): Het BPR beschrijft voor snelle motorboten minimale eisen met betrekking tot het voorkomen van brand en ontploffing, het voorhanden hebben van een brandblusser, een deugdelijke en doelmatige stuurinrichting en het aan boord beschikbaar hebben van een reddingsvest voor alle opvarenden.

5.1.2.2 Eisen en voorschriften met betrekking tot het hoofdthema “voorkomen van calamiteiten, uitvoeren vaartaken”

Op het hoofdthema “voorkomen van calamiteiten, uitvoeren vaartaken” ligt het gecompliceerder. Daarom splitsen we dit thema op een meerdere sub-thema's:

- Uitrusting met navigatieapparatuur:

Voor zeeschepen zijn de eisen met betrekking tot uitrusting met navigatieapparatuur onderdeel van de certificaatplicht, zoals beschreven onder het hoofdthema “Beschermen van Passagiers”. In de binnenvaart werkt dat anders. Daar zijn, *in algemene zin*, de uitrustingseisen en het gebruik van RADAR, ECDIS, AIS, bochtanwijzer en marifoon(s) beschreven in het Binnenvaartpolitiereglement (BPR), dat van toepassing is op alle schepen die varen op de Waddenzee.

Meer specifiek geldt dat voor de schepen betrokken bij dit onderzoek geen eis bestaat voor de uitrusting met en het gebruik van RADAR, ECDIS, AIS, bochtanwijzer en marifoon, tenzij er sprake is van slecht zicht. Bij slecht zicht moeten er wel een RADAR, bochtanwijzer en marifoon zijn en ook worden gebruikt.
- Vaarregels:

Voor alle schepen die varen op de Waddenzee, geldt het BPR. Daarin wordt onder andere onderscheidt gemaakt tussen grote (>20 meter) snelle schepen (“snel schip” is een groot schip dat harder kan varen dan 40 km/uur) en kleine snelle schepen (“snelle motorboot” is een klein schip dat harder kan varen dan 20 km/uur). De verschillen komen vooral tot uiting in voorrangsregels en toegestane maximale snelheid ten opzichte van het water.

¹⁶ Alle genoemde wet- en regelgeving is geraadpleegd in november 2025 en was ten tijde van het raadplegen actueel en in werking.

Daarbij is de huidige situatie met betrekking tot de toegestane snelheid van belang. In de basis mag op de Waddenzee nergens sneller worden gevaren dan 20 km/uur, vastgelegd in de *Bekendmaking aan de Scheepvaart; instellen maximum snelheid Waddenzee*¹⁷ uit 2005. Uitzonderingen zijn in de Bekendmaking benoemd en gelden voor de betonde vaarwegen tussen de havens en zee en op de zogenaamde *veerbootroutes* naar de Waddeneilanden. Veerbootroutes zijn echter niet in wet- en regelgeving gedefinieerd, zodat voortdurend onduidelijkheid en interpretatieverschillen voor kunnen komen.

Op grond van het BPR en de *Regeling snelle motorboten*¹⁸ is deze uitzondering voor snelle motorboten beperkt tot het snel varen overdag.

- Opleiding en ervaring, competenties

Eisen met betrekking tot opleiding, ervaring en competenties zijn voor het varen op de binnenwateren primair voorgeschreven in de Binnenvaartwet en het Binnenvaartbesluit. De kleine snelle motorboten die onderwerp zijn in dit onderzoek, zijn daarbij beschreven als veerponten die door middel van de eigen mechanische voortstuwingsmiddelen een snelheid van 30 kilometer per uur of meer ten opzichte van het water kunnen bereiken.

Voor deze categorie schepen geldt voor de schipper een verplichting tot het in bezit zijn van een geldig EU kwalificatiecertificaat schipper met een aanvullende vergunning voor het varen op de wateren van maritieme aard¹⁹. De onderliggende eisen met betrekking tot opleiding en ervaring liggen vast in de Europese Standaard voor Kwalificaties in de Binnenvaart (ES-QIN). Personen in het bezit van vaarbevoegdheden voor de zeevaart kunnen vrijstelling krijgen voor de verplichte praktijktoetsen en theoretische examens.

Schippers van de reddingsboten van de KNRM moeten in het bezit zijn van een klein vaarbewijs.

- Bemanningssamenstelling

De bemanningssamenstelling voor binnenschepen is ook geregeld in de Binnenvaartwet, het Binnenvaartbesluit en de Binnenvaartregeling. Zeeschepen zijn uitgezonderd, waarbij een zeeschip is gedefinieerd als een schip dat *blijkens zijn constructie uitsluitend of in hoofdzaak voor de vaart op zee wordt gebruikt*. Geen van de schepen in het onderzoek kan op basis van deze definitie als zeeschip worden aangemerkt.

Snelle veerponten (ongeacht lengte) moeten zijn bemand volgens vaste tabellen, waarbij onderscheidt wordt gemaakt op basis van de snelheid die het schip kan bereiken, het maximaal aantal passagiers en de exploitatiewijze (maximale vaartijd schip in 24 uur).

Voor de snelle veerponten waarmee niet meer dan 12 passagiers worden vervoerd, geldt een vrijstelling van de minimum voorgeschreven bemanning, mits er een gekwalificeerd schipper aan boord is en de maximale vaartijd per 24 uur niet meer bedraagt dan 14 uur (exploitatiewijze A1). Bij vaarten tussen 22:00 uur en 06:00 uur moet er dan bovendien een tachograaf in werking zijn.

Voorschriften met betrekking tot de bemanningssamenstelling zijn niet van toepassing op reddingsboten van de KNRM.

¹⁷ Laatst geraadpleegd in november 2025 via <https://wetten.overheid.nl/BWBR0009519/2005-02-15>

¹⁸ Laatst geraadpleegd in november 2025 via <https://wetten.overheid.nl/BWBR0007331/2013-01-01>

¹⁹ "Ruime" wateren zoals Westerschelde, IJsselmeer en Waddenzee

5.1.2.3 Deelconclusies wettelijk kader

De beschouwing op het wettelijk kader maakt duidelijk dat er voor de schepen in dit onderzoek feitelijk maar zeer beperkte eisen en voorschriften zijn op het gebied van stabiliteit, drijfvermogen, constructie, brandbestrijding, voorstuwing, uitrusting en reddingsmiddelen, die betrekking hebben op het beschermen van passagiers, zowel tijdens de normale vaart als in geval van calamiteiten. Datzelfde geldt voor navigatie- en communicatieapparatuur, van belang bij het voorkomen van calamiteiten.

Op deze basis kan MARIN geen aanbevelingen doen met betrekking tot een veilige vaarsnelheid in het donker. Het is namelijk in theorie mogelijk om het vervoer van personen uit te voeren met schepen die absoluut niet voor het doel en het vaargebied geschikt zijn, waarbij feitelijk elke vaarsnelheid te veel risico's met zich meebrengt. Bovendien, vooruitlopend op de resultaten van het simulatieonderzoek, liggen veilige vaarsnelheden in het donker op of boven de 30 km/uur en kan er überhaupt alleen veilig worden gevaren bij een minimum aan beschikbare navigatie- en communicatiemiddelen.

We hebben ons in de technische en operationele (taak)analyse daarom gericht op het vinden van een minimum aan eisen voor wat betreft de stabiliteit, drijfvermogen, brandbestrijding, constructie, uitrusting, bemanningssamenstelling, opleiding en reddingsmiddelen. Deze eisen fungeren in dit onderzoek als een set randvoorwaarden waarop de conclusie met betrekking tot een veilige vaarsnelheid zijn gefundeerd.

5.2 Technische analyse

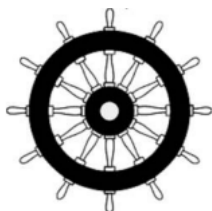
Bij de technische analyse zijn we uitgegaan van de schepen die ondernemers en KNRM actueel inzetten bij het (snelle) vervoer van personen over de Waddenzee. Bovendien hebben we de operationele uitvoering van het snel varen in het donker op de Wadden ervaren door mee te varen tijdens een opleidingsdag en -avond van het Commando Zeestrijdkrachten, Littoral Manoeuvre Group. We zijn ook mee geweest met de KNRM op Terschelling tijdens een regulier oefening in het donker.

5.2.1 Constructie, inrichting, uitrusting stabiliteit, drijfvermogen, bescherming tegen brand en instructies.

Dat er op het gebied van stabiliteit, drijfvermogen, brandbestrijding, constructie, uitrusting, bemanningssamenstelling, opleiding en reddingsmiddelen geen wettelijke eisen zijn, betekent in de huidige situatie niet dat er ook daadwerkelijk sprake is van onveilige schepen. Een deel van de ondernemers vaart met dezelfde type schepen op zee, in opdracht van bedrijven in de offshore energiesector. Die vragen soms expliciet om een vorm van certificering tegen een minimum normenkader. De ondernemers lieten hun schepen daarbij voorzien van een klassecertificaat van het Register Holland Classebureau Zeevervaart (RHC) op grond van een normenkader ("Orange Rules") voor bedrijfsmatige gebruikte schepen tot 12 meter (Zeegaand Klein Vaartuig).

De RHC Orange Rules [Ref 6.] zijn oorspronkelijk gebaseerd op concept wetgeving uit 1998, die echter nooit is geïmplementeerd en uitgevoerd. Bovendien leunen de RHC Orange Rules sterk op de categorisering, eisen en voorschriften zoals die zijn vastgelegd in de Wet Pleziervaartuigen, op grond van de Europese Richtlijn 2013/53/EU. Dat is inclusief de onderliggende door de Europese Unie geharmoniseerde ISO/NEN normen. Daarin zijn bovendien ook normen opgenomen met betrekking tot relevante (nood)procedures en instructies.

Tenslotte verwijzen de RHC Orange Rules voor de type-goedkeur van uitrusting en apparatuur naar de Europese Richtlijn 96/98/EG inzake de uitrusting van zeeschepen (Marine Equipment Directive (MED)), te herkennen aan het typische keurmerk in de vorm van een stuurwiel (Figuur 5-1).



Figuur 5-1 Keurmerk Marine Equipment Directive

Marin concludeert na onderzoek dat het CE-keurmerk zoals dat kan worden afgegeven op grond van de Wet Pleziervaartuigen, een goede basis kan vormen voor de borging van minimale eisen op het gebied van bouw en constructie, inrichting, uitrusting stabiliteit, drijfvermogen en bescherming tegen brand op schepen korter dan 20 meter, die sneller kunnen varen dan 20 km/uur en gebruikt worden voor het vervoer van niet meer dan 12 passagiers.

Daarbij is het wel van belang om vaargebied afhankelijk te kiezen voor het juiste normenkader. Deze kaders zijn weergegeven in Tabel 5-1. Gelet op het karakter van de Waddenzee, concludeert MARIN dat in het Waddenzeegebied bijvoorbeeld minimaal een CE-keur voor Categorie B verplicht zou moeten worden gesteld, of Categorie C in combinatie met een formeel verbod voor het varen bij windkrachten boven de 6 Beaufort.

Tabel 5-1 Categorieën vaartuigontwerpen Wet Pleziervaartuigen/ Richtlijn 2013/53/EU

Categorieën vaartuigontwerpen				
Categorie	A	B	C	D
Windkracht (Bft)	> 8	t/m 8	t/m 6	t/m 4
Karakteristieke golfhoogte (m)	> 4	t/m 4	t/m 2	t/m 0,3

In aanvulling op bijvoorbeeld het CE-keurmerk, ligt het voor de hand om ook normen te stellen voor de uitrusting met reddingsmiddelen. De RHC Orange Rules gaan daar wel op in, maar niet specifiek voor schepen die behalve een bemanning ook passagiers aan boord hebben. Op basis van de toedrachtbeschrijving van het ongeval in het Schuitengat [Ref 1.], van kennis van het vaargebied en de geobserveerde uitrusting van diverse schepen, de directe nabijheid van diverse KNRM reddingstations en andere hulpverleners en vanuit de wetenschap dat schepen in nood en drenkelingen met name in het donker moeilijk te vinden zijn, stelt MARIN dat tenminste de volgende (type-goedgekeurde) middelen aan boord moeten zijn:

- Reddingsvest voor elke opvarende, vanaf de zitplaats binnen direct handbereik beschikbaar en voorzien van een licht, dat automatisch gaat branden wanneer het ondergedompeld wordt in water;
- Tenminste één (1) reddingboei voorzien van Man-Overboord-Licht;
- Een reddingvlot of andere drijvende middelen, geschikt om gedurende enige tijd personen drijvende te houden;
- Een Emergency Position-Indicating Radio Beacon (EPIRB);
- Valschermsignalen;
- Een zoeklicht of seinlamp.

Op deze manier zijn er voldoende middelen om personen drijvende te houden en tevens om in geval van nood de eigen positie kenbaar te maken.

5.2.2 Uitrusting met navigatie- en communicatieapparatuur

De wet- en regelgeving kent geen eisen met betrekking tot het voeren en gebruiken van specifieke navigatie- en communicatieapparatuur. De bij het onderzoek betrokken schepen maken echter allemaal gebruik van RADAR, elektronisch kaartstelsel, minimaal 1 GPS ontvanger, AIS en tenminste 1 marifoon.

Observaties aan boord hebben laten zien dat deze apparatuur minimaal noodzakelijk is voor een veilige navigatie bij het snel varen in het donker. Bovendien is het niet ondenkbaar dat tijdens de vaart het zicht dusdanig verminderd dat ook bij een lage vaarsnelheid deze apparatuur nodig is om de vaart te kunnen vervolgen. Met name wanneer sprake is van spoed-vervoer kan niet zomaar, zoals het BPR voorschrijft, een veilige ligplaats worden gezocht totdat het zicht verbetert. Er moet dan tenminste een RADAR aan boord zijn om door te mogen varen.

Het aan boord plaatsen en gebruiken van RADAR vraagt nog wel om een nadere beschouwing. Het BPR schrijft namelijk voor dat op RADAR varen is toegestaan in combinatie met een bocht-aanwijzer die beide van een type zijn *dat voor de binnenvaart door de daartoe aangewezen instantie is goedgekeurd volgens de daaromtrent vastgestelde voorschriften*.

Voor specifieke aangewezen vaarwegen mag het ook *een geschikte Radarinstallatie zijn die goed functioneert en die van een type is dat voor het varen op die vaarwegen door dezelfde bedoelde instantie is goedgekeurd volgens de daaromtrent vastgestelde voorschriften*.

Uit interviews en observaties is gebleken dat deze werkwijze niet altijd aansluit op de behoefte die bij verschillende gebruikers van de Waddenzee bestaat. Kort gezegd heeft de Waddenzee ook kenmerken die meer lijken op de condities op zee en bovendien varen schepen zowel op zee als op de binnenwateren van de Waddenzee. De keuze voor een geschikte RADAR zou dan tenminste voor de Waddenzee eenvoudiger en beter kunnen worden gefaciliteerd door alle Zee-RADARS met een MED-keur ook toe te laten voor schepen die snel personenvervoer op de Waddenzee verzorgen. Daarbij moet, zoals bleek uit observaties en uit de in paragraaf 5.4 beschreven simulatorstudie, de radar wel zijn uitgerust met een scanner met hoge draaisnelheid en moet het radarbeeld kunnen worden gestabiliseerd.

Bovenop de al genoemde apparatuur is het bovendien raadzaam om een extra marifoon aan boord te hebben, zodat zowel het schip-schip verkeer als een kanaal voor nautische informatie (verkeerscentrale) gelijktijdig en direct beschikbaar zijn voor communicatie, zonder dat telkens overgeschakeld moet worden naar een ander kanaal. Het overschakelen is namelijk een handeling die ten koste gaat van de aandacht die nodig is voor navigatie en bootbehandeling.

Tenslotte concludeert MARIN dat ook een dieptemeter zou moeten worden toegevoegd aan de lijst met verplichte apparatuur aan boord. In een gebied als de Waddenzee, met veel ondieptes en wisselende waterstanden door getij, kan een dieptemeter een extra hulpmiddel zijn bij de veilige navigatie en plaatsbepaling.

5.2.3 Uitrusting met herkenbare verlichting

Uit observaties in de praktijk bleek dat kleine snelle vaartuigen soms lastig als zodanig herkenbaar zijn. Het kan daarom de veiligheid dienen als aan de hand van de verlichting kleine snelle passagiers vervoerende schepen zijn te onderscheiden van het overige scheepvaartverkeer.

5.3 Operationele taakanalyse

5.3.1 Infrastructuur

De inrichting van de omgeving is in algemene zin een belangrijke component voor het veilig varen. De infrastructuur duidt en bepaalt waar gevaren kan en mag worden, hoe veel ruimte er is en indirect hoe veilig het beschikbare vaarwater is.

Betonning (vaarwegmarkering) is in dit onderzoek naar voren gekomen als de meest relevante factor bij het varen in het donker. Goed geplaatste betonning markeert de vaargeul zodat een route eenvoudiger gevonden en gevolgd kan worden. Zichtbaarheid speelt daarbij een belangrijke rol.

Er is bij meerdere gelegenheden geobserveerd dat onverlichte betonning niet of pas op het allerlaatste moment zichtbaar is. Daardoor is de schipper aan boord afhankelijk van RADAR en/of een ECDIS, waarop de eigen positie en koers eveneens accuraat worden weergegeven. Dat alleen is echter niet genoeg.

Om in het donker te kunnen varen is aandacht nodig voor *en* de omgeving *en* de navigatieapparatuur. Het eenvoudig kunnen volgen van een route aan de hand van verlichte vaarwegmarkering geeft de schipper meer tijd en aandacht voor de omgeving, waardoor anticiperen op bijvoorbeeld hoge golven en onverwachte obstakels beter en dus veiliger verloopt. Ook het op koers houden van het schip gaat makkelijker wanneer er in ruime mate aandacht kan zijn voor het buitenbeeld. Bij snel varen in het donker hebben we geobserveerd dat relatief veel tijd voor rechtstreekse aandacht voor de omgeving, de veilige vaart substantieel ten goed komt.

Onze conclusie is dan ook helder; veilig snel varen in het donker is maximaal gebaat bij vaarwegen waarvan de vaarwegmarkering verlicht is. Daarbij gaat het op de Waddenzee primair over verlichte betonning.

Routes voor nood- en spoedvervoer

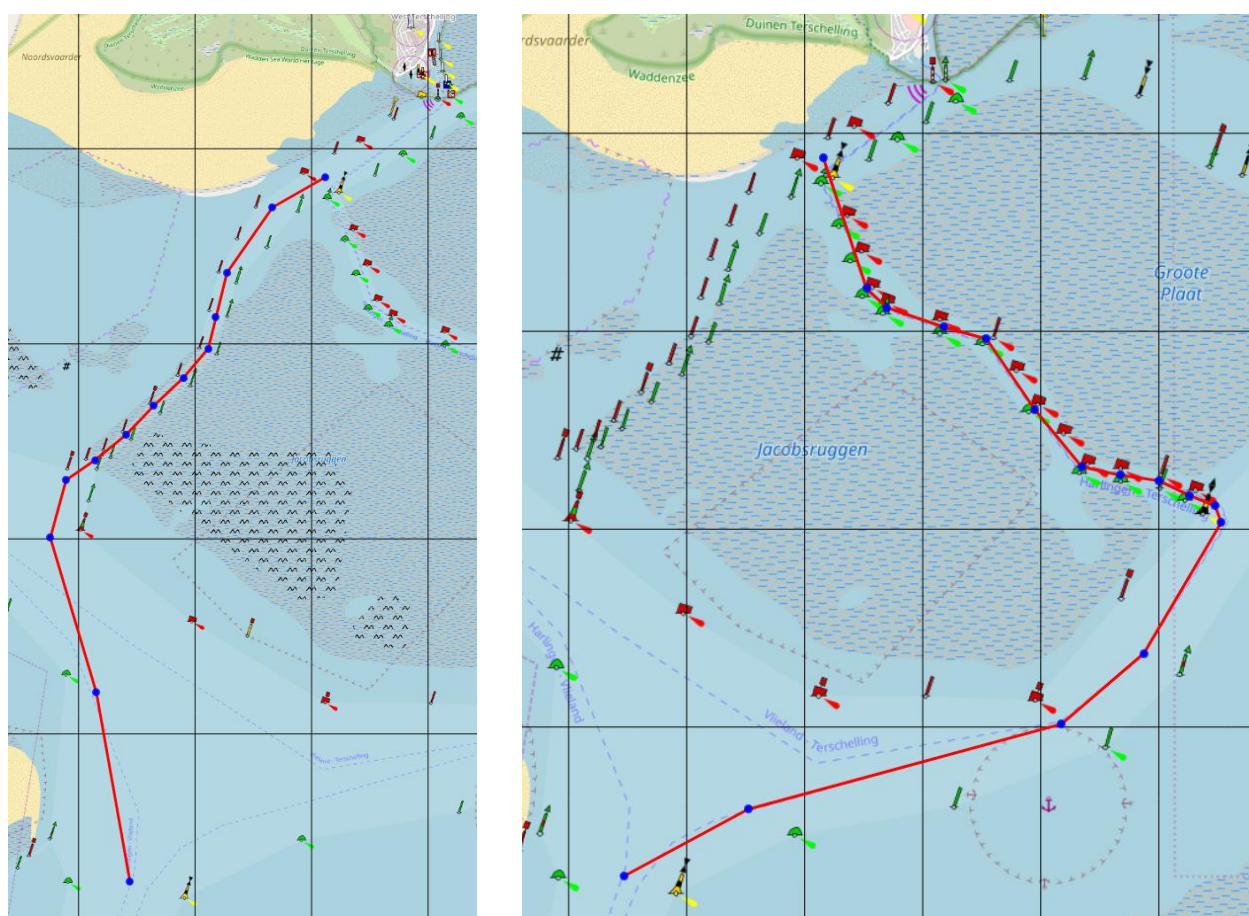
Deze conclusie leidde tot een belangrijk inzicht. Veilig snel varen in het donker is als onderwerp niet beperkt tot het sociaal urgente en niet sociaal urgente vervoer van passagiers van en naar de Waddeneilanden. Er is ook regelmatig sprake van spoedvervoer van patiënten naar de wal en van noodgevallen op zee en de Waddenzee, waardoor er door de KNRM en door bergingsmaatschappijen snel in het donker gevaren *moet* worden, over de meest korte beschikbare routes. Het met verlichte betonning faciliteren van deze snelle vaarbewegingen is daarmee dus een noodzaak, ongeacht of snel sociaal-urgent of niet-urgent passagiersvervoer wel of niet wordt toegestaan.

Op de Waddenzee zijn de hoofdvaarroutes tussen zee en de havens van Den Helder, Harlingen, Lauwersoog en Eemshaven/Delfzijl in principe eenduidig gemarkeerd door verlichte betonning. Dat geldt ook voor de *veerbootroutes* naar de Waddeneilanden vanuit Den Helder (Texel), Harlingen (Vlieland en Terschelling), Holwerd (Ameland) en Lauwersoog (Schiermonnikoog).

De veerbootroutes op de Waddenzee wijken in bijna alle gevallen niet of nauwelijks af van de kortste beschikbare routes vanaf de Waddeneilanden naar de zeehavens en veerbootterminals op de vaste wal. Dat is echter niet altijd zo, bijvoorbeeld met de vaarroute door Schuitengat nabij Terschelling. Deze geul is jarenlang niet beschikbaar geweest voor de veerboten van en naar Terschelling, maar in de afgelopen jaren weer dusdanig breed en diep geworden, dat ook de veerboten er weer regelmatig gebruik van maken. Zelfs met het verbod om in het Schuitengat harder te varen dan 20 km/uur (ook overdag) tonen de veerdiensten, inclusief de sneldienst, een voorkeur voor de route door het Schuitengat. De officiële veerbootroute loopt echter nog door de bochtige Slenk en de Meep, met als gevolg dat de Slenk wel en het Schuitengat niet zijn verlicht. Beide routes zijn weergegeven in Figuur 5-2.

De route door het Schuitengat is ruim 4 kilometer korter dan de route door de Slenk, en daarmee vooral voor het nood- en spoedvervoer de kortste beschikbare route. Naar zee is de route ruim 9 kilometer korter. KNRM en bergers kiezen daarom voor deze route, ongeacht de afwezigheid van verlichte betonning.

Met het Schuitengat als voorbeeld is het daarmee hier gepast om, vanuit het algemene inzicht dat het nood- en spoedvervoer gebaat is bij een veilige infrastructuur op de meest geschikte route, de urgentie voor het aanbrengen van verlichte vaarwegmarkering op die routes onder de aandacht te brengen. Wat in deze situaties de meest geschikt route is, kan naar het inzicht van MARIN het beste worden bepaald in overleg met de KNRM en andere dienstverleners in de uitvoering van het nood- en spoedvervoer. Dit staat overigens los van het toestaan van snelheden boven de 20 km/uur wanneer er geen sprake is van nood- en spoedvervoer.

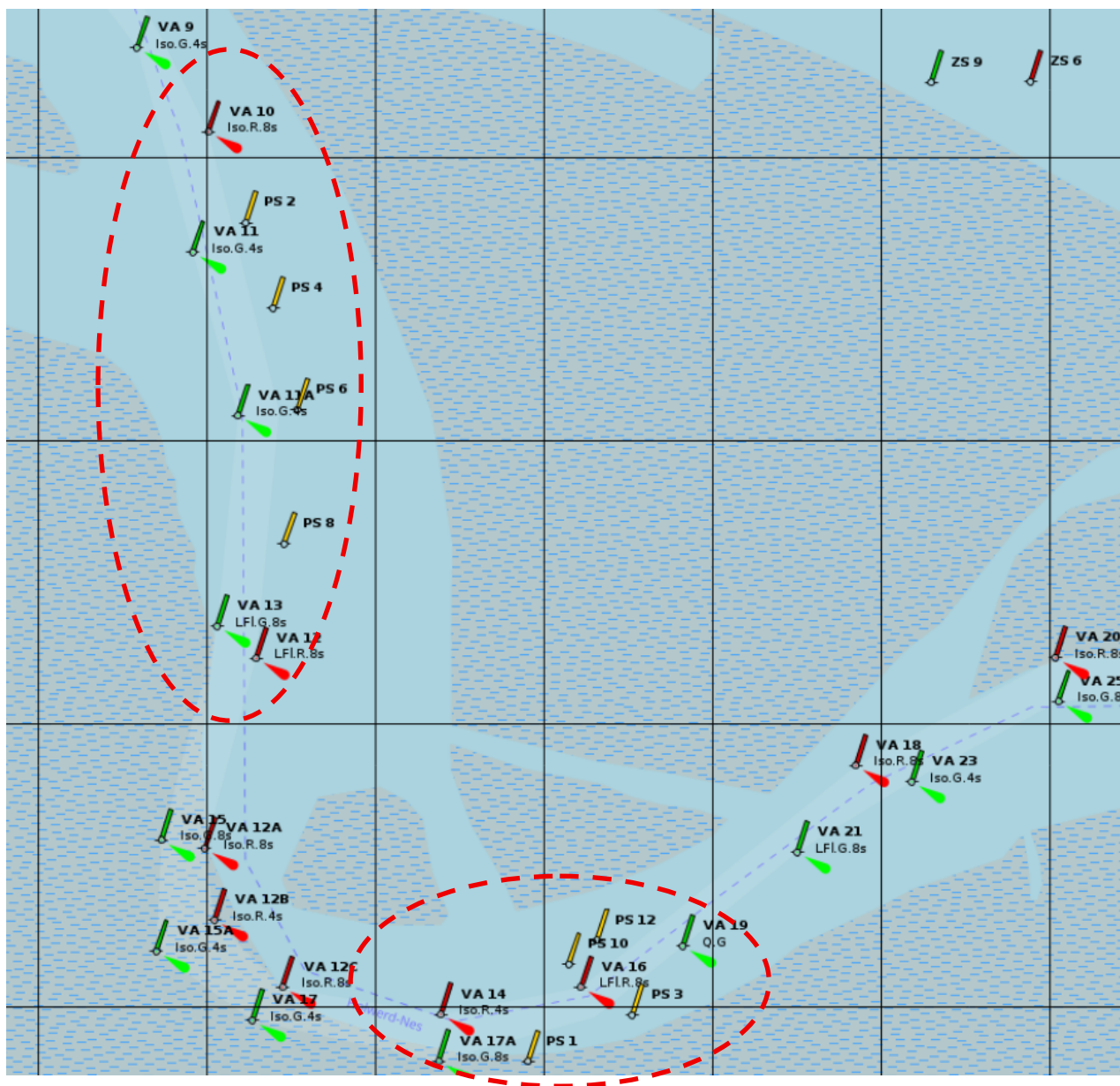


Figuur 5-2 De vaarroutes naar Terschelling. Links de route door het Schuitengat, rechts de route door de Slenk (bron: OpenSeaMap)

Vaarroute naar Ameland

Naast het ontbreken van verlichte betonning in het Schuitengat observeerden we nog een belangrijk knelpunt in de veiligheid van de infrastructuur. Op de vaarroute tussen Holwerd en Ameland is de rode verlichte betonning, die de linkerzijde van de vaargeul markeert, onderbroken en kennelijk vervangen door een serie gele onverlichte betonning. Elders op de route is dat ook nog het geval met de groene verlichte betonning. Uit interviews kwam naar voren dat deze markering is neergelegd om veilige passeerstroken aan te geven, waar de veerboten van en naar Ameland elkaar op tegengestelde koersen kunnen en moeten passeren. De situatie ter plaatse is weergegeven in Figuur 5-3.

Daarmee dient deze betoning een duidelijk veiligheidsdoel, maar is de gekozen oplossing contraproductief voor een veilige vaart in het donker, waarbij de risico's in de huidige situatie vooral voor snelle vaartuigen groter zijn geworden. Dat geldt niet alleen voor het nood- en spoedvervoer vanaf de eilanden, maar ook voor de reguliere sneldienst in de wintermaanden. Kort gezegd, het aanpassen van de markering ter plaatse leidde ook tot een vermindering van de norm voor veilige en vlotte doorstroming van het scheepvaartverkeer.



Figuur 5-3 Onderbroken vaarwegmarkering in de route van Holwerd naar Ameland (bron: OpenSeaMap)

5.3.2 Reisvoorbereiding

Tijdens het onderzoek zijn onder andere observaties uitgevoerd tijdens oefening- en instructie vaartochten van het Commando Zeestrijdkrachten, Littoral Manoeuvre Group. Deze vaartochten vonden zowel bij daglicht als in het donker plaats op de Waddenzee, op zowel verlichte als onverlichte vaarwegen, bij zeer hoge snelheden en met meerdere schepen tegelijk, die elkaar op de route voortdurende tegemoet kwamen.

De oefeningen en instructies moeten de bemanningen voorbereiden op het varen op onbekende wateren, onder alle condities en onder hoge druk. Dat zijn omstandigheden die ook voor het vervoer van passagiers op kleine snelle vaartuigen van toepassing zijn, zeker als er sprake is van bijvoorbeeld onverwachte verslechtering van het zicht tijdens de overtocht.

De observaties toonden hoe reisvoorbereiding in dit verband een cruciale rol speelt. Daarbij bestaat de reisvoorbereiding primair uit het vooraf *vaststellen en uitwerken* van de meest gunstige route, rekening houdend met omstandigheden zoals weer, zicht, getijde stroming en beschikbare waterdieptes. Met name de uitwerking is van belang, waarbij voor vertrek elke strek (been) van de route (1) de koers, (2) te varen afstand en (3) het eindpunt (positie en eventueel markering) worden *vastgelegd* en *geprogrammeerd* in de elektronische navigatiesystemen.

Een dergelijke methode van reisvoorbereiding kan de bemanningen van kleine snelle schepen helpen met voorbereid zijn op onverwachte omstandigheden tijdens de vaart, met name bij plotselinge verslechtering van het zicht. Een verplichting tot voorbereiden, uitwerken en programmeren van de voorgenomen reis achtten we dan ook cruciaal voor snel varen op de Waddenzee.

Dat kan overigens ook door het op voorhand op deze manier voorbereiden van meerdere routes en deze voor (her)gebruik op te slaan in een elektronische kaartsystemen, onder voorwaarde dat deze zo vaak als nodig worden nagelopen en aangepast. Immers, de loop van vaargeulen en de ligging van betonning kunnen op de Waddenzee vaak wijzigen.

Het spreekt bovendien vanzelf dat het op deze manier implementeren van reisvoorbereiding ook als aanbeveling kan gelden voor het nood- en spoedvervoer van de KNRM en bergers.

5.3.3 Bemanningssamenstelling

De schipper aan boord van een vaartuig is verantwoordelijk voor zijn schip, zijn bemanning en zijn passagiers. Dat geldt zowel voor het veilig uitvoeren van de vaartaak en het voorkomen van calamiteiten als het beschermen van passagiers in geval van calamiteiten.

Een goede uitvoering van alle (vaar)taken moet geborgd zijn onder alle omstandigheden. Daarbij zijn in de operationele taakanalyse diverse bedreigingen voor de uitvoering van de (vaar)taken geïdentificeerd:

- Cognitieve overbelasting (werklast) van de schipper tijdens de uitvoering van de vaartaak en bij calamiteiten, bijvoorbeeld door gecompliceerde omgevingscondities (weer, golven, zicht, scheepvaartverkeer, communicatie met andere schepen en verkeersposten);
- Afleiding van de primaire (vaar)taken.

5.3.3.1 Cognitieve overbelasting

Cognitieve overbelasting is geen onvoorstelbaar fenomeen. Observaties in de praktijk hebben laten zien dat bijvoorbeeld een plotseling gereduceerd zicht leidde tot verminderde aandacht en informatieopname uit de omgeving. Dat leidde onder andere tot het verminderd volgen van marifoonberichtgeving. In situaties waarin het niet meer lukt om in voldoende mate aandacht te hebben voor het correct instellen van instrumenten en het raadplegen, interpreteren en projecteren van

informatie uit alle verschillende bronnen (buitenbeeld, RADAR, ECDIS, Kompas, snelheid, bochtaanwijzer, koers etc.), kan dat leiden tot inadequate "Situation Awareness (SA)". Het nemen van onjuiste of zelfs catastrofale beslissingen kan daarvan het gevolg zijn.

Ook in geval van calamiteiten is een te hoge werklast van de schipper voorstelbaar of zelfs waarschijnlijk. In zulke situaties moet een schipper de calamiteit het hoofd bieden en tegelijkertijd de passagiers *kalm houden* en *in veiligheid* brengen. Bovendien zijn er genoeg realistische scenario's waarbij tegelijkertijd ook de vaartaak nog dringende aandacht vraagt van de schipper.

Om op alle hiervoor beschreven aspecten goed voorbereid te zijn op onverwachte complicerende omstandigheden tijdens het (snel) varen in het donker, is de veiligheid gebaat bij het aan boord hebben van een tweede lid van de bemanning. Dit bemanningslid moet daarbij in staat zijn om bij de (vaar)taak van de schipper te ondersteunen, zowel bij onverwachte verzwaringen in de omgevingscondities als bij calamiteiten.

5.3.3.2 Afleiding

Anderzijds is er het potentiële risico van afleiding van de schipper tijdens het uitvoeren van de vaartaak. Dat wil in dit onderzoek zeggen dat er is gekeken in hoeverre er een risico bestaat dat de schipper door andere zaken dan strikt de vaartaak kan worden afgeleid.

In dit verband gaan we uit van een begin van de vaartaak op het moment dat de eerste passagier aan boord stapt en een einde pas als de laatste passagier het schip heeft verlaten. Immers, in het onderzoeksgebied kan hinderlijke waterbeweging van andere passerende schepen er toe leiden dat het veilig embarkeren of debarkeren tijdelijk niet meer mogelijk is, of dat passagiers aan boord een waarschuwing moeten krijgen voor aankomende hinderlijke waterbeweging.

Geobserveerde relevante taken die de schipper af kunnen leiden zijn:

- Vragen en opmerkingen van passagiers;
- Toezicht houden op de veiligheid en op ongewenst gedrag van de passagiers;
- Communicatie anders dan nautische communicatie via de marifoon;
- Administratie niet gerelateerd aan de vaartaak;
- Dekwerkzaamheden met betrekking tot aan- en afmeren.

MARIN ziet een tweede bemanningslid als enige mogelijkheid om de schipper voor deze afleidende taken te behoeden.

5.3.4 Opleiding en training, competenties

5.3.4.1 De schipper

In de huidige situatie zijn de snelle passagiers vervoerende kleine schepen in dit onderzoek aangemerkt als snelle veerponten, die door die door middel van de eigen mechanische voortstuwingsmiddelen een snelheid van 30 kilometer per uur of meer ten opzichte van het water kunnen bereiken.

Voor deze categorie schepen geldt voor de schipper een verplichting tot het in bezit zijn van een geldig EU kwalificatiecertificaat schipper met een aanvullende vergunning voor het varen op de wateren van maritieme aard²⁰.

Het vaargebied heeft echter kenmerken die ook voorkomen op volle zee, waardoor zeevaartkwalificaties in principe voldoende zouden moeten zijn om veilig te kunnen varen op de Waddenzee, mits er voldoende kennis is van de lokale vaaregels (Binnenvaartpolitiereglement).

²⁰ "Ruime" wateren zoals Westerschelde, IJsselmeer en Waddenzee

Bovendien staat de regelgeving toe dat met de schepen in dit onderzoek in principe mag worden gevaren met enkel een zogenaamd klein vaarbewijs II, zolang er maar geen passagiers aan boord zijn.

Observaties en interviews hebben echter het volgende beeld opgeleverd:

1. Het klein vaarbewijs II bereidt onvoldoende voor op een veilige navigatie in een gecompliceerde omgeving op de Waddenzee, zeker in het donker en bij slecht zicht (RADAR verplicht);
2. Het klein vaarbewijs, het EU kwalificatiecertificaat schipper en de bestaande zeevaartkwalificaties bereiden onvoldoende voor op veilige bootbehandeling en zorg voor passagiersveiligheid bij het snel varen op de Waddenzee, ook in het donker en bij slecht zicht.

Een door de bij dit onderzoek betrokken varende stakeholders gedeelde conclusie is dat zowel het klein vaarbewijs II, het EU kwalificatiecertificaat schipper en de bestaande zeevaartkwalificaties in principe allemaal zouden moeten kunnen dienen als startkwalificatie. Die conclusie deelt MARIN niet in zijn geheel, omdat het klein vaarbewijs II als enige niet voorziet in het opdoen en toetsen van praktijkkennis en ervaring.

MARIN concludeert samen met de stakeholders wel dat moet worden voorzien in een verplichte module²¹ of opleiding, speciaal gericht op het *snel varen op de Waddenzee*. Een dergelijke module zou tenminste uit de volgende elementen moeten bestaan:

- Navigatie met behulp van een combinatie van RADAR en Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) met in acht name van de kenmerken van de Waddenzee. Denk daarbij in algemene zin aan:
 - de werking van getij;
 - verschillende soorten betonning;
 - specifieke op kleine snelle schepen gerichte voorschriften uit het BPR;
 - de aanwezigheid van verkeerscentrales in combinatie met verplichte meldingen;
 - voorkomende condities met betrekking tot wind, golven en stroming;
- Reisvoorbereiding, met betrekking tot het bepalen en uitwerken of bijwerken van de route, inclusief de bepaling van:
 - Waypoints;
 - de koers en afstand tussen waypoints;
 - herkenningpunten en specifieke gevaren of risico-objecten langs de route;
 - programmeren en opslaan van de route in de ECDIS (en RADAR, indien mogelijk);
- Vooruitlopend op de bevindingen van het Simulatoronderzoek en bovenop de navigatiemodule; Praktijkkennis van en toetsing over het specifieke eigen vaargebied en zich daarin bevindende routes. Denk daarbij onder ander aan:
 - Kennis van de benaming en loop van verschillende vaargeulen;
 - Kenmerken en benaming van de bijbehorende betonning;
 - Relevante marifoonkanalen in het gebied;
 - Dienstregelingen van de plaatselijke veerdienst;
 - Voor het gebied specifieke scheepvaart en scheepvaartbewegingen;

²¹ Gelet op de ondervonden vakkennis en ervaring van betrokken stakeholders, is het niet noodzakelijk dat een dergelijke module nog aan de huidige bemanningen wordt opgelegd. Bijdragen aan de ontwikkeling van een eventuele module is een goede manier om de stakeholders te betrekken.

- Stroomrichting in de vaargeulen afhankelijk van het getij, en;
- Kennis van ondiepten en andere specifieke gevaren en risico-objecten in het gebied;
- Algemene theoretische kennis over het varen en manoeuvreren met snelle kleine schepen onder verschillende condities. Relevante onderwerpen zijn:
 - De mogelijkheden en onmogelijkheden van (scherpe) bochten;
 - Het veilig varen in hoge golven;
 - Voor- en nadelen en gevaren van varen in plané;
 - Het voorkomen van ongevallen;
 - Reageren op de calamiteiten aanvaring, gronding, kapseizen, man-over-boord en brand;
 - Het instrueren van passagiers en opvarenden over het nemen van zitplaatsen en het reageren op onverwachte situaties.
- Ervaring en oefening gevolgd door een praktijktoets gericht op het varen en manoeuvreren met het *eigen schip*, waarbij de theoretische kennis aantoonbaar toegepast kan worden in de dagelijkse praktijk.

Een belangrijk element is het oefenen in brandbestrijding, man-over-boord procedures, schip verlaten, weggkomen uit een volgelopen accommodatie en ontsnappen uit en vanonder een gekapseisd schip.

Een pragmatische manier om aan dit element invulling te geven is een periode van training en begeleiding tijdens de reguliere dienstverlening van KNRM en ondernemers.

5.3.4.2 Het tweede bemanningslid

Formeel moet een snel varende veerpont zijn bemand met een schipper en een matroos, opgeleid en gecertificeerd conform het ES-QIN. Wanneer de veerpont harder kan dan 40 km/uur, moet er zelfs een tweede schipper zijn. Snelle veerponten krijgen echter een vrijstelling wanneer het schip, in elke periode van 24 uur, maximaal 14 uur vaart. Bij het varen tussen 22:00 uur in de avond en 06:00 in de ochtend (ongeacht de aanwezigheid van daglicht) moet er bovendien een werkende tachograaf aan boord zijn.

MARIN adviseert om deze vrijstelling te wijzigen, met als resultaat een verplichting voor het varen met een tweede bemanningslid voor tenminste de uren tussen zonsondergang en zonsopkomst en ongeacht de snelheid waarmee het schip kan varen. Daarbij geldt handhaving van de norm van een maximale vaartijd van 14 uur, wanneer er gevaren wordt met passagiers.

In paragraaf 5.3.3 stelden we al dat het risico op cognitieve overbelasting en afleiding van de schipper een dergelijke maatregel noodzakelijk maken. Een matroos opgeleid en gecertificeerd conform het ES-QIN zal bijvoorbeeld in staat zijn om de schipper te ondersteunen bij de vaartaak en zal eveneens basis kennis hebben over noodprocedures. Voor het voorkomen van afleiding van de schipper en ondersteuning bij het kalm houden en in veiligheid brengen van passagiers zijn echter aanvullende capaciteiten noodzakelijk. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan competentiestandaarden behorende bij het *kwalificatiecertificaat deskundige voor de passagiersvaart* conform het ES-QIN, of een specifieke module voor het tweede bemanningslid aan boord van de schepen in dit onderzoek.

5.3.4.3 Schipper en tweede bemanningslid

Ondersteuning van de vaartaak betekent aan boord van een snel varende klein schip het overnemen van of de navigatietaken of de taak van het besturen van het schip. Daarbij blijft het uitgangspunt dat de schipper en een tweede bemanningslid gezamenlijk de hele vaartaak uitvoeren, waarbij een tweede bemanningslid acteert onder toezicht van de schipper. Dat is wat uit verschillende observaties en interviews naar voren kwam als meest veilige methode voor taakverlichting van de schipper en heeft *naar verwachting* primair betrekking op nood- en spoedvervoer en sociaal-urgent vervoer.

Hoe dan ook zal die specifieke samenwerking geleerd en geoefend moeten worden, vooral op het gebied van procedures en de onderlinge communicatie. Bijvoorbeeld door het geven en bevestigen van koers-, snelheids- en roerorders en afspraken over het voeren van communicatie met andere schepen en verkeersposten.

5.3.5 Veiligheidsbeleid

Voor maximale veiligheid, in situaties waarin sprake is van verminderde omgevingscondities, voert de exploitant of eigenaar van een schip een beleid dat schipper en bemanning ondersteunt bij het bepalen van grenzen aan veilige vaarcondities. Enerzijds door het bepalen van harde grenzen en anderzijds door het instrueren, initiëren van oefenprogramma's en toezicht houden op schippers en bemanning in het kader van verantwoord varen en bootbehandeling.

Wanneer grenzen in veiligheidsbeleid zijn vastgelegd, zou dat in praktische zin betekenen dat schepen boven deze grenzen niet mogen varen. Onder deze grenzen ligt de beslissingsbevoegdheid bij de schipper en zal diens beslissing onder alle omstandigheden moeten worden gerespecteerd en geaccepteerd.

5.3.6 Vaarregels en de communicatie met de omgeving

In het vaargebied is het Binnenvaartpolitiereglement van toepassing (BPR). Daarin wordt met betrekking tot het verlenen van voorrang, medewerking verlenen aan het in- en uitvaren van havens en nevenvaarwateren, het varen aan bakboordzijde van het vaarwater, uitwijken en andere regels onderscheid gemaakt tussen kleine schepen, grote schepen en snelle schepen. Daarbij is een snel schip een groot motorschip dat een snelheid van meer dan 40 km/uur ten opzichte van het water kan bereiken.

Met betrekking tot hiërarchie in de regelgeving ontbreekt voor gebruikers soms duidelijkheid, ongeacht of dat terecht is of niet. Snelle schepen moeten bijvoorbeeld voorrang verlenen aan andere schepen, terwijl tegelijkertijd een schip dat niet de stuurboordzijde van het vaarwater volgt voorrang verlenen aan het schip dat de stuurboordzijde van het vaarwater volgt, wanneer zij elkaar op tegengestelde koersen naderen.

Een ander voorbeeld is dat grote schepen in sommige situaties mogen vragen om het verlenen van medewerking bij een passage waarbij de schepen elkaar aan stuurboordzijde passeren, daar waar een bakboord-bakboord passage de hoofdregel is. Dit kan bijvoorbeeld bij het invaren van een vaarwater. Het is dan min of meer gebruikelijk dat het grote schip zo'n verlangen kenbaar maakt door het tonen van een blauw bord of een wit knipperlicht (in het donker) aan stuurboordzijde van het stuurhuis. In zulke gevallen kan het andere schip aangeven medewerking te verlenen door het tonen van dezelfde tekens, mits dat ook een groot schip is. Kleine schepen mogen deze tekens namelijk niet voeren, waardoor er op het grote schip dat medewerking verlangt, onduidelijkheid kan bestaan over het wel of niet medewerking verlenen van het kleine schip.

De bovengenoemde voorbeelden zijn slechts bedoeld om aan te geven dat onduidelijkheid of twijfels kunnen bestaan over de intenties van het andere schip. Juist in die gevallen grijpen schippers vaak terug op communicatie via de marifoon, waarmee dan afspraken met het andere schip kunnen worden gemaakt. Voorwaarde is dat deze communicatie helder, eenduidig, volgens vaste procedures en met onderlinge bevestiging of vraag om herhaling gevoerd moet worden ("closed-loop-communications"). Wanneer dat niet goed wordt uitgevoerd, kunnen de gevolgen catastrofaal zijn. Het door de Onderzoeksraad voor Veiligheid beschreven ongeval in de het Schuitengat [Ref 1.] heeft dat aangetoond.

MARIN concludeert dat in het vaargebied Waddenzee een deel van de risico's door ineffectieve communicatie mogelijk kunnen worden verminderd door bijvoorbeeld de noodzaak tot communiceren zoveel mogelijk weg te nemen. Dat kan bijvoorbeeld door de voorrangsregels op onderdelen te

verduidelijken of onderzoek te doen naar bijvoorbeeld de mogelijkheden van passageverboden op specifieke delen van vaarroutes.

5.4 Fase 2 – Simulatoronderzoek

5.4.1 Algemeen

De simulaties hebben een grote hoeveelheid aan data opgeleverd. Elke van de drie participanten deed 16 runs. Daarbij is door de simulatorsensoren en -software, de eye-tracker bril en camera's veel data vastgelegd. Tenslotte zijn waarnemingen en feedback van participanten meegewogen in het onderzoek

Data-rapport

Niet alle vastgelegde data was noodzakelijk voor de analyse, maar ook na filtering was de hoeveelheid in het rapport weer te geven data nog aanzienlijk. Daarom is deze data in een separaat data-rapport opgenomen. Dit data-rapport is als bijlage toegevoegd. Waar nodig zijn verwijzingen gemaakt naar de corresponderende secties in het data-rapport.

Histogrammen

Voor bijna alle analyses zijn histogrammen opgesteld. De horizontale assen geven, in stappen, de verschillende grootheden weer. Elke staaf in het histogram laat zien op hoeveel meetpunten²² tijdens de simulatie een bepaalde grootheid werd gemeten. In deze histogrammen tonen we bovendien de resultaten van alle drie de participanten op dezelfde run in hun programma.

Bij de analyse beoordeelden we in principe twee specifieke criteria. Het eerste criterium betrof de mate waarin de piek zich bevond op of nabij een gewenste waarde (bijvoorbeeld ingestelde toerental) of bij de "nul" (bijvoorbeeld "versnellingen"). Daarnaast keken we naar de breedte van de *basis* van de histogrammen. Daarbij gold hoe smaller de basis, hoe minder er sprake was van afwijking van de piekwaarde.

²² De simulator genereerde elke 0,1 seconde een meetpunt.

5.4.2 Stap 1: Identificeren aantoonbaar onveilige en/of oncomfortabele simulaties

5.4.2.1 Aanvaringen en grondingen

Tabel 5-2 geeft een overzicht van alle simulatie-runs waarin sprake was van aanvaringen met betonning en/of varen buiten de vaargeul (mogelijke grondingen). Deze zijn oranje gemarkeerd. De identificatie vond plaats aan de hand van trackplots van het vaargebied met daarin zowel de uitgezette route als de geregistreerde posities geprojecteerd.

Detailweergaven van aanvaringen en grondingen zijn separaat opgenomen in Hoofdstuk 1 van het data-rapport.

Tabel 5-2 Overzicht simulatieruns met aanvaringen met boeien en/of potentiële grondingen.

Snelheid	Participant	Omgevingscondities							
		Licht		Medium		Zwaar		Zeer zwaar	
		run	Aanvaringen en grondingen	run	Aanvaringen en grondingen	run	Aanvaringen en grondingen	run	Aanvaringen en grondingen
20 km/uur	1	1	V	2	V	3	V		
	2				V		V		
	3								
30 km/uur	1	4		5	V	6	V		
	2								
	3						V		
40 km/uur	1	7	V	8	V	9	V		
	2				V		V		
	3				V				
50 km/uur	1	10		11	V	12	V	16	
	2		V		V				
	3		V		V		V		
60 km/uur	1	13		14	V	15	V		
	2				V		V		
	3		V		V		V		

Alle oranje gemarkeerde runs zijn vervolgens zowel individueel als in samenhang geanalyseerd, op grond van de kwalitatieve observaties (expert judgement), feedback van de participanten, eye-tracker data en eerder beschreven verwachtingen (hypotheses) met betrekking tot het varen op lage snelheden (paragraaf 3.2.1) en een opbouw in *plaatselijke bekendheid* (paragraaf 4.3.4.2).

De analyses leidden tot de volgende deelconclusies:

1. Aanvaringen en potentiële grondingen vonden met name plaats in de eerste vijf (5) simulaties van elke simulatiedag (Run-nummers 1,4,7,10 en 13 in Tabel 5-2), bij verschillende snelheden en onder lichte omgevingscondities. In grote lijnen neemt dit aantal incidenten af naarmate de dag vorderde.

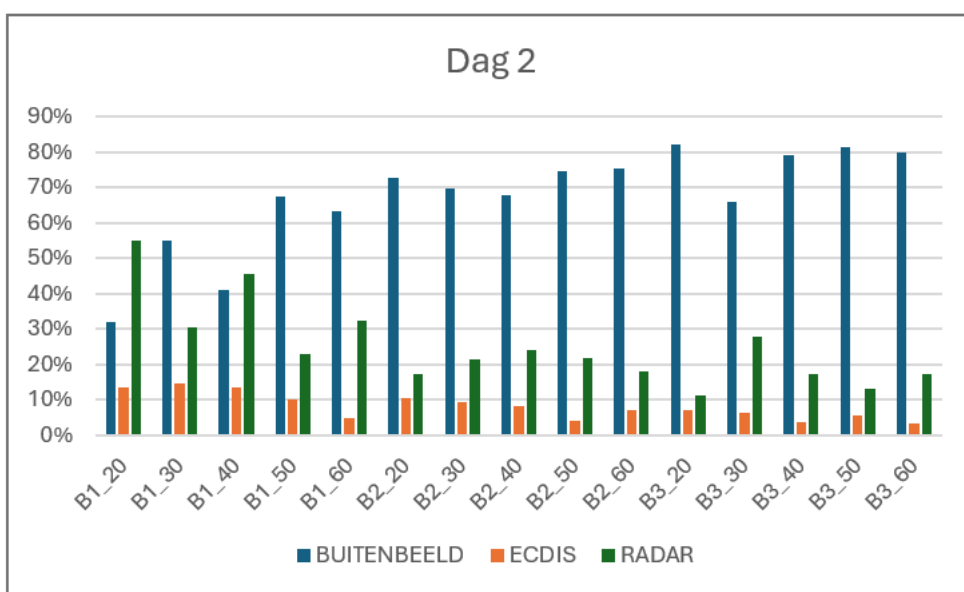
We concludeerden dat hier vooral het element van plaatselijke bekendheid een belangrijke rol speelde.

Het op de route houden van het schip vergt aandacht voor het buitenbeeld, omdat het gieren van het schip het snelste is waar te nemen door naar de boeg van het schip te kijken. Een constante aandacht voor het buitenbeeld is alleen niet mogelijk als de participanten tegelijkertijd ook zowel RADAR als ECDIS moeten raadplegen voor het beoordelen van positie en voortgang over de uitgezette route.

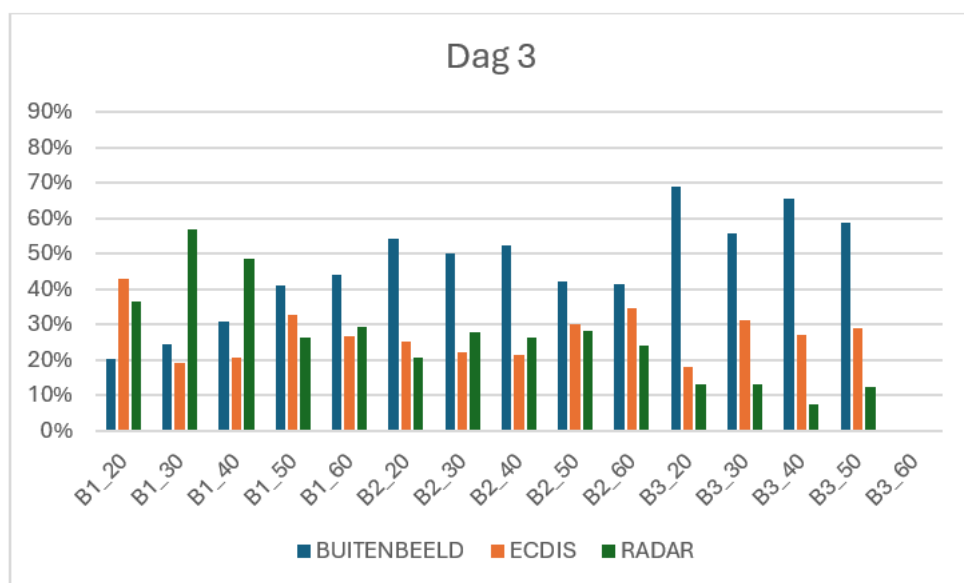
We observeerden dat een toename van de plaatselijke bekendheid er naar verloop van tijd toe leidde dat relatief meer aandacht voor het buitenbeeld ontstond. De eye-tracker data van participanten 2 en 3 bevestigen deze observatie²³. Figuur 5-4 en Figuur 5-5 laten de relatieve verdeling van aandacht (fixaties) zien tussen respectievelijk buitenbeeld, ECDIS en RADAR. In de figuren staat “Blok 1” voor de runs onder lichte omgevingscondities, “Blok 2” voor de runs onder medium omgevingscondities en “Blok 3” voor de runs onder zware omgevingscondities.

Deze verdeling is ook zichtbaar te maken in zogenaamde “heat-maps”. De bij Figuur 5-4 en Figuur 5-5 behorende heat-maps zijn weergegeven in Hoofdstuk 7 van het data-rapport.

Duidelijk te zien is dat bij beide participanten die relatieve hoeveelheid aandacht in de eerste drie runs nog fluctueert tussen RADAR en buitenbeeld (participant 2) en RADAR, ECDIS en buitenbeeld (participant 3). Vanaf de vierde simulatie in het dagprogramma heeft de aandacht voor het buitenbeeld bij beide participanten de overhand.



Figuur 5-4 Verdeling oog-fixaties voor dag 2, participant 2 (eye-tracker data)



Figuur 5-5 Verdeling oog-fixaties voor dag 3, participant 3 (eye-tracker data)

²³ Bij het verwerken van de data bleek de eye-tracker data van participant 1 onvoldoende nauwkeurig. Deze data konden we daarom niet meewegen in het onderzoek

2. Aanvaringen en potentiële grondingen vonden ook relatief vaker plaats bij lagere snelheden (20 en 30 km/uur), onder alle omgevingscondities.

We concludeerden enerzijds dat er aan het begin van de simulatiedag een samenhang was met de hierboven benoemde factor *plaatselijke bekendheid*. Anderzijds zagen we een bevestiging van de verwachting dat het type schip bij lagere snelheden moeilijker op koers te houden is, met name wanneer wind en golven het schip voortdurend uit koers proberen te drukken.

In dergelijke omstandigheden is relatief veel aandacht voor het buitenbeeld niet meer voldoende voor het anticiperen op het gieren van het schip. Wanneer de omstandigheden constant zorgen voor gierbewegingen, dient ook *constant* aandacht te zijn voor het buitenbeeld. Dat heeft vooral betrekking op *situation awareness* met betrekking tot aankomende golven en de actuele beweging van het schip, te herleiden aan de beweging van de boeg ten opzichte van de achtergrond.

Nadere analyse van de gevaren routes laat zien dat dit zich vooral wrekt in zeer smalle, bochtige vaarwegen waarin de vaarweg slechts gemarkeerd is met onverlichte boeien. Deze zijn namelijk tot op korte afstand (< 50 meter) niet of nauwelijks zichtbaar met het blote oog, waardoor de schipper niet met behulp van zichtbare markering in het buitenbeeld kan navigeren. Er moet dan sprake zijn van verdeelde aandacht tussen RADAR/ECDIS en het buitenbeeld, terwijl er eigenlijk voor een veilige vaart *constante* aandacht voor het buitenbeeld moet zijn. Voor run-nummer 12 van participant 2 en run-nummer 9 van participant 3 gold precies hetzelfde.

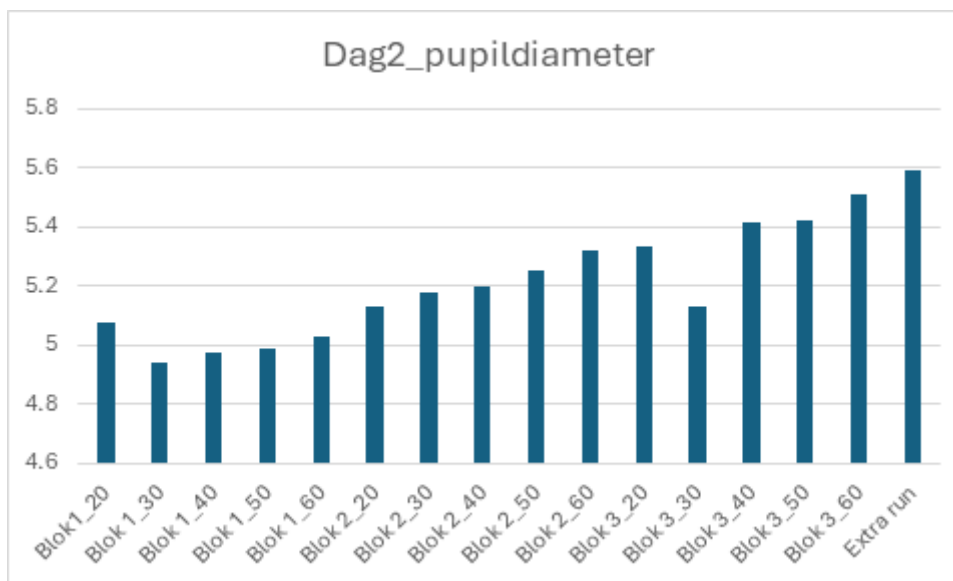
Op hogere snelheden speelt dit veel minder. Door haar snelheid en het varen in plané is het schip meer koersvast, waardoor er feitelijk ook meer ruimte is om met behulp van RADAR en ECDIS te navigeren. Run-nummer 12 van participant 2 en run-nummer 9 van participant 3 laten echter ook zien dat het risico op aanvaring en/of gronding zeker niet mag worden onderschat.

3. Run 16 werd tijdens de simulatiedagen toegevoegd aan het programma, omdat daarvoor tijd en gelegenheid was. Daarin lieten we de golfhoogte verder toenemen naar 2,0 meter en vroegen we de participanten het traject zoveel mogelijk af te leggen met een snelheid van 50 km/uur.

Deze snelheid was gekozen omdat uit de observaties en feedback van de participanten bleek dat het simulatormodel bij die snelheid het meest comfortabel voer. Deze run moest bij participant 3 vroegtijdig worden gestaakt in verband met een storing van de simulator.

Het bleek dat er hier over een bovengrens werd gevaren. Het schip was onder deze condities en bij deze snelheid niet of nauwelijks op koers en op de route te houden. De eye-tracker data van participant 2 (pupildiameter) laat ook zien dat de cognitieve werklast²⁴ hoger was dan in alle andere simulatieruns, omdat een grote pupildiameter bij gelijkblijvende lichtomstandigheden een maat voor cognitieve werklast is. De gemiddelde pupildiameters zijn grafisch weergegeven in Figuur 5-6. Run 16 is in Figuur 5-6 gemarkeerd als "extra run".

²⁴ Pupildiameter is een maat voor cognitieve werklast.



Figuur 5-6 Gemiddelde pupildiameter per simulatie-run, participant 2

5.4.2.2 Koersonvoorspelbaarheid

Zoals in Hoofdstuk 4, paragraaf 4.3.6 uitgelegd, analyseerden we of en in welke mate er in het donker bij andere scheepvaart een grote mate van onduidelijkheid kon bestaan over de voorliggende koers van het schip.

Daarbij stelden we op basis van expert-judgement de volgende norm: Wanneer in elke aangenomen periode van 9 seconden opeenvolgend drie (3) keer of meer een tegengestelde koerswijziging van meer dan 10 graden plaatsvindt, is er mogelijk sprake van koersonvoorspelbaarheid. Dat wil zeggen dat er in elke 9 seconden minimaal sprake is van:

- een koerswijziging naar stuurboord, gevolgd door een koerswijziging naar bakboord, gevolgd door een koerswijziging naar stuurboord, of;
- een koerswijziging naar bakboord, gevolgd door een koerswijziging naar stuurboord, gevolgd door een koerswijziging naar bakboord.

Tenslotte stelden we dat er in elke periode van 30 seconden niet vaker dan twee (2) keer sprake mag zijn van koersonvoorspelbaarheid.

Tabel 5-3 geeft een overzicht van alle simulatie-runs waarin sprake was van overschrijding van deze norm. Deze zijn oranje gemarkeerd. De norm werd slechts één maal overschreden. We concludeerden dat de participanten, ondanks onbekendheid met het gebied, het varen op lage snelheden en zware omgevingscondities, goed in staat waren om het gieren van het schip binnen de norm te houden.

Tabel 5-3 Overzicht simulaties waarbij de norm voor koers-vastheid werd overschreden

Snelheid	Participant	Omgevingscondities							
		Licht		Medium		Zwaar		Zeer zwaar	
		Run nr.	Beoordeling koers-voorspelbaarheid voor andere schepen	Run Nr.	Beoordeling koers-voorspelbaarheid voor andere schepen	Run Nr.	Beoordeling koers-voorspelbaarheid voor andere schepen	Run nr.	Beoordeling koers-voorspelbaarheid voor andere schepen
20 km/uur	1	1	✓	2	✓	3	✓		
	2		✓		✓		✓		
	3		✓		✓		✓		
30 km/uur	1	4	✓	5	✓	6	✓		
	2		✓		✓		✓		
	3		✓		✓		✓		
40 km/uur	1	7	✓	8	✓	9	✓		
	2		✓		✓		1x		
	3		✓		✓		✓		
50 km/uur	1	10	✓	11	✓	12	✓	16	✓
	2		✓		✓		✓		✓
	3		✓		✓		✓		
60 km/uur	1	13	✓	14	✓	15	✓		
	2		✓		✓		✓		
	3		✓		✓		✓		

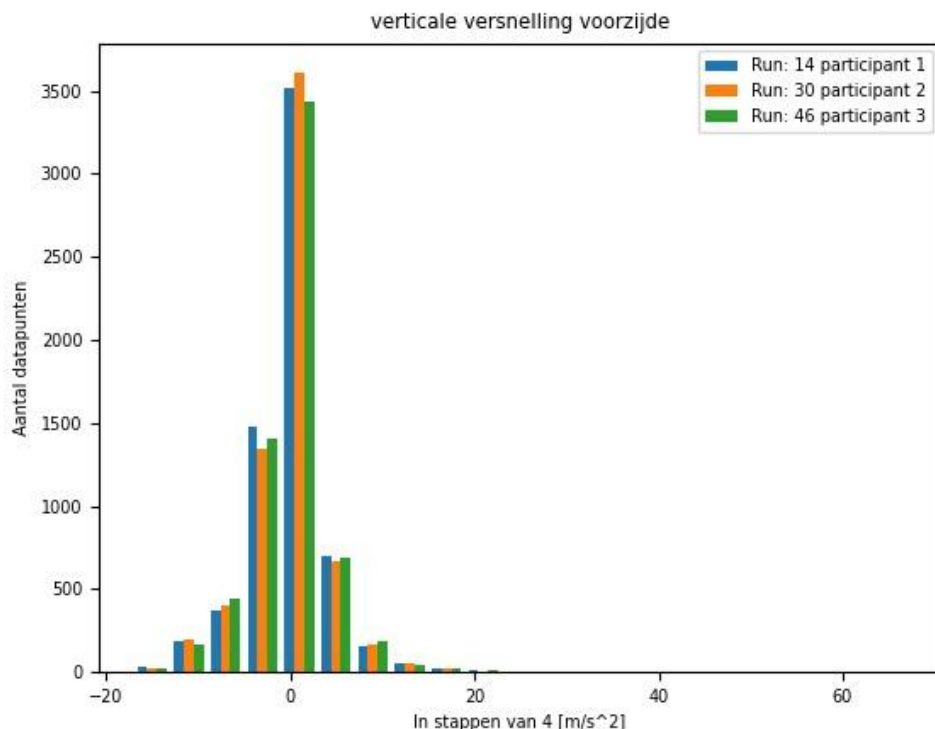
5.4.2.3 Oncomfortabele versnellingen voor passagiers

We analyseerden wanneer de verticale versnellingen en dwarsversnellingen voor passagiers te oncomfortabel zijn, waardoor veiligheidsrisico's ontstaan. Daarbij hanteerden we als norm een maximum van $9,81 \text{ m/s}^2$ (1g) toegevoegde dwarsversnelling naar bakboord en stuurboord en verticale versnelling omhoog en omlaag.

Versnellingen zijn tijdens de simulaties gemeten voorop het schip, in het midden en achterop het schip. Alle meetpunten bevonden zich in de lengte as van het schip.

Voor de analyse zijn histogrammen opgesteld. Deze zijn verzameld weergegeven in Hoofdstuk 2 van het data-rapport. De horizontale assen geven, in stappen, de versnellingen weer. Elke staaf in het histogram laat zien op hoeveel meetpunten²⁵ tijdens de simulatie een bepaalde versnelling werd gemeten. In deze histogrammen tonen we bovendien de resultaten van alle drie de participanten op dezelfde run in hun programma. Figuur 5-7 toont het histogram van verticale versnellingen, gemeten door de sensor op het voorschip in Run 14.

²⁵ De simulator genereerde elke 0,1 seconde een meetpunt.



Figuur 5-7

Histogram verticale versnellingen voorschip, Run 14²⁶

Tabel 5-4 toont de resultaten van de analyse, met uitzondering van de gemeten dwarsscheepse versnellingen op het voorschip. Deze hebben we buiten de rapportage gelaten, omdat uit de analyse van de verticale versnellingen al bleek dat deze op het voorschip in medium en zware omgevingscondities meestal de norm overschrijden, bij alle snelheden. Andere metingen die de norm overschreden zijn oranje gemarkeerd.

Op basis van de analyse konden we drie belangrijke conclusies trekken:

1. Passagiers vervoeren in een accommodatie op het voorschip is niet veilig en comfortabel, met name in medium en zware omgevingscondities;
2. Veilig passagiersvervoer kan onder alle gesimuleerde omgevingscondities veilig en comfortabel tot en met 40 km/uur. Dat is zelfs tot en met 50 km/uur bij vervoer van passagiers op het achterschip.

Daarbij merken we op dat er in de praktijk waarschijnlijk substantiële verschillen tussen individuele schepen bestaan. Observaties tijdens het onderzoek ondersteunen die waarschijnlijkheid. Het is dan ook aan te bevelen om gedurende een relevante periode metingen aan boord van de verschillende ondernemers en de KNRM uit te voeren, op de plaatsen waar de passagiers verblijven;

3. Onder zware omgevingscondities is 60 km/uur geen veilige snelheid vanwege overschrijdingen van de norm op alle meetpunten.

²⁶ De simulatordatabase telde de run-nummers over alle drie de simulatiedagen voor. Run 14 van participant 2 en 3 registreerde de simulator daarom als run-nummer 30 respectievelijk 46.

Tabel 5-4 Overzicht analyseresultaten overschrijding versnellingsnorm.

Snelheid	Omgevingscondities																	
	Licht						Medium						Zwaar					
	Run nr.	Richting en positie					Run Nr.	Richting en positie					Run Nr.	Richting en positie				
		Dwars- scheeps		Verticaal				Dwars- scheeps		Verticaal				Dwars- scheeps		Verticaal		
		Midden	Achter	Voor	Midden	Achter		Midden	Achter	Voor	Midden	Achter		Midden	Achter	Voor	Midden	Achter
20 km/uur	1	✓	✓	✓	✓	✓	2	✓	✓	✓	✓	✓	3	✓	✓	✓	✓	✓
30 km/uur	4	✓	✓	✓	✓	✓	5	✓	✓	✓	✓	✓	6	✓	✓	✓	✓	✓
40 km/uur	7	✓	✓	✓	✓	✓	8	✓	✓	✓	✓	✓	9	✓	✓	✓	✓	✓
50 km/uur	10	✓	✓	✓	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	✓	12	✓	✓	✓	✓	✓
60 km/uur	13	✓	✓	✓	✓	✓	14	✓	✓	✓	✓	✓	15	✓	✓	✓	✓	✓

5.4.2.4 Deelconclusies stap 1 – Identificeren aantoonbaar onveilige of oncomfortabele vaarsnelheden

De analyses van stap 1 zijn door MARIN vertaald naar conclusies die gelden voor de uitgevoerde simulaties.

Conclusies op basis van de simulatorstudie

- Tot en met 50 km/uur kan er onder alle gesimuleerde omstandigheden veilig worden gevaren, mits aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:
 - Passagiersverblijven bevinden zich op het achterschip. Wanneer de passagiersverblijven zich overwegend in het middenschip bevinden, dan ligt de maximale veilige snelheid op 40 km/uur;
 - De te varen route loopt niet door vaarwater²⁷ met onverlichte betonning;
 - De schipper is goed bekend met de plaatselijke omstandigheden en de te varen route. Bij een tekort van deze bekendheid nemen de risico's toe in smal en bochtig vaarwater en bij vaarsnelheden tot 30 km/uur;
- Het in de praktijk meewegen van verschillen tussen individuele schepen, met name met betrekking tot verticale en horizontale versnellingen, is belangrijk bij het vertalen van de conclusies naar de operationele praktijk.

5.4.3 Stap 2: Bepalen optimale snelheid tijdens simulatieruns

In deze stap bepaalden we de optimale vaarsnelheid voor bootbehandeling, veilige navigatie en comfort aan de hand van verschillende parameters. Dat deden we omdat het optimum zorgt voor de laagste taakbelasting van schippers, en dus voor de meest ruime marges in taakbelasting om adequaat te

²⁷ Vaarwater: Gedeelte van een vaarweg dat daadwerkelijk door scheepvaart kan worden gebruikt (BPR)

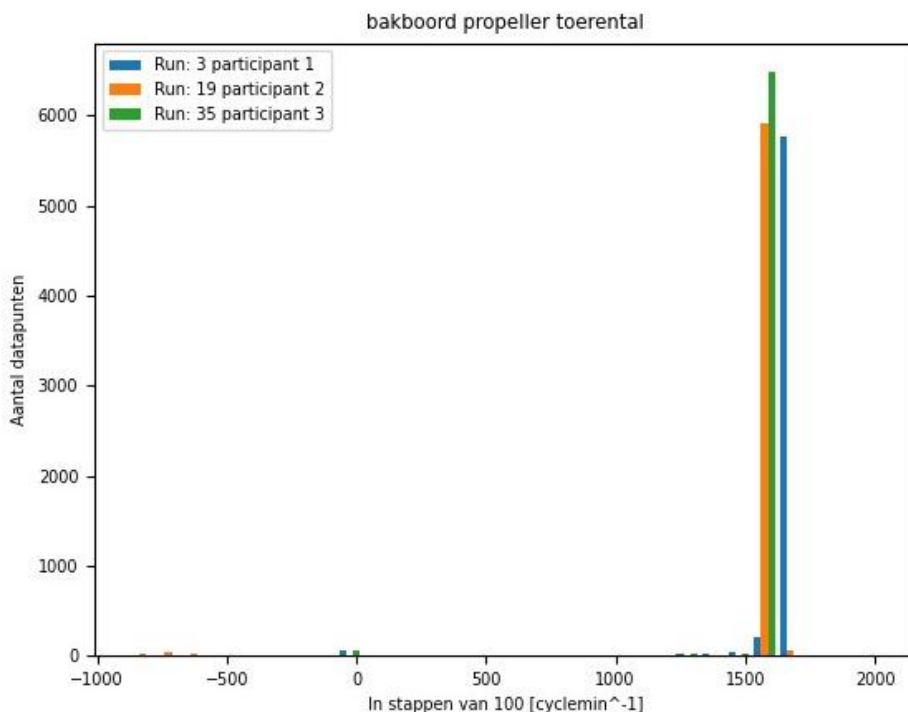
kunnen reageren op onverwachte omstandigheden en calamiteiten. Bovendien is ruimte nodig om effectief uit te kunnen luisteren en te communiceren, indien nodig.

Bij de beoordeling hebben we rekening gehouden met de geïdentificeerde invloed van het gebrek aan plaatselijke bekendheid en de vastgestelde onveiligheid bij het op lage snelheid varen in smalle, bochtige en onverlichte vaargeulen in medium en zware weerscondities. Dit volgde uit stap 1 van de analyse, vastgelegd in voorgaande paragraaf 5.4.2. Concreet en mede gelet op de relatie met scangedrag en *situation awareness van de participanten*, hebben we in deze stap de simulaties bij lichte omgevingscondities en de simulaties bij 20 km/uur buiten beschouwing gelaten, met uitzondering van de bepaling voor het optimum voor passagierscomfort. Daarin hebben we de simulaties met 20 km/uur wel meegenomen in de analyse.

Daarnaast lieten we ook de simulaties bij 60 km/uur buiten beschouwing, omdat bij de analyse in stap 1 deze snelheid al als onveilig naar voren was gekomen.

De analyse van de simulatorruns startte met een beschouwing op de gevaren snelheid in elke run. Deze stap was bedoeld om (kwalitatief) te bepalen of daadwerkelijk zo goed als mogelijk met de gevraagde snelheid was gevaren. Deze beschouwing bepaalde uiteindelijk of de run mee mag wegen in het resultaat. We voerden deze stap uit door specifiek te kijken naar de ingestelde toerentallen.

Figuur 5-8 laat een voorbeeld zien van de histogrammen die voor deze analyse zijn opgesteld. De horizontale as geeft, in stappen van 100 rpm, het toerental van de schroef weer. Elke staaf in het histogram laat zien op hoeveel meetpunten²⁸ tijdens de simulatie een bepaald toerental werd gemeten. In deze histogrammen tonen we bovendien de resultaten van alle drie de participanten op dezelfde run in hun programma. Figuur 5-8 laat bijvoorbeeld voor alle drie de participanten de resultaten van de derde run in het programma zien: ongeveer 20 km/uur/1600 rpm bij zware omgevingscondities.



Figuur 5-8 Histogram toerental bakboord schroef, Run-nummer 3²⁹ in de individuele programma's

²⁸ De simulator genereerde elke 0,1 seconde een meetpunt.

²⁹ De simulatordatabase telde de run-nummers over alle drie de simulatiedagen voor. Run 3 van participant 2 en 3 registreerde de simulator daarom als run 19 respectievelijk 35.

Typisch voor een histogram is een verloop met in het midden een piek die naar beide zijden afvakt naar nul (*natuurlijke verdeling*). Dat verloop is de *basis* van het histogram en hoe smaller de basis, hoe beter de participanten in staat waren om het toerental vast te houden. Op die manier is het mogelijk om, zonder dieper in te gaan op de onderliggende statistiek, in een enkele blik een inschatting te maken over de mate waarin met de gevraagde toerentallen is gevaren.

Tabel 5-5 toont een overzicht van de beoordelingen van de gevaren toerentallen. De histogrammen zijn opgenomen in Hoofdstuk 3 van het Data-rapport.

Tabel 5-5 *Beoordeling van de mate waarin participanten in staat waren om met een vast toerental te varen*

Snelheid	Participant	Omgevingscondities					
		Medium		Zwaar		Zeer zwaar	
		Run	Relevantie simulatie o.b.v. beoordeling in te stellen toerental	Run	Relevantie simulatie o.b.v. beoordeling in te stellen toerental	Run	Relevantie simulatie o.b.v. beoordeling in te stellen toerental
30 km/uur	1	5	V	6	V		
	2		V		V		
	3		V		V		
40 km/uur	1	8	V	9	V		
	2		V		V		
	3		V		V		
50 km/uur	1	11	V	12	V	16	
	2		V		V		
	3		V		V		
	3		V		V		

5.4.3.1 Bootbehandeling

Instelling toerental voorstuwingmotoren

Met de gashendels (telegraaf) stelden de participanten het toerental van de voorstuwingmotoren in, en daarmee ook het toerental van de schroef. Het gebruik van de gashendels ("telegraaf") analyseerden we als een onderdeel van de beoordeling van het vermogen van participanten om de boot onder controle te houden. Het resultaat van de analyse lijkt heel sterk op de analyse van het toerental van de schroeven, maar is toch niet helemaal hetzelfde.

De instelling van de gashendels maakt het handelen van de participant direct inzichtelijk. Het toerental van de schroeven volgt daar altijd met enige vertraging op. Zeker onder zware omstandigheden zal het in de praktijk regelmatig voorkomen dat de schipper instelling alweer wijzigt voordat het ingestelde toerental is bereikt. In de analyse anticiperen we daarop door in deze paragraaf naar de instelling te kijken.

De opgestelde histogrammen laten tot en met snelheden van 50 km/uur geen grote verschillen zien. Er zijn vooral bij 50 km/uur onder zowel lichte als zware omgevingscondities wat (minimale) fluctuaties. De optima liggen bij medium en zware condities op zowel 20 km/uur als 40 km/uur. Omdat we, op basis van de resultaten in stap 1, de runs bij 20 km/uur buiten beschouwing laten, stellen we hier het optimum vast bij 40 km/uur.

De histogrammen zijn opgenomen in Hoofdstuk 4 van het Data-rapport

Gebruik roer

Ook het roergebruik analyseerden we ter beoordeling van de bootbehandeling. Daarin keken we onder andere naar opgestelde histogrammen, met op de horizontale as verschillende roerhoeken in stappen van 1 graad. Daarnaast keken we naar het gemiddeld aantal stuurbewegingen van stuurboord naar bakboord en terug, door te tellen hoe vaak het roer door de middenstand (0° roerhoek) heen ging.

Onder lichte omgevingscondities valt op basis van de histogrammen niet te bepalen bij welke snelheid het optimum ligt. De onderlinge verschillen zijn daarvoor niet duidelijk genoeg. Dat is onder medium en zware omgevingscondities duidelijk anders. Hoewel onder die omstandigheden het aantal stuurbewegingen toeneemt naarmate de snelheid stijgt, is vooral goed te zien dat de roeruitslagen kleiner zijn dan bij lage snelheden. Beide elementen samen beoordeeld laat zien dat het optimum zich bevond bij 40 km/uur.

Histogrammen en een tabel met het aantal stuurbewegingen zijn opgenomen in Hoofdstuk 5 van het Data-rapport.

5.4.3.2 Veilige navigatie

Giersnelheid en koers houden

Een analyse van de giersnelheid³⁰ diende als maat voor de werklust die het een deelnemer kost om middels het buitenbeeld georiënteerd te blijven (situation awareness). Immers, hoe sneller het schip draait, hoe moeilijker het is om georiënteerd te blijven op de omgeving en daarin objecten, andere schepen en golven te monitoren.

In aanvulling daarop telden we per simulatierun het aantal malen dat en in elke periode van 3 seconden een koerswijziging van meer dan 10 graden plaatsvond. Daarbij dienden we de data te corrigeren voor het aantal te varen bochten met meer dan 10 graden koerswijziging, omdat de routes per run verschillen.

Bovendien beoordeelden we uitsluitend de eerste 10 minuten van elke run, omdat daarin het aantal voorziene koerswijzigingen (bochten in de uitgezette route) voor elke respondent gelijk was.

Alleen op basis van de giersnelheid was een optimum moeilijk te bepalen. Onder alle omstandigheden is 50 km/uur het minst optimaal maar daarnaast is per omgevingsconditie geen duidelijk optimum te bepalen. Doorslaggevend was daarom de analyse van het gemiddelde aantal malen dat er in een tijdsbestek van 9 seconden sprake was van een koerswijziging van meer dan 10°.

Tabel 5-6 laat zien dat het optimum bij medium omgevingscondities ligt op 30 km/uur, met een miniem verschil ten opzichte van 40 km/uur. Bij zware condities is het resultaat bij 40 km/uur het meest optimaal en is het verschil met 30 km/uur groter dan onder medium condities. We bepalen het optimum daarom op 40 km/uur.

³⁰ Giersnelheid kan worden uitgelegd als de snelheid waarmee het schip draait en daardoor een ander koers voor gaat liggen (Rate of Turn), meestal uitgerukt in [graden/minuut].

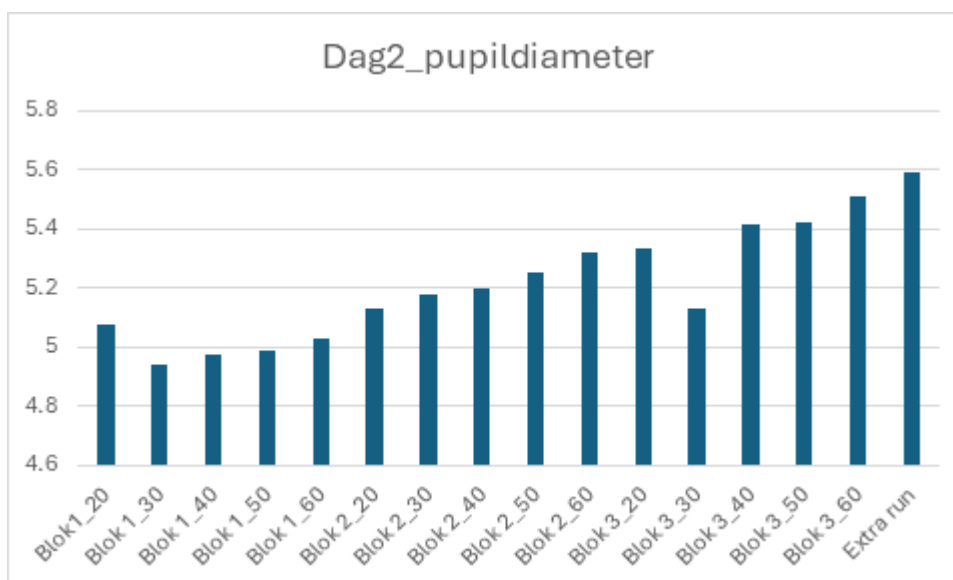
Tabel 5-6 Overzicht aantal koerswijzigingen van >10 graden in een tijdsbestek van 3 seconden

Aantal koerswijzigingen >10° in een periode van 3 seconden				
Snelheid	Toegepaste correctie	Participant	Omgevingscondities	
			Medium	Zwaar
30 km/uur	9	1	7	33
		2	8	31
		3	13	35
		Gemiddelde	9	33
40 km/uur	11	1	8	22
		2	16	45
		3	6	20
		Gemiddelde	10	29
50 km/uur	16	1	16	29
		2	24	42
		3	25	44
		Gemiddelde	22	38

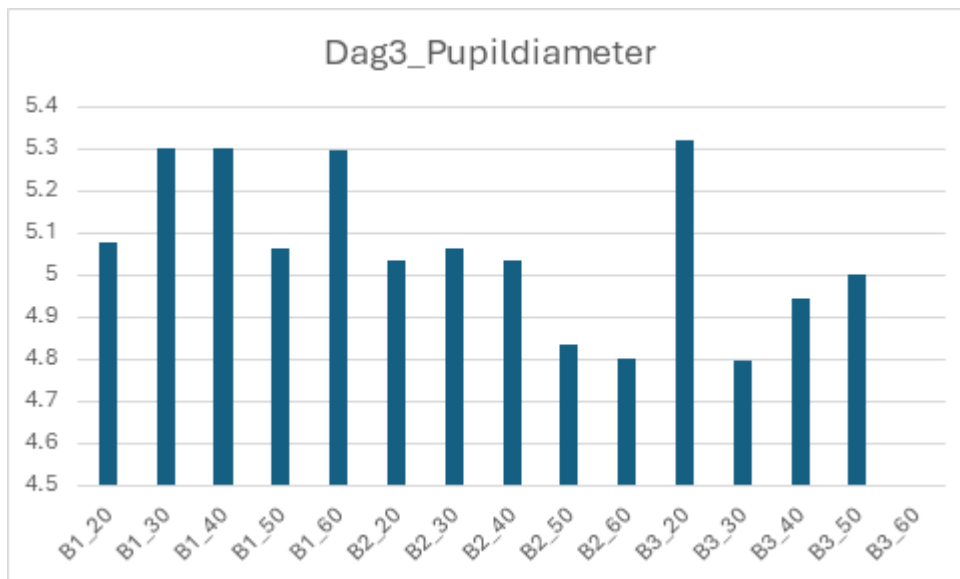
Histogrammen voor de giersnelheid en een tabel met het gemiddelde aantal malen koersonvoorspelbaarheid zijn opgenomen in Hoofdstuk 6 van het datarapport.

Cognitieve werklast en scangedrag

De cognitieve werklast beoordeelden we aan de hand van de pupildiameter van de participanten, vastgelegd door de eye-tracker bril. Daarbij geldt dat hoe groter de pupildiameter, hoe groter de werklast.



Figuur 5-9 Gemiddelde pupildiameter participant 2



Figuur 5-10 Gemiddelde pupildiameter participant 3

Figuur 5-9 en Figuur 5-10 geven de pupildiameters weer van participanten 2 en 3³¹. In de figuren staat “B1” voor de runs onder lichte omgevingscondities, “B2” voor de runs onder medium omgevingscondities en “B3” voor de runs onder zware omgevingscondities.

Wanneer we de metingen per omgevingsconditie beoordelen op het optimum, dan zien we een duidelijk verschil tussen de beide participanten in medium omgevingscondities (Blok 2). Participant 2 heeft het optimum bij 20 km/uur terwijl dat bij participant 3 ligt op 50 km/uur.

Bij zware omgevingscondities (blok 3) ligt het optimum voor beiden op 30 km/uur. Gemiddeld genomen leggen we daarom het optimum voor cognitieve werklast vast bij 30 km/uur.

De observaties van alle runs van alle participanten ondersteunden deze conclusie. We zagen het scanpatroon bij zware omgevingscondities, gemiddeld genomen, veranderen vanaf 30 km/uur. Tot die simulatie werd er overwegend gescand in een continue patroon met fixatie-sprongen (“saccades”) *RADAR-buitenbeeld-ECDIS-RADAR-buitenbeeld-ECDIS etc.* of *RADAR-ECDIS-buitenbeeld-RADAR-ECDIS-buitenbeeld-etc..*

Boven de 30 km/uur veranderde dat stelselmatig in een patroon waarbij er niet of nauwelijks nog saccades waren van ECDIS naar RADAR of vice-versa. Het buitenbeeld kreeg dus niet alleen relatief meer aandacht, zoals al bleek in paragraaf 5.4.2.1, maar ook in het scanpatroon had het buitenbeeld meer prioriteit, om zodoende beter te kunnen anticiperen op de naderende golven en het giergedrag van het schip.

Een overzicht van alle door de eye-tracker geregistreerde en op de simulator geprojecteerde saccades is opgenomen in Hoofdstuk 7 van het data-rapport. De resultaten met betrekking tot de pupildiameters zijn daarin ook opgenomen.

³¹ Bij het verwerken van de data bleek de eye-tracker data van participant 1 onvoldoende nauwkeurig. Deze data konden we daarom niet meewegen in het onderzoek.

5.4.3.3 Comfort voor passagiers

Het optimum aan comfort stelden we vast door, analoog aan stap 1 van de analyse, opnieuw te kijken naar de histogrammen zoals deze zijn opgesteld voor de dwarsscheepse en verticale versnellingen. Daarbij keken we alleen naar de simulaties onder zware omgevingscondities, omdat al tijdens de analyse in stap 1 was gebleken dat deze condities de grootste versnellingen veroorzaakten. Bovendien keken we alleen naar de versnellingen op het achterschip omdat dat, met name voor de verticale versnellingen, aan boord de meest veilige en comfortabele plaats is.

De beoordeelde histogrammen zijn opgenomen uit Hoofdstuk 2 in het Data-rapport. Op basis van de histogrammen blijkt het optimum voor zowel de verticale als de dwarsscheepse versnellingen niet eenduidig te bepalen. De basis van het histogrammen zijn vergelijkbaar, met allemaal de hoogste pieken dicht bij de 0-waarde.

Daarom beoordeelden we ook het optimum voor het gemiddeld aantal keren (alle participanten) dat er een versnelling optrad. De resultaten van de analyse staan weergegeven in Tabel 5-7. Uit de tabel blijkt dat voor de verticale versnellingen het optimum bij 20 km/uur lag (geel gemarkeerd). Voor dwarsscheepse versnellingen lag het optimum bij 30 km/uur (blauw gemarkeerd). Daarmee komt het gemiddelde optimum uit bij 25 km/uur.

Daarbij moet opnieuw worden opgemerkt dat in de praktijk tussen de schepen mogelijk substantiële verschillen kunnen bestaan.

Tabel 5-7 Gemiddeld aantal keren dat een versnelling in verticale en dwarsscheepse richting optrad, bij zware omgevingscondities

Snelheid	Participant	Omgevingscondities: Zwaar	
		Verticale versnellingen	Dwarsscheepse versnellingen
20 km/uur	1	197	306
	2	187	307
	3	195	301
	Gemiddelde	193	305
30 km/uur	1	326	289
	2	339	301
	3	333	287
	Gemiddelde	333	292
40 km/uur	1	353	357
	2	356	359
	3	399	397
	Gemiddelde	369	371
50 km/uur	1	368	398
	2	346	358
	3	335	368
	Gemiddelde	350	375

5.4.3.4 Deelconclusies stap 2 – bepalen optimale snelheid tijdens simulatieruns

Alle analyseresultaten van stap 2 in het analyseproces zijn bij elkaar gebracht in Tabel 5-8. De optima voor elk onderwerp zijn in blauw gemarkeerd.

Bij het bepalen van de optimale snelheid tijdens de simulatieruns, legden we prioriteit bij het optimum voor de schipper. Uiteindelijk ligt daar de eindverantwoordelijkheid met betrekking tot de veiligheid en sturen we in onze conclusies op het behoud van zoveel mogelijk cognitieve ruimte voor het anticiperen op onverwachte gebeurtenissen of veranderingen in de omgevingscondities. Dat gaat in beperkte mate ten koste van het comfort van passagiers, met name met betrekking tot het aantal malen dat passagiers aan een versnelling worden blootgesteld. De hoogte van deze versnelling blijft onder alle condities in ieder geval ruim binnen de gestelde normen, mits, zoals in stap 1 al geconcludeerd, de passagiers zoveel mogelijk op het achterschip worden vervoerd en het maximum van 50 km/uur niet wordt overschreden.

Daarmee komt de optimale vaarsnelheid van de simulatieruns uit op het gemiddelde van de optima voor Bootbehandeling en Veilige Navigatie. Die snelheid ligt op 37,5 km/uur en daarbij het dichtst bij 40 km/uur als één van de gesimuleerde snelheden.

Tabel 5-8 Optima voor alle elementen in stap 2 van het analyseproces

Onderwerp		Snelheid			
		25 km/uur	30 km/uur	40 km/uur	50 km/uur
Bootbehandeling	Instellen toerental				
	Roergebruik				
Veilige Navigatie	Giersnelheid en koers houden				
	Cognitieve werklast				
Comfort voor passagiers					

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

6.1.1 Minimale eisen aan schip, infrastructuur, operatie, bemanningssamenstelling en bemanningskwalificaties

Concreet heeft het onderzoek zich gericht op het vaststellen van de snelheid die op de Waddenzee en in het donker, veilig door kleine snelle schepen kan worden gevaren wanneer er sprake is van niet meer dan 12 passagiers.

Zoals in hoofdstuk 3 al gesteld, zijn er factoren en omstandigheden van invloed op die veilige vaart. Het enorme aantal van relevante en dynamische factoren en omstandigheden vraagt dan ook om een robuuste set van randvoorwaarden met betrekking tot technische en operationele aspecten, als fundament onder het concept veilige vaart.

De beschouwing op het wettelijk kader maakte duidelijk dat er voor de bij dit onderzoek betrokken type schepen feitelijk maar zeer beperkte eisen en voorschriften zijn ten aanzien van schip en bemanning.

Voordat een uitspraak kon worden gedaan over een veilige vaarsnelheid in het donker, moest MARIN vooraf randvoorwaarden schetsen. Het is namelijk in de huidige praktijk in theorie mogelijk om het vervoer van personen uit te voeren met schepen die absoluut niet voor het doel en het vaargebied geschikt zijn, waarbij feitelijk elke vaarsnelheid te veel risico's met zich meebrengt. Bovendien kan er überhaupt alleen veilig worden gevaren bij een minimum aan beschikbare navigatie- en communicatiemiddelen. Dat neem overigens niet weg dat, in de huidige praktijk, de bij het onderzoek betrokken stakeholders varen met schepen die goeddeels wel in overeenstemming zijn met de eisen zoals hierna beschreven.

MARIN heeft zich in een technische en operationele (taak)analyse daarom gericht op het vaststellen van een minimum aan eisen voor wat betreft de stabiliteit, constructie, uitrusting, inrichting, infrastructuur, vaarregels, bemanningssamenstelling, opleiding en reddingsmiddelen. Deze vastgestelde eisen zijn hierna benoemd en fungeren als een set van randvoorwaarden waarop de conclusies met betrekking tot een veilige vaarsnelheid zijn gefundeerd. Daarbij is, als voorbeeld, voor een belangrijk deel uitdrukkelijk gerefereerd aan bestaande normenkaders. Bovendien moet wel worden geborgd dat de schepen gedurende de jaren van gebruik in overeenstemming blijven met een dergelijke set randvoorwaarden:

Eisen aan het schip

- Het CE-keurmerk zoals dat kan worden afgegeven op grond van de Wet Pleziervaartuigen, vormt, als voorbeeld, een goede basis voor de borging van minimale eisen op het gebied van bouw en constructie, inrichting, uitrusting stabiliteit, drijfvermogen en bescherming tegen brand op schepen korter dan 20 meter, die sneller kunnen varen dan 20 km/uur en gebruikt worden voor het vervoer van niet meer dan 12 passagiers. Daarbij gaat MARIN uit van een minimum CE-keur voor Categorie B (wind tot 8 Bft, golfhoogte tot 4 meter).
- De volgende (type-goedgekeurde) middelen zijn minimaal aan boord:
 - Reddingsvest voor elke opvarende, vanaf de zitplaats binnen direct handbereik beschikbaar en voorzien van een licht, dat automatisch gaat branden wanneer het ondergedompeld wordt in water;
 - Tenminste één (1) reddingboei voorzien van Man-Overboord-Licht;
 - Een reddingvlot of andere drijvende middelen, geschikt om gedurende enige tijd personen drijvende te houden;

- Een Emergency Position-Indicating Radio Beacon (EPIRB);
- Valschermsignalen;
- Een zoeklicht of seinlamp;
- RADAR;
- Electronic Chart Display and Information System (ECDIS);
- 1 GPS ontvanger;
- Automatic Identification System (AIS-klasse A);
- 2 marifoons;
- Dieptemeter;
- Kleine snelle passagiers vervoerende schepen zouden detecteerbaar en herkenbaar moeten zijn door het voeren van specifieke verlichting. Een dergelijke maatregel moet worden opgenomen in het Binnenvaartpolitiereglement. Daarvoor geschikte verlichting mag niet kunnen worden verward met de specifieke verlichting van andere typen schepen.

Eisen aan de Infrastructuur

- Snel varen alleen toestaan op vaarwegen waarop de vaarwegmarkering verlicht is;

Eisen aan de operatie

- Consequent uitvoeren van reisvoorbereiding, primair bestaande uit het vooraf *vaststellen en uitwerken* van de meest gunstige route, rekening houdend met omstandigheden zoals weer, zicht, getijde stroming en beschikbare waterdieptes. Met name de uitwerking is van belang, waarbij voor vertrek elke strek (been) van de route (1) de koers, (2) te varen afstand en (3) het eindpunt (positie en eventueel markering) worden *vastgelegd* en *geprogrammeerd* in de elektronische navigatiesystemen;
- Een handboek of instructieboek waarin ten minste veiligheids- en noodprocedures, de werking van reddings- en brandbestrijdingsmiddelen en het onderhoud van deze middelen zijn opgenomen;
- Het voeren van een veiligheidsbeleid dat schipper en bemanning ondersteunt bij het bepalen van grenzen aan veilige vaarcondities, enerzijds door het bepalen van harde grenzen en anderzijds door het instrueren, initiëren van oefenprogramma's en toezicht houden op schippers en bemanning in het kader van verantwoord varen en bootbehandeling.

Eisen aan de bemanningssamenstelling

- Een verplichting voor het varen met een schipper en een tweede bemanningslid voor tenminste de uren tussen zonsondergang en zonsopkomst en ongeacht de snelheid waarmee het schip kan varen. Deze maatregel voorkomt afleiding of overbelasting bij de schipper, bijvoorbeeld door passagiers en bij het reageren op calamiteiten. Daarbij geldt een maximale vaartijd van 14 uur, wanneer er gevaren wordt met passagiers.

Eisen aan de bemanning

- Schippers moeten zijn opgeleid voor het snel varen in het Waddengebied, inclusief een onderdeel plaatselijke bekendheid specifiek voor het eigen vaargebied. De opleiding moet specifiek voorzien in:
 - Navigatie met behulp van RADAR en ECDIS;
 - Reisvoorbereiding, met betrekking tot het bepalen en uitwerken of bijwerken van de route, inclusief:

- De bepaling van: de koers, (2) te varen afstand en (3) het eindpunt (positie en eventueel markering) van elke strek (been) van de route.
- Vastleggen en programmeren van de route in de elektronische navigatiesystemen.
- Algemene theoretische kennis over het varen en manoeuvreren met snelle kleine schepen onder verschillende condities;
- Reageren op de calamiteiten aanvaring, gronding, kapseizen, man-over-boord en brand;
- Het instrueren van passagiers en opvarenden over het nemen van zitplaatsen en het reageren op onverwachte situaties.
- Ervaring en oefening gericht op het varen en manoeuvreren met het *eigen schip*;
- Het aansturen en begeleiden van bemanning en passagiers bij het in veiligheid brengen van alle opvarenden en het aansturen van bemanning bij het bestrijden van calamiteiten;
- Het tweede bemanningslid moet ten minste voldoen aan competentiestandaarden die vergelijkbaar zijn met de EU binnenvaart competentiestandaarden voor het operationeel niveau, vastgelegd in het ES-QIN;
- De schipper en het tweede bemanningslid dienen beide geoefend te zijn in het *samen* uitvoeren van de vaartaak, met name met betrekking tot procedures en onderlinge communicatie.

6.1.2 Veilige vaarsnelheid ten opzichte van het water

MARIN concludeert dat er tot en met 50 km/uur en onder alle omstandigheden veilig kan worden gevaren, mits aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

4. Passagiersverblijven bevinden zich op het achterschip. Wanneer de passagiersverblijven zich overwegend in het middenschip bevinden, dan ligt de maximale veilige snelheid op 40 km/uur;
5. De te varen route loopt door vaarwater waarvan de vaarwegmarkering is verlicht;
6. De schipper is goed bekend met de plaatselijke omstandigheden en de te varen route. Bij een tekort van deze bekendheid nemen de risico's toe in smal en bochtig vaarwater bij vaarsnelheden tot en met 30 km/uur.

6.1.3 Optimale vaarsnelheid

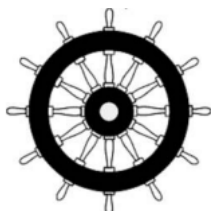
Bij het bepalen van de optimale snelheid tijdens de simulatieruns, legden we prioriteit bij het optimum voor de schipper. Uiteindelijk ligt daar de eindverantwoordelijkheid met betrekking tot de veiligheid en sturen we in onze conclusies op het behoud van zoveel mogelijk cognitieve ruimte voor het anticiperen op onverwachte gebeurtenissen of veranderingen in de omgevingscondities. Dat gaat in beperkte mate ten koste van het comfort van passagiers, met name met betrekking tot het aantal malen dat passagiers aan een versnelling worden blootgesteld. De hoogte van deze versnelling blijft onder alle condities in ieder geval ruim binnen de gestelde normen, mits de passagiers zoveel mogelijk op het achterschip worden vervoerd.

Daarmee komt de optimale vaarsnelheid op het gemiddelde van de optima voor Bootbehandeling en Veilige Navigatie. Die snelheid ligt tussen de 35 km/uur en 40 km/uur ten opzichte van het water.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van conclusies en enkele aanvullende bevindingen, zoals vermeld in Hoofdstuk 5, komt MARIN met de volgende aanbevelingen:

- Sta het vervoer van maximaal 12 passagiers op kleine snelle motorboten toe tussen zonsondergang en zonsopkomst met een maximum snelheid van 40 km/uur op alle vaarwateren waarop de vaarweg van verlichte vaarwegmarkering is voorzien, onder de voorwaarde dat de schepen, de operatie en de bemanningssamenstelling voldoen aan de in paragraaf 6.1 benoemde eisen, die nader zijn uitgewerkt en onderbouwd in paragraaf 5.1.;
- Formaliseer de in paragraaf 6.1. en paragraaf 5.1 beschreven en voorgestelde eisen in wet- en regelgeving met betrekking tot schepen, de operatie en de bemanningssamenstelling;
- Formaliseer de voorgestelde eisen met betrekking tot de kwalificatie van schipper door het ontwikkelen en implementeren van competentiestandaarden, zoals beschreven in paragraaf 6.1 en paragrafen 5.3.4.1. en 5.3.4.3. Op die manier kunnen maatwerkopleidingen of modules door marktpartijen worden ontwikkeld. Betrek het varende personeel van de bij dit onderzoek betrokken varende stakeholders in de verdere ontwikkeling van deze competentiestandaarden en accepteer hun huidige kwalificaties als zijnde voldaan aan de voorgestelde eisen.
- Formaliseer de voorgestelde kwalificatie-eisen voor het tweede bemanningslid aan boord, maar houdt daarbij een redelijke overgangstermijn in acht;
- Formaliseer de in dit onderzoek gebruikte norm van maximaal $9,81 \text{ m/s}^2$ toegevoegde versnelling in verticale en dwarsscheepse richtingen. Voer op individuele schepen metingen van de verticale en dwarsscheepse versnellingen uit om na te gaan of en bij welke toegestane snelheden de norm wordt overschreden;
- Accepteer voor het varen in de mist op de Waddenzee ook RADARS die zijn voorzien van het zeevaart-keurmerk dat is afgegeven op grond van de EU Marine Equipment Directive (MED);



Figuur 6-1 Keurmerk Marine Equipment Directive

- MARIN concludeert dat in het vaargebied Waddenzee een deel van de risico's door ineffectieve communicatie mogelijk kunnen worden verminderd door bijvoorbeeld de noodzaak tot communiceren zoveel mogelijk weg te nemen. Dat kan bijvoorbeeld door de voorrangsregels op onderdelen te verduidelijken of onderzoek te doen naar bijvoorbeeld de mogelijkheden van passageverboden op specifieke delen van vaarroutes.
- Aan ondernemers en KNRM: Overweeg implementatie van de in paragraaf 5.3.2 beschreven reisvoorbereiding voor regelmatig gevaren routes;
- Aan Rijkswaterstaat naar aanleiding van de bevindingen in paragraaf 5.3.1.: Voorzie de meest geschikte vaarwegen voor nood- en spoedverkeer in zijn geheel van verlichte vaarwegmarkering, in overleg met de uitvoerders van dit vervoer. Daarmee wordt in ieder geval veilig nood- en spoedvervoer gefaciliteerd met veilige infrastructuur. Het Schuitengat tussen de haven van Terschelling en de Vliestroom is een voorbeeld van een dergelijk situatie;
- Aan Rijkswaterstaat naar aanleiding van de bevindingen in paragraaf 5.3.1.: Herzie de wijze waarop met onverlichte gele markering in de vaarweg tussen Holwerd en Ameland op verschillende plaatsen passeerstroken zijn gemarkeerd. Deze markeringen onderbreken de rode en groen verlichte betoning en zijn daarom gevaarlijke obstakels voor scheepvaart in het donker. Dat geldt in de actuele situatie met name voor de reguliere sneldienst en het nood- en spoedvervoer vanaf Ameland naar Holwerd;

REFERENTIES

- [Ref 1.] Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2023). *Aanvaring in het Schuitengat. Lessen uit het ongeval met de snelboot Tiger en de watertaxi Stormloper*. Den Haag: Onderzoeksraad voor Veiligheid.
- [Ref 2.] Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2024). *Aanvaring van een watertaxi met een havenrondvaartboot*. Den Haag: Onderzoeksraad voor Veiligheid.
- [Ref 3.] Hollnagel, E. (2009). *The ETTO principle: efficiency-thoroughness trade-off: why things that go right sometimes go wrong*. Ashgate: Farnham.
- [Ref 4.] Provan, D. J., Woods, D. D., Dekker, S. W., & Rae, A. J. (2020). *Safety II professionals: How resilience engineering can transform safety practice*. Elsevier, Reliability Engineering and System Safety 195 106740.
- [Ref 5.] Endsley, M. R. (1995). *Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems*. Human Factors Journal 37, pp. 32-64.
- [Ref 6.] <https://www.rhcnl.com/wp-content/uploads/2023/03/20210917-HV-Oranje-Rules-2021-1-geconsolideerd.pdf>
- [Ref 7.] Alqurashi, F.S., Trichili, A., Nasir Saeed, N., Ooi, B.S., Alouini, M.-S.(2022). *Maritime Communications: A survey on Enabling Technologies, Opportunities, and Challenges*. IEEE Internet of Things Journal. PP. 1-1. 10.1109/JIOT.2022.3219674

AFKORTINGEN

AIS	– Automatic Identification System
BPR	- Binnenvaartpolitiereglement
Bft	- Beaufort
CFD	- Computational Fluids Dynamics
ECDIS	- Electronic Chart Display and Information System
ENC	- Electronical Nautical Chart
EPIRB	- Emergency Position-Indicating Radio Beacon
ES-QIN	- European Standard for Qualifications in Inland Navigation
EU	- European Union
FSSS	- Fast Small Ship Simulator
GPS	- Global Positioning System
Kn	- Knoop = Nautical Mile/hour = 1852 meter/uur
KNRM	- Koninklijke Nederlandse Redding Maatschappij
Ministerie van I&W	- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
OVV	- Onderzoeksraad voor Veiligheid
RHC	- Register-Holland Classebureau
ROT	- Rate of Turn
RPM	- Revolution per minute
SA	- Situation Awareness
SAR	- Search and Rescue

APPENDIX

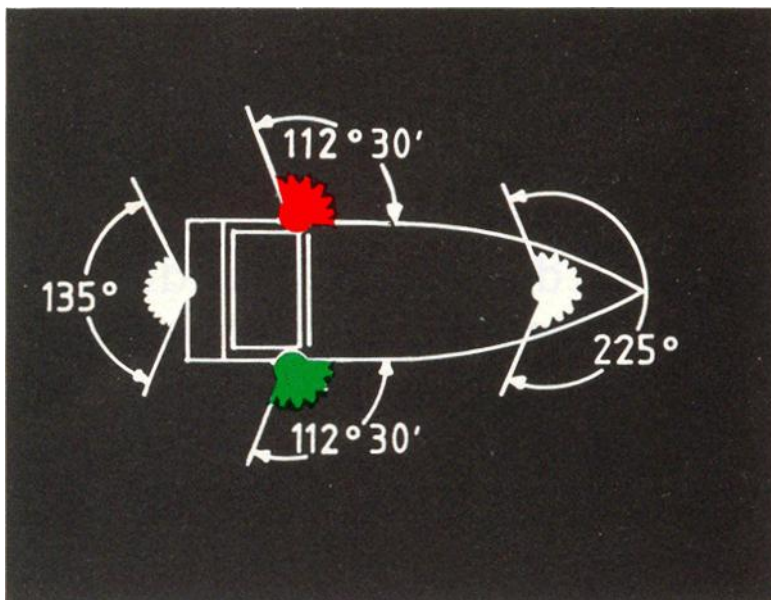
APPENDIX 1 METHODE BEPALEN KOERSONVOORSPELBAARHEID

Koersonvoorspelbaarheid ontstaat als door het gieren van een schip, de koers voor ander schepen onduidelijk en onvoorspelbaar is. Met name in die gevallen waarin een schipper of waarnemer op het andere schip afhankelijk is van zichtwaarnemingen, en dus geen RADAR of ECDIS heeft.

In het donker zijn schepen alleen zichtbaar door de aanwezigheid van verplichte navigatieverlichting. De configuratie van de navigatieverlichting heeft onder andere als doel om aan andere schepen te tonen wat de voorliggende koers is. Alle in het onderzoek betrokken schepen zijn dan ook voorzien van de volgende lichten³², ook weergegeven in Figuur A-2:

- toplicht: wit krachtig licht dat schijnt over een boog van de horizon van 225° en wel aan elke zijde van het schip van recht vooruit tot $22^\circ 30'$ achterlijker dan dwars en dat uitsluitend over deze boog zichtbaar is;
- heklicht: wit helder of gewoon licht dat schijnt over een boog van de horizon van 135° en wel aan elke zijde van het schip over $67^\circ 30'$ van recht achteruit en dat uitsluitend over deze boog zichtbaar is;
- boordlichten: groen helder licht aan stuurboordzijde en rood helder licht aan bakboordzijde die elk schijnen over een boog van de horizon van $112^\circ 30'$ en wel elk aan zijn zijde van het schip van recht vooruit tot $22^\circ 30'$ achterlijker dan dwars en die uitsluitend over deze boog zichtbaar zijn;

De configuratie van deze lichten op schip 1 zorgt ervoor dat *iemand op schip 2*, wanneer deze vanuit verschillende richtingen naar het schip 1 kijkt, op basis van welke lichten wel en niet zichtbaar zijn ("aspect") kan beredeneren welke richting (koers) schip 1 vaart. Juist die informatie kan belangrijk zijn om te bepalen of er mogelijk sprake is van gevaar voor aanvaring.



Figuur A-2 Normale navigatieverlichting voor schepen in ons onderzoek

Uiteraard verandert het "aspect" van schip 1 voor schip 2 wanneer schip 1 daadwerkelijk een andere koers gaat volgen. Wanneer het schip echter door een combinatie van golven, wind en snelheid moeilijk op koers te houden is, zal iemand aan boord schip 2 mogelijk elke keer een wisselend "aspect" van schip 1 zien. Daardoor zal de koers van schip 1 voor schip 2 onvoorspelbaar kunnen worden.

³² Binnenvaartpolitiereglement: Hoofdstuk 3 en Bijlage 3.

De eisen voor de configuratie van lichten zorgen ervoor dat het “aspect” van een schip in theorie al kan veranderen wanneer er een enkele graad koerswijziging optreedt. Bijvoorbeeld wanneer schip 1 schip recht op schip 2 af vaart, en op schip 2 wisselend het rode en het groene boordlicht van schip 1 zichtbaar zijn. In de praktijk zal er echter sprake zijn van enige overlap, waardoor er in dit voorbeeld over een bepaalde boog op schip 2 zowel een rood als een groen boordlicht van schip 1 zichtbaar zijn.

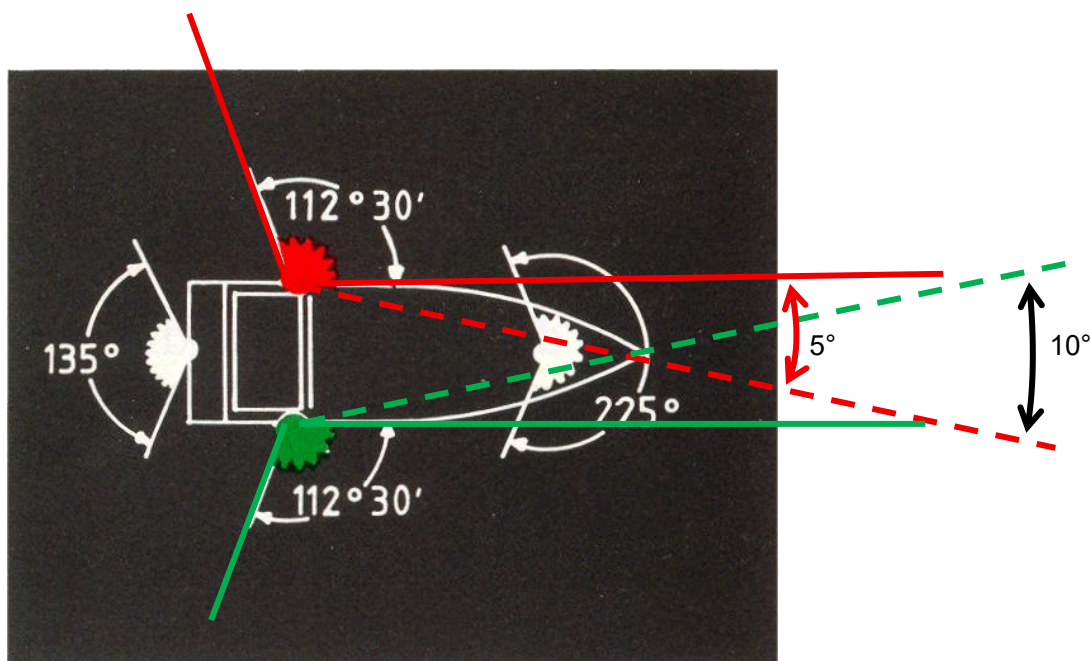
Het Binnenvaartpolitiereglement geeft geen maximale waarden voor die overlap. De internationale Bepalingen voor het Voorkomen van Aanvaring op Zee doen dat echter wel. De toegestane afwijking varieert daarbij van maximaal 3° voor boordlichten tot maximaal 5° voor top- en heklichten. In dit onderzoek gaan we daarom uit van een overlap van maximaal 5°.

Figuur A-3 laat zien wat dat betekent in het voorbeeld waarbij schip 2 recht op schip 1 afkomt. Beide boordlichten hebben dan een afwijking van 5°. Voor het rode bakboordboordlicht is dat aangegeven als de hoek tussen de rode vaste lijn en rode stippel lijn. Wanneer die afwijking ook bij het groen boordlicht optreedt, is er dus sprake van een hoek van 10° vooruit waarop op schip 2 zowel het groene als het rode boordlicht van schip 1 te zien zijn.

In de methode nemen we, op basis van expert-judgement, ook het gemiddelde scangedrag in de tijd van een waarnemer op schip 2 mee in deze norm. We stellen dat wanneer in elke aangenomen periode van 9 seconden opeenvolgend drie (3) keer of meer een tegengestelde koerswijziging van meer dan 10 graden plaatsvindt, er voor de waarnemen op schip 2 sprake is mogelijke koersonvoorspelbaarheid van schip 1. Dat wil zeggen dat er in elke 9 seconden op schip 1 minimaal sprake is van:

- een koerswijziging naar stuurboord, gevolgd door een koerswijziging naar bakboord, gevolgd door een koerswijziging naar stuurboord, of;
- een koerswijziging naar bakboord, gevolgd door een koerswijziging naar stuurboord, gevolgd door een koerswijziging naar bakboord.

Tenslotte stellen we dat er in elke periode van 30 seconden niet vaker dan twee (2) keer sprake mag zijn van koersonvoorspelbaarheid.



Figuur A-3 Voorbeeld van een aanneembare afwijking in de zichtbaarheid van boordlichten

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
   